

석사학위논문

저면관수 재배시 양액농도가
Phalaenopsis 생육에 미치는 영향



제주대학교 대학원

원예학과

송민욱

2004년 12월

저면관수 재배시 양액농도가
Phalaenopsis 생육에 미치는 영향

지도교수 강 훈

송 민 옥

이 논문을 농학 석사학위 논문으로 제출함.



2004년 12월

송민옥의 농학석사 학위논문을 인준함

심사위원장 _____

위 원 _____

위 원 _____

제주대학교 대학원

2004년 12월

Effect of Nutrient solution Concentration
on Growth of *Phalaenopsis* Cultivated
Under the Ebb and Flow System

Song, Min-Ock

(Supervised by Professor Kang, Hoon)



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the
Requirements for the Degree of
MASTER OF AGRICULTURE.

2004. 12.

Department of Horticulture
Graduate School, Cheju National University

목 차

Summary	ii
List of Tables	iv
List of Figure	v
I. 서 론	1
II. 재료 및 방법	4
[시험1] 양액농도에 따른 팔레놉시스 생육 및 무기성분 함량	4
[시험2] KH_2PO_4 처리에 따른 팔레놉시스 생육 및 무기성분 함량	8
III. 결과 및 고찰	11
[시험1] 양액농도에 따른 팔레놉시스 생육 및 무기성분 함량	
1-1. 성장특성 및 고사율	11
1-2. 양액중의 pH 및 EC변화	15
1-3. 식물체 무기성분 함량	18
1). 다량원소 흡수특성	18
2). 미량원소 흡수특성	21
[시험2] KH_2PO_4 처리에 따른 팔레놉시스 생육 및 무기성분 함량	
2-1. 성장특성	23
2-2. 배지의 pH 및 EC변화	25
2-3. 엽 및 뿌리중의 양분흡수 특성	26
2-4. 생리장해	31
V. 적 요	34
VI. 인용문헌	36

Summary

This study was conducted to clarify the optimum nutrient solution concentration for *Phalaenopsis* and the plants were cultivated in the closed ebb and flow system. The nutrient solution for *Phalaenopsis* developed in NHRI(National Horticultural Research Institute) in 1994 were divided into 4 groups according to the strength of solutions; 1, 2, 3, and 4 times of NHRI one-fourth strength for the experiment 1. KH_2PO_4 was added in the NHRI solution according to treatments as much as added fertilizer 0, 0.1 g/l, 0.2 g/l, 0.3 g/l, and 0.4 g/l treatment of KH_2PO_4 and that of standard was 1.5 meq/l for experiment 2.

[Exp. 1] Effect of nutrient solution strengths on growth and mineral content of *Phalaenopsis* under the closed ebb and flow system.

1. Solution of one time showed better growth status compared to the 2, 3, and 4 times treatment, showing 4 leaves, 13 roots, 29.0 g of fresh weight, low T/R ratio and plant death ratio.
2. EC fluctuations were much more varied in higher strengths compared to lower EC levels but pH were more stable compared to EC fluctuations in first time, however decreased rapidly as progressed supply times.
3. The content of N and P was higher in higher position leaves than low position leaves, but not different according to phyllotaxis and root.
4. There were a trend that Mn content in roots was 3 to 5 times higher than that of leaves, but Fe, Cu, Zn content showed reversed trends.
5. Generally cultivation in 1 time strength(EC 0.5 dS/m) showed superior growth of plants as well as reduced salinization in medium, so this indicates that cultivation in the strength 1(EC 0.5 dS/m) is better way to cultivate a higher quality *Phalaenopsis*.

[Exp. 2] Effect of KH_2PO_4 treatments on growth and mineral content of
Phalaenopsis

1. The adding of KH_2PO_4 0.1g/ℓ ~0.2g/ℓ to the standard solution(EC0.5dS/m) indicated the highest fresh weight showing superior growth. The higher concentration, the higher T/R ratios

2. There were a trend that higher concentration plots of KH_2PO_4 showed higher EC levels in the media, and little changes in pHs, showing inclining to acidity. Increment of EC in the media lead to low pHs.

3. For the higher KH_2PO_4 treatment, the content of N and P in leaves was higher than roots, but the content of K was higher in leaves than in roots.

4. There were a trend that K content in leaves accumulated in mid and lower leaves for the treatment of 0.3 g/ℓ or 0.4 g/ℓ. The treatment of 0.4 g/ℓ showed the highest P content in roots and a physiological disorder; etiolation and suppression of growth caused by accumulation of K and P.

5. Considering plant growth and development and nutrient content, the adding of H_2PO_4 of 0.1 g/ℓ in standard solution is recommended to produce a higher quality *Phalaenopsis* and reduce production costs.

List of tables

Table 1. Nutrient solution composition used in the experiment for <i>Phalaenopsis</i> culture.	6
Table 2. Nutrient solution concentration used in the experiment of KH_2PO_4 treatment.	9
Table 3. Effect of nutrient solution concentration on the growth of <i>Phalaenopsis</i> . grown in closed cultivated under the Ebb & flow system at 5 months after planting.	12
Table 4. Effect on growth characteristics of <i>Phalaenopsis</i> as affected by KH_2PO_4 treatment at 7 months after planting.	24

List of figures

- Fig 1. Schematic diagram of the ebb & flow system used in the experiment.
- Fig. 2. Comparison of *Phalaenopsis* seedlings growth status as affected concentration of nutrient solution treatment at 5 months after planting.
- Fig 3. Effect on percent of death of *Phalaenopsis* as affected by nutrient solution concentration treatment at 5 months after planting.
- Fig 4. The fluctuation of pH as affected by the irrigation times during the experiment.
- Fig 5. The fluctuation of EC as affected by the irrigation times during the experiment.
- Fig 6. Comparison of macro ion concentration in phyllotaxis and root as affected by nutrient solution concentration treatment at 5 months after planting.
- Fig 7. Comparison of micro ion concentration in phyllotaxis and root as affected by nutrient solution concentration treatment at 5 months after planting.
- Fig 8. Comparison of *Phalaenopsis* growth status as affected by KH_2PO_4 treatment at 7 months after planting.
- Fig 9. Effects of KH_2PO_4 treatment on pH and EC in the closed ebb and flow system.

Fig 10. Comparison of macro mineral content in plant leaves and root as affected by KH_2PO_4 at treatment 7 months after planting.

Fig 11. Comparison of micro mineral content in plant leaves and root as affected by KH_2PO_4 treatment at 7 months after planting.

Fig 12. Comparison of N, P, K concentration in phyllotaxis and root as affected by KH_2PO_4 treatment at 7 months after planting.

Fig 13. Comparison of growth and status in *Phalaenopsis* according to KH_2PO_4 treatment.

Fig 14. Physiological injury by high nutrient solution concentration.



I. 서 론

Phalaenopsis 속은 약 50여종이 동남아시아를 중심으로 태국, 버마, 인도, 호주 북부, 필리핀, 대만 및 중국 남부 등의 고온 다습한 지역에서 자생하고 있다(Kim, 1999). 이러한 팔레놉시스는 단경성(單莖性)의 착생란으로 잎이 두 겹고 다육질이며, 뿌리는 굵은 끈과 같은 모양을 지니고 있다(Endo와 Ikusima, 1989). 그리고 팔레놉시스 속을 이용한 인위적인 교배로 인하여 다른 속도 만들어지고 있는 데, 이중 Iwasaki에 의하여 *Doritis*와 *Phalaenopsis*의 속간 교배로 육성되어 첫 등록된 교잡종은 *Doritaenopsis* 'Ashi'이다. 최근에는 팔레놉시스 육종 기술의 발달로 기존의 분홍, 노랑색 외에 반점, 줄무늬, 흰색 꽃잎에 적색 순변이 있는 것 등 다양한 화색을 띤 품종들이 육성되어지고 있다(Ardtti와 Ernst, 1993).

팔레놉시스의 개화 시기는 주로 2~3월에 집중되고 있지만 최근에는 품종들이 다양해지고 개화 조절에 관한 연구가 활발히 이루어져 거의 주년 생산이 가능하게 되었다. 꽃이 화려하고 개화 기간이 길며 절화나 분화의 형태로 이용할 수 있기 때문에 소비자들에게 인기가 높을 뿐만 아니라 소비 형태 또한 다양해져서 꽃의 생산 및 소비 수요가 급증하고 있다(Griesbach, 1995; Sinoda, 1994). 미국 시장에서는 매년 600만주씩 소비되어 왔고 최근에는 중국, 미국, 일본, 캐나다, 유럽 등 여러 지역에서 그 소비가 점차 늘어나고 있다. 또한 부가가치가 높은 고품질의 팔레놉시스를 생산하기 위해 수경재배 방식을 비롯하여 시비법 개발에 관한 연구가 활발히 수행되어지고 있다(Gething, 1997; Ichihashi, 1982; Kubata와 Yoneda, 1990).

양액은 수경 재배에서 가장 중요한 요소 중의 하나로서 작물 및 품종별 양액의 조성과 농도의 합리적인 관리 여부에 따라서 재배의 성패를 좌우하는 요인이 되고 있다. 전(2003) 등은 고품질의 *Pelargonium*을 생산하기 위해서

는 수경 재배시 재배 환경에 적합한 생육 단계별 양액 조성의 개발이 매우 중요하며, 재배 기간 중 작물의 양분 흡수 특성에 일치시키기 위한 양액 내 이온의 조성과 농도는 그 변화가 작기 때문에 고품질의 *Pelargonium* 생산이 가능하고 비료의 낭비가 적어 경제성이 향상된다고 하였으며, Poole와 Seeley(1978)는 생육을 향상시키기 위해서는 비교적 높은 농도의 비료를 필요로 한다고 하였다.

양액은 식물의 종류나 생육 단계 및 환경 조건, 그리고 관수 방법이나 배지의 종류에 따라 생장에 미치는 영향이 다르므로 주어진 조건에 맞추어 농도를 알맞게 조절해 주어야 한다. 저면관수시스템을 이용하여 양액 농도 조건을 달리하여 *Doritaenopsis*를 재배하는 경우, 양액 농도가 높을수록 화경 발생율과 화경 길이 및 소화수가 감소하였고, 특히 높은 농도 처리구에서는 뿌리 부패로 인한 고사율이 40%에 달하였다. 또한 배양액의 농도를 표준으로 공급하였을 때 양액의 pH와 EC가 비교적 안정되었고 식물체의 건물중이 증가하였으며 고사율도 낮아 표준 배양액 농도가 팔레놉시스 생장에 가장 적절하다고 하였다(Choi 등, 2002).

저면관수법은 식물체에 물리적인 자극을 주지 않으면서 생장에 필요한 양분과 수분을 근권부에 공급하는 방법이므로 기존의 상위 관수법에 비해 50% 이상 비료를 절약할 수 있으며, 꽃이나 잎에 수분이 묻지 않아 다습시 발생하는 병충해를 줄일 수 있어 고품질의 팔레놉시스를 생산할 수 있다고 하였다(Reed, 1996). 반면 저면관수시스템은 지하부를 통해 양·수분이 공급되므로 비료염의 용탈이 이루어지지 않기 때문에 비료를 과용하면 염류 집적으로 인한 염류 장애 현상이 일어날 수 있다고 하였다(Choi와 Lee, 1995; van Iersen, 1999). 그러므로 고품질의 팔레놉시스를 생산하기 위해서는 재배법 개선이 이루어져야 한다. 수경 재배는 일반 토양 재배에 비하여 토양의 완충 능력이 없기 때문에 정확한 양액의 조성 및 관리가 매우 중요하다.

일반적으로 농가에서는 팔레놉시스 수경 재배시 배양토는 수태 및 바크를 이용하여 생장 시기에 질소, 인산 및 칼륨 비율이 30 : 10 : 10 또는 20 : 20 : 20인 비료를 2,000~4,000배로 상위 관수 및 엽면 살포를 하고, 생식 생장기 1~2개월 전부터는 화경의 출현을 위해서 그 비율을 10 : 30 : 20으로 조절한다. 그러나 현재 사용하고 있는 팔레놉시스 표준양액('94. 원시)은 질소, 인산, 칼륨 농도가 각각 8 : 1 : 3의 비율로서 질소의 농도가 높고, 인산 농도가 낮기 때문에 개화 시기에는 인산의 추가가 요구될 것으로 생각되었다.

따라서 본 연구는 팔레놉시스의 품질 향상을 위하여 효율적 관리시스템에 요구되는 생육 단계별 적정 양액의 농도 및 조성을 파악하고, 저면관수시스템을 이용한 팔레놉시스 표준양액에 KH_2PO_4 를 추가하여 팔레놉시스의 생육에 따른 변화를 관찰하며, 식물체의 무기성분 함량에 미치는 영향을 분석하고자 수행하였다.



II. 재료 및 방법

[시험1] 양액농도에 따른 팔레놉시스 생육 및 무기성분 함량

1-1. 식물재료

본 시험에 사용된 시험 재료는 Zumacanyon사(미국)에서 육성된 품종을 2000년도에 도입하여 제주도농업기술원에서 2001년 4월에 교배한 후 생산된 실생 플러그묘(Phal. Timothy Christopher × Phal. Zumais pixies 'Nagoya #8')로서 2002년 11월부터 2003년 6월까지 7개월 동안 순화 재배한 묘를 사용하였다.

1-2. 수경재배 시스템



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

저면관수시스템(Ebb & Flow System)은 저면관수용 플라보드를 이용한 시스템으로 가로 1,170 mm, 세로 4,900 mm 크기로 성형품을 사용하였으며, 양액은 자동제어시스템으로 공급 및 배출 되도록 하였다(그림 1).



Fig 1. Schematic diagram of the ebb & flow system used in the experiment.

1-3. 양액조성

팔레놉시스의 양액은 표 1에서 보는 바와 같이 양액 조성표에 따라 '94원시 표준양액(EC 0.5 dS/m)을 기준으로 1배, 2배, 3배, 4배 농도의 4처리로 조성하였다. 저장 양액은 A, B액으로 나누어서 100배의 농축액으로 조제하여 시험전에 A, B액을 각각 2.5 ℓ씩을 양액통에 첨가하고 수돗물을 넣어 1,000 ℓ가 되도록 하였다. 이때의 EC(Electrical Conductivity) 농도는 각각 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 dS/m 이였고, pH는 0.5 N-HCl(0.5 Normal-Hydrochloric Acid)을 이용하여 pH 5.5 수준으로 조절하였다.



Table 1. Nutrient solution composition used in the experiment for *Phalaenopsis* culture.

Nutrient solution		Fertilizer (g/1000 ℓ)	Concentration of nutrient solution (times) ^{y)}			
			1 ^{z)}	2	3	4
Macro Element	A solution	Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	118.1	236.1	354.2	472.2
		KNO ₃	151.7	303.3	455.0	606.6
		CaCl ₂ · 2H ₂ O	73.5	147.0	220.5	294.0
	B solution	NH ₄ NO ₃	40.0	80.1	120.1	160.1
		NH ₄ H ₂ PO ₄	57.5	115.0	172.5	230
		MgSO ₄ · 7H ₂ O	61.6	123.3	185.0	26.5
Micro Element	A solution	Fe-EDTA	3.8~6.3	7.5~12.5	11.3~18.7	15~25
		MnSO ₄ · H ₂ O	0.5~0.8	1~1.5	1.5~2.3	2~3
	B solution	ZnSO ₄ · 7H ₂ O	0.5~0.8	1~1.5	1.5~2.3	2~3
		CuSO ₄ · 5H ₂ O	0.013	0.025	0.038	0.005
		H ₃ BO ₃	0.06	0.11	0.17	0.22
		Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	0.005	0.01	0.015	0.02

^{z)} Supplied fertilizers of 1(EC 0.5 dS/m), 2(EC 1.0 dS/m), 3(EC 1.5 dS/m), 4(EC 0.5 dS/m) times by basic standard nutrient solution for *Phalaenopsis* recommended by '94. National Horticultural Research Institute

^{y)} Standard nutrient solution for *Phalaenopsis* recommended by '94. National Horticultural Research Institute

1-4. 재배방법 및 환경

팔레놉시스의 재배는 직경 16 cm의 비닐포트 밑바닥에 약간의 수태를 깔고 그 위에 7개월 순화재배된 실생 플러그묘를 올려놓는 최소배지 재배방법을 이용하였으며, 5개월 동안 저면관수법으로 양액을 순환 공급하면서 재배하였다. 유리온실 내부의 기상 환경은 최저온도 25±2℃, 최고온도 30±2℃로 유지하였다.

1-5. 시험처리

팔레놉시스 원시표준양액(EC 0.5 dS/m)의 1배, 2배, 3배, 4배의 농도로 하여 4처리로 나누고 양액의 공급 주기는 12일마다 1회, 공급 시간은 1시간씩 8차까지 공급하였다. 양액 공급 시 양액의 높이는 화분 밑바닥에서 2 cm 정도 높이까지 잠겨지도록 하였다.

1-6. 조사 및 분석

1) 양액 중의 pH 및 EC

양액의 pH 및 EC는 공급 후 다음 날 채취하여 pH 및 EC를 pH-EC meter(TOAKK, WM-22EP)로 측정하였다.

2) 양액 중의 무기성분 분석

양액 분석은 공급 다음 날 채취한 양액을 0.45 μ m-membrane filter로 여과한 후 수용성 음이온은 Ion Chromatography(790, Personal IC, Switzerland)로 분석하였으며, 수용성 및 치환성 양이온은 유도결합 플라즈마 원자방출분광계(ICP, JY panorama, JY 70C)로 분석하였다.

3) 식물체 무기성분 분석

5개월 동안 양액 공급 후의 식물체 10주를 한 집단으로 묶어서 식물체 부위별로 채취하여 수돗물로 씻고 증류수로 헹군 후 60℃ 건조기(dry oven)에서 3~4일 동안 건조하였다. 건조된 시료는 분쇄하여 시료 1 g을 정확히 취하여 H₂SO₄-H₂O₂으로 습식 분해하였다. 총 질소 함량은 분해액 20 ml를 취하여 Kjeldahl 증류법에 따라 증류 후 0.05 N-H₂SO₄(0.05 Normal-Sulfuric Acid)액으로 적정하여 총 질소 함량을 분석하였다. 다량원소와 미량원소의 함량은 유도결합 플라즈마 원자방출분광계(ICP, JY 70C)를 이용하여 분석하였다.

[시험2] KH_2PO_4 처리에 따른 팔레놉시스 생육 및 무기성분 함량

2-1. 식물재료

본 시험에 이용된 팔레놉시스 시험 재료는 다화성이며 소형종 계통을 교잡하여 생산한 실생묘를 10개월 동안 재배한 개화예정주를 사용하였다.

2-2. 수경재배 시스템



The system and plants

저면관수시스템은 시험 1의 수경재배 시스템과 동일한 시스템으로 수행하였다. 양액 공급 주기는 7일마다 1회 순환 공급하였으며, 양액공급 시간은 1회 1시간으로 하였다. 또한 양액은 3회 순환 공급 후 전량 교체하였다.

2-3. 양액조성

양액 조성은 표 2에서 보는 바와 같이 '94 원시표준양액 (EC 0.5 dS/m) 에 KH_2PO_4 를 0, 0.1g/l, 0.2g/l, 0.3g/l, 0.4g/l 을 추가하여 5처리로 하였다. 각 처리별 양액은 100배 농축액으로 조제한 후 양액 공급시에는 각각 400배로 희석하였고, 0.5 N-HCl를 사용하여 양액의 pH를 5.5로 조절하였다.

Table 2. Nutrient solution composition used in the experiment of KH_2PO_4 treatment.

Nutrient solution	Fertilizer (g/1,000 ℓ)	KH_2PO_4 treatment(g/ ℓ)					
		0 ^{z)}	0.1	0.2	0.3	0.4	
Macro Element	A solution	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	118.1	118.1	118.1	118.1	118.1
		KNO_3	151.7	151.7	151.7	151.7	151.7
		$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	73.5	73.5	73.5	73.5	73.5
		NH_4NO_3	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
	B solution	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5
		KH_2PO_4	0	98.3	393.3	526.6	786.6
	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	61.6	61.6	61.6	61.6	61.6	
Micro Element	A solution	Fe-EDTA	3.8~6.3	3.8~6.3	3.8~6.3	3.8~6.3	3.8~6.3
		$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0.5~0.8	0.5~0.8	0.5~0.8	0.5~0.8	0.5~0.8
		$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.5~0.8	0.5~0.8	0.5~0.8	0.5~0.8	0.5~0.8
	B solution	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013
		H_3BO_3	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
		$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005

^{z)} Standard nutrient solution for *Phalaenopsis* recommended by '94. National Horticultural Research Institute

2-4. 재배방법 및 환경

팔레놉시스의 재배는 직경 16 cm의 비닐포트 밑바닥에 약간의 수태를 깔고 그 위에 10개월 실생묘(개화 예정주)를 올려놓고 나머지 부분은 바크(bark)로 채웠으며, 양액은 저면관수로 7개월 동안 순환 공급하면서 재배하였다. 유리 온실 내부의 온도는 재배 기간 중 최저온도 $25 \pm 2^\circ\text{C}$ 최고온도 $30 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 유지하였다.

2-5. 시험처리

팔레놉시스 원시표준양액에 0, 0.1g/l, 0.2g/l, 0.3g/l, 0.4g/l의 KH_2PO_4 를 추가하여 각각 5처리 하였고, 2004년 4월부터 11월까지 7개월 동안 순환 공급하였다. 양액 공급 주기는 7일마다 1회로, 양액 공급시간은 1시간으로 화분 바닥에서부터 2 cm 높이까지 잠기도록 공급하였다.

2-6. 조사 및 분석

1) 배지 내의 pH 및 EC

배지 내의 pH 및 EC는 배지를 60°C 건조기에서 72시간 동안 건조하였다. 건조된 배지와 증류수를 1 : 10(mass/volume) 비율로 1시간 침출 하여 여과(Watman No. 6)한 후 pH-EC meter(TOAKK, WM-22EP)로 측정하였다.

2) 양액의 무기성분 분석

양액 공급 후 다음 날 채취한 양액을 0.45 μm -membrane filter로 여과한 후 수용성 음이온은 Ion Chromatography(790, Personal IC, Switzerland)로 분석하였으며, 수용성 및 치환성 양이온은 유도결합 플라즈마 원자방출분광계(ICP, JY panorama, JY 70C)로 분석하였다.

3) 식물체 무기성분 분석

7개월 동안 양액 공급 후의 식물체 10주를 한 집단으로 묶어서 식물체 부위별로 채취하여 수돗물로 씻고 증류수로 헹군 후 60°C 건조기(dry oven)에서 3~4일 동안 건조하였다. 건조된 시료는 분쇄하여 시료 1 g을 정확히 취하여 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 으로 습식 분해하였다. 총 질소 및 다량원소와 미량원소 분석은 시험 1과 동일하게 분석하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

[시험1] 양액농도에 따른 팔레놉시스 생육 및 무기성분 함량

본 시험은 7개월 순화재배 된 팔레놉시스 묘를 이용하여 2003년 6월부터 11월까지 5개월 동안 제주도농업기술원 농업연구센터 화훼연구 온실에서 수행하였다. 양액의 농도를 4단계로 나누어, 저면관수시스템으로 5개월 간 재배한 후 양액중의 pH, EC 및 무기성분 함량의 변화와, 묘의 생육 및 식물체의 양분 흡수성 등을 검토한 결과는 다음과 같다.

1-1. 생육특성

엽수, 엽장 및 엽폭은 원시표준 양액농도 1배액(EC 0.5 dS/m) 처리에서는 4.1개, 9.8 cm, 5.4 cm로 2배액(EC 1.0 dS/m) 처리의 3.9개, 9.3 cm, 5.7 cm와 유의성이 없었지만 4배액(EC 2.0 dS/m) 처리에서는 3.1개, 6.8 cm, 4.5 cm를 보여 처리간에 유의성이 인정되었고, 농도가 높을수록 엽수, 엽장 및 엽폭이 감소하였다(표 3, 그림 2).

뿌리수는 1배액 처리에서 13.1개 와 2배액 처리의 12.6개 사이에는 유의성이 없었지만 3배액(EC 1.5 dS/m) 처리에서는 8.4개, 4배액 처리에서는 7.4개로 농도가 증가할수록 뿌리수가 감소하였고, 뿌리길이는 1배액 처리에서는 12.2 cm이었지만 4배액 처리에서는 11.3 cm로 농도가 증가할수록 저조하였다. Endo와 Sugi(1992)는 팔레놉시스의 양액 재배시 고농도의 양액에서는 뿌리의 부패가 많았다고 하였는데, 본 실험에서도 양액의 농도가 증가할수록 뿌리수가 적어지고 부패가 많아 생육이 저조하였다. 최 등(2002)도 *Doritaenopsis* 묘를 9개월 동안 재배한 시험에서 뿌리수는 저농도 처리구 0.9 dS/m와 1.4 dS/m

에서 가장 많았다고 하였다.

생체중은 1배액 처리에서 29.8 g, 2배액 처리에서 28.7 g, 3배액 처리에서 22.7 g, 4배액 처리에서 15.9 g으로 농도가 높을수록 감소하였으며, T/R률은 생체중의 경우와 반대로 증가하는 경향이였다(표 3). 정 등(1997)은 양액 재배 시 덴파레를 70일 동안 양액 재배하였을 때 생체중은 저농도에서 생장이 높았다고 하였는데, 이것은 장기간 높은 농도의 양액으로 재배함으로써 배지에 많은 염류가 집적되어 뿌리에 생리 장애가 발생한 결과라고 하였다.

Table 3. Effect of nutrient solution concentration on the growth of *Phalaenopsis*. grown in closed cultivated under the Ebb & flow system at 5 months after planting.

Nutrient solution concentration (times) ^{z)}	No. of leaves	Leaf length(cm)	Leaf width(cm)	No. of roots	Root length(cm)	Fresh wt. (g/plant)	T/R ratio
1 ^{y)}	4.1a ^{x)}	9.8a	5.4a	13.1a	12.2a	29.8a	1.49a
2	3.9a	9.3a	5.7a	12.6a	11.5b	28.7a	1.55b
3	3.8a	9.6a	5.0ab	8.4b	11.7b	22.7b	2.02c
4	3.1b	6.8b	4.5b	7.4b	11.3b	15.9c	2.57c

^{z), y)}See Table 1.

^{x)}Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

^{w)}Plants were cultivated from June to October 2003 by ebb and flow system culture.



Fig. 2. Comparison of *Phalaenopsis* seedlings growth status as affected nutrient solution concentration treatment at 5 months after planting.

^{z)}See Table 1.

^{y)}Plants were cultivated from June to October 2003 by ebb and flow system culture.

1-2. 고사율

식물체 고사율은 1배액, 2배액, 3배액, 4배액 순으로 각각 5, 10, 50 및 80% 내외로 나타나 양액의 농도가 높을수록 급격히 증가하였으며(그림 3), 최 등 (2002)도 *Doritaenopsis*의 고사율은 EC 0.9, 1.4, 1.9, 2.4 dS/m 순으로 점진적으로 높아져 각각 0, 2.5, 5.8 및 19.0%를 나타내었다고 하였다.

원시표준양액의 3배액과 4배액의 고농도 처리에서는 양액 공급 2개월 후부터 뿌리가 말라 고사하고 하위엽이 황화되면서 떨어지는 현상이 나타났으며, 양액 공급 4~5개월로 접어들면서 고사율이 급격히 증가하였다(그림 3). 또한, 고농도 양액에서 재배된 식물체는 재배 초기에 포트 밑부분과 배지 윗부분에 하얀 염류 증상이 나타남과 동시에 뿌리 끝부분부터 고사하며 재배 중기에 잎 선단부로부터 갈변되면서 하위엽부터 낙엽이 지며, 결국은 식물체가 고사하게 되었다고 하였는데, 본 실험의 경우도 이와 유사한 결과를 나타내었다. 장기간 고농도 양액 공급으로 염류 장해에 의한 뿌리 고사 및 양분 흡수 저조로 생장이 억제된 것으로 생각되었다.

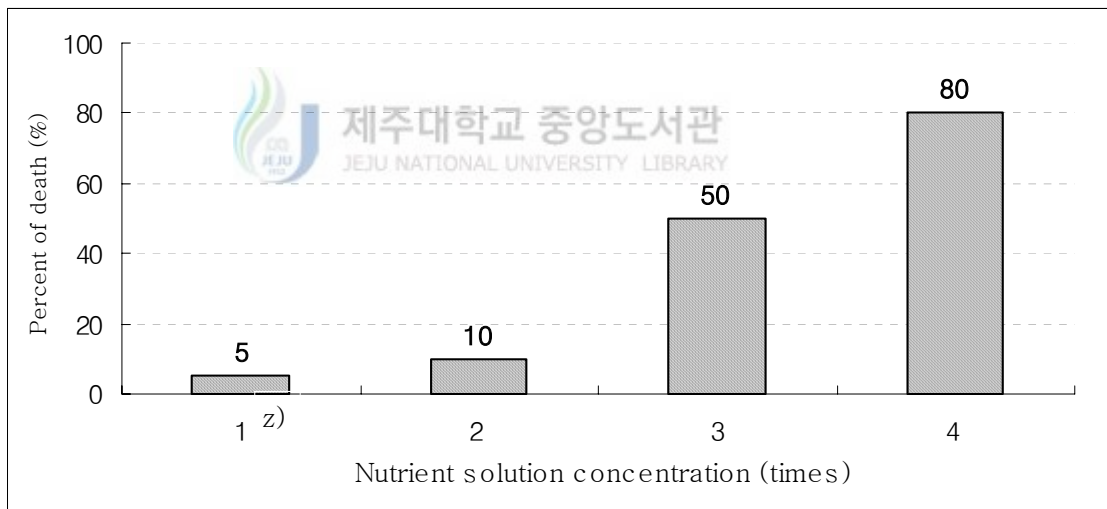


Fig 3. Effect on percent of death of *Phalaenopsis* as affected by nutrient solution concentration treatment at 5 months after planting

^{z)}See Table 1.

^{y)}Plants were cultivated from June to October 2003 by ebb and flow system culture.

1-3. 양액중의 pH 및 EC의 변화

1) pH의 변화

양액 중의 pH를 조사한 결과 그림 4에서 보는 바와 같이 저농도 처리에서 3차 공급까지 pH가 5.5에서 5.9 정도로 다소 높아졌다. 최 등(2002)도 초기에 pH가 높아지는 경향이 저농도 처리구인 EC 0.9 dS/m와 1.4 dS/m에서 그 폭이 컸다고 하였으나, 본 실험에서는 이보다 농도가 더 낮은 1배액(EC 0.5 dS/m) 처리에서 pH가 상승하였다. 재배 초기에 pH가 높아지는 것은 영양 성장기에 NO_3^- , H_2PO_4^- 및 Cl^- 등 음이온이 Ca^{2+} , Mg^{2+} 및 K^+ 등 양이온보다 흡수가 더 잘 되었기 때문에 pH가 높아진다고 하였다(최 등, 2002). 또한, 식물체가 음이온을 흡수하게 되면 OH^- 및 HCO_3^- 음이온을 방출하고, 양이온을 흡수하게 되면 H^+ 이온을 방출하기 때문에 pH가 변하게 된다고 하였다(Schwarz, 1995).

2, 3 및 4배액 처리인 경우는 2차 공급까지 pH가 5.4 수준으로 거의 일정하였으며, 3차 공급 후에 pH가 4.5 정도로 급격히 낮아졌고 그 후 pH는 거의 일정하거나 다소 낮아지는 경향이였다. Schwarz(1995)은 pH가 다소 안정화된다는 것은 영양 성장기에 음이온과 양이온이 균형있게 흡수된다는 것을 의미한다고 하였다. 또한, 저농도에서는 4차 공급, 고농도에서는 3차공급 후 pH가 급격히 낮아졌으며 고농도 일수록 pH변화의 폭이 컸는데 토마토(Choi 등, 1998)와 국화(Kang 등, 1995) 양액 재배에서도 고농도 양액에서 pH 변화가 컸다고 하였다.

2) EC의 변화

양액 중의 EC는 그림 5에서 보는 바와 같이 8차 순환 공급까지 양액의 농도 1, 2, 3, 및 4배액 모두가 다소 조금씩 높아졌다. 양액 중의 EC는 시비 기준에 매우 중요한 결정적인 요인인데, 그 이유는 배지가 직접 식물의 뿌리와

접하고 있기 때문이다. 따라서 EC는 재배 환경에 의해 크게 영향 받기 때문에 같은 비료의 농도라도 기온이 높을 때(Kang와 van Iersel, 2001), 상위 관수보다 저면 관수에서 높아지며(Cox, 2001; Yelanich와 Biernbaum, 1990) 관수 후 배수량(Ku와 Hershey, 1991)이나 배지의 종류(Klock-Moore와 Broschat, 2001; van Iersel, 1999)에 따라서도 달라진다고 하였다.

최 등(2002)도 양액 중의 EC는 초기와 중기에는 비교적 안정되었으나 공급 말기에는 증가하는 경향을 나타내며, 고농도인 EC 2.4 dS/m 처리에서 가장 많이 증가한다고 하였으나, 본 실험의 결과에서는 농도에 관계없이 공급 초기부터 EC가 서서히 증가하였다. 이것은 양액 공급 시 마다 식물체가 양액 중의 양분을 이용하는 양보다 배지 및 베드에 집적되었던 수용성 음이온 및 양이온 양분이 녹아 나오는 양이 많고 식물체를 통한 수분 증산과 베드 또는 화분에서의 수분이 증발함에 따라 양액 중의 EC가 서서히 증가하는 것으로 생각되었다.



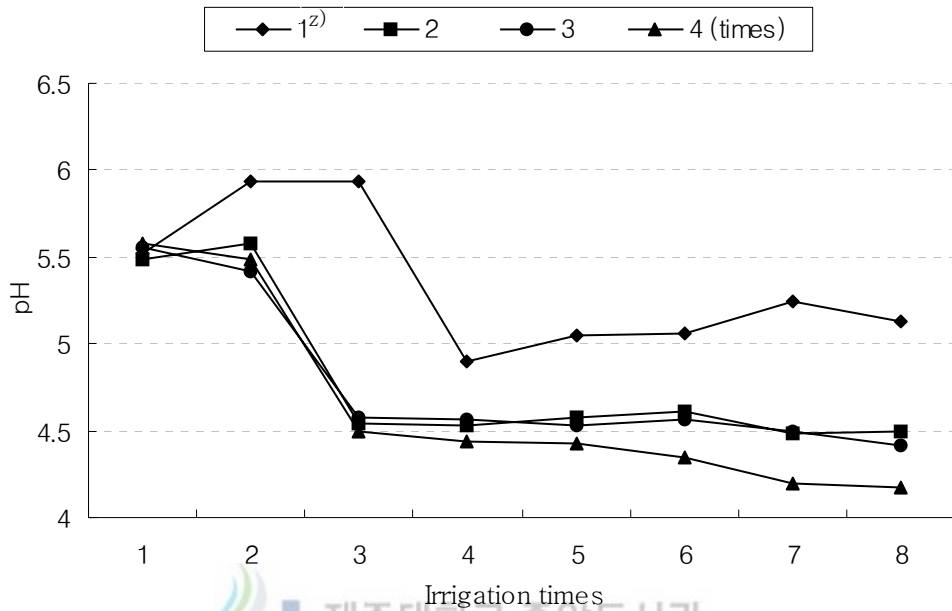


Fig. 4. The fluctuation of pH as affected by the irrigation times during the experiment.

^{z)}See Table 1.

^{y)}The pH was measured right after every irrigation and solutions were supplied 8 times during the experiment.

^{x)}pH was adjusted at 5.5 by 0.5N HCl at starting point.

^{w)}Plants were cultivated from June to October 2003 by ebb and flow system culture.

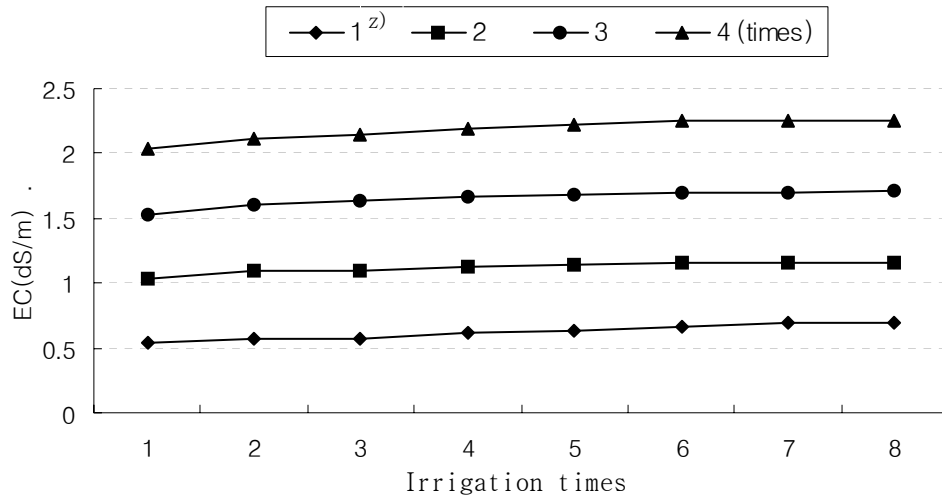


Fig. 5. The fluctuation of EC as affected by the irrigation times during the experiment.

^{z)}See Table 1.

^{y)}The pH was measured right after every irrigation and solutions were supplied 8 times during the experiment.

^{x)}pH was adjusted at 5.5 by 0.5N HCl at starting point.

^{w)}Plants were cultivated from June to October 2003 by ebb and flow system culture.

1-4. 식물체 무기성분의 함량

1). 다량원소 흡수특성

양액 순환 공급에 따른 EC 농도별 다량원소 함량은 그림 6에서 보는 바와 같이 엽중 N과 P의 함량은 상위엽에서가 하위엽보다 높았으나, 엽부위별 함량은 양액 농도별 처리구간에서는 서로 비슷하였다. 뿌리 중의 N의 함량은 2엽과 비슷하였으나 P의 함량은 최상엽인 1엽보다 2배 이상 높았다.

엽중 K의 함량은 저농도인 1배액 처리에서는 상위엽인 1엽과 2엽에서 함량이 많았으며, 고농도인 4배액 처리에서는 하위엽으로 갈수록 높았다. 뿌리 중의 K의 함량은 엽중 함량보다 낮았으나 양액 농도가 높을수록 다소 높아지는 경향이였다. K는 흡수 속도가 빠르고 이동성이 크며 영양 생장 기간 동안 가장 많이 흡수되는 양분이나 Ca, Mg 및 Na 등과 길항 작용으로 흡수가 억제되어 양액의 농도가 높을수록 하위엽에서 많이 집적되는 것으로 생각되었다. 최 등(2002)은 K의 함량이 난의 종류에 상관없이 높게 나타난 것은 다른 식물보다 내건성이 강한 난과 식물의 삼투조절 기능이 큰 역할을 하기 때문이라고 하였으며, Poole과 Seeley(1978)도 착생란인 *Phalaenopsis*의 경우에는 K의 함량은 N의 함량보다 3~4배 높다고 하였으나, 본 실험에서는 엽중 K의 함량은 N의 함량 범위와 비슷하였다.

엽중 Mg의 함량은 양액 농도별 모든 처리구에서 하위엽으로 갈수록 높았으며, 엽 부위별 함량은 양액 농도가 낮을수록 높아지는 경향이였다. 또한 뿌리 중의 Mg의 함량은 1엽과 2엽 중의 함량과 비슷하였으나, 1과 2배액 처리에서보다 3과 4배액 처리에서가 높았다. Mg인 경우는 Ca와 K보다 적게 흡수되는 편이고 Mg의 흡수는 K, Ca 및 Mn 등과 길항 작용에 의한 영향 때문에 양액의 농도가 높을수록 하위엽으로 집적되는 것으로 생각되었다.

엽중 Ca의 함량은 저농도인 1배액 처리에서는 하위엽으로 갈수록 다소 감소하였으나, 고농도인 4배액 처리에서는 하위엽으로 갈수록 증가하였다. 또한, 뿌리 중의 Ca의 함량은 엽보다 다소 낮았으나 1과 2배액 처리에서보다 3과 4배액 처리에서가 Ca의 함량이 높았다.

엽중 Na의 함량은 양액 농도별 모든 처리에서 하위엽으로 갈수록 높았으며, 엽 부위별 함량은 1과 2배액 처리에서 높았으며, 뿌리 중의 Na의 함량은 엽중의 1엽과 2엽에서 비슷한 경향이였다(그림 6).

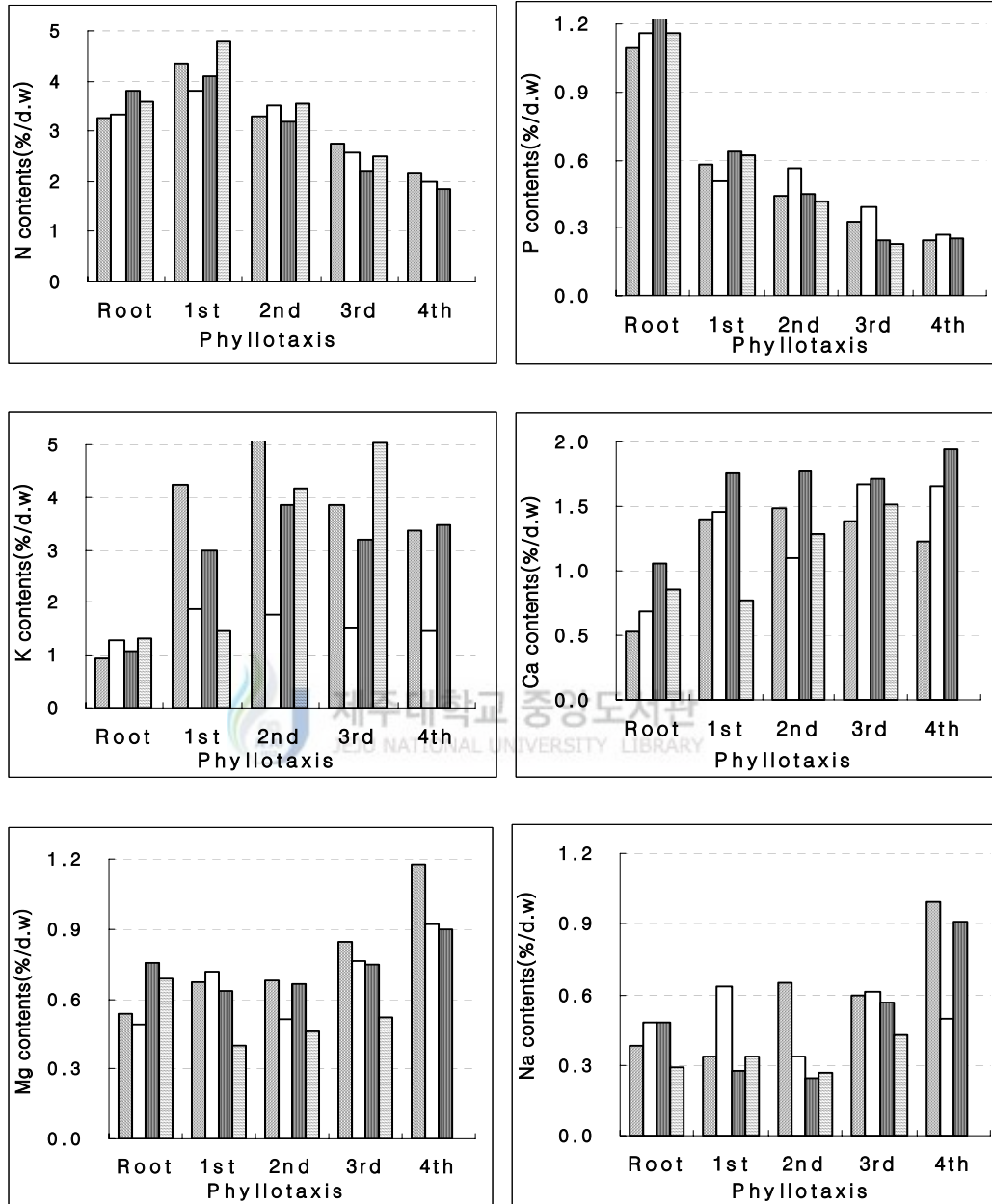


Fig 6. Comparison of macro ion concentration as phyllotaxis and root by nutrient solution concentration treatment by ebb and flow system culture at 5months after planting. ■ 1 time^{z)}, □ 2 times, ▨ 3 times, ▩ 4 times.

^{z)}See Table 1.

2) 미량원소 흡수특성

양액 순환 공급에 따른 EC 농도 및 엽 부위별 미량원소의 함량은 그림 7에서 보는 바와 같이 엽중 Mn의 함량은 뿌리보다 약 3~5배 이상 높았으며, 하위엽으로 갈수록 증가하였다. Mn의 흡수율은 Ca와 Mg 같은 2가 양이온보다는 낮은 편이나 질소의 형태에 따라서 달라지며 일반적으로 NO_3 를 사용한 경우가 Mn의 흡수가 많아진다. 또한, Mn의 이동성은 식물체 안에서는 비교적 좋지는 않지만 주로 분열조직 쪽으로 이동되어 어린 기관에 많이 함유하기 때문에 엽중 Mn의 함량은 뿌리보다 높은 것으로 생각되었다.

Fe, Cu, Zn의 함량은 엽보다 뿌리에서 훨씬 높았고, 뿌리 중의 Fe 및 Zn의 함량은 농도가 높은 3과 4배액 처리에서 높은 경향이였다. 엽중의 Fe와 Cu의 함량은 저농도인 1배액 처리에서가 높았다.

Cu는 식물이 흡수하는 양은 매우 적고 체내 이동성이 좋은 편은 아니나 Cu의 영양 상태(농도)에 크게 의존되며 뿌리의 교환 부위로부터 대부분의 다른 이온종과 치환될 수 있기 때문에 엽보다 뿌리에서가 Cu의 함량이 높은 것으로 생각되었다. 또한, Cu는 특히 Zn, Cu, Fe, Mn과 그 외 Mg, Ca 등과의 길항 작용으로 흡수가 억제되고, Fe는 Mn, Cu, Ca, Mg, K, Zn과의 길항 작용 및 NO_3 의 공급시에 흡수가 억제되기 때문에 양액의 농도가 높을수록 이와 같은 양분의 농도가 높아져 엽에서의 함량이 감소하는 것으로 생각된다.

Fe는 식물체 내에서 쉽게 이동하지 않기 때문에 Fe의 함량은 뿌리에서 높은 것으로 생각된다. 또한 뿌리에서 Fe와 Zn의 함량이 양액의 농도가 높을수록 증가하는 것은 흡수된 Fe와 Zn이 체내로 이동이 잘 되지 않고 뿌리에 계속 축적되기 때문인 것으로 생각되었다.

Zn은 체내 이동성은 좋지 않지만 저온이나 호흡 저해의 영향을 받지 않는 교환 현상으로 흡수하기 때문에 엽보다 뿌리에서가 높은 것으로 생각된다.

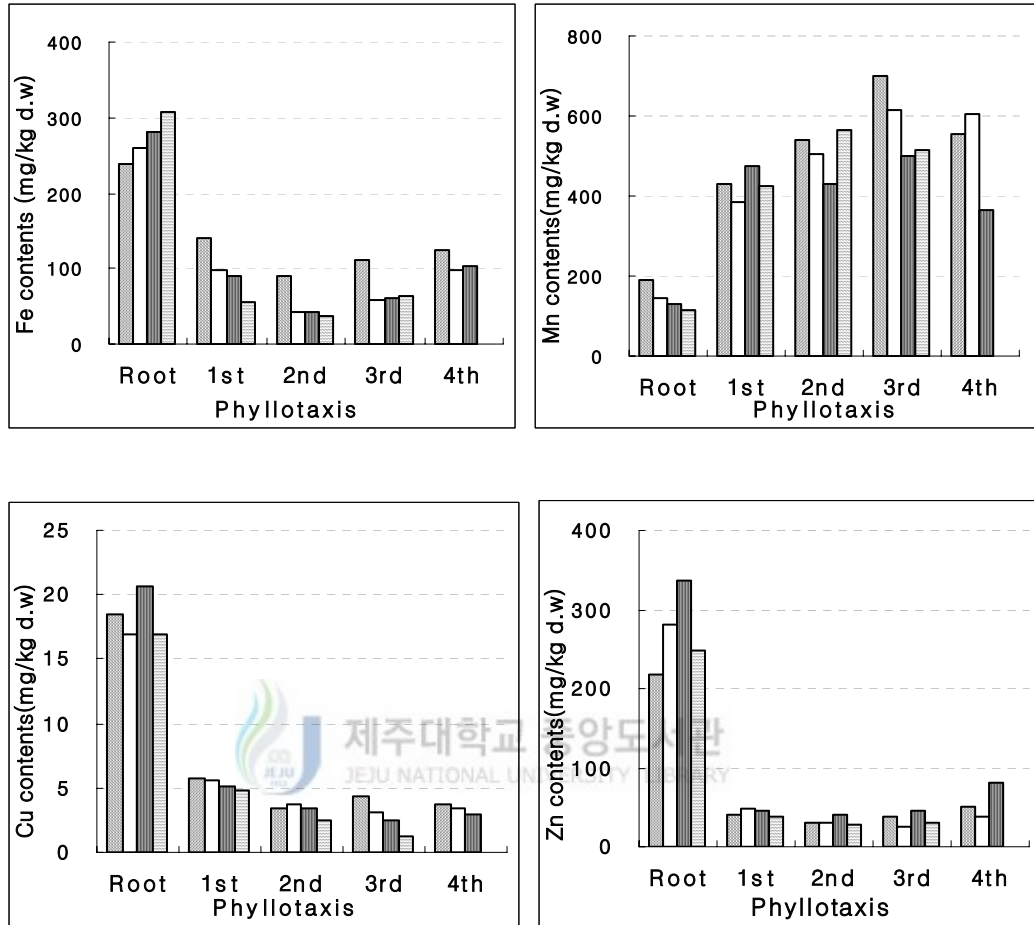


Fig 7. Comparison of micro ion concentration as phyllotaxis and root by nutrient solution concentration treatment by ebb and flow system culture at 5months after planting. ■ 1 time²⁾, □ 2 times, ▨ 3 times, ▩ 4 times.

²⁾See Table 1.

[시험2] KH_2PO_4 처리에 따른 팔레놉시스 생육 및 무기성분 함량

본 시험은 순화재배 10개월 된 묘를 이용하여 2004년 4월부터 11월까지 7개월 동안 제주농업기술원 농업연구센터 화훼연구 온실에서 수행하였다. 양액의 농도를 KH_2PO_4 처리에 따라 5처리로 나누고 저면관수시스템에서 7개월 동안 재배한 후 배지 내의 pH, EC 및 무기성분 함량의 변화, 양액농도 처리별 묘의 생육과 식물체의 양분 흡수에 미치는 영향을 검토한 결과는 다음과 같다.

2-1. 생육특성

팔레놉시스 생육에 대한 KH_2PO_4 처리 효과를 보면 엽폭은 KH_2PO_4 를 처리한 구간의 양액농도가 높아질수록 표준 양액에 KH_2PO_4 를 처리하지 않은 구간(0)인 6.7 cm보다 넓어져 0.4 g/l 처리에서는 7.8 cm로 넓었으며, 엽 길이는 0.1 g/l 처리에서 20.9 cm로 제일 길었다. 또한, 뿌리수, 뿌리길이 및 생체중은 0.2 g/l 처리에서 각각 25.3개 38.2 cm, 97.4 g으로 양호하였다. 이와 같이 본 실험에서는 개화 전 중간 생육 단계부터 KH_2PO_4 0.1 g/l ~ 0.2 g/l 처리에서가 생육이 가장 양호하였다(표 4, 그림 8).

Table 4. Effect on growth characteristics of *Phalaenopsis* as affected by KH_2PO_4 treatment at 7 months after planting.

KH_2PO_4 treatment(g/l)	No. of Leaf	Length leaf(cm)	Leaf width(cm)	No. of Root	Root length(cm)	Fresh wt. (g/plant)	T/R Ratio
0 ^{z)}	8.6a ^{y)}	18.8b	6.7b	24.0	37.0	84.6	1.04bc
0.1	8.0a	20.9a	7.3ab	24.1	37.4	90.5	0.94c
0.2	7.8a	18.0b	7.5a	25.3	38.2	97.4	1.21a
0.3	7.9a	18.1b	7.6a	24.3	33.6	91.5	1.08abc
0.4	8.6a	18.3b	7.8a	24.5	37.9	95.0	1.12ab

^{z)}See Table 2.

^{y)}Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

^{x)}Plants were cultivated from November to April 2004 by ebb and flow system culture.

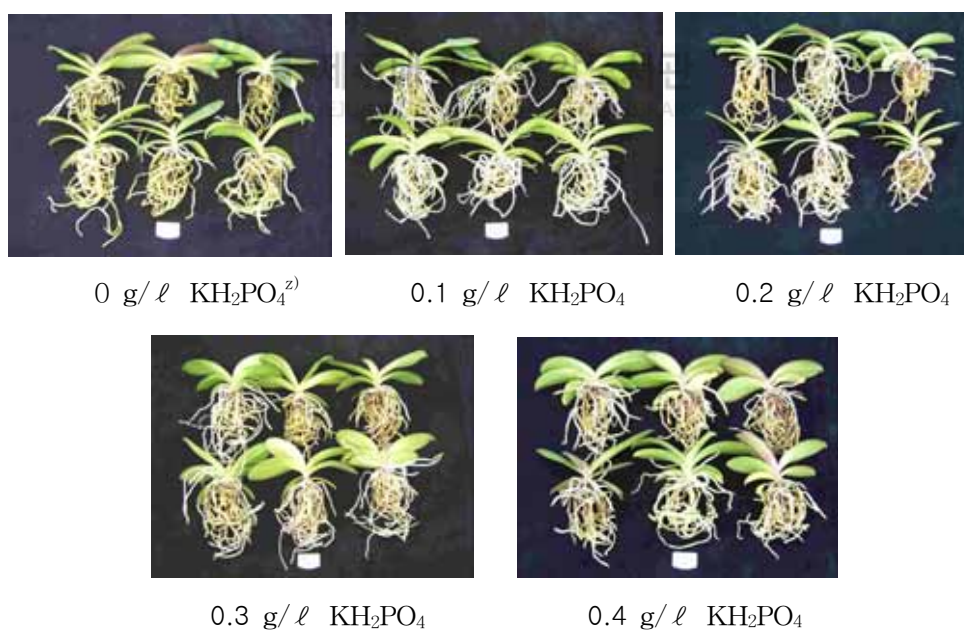


Fig 8. Comparison of *Phalaenopsis* growth status as affected by KH_2PO_4 treatment at 7 months after planting

^{z)}See Table 2.

^{y)}Plants were cultivated from November to April 2004 by ebb and flow system culture.

2-2. 배지 내의 pH 및 EC 변화

팔레놉시스 표준 양액에 KH_2PO_4 의 처리에 따른 양액 농도가 높아질수록 배지 내의 EC도 높아졌는데(그림 9), 이것은 H_2PO_4^- 및 K^+ 의 이온 함량이 높아 양액의 EC가 다소 높아지고 공급시 양액의 농도가 높아질수록 배지에 양분 집적이 많아지기 때문에 EC가 높아지는 것으로 생각된다. 그러나 배지 내의 pH는 팔레놉시스 표준 양액에 KH_2PO_4 를 처리한 양액 농도가 높아질수록 큰 차이는 없지만 다소 낮아져 산성화되는 경향이였다(그림 9). KH_2PO_4 농도가 높아질수록 EC는 높고 pH는 낮아지는 경향을 보였는데 Reed(1996)는 배지내 양액의 농도가 높을수록 EC가 높아지는 것은 배지 내에 양이온보다 음이온의 집적이 많아지기 때문이라고 하였다. 또한, Bailey와 Bilderback은 대부분의 화훼 작물 재배에서 적정 pH는 5.4에서 6.3 범위라고 하였는데, 본 실험의 결과는 KH_2PO_4 의 농도가 높아질수록 낮은 pH를 보였지만 생육 저하나 미량 요소 결핍 증상은 관찰되지 않았다.

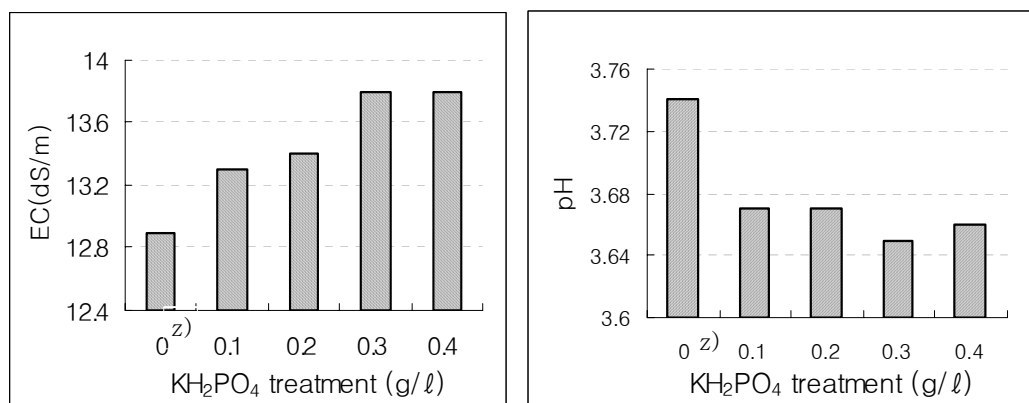


Fig 9. Effects of KH_2PO_4 treatment on pH and EC in the closed ebb and flow system.

^{z)}See Table 2.

^{y)}Plants were cultivated from November to April 2004 by ebb and flow system culture.

2-3. 엽 및 뿌리중의 양분흡수 특성

1) 다량원소 함량

팔레놉시스 표준 양액에 0, 0.1, 0.2, 0.3 및 0.4 g/l KH_2PO_4 처리에 따른 식물체 중의 다량원소 함량은 그림 10에서 보는 바와 같이 엽중 N의 함량은 KH_2PO_4 0 g/l 과 0.1 g/l 처리에서 다소 높았으나, KH_2PO_4 처리구간이 높아질수록 엽중 N의 함량은 감소하는 경향이였다. 또한, 엽과 뿌리 중의 N의 함량은 KH_2PO_4 를 처리하지 않은 0 g/l 처리에서는 비슷하였으나, 양액농도가 증가할수록 KH_2PO_4 0.1, 0.2, 0.3 및 0.4 g/l 처리에서는 엽보다 뿌리에서가 높았다. Paek과 Yeung(1991)에 의하면 양란(*Cymbidium*)의 조기 재배시 뿌리의 형성과 생육은 N의 함량이 경시 적으로 낮을 때 효과적이라고 하였으며, 낮은 N의 시비는 한란 교잡종, 옥화 및 소심난 등에서도 뿌리 생육이 좋았다고 하였다. 그러나 본 실험의 결과에서는 N의 함량은 엽보다 뿌리에서가 대체로 높아 N은 엽뿐만 아니라 뿌리의 생육에도 중요하게 관여하는 것으로 생각되었다.

P의 함량은 엽에서는 농도가 높을수록 KH_2PO_4 를 처리 하지 않은 0 g/l 처리에서와 비슷하거나 다소 높아지는 경향이였다. 뿌리에서는 엽보다 대체로 함량이 높았으며, 특히 KH_2PO_4 0.4 g/l 처리에서가 0.1, 0.2, 0.3 g/l 처리에 비해 3배 이상 높았다. 그 이유는 인산이온은 순수한 이온의 형태로 흡수되며, 공급이 충분하면 체내에서 환원된 이온의 형태로 식물체 내에 다량으로 축적되기 때문인 것으로 생각되었다. 양액 재배시 양란(*Cymbidium jungfrau*)에서도 흡수된 질소는 벌브에 가장 많이 존재하였고, 인은 뿌리와 벌브에 많이 존재하고 있다고 하였다(송 등, 1999).

K의 함량은 엽에서는 KH_2PO_4 0.3과 0.4 g/l 처리에서가 0.1과 0.2 g/l 처리에 비해 2배 정도 높았으며, 뿌리에서는 KH_2PO_4 를 처리한 농도가 증가할수록 높아졌다. 이와 같은 결과는 K의 경우 영양 생장 기간 동안 가장 많이 흡

수되는 양분이며, 생육 후기에는 생장 속도가 감소함에도 불구하고 흡수 속도가 빠르고 이동성이 활발하기 때문에 농도가 높을수록 함량이 높아지는 것으로 생각되었다. 또한, K는 뿌리보다 엽에서가 대체로 많이 함유하고 있으며, N과 P의 함량에 비해 다소 높은 경향이였다. Zheng 등(1992)은 K의 함량이 난의 종류에 상관없이 높게 나타난 것은 타 식물보다 내건성이 강한 난과 식물의 삼투조절 기능으로서 큰 역할을 하기 때문이라고 하였으며, Poole와 Seeley(1978)도 착생란인 팔레놉시스의 K의 함량은 N의 함량의 3~4배 높았다고 하였다. 그러나 본 실험에서도 K의 함량은 N의 함량에 비해 약 1.8~3.5배 정도 높은 경향이였다.

Ca의 함량은 뿌리보다 엽에서 2배 정도 높았으며, 엽과 뿌리에서는 처리간에는 대체로 비슷한 경향이였고 엽중 K의 함량과 비슷하였다. Ca의 흡수는 양액의 농도에 영향을 받아 농도가 증가할수록 많이 흡수되는 특성이 있어서 과다 흡수되기 쉬운 원소라고 알려져 있다(van Eysinga, 1980).

Mg와 Na의 함량은 엽과 뿌리에서 대체로 비슷하였고 KH_2PO_4 처리에서 농도가 증가할수록 Mg와 Na의 함량의 경우가 다소 높은 경향이였다. 뿌리 중의 Mg의 함량은 농도가 증가할수록 감소하였다. 특히, 뿌리 중의 Mg와 Na의 함량은 엽보다 KH_2PO_4 처리 하지 않은 0 g/l 처리에서가 높았다.

이와 같은 결과는 Mg의 경우는 Ca와 K보다 적게 흡수하는 편이며, K, Ca등과 길항 작용에 의한 영향 때문에 처리간에는 비슷하거나 감소하는 것으로 생각되었다.

2). 미량성분 함량

팔레놉시스 표준 양액에 KH_2PO_4 0, 0.1, 0.2, 0.3 및 0.4 g/l 처리에 따른 식물체 중의 미량원소 함량은 그림 11에서 보는 바와 같이 Mn의 함량은 엽에서가 뿌리보다 3~5배 정도 많은 경향이였고, KH_2PO_4 처리에서 농도가 높을수록 엽과 뿌리에서 모두 다소 높아지는 경향이였다. 이것은 Mn의 흡수율은

Ca와 Mg 같은 양이온보다는 낮은 편이나 질소의 형태에 따라서 달라지며, 일반적으로 NO_3 를 사용한 경우가 식물체 안에서의 이동성은 비교적 좋지 않지만 Mn의 흡수가 많아지고 주로 분열조직 쪽으로 이동되어 어린기관에 많이 함유되기 때문에 뿌리보다 엽에서가 함량이 높은 것으로 생각된다. 또한, H_2PO_4^- 이온과 같은 음이온 함량이 많아지면 Mn의 흡수가 많아지고 K는 양·수분 이동 역할에 관여하기 때문에 KH_2PO_4 처리에서 농도가 많아질수록 Mn의 함량이 증가하는 것으로 생각되었다.

Fe, Zn, B의 함량은 KH_2PO_4 처리에서 농도가 증가할수록 감소하는 경향이 있었다. Fe의 경우는 KH_2PO_4 0.3과 0.4 g/l 처리에서는 뿌리보다 엽에서 다소 높았으며, Zn의 경우는 모든 처리에서 엽보다 뿌리에서가 높았다. B의 함량인 경우는 Zn와 반대되는 관계를 나타내어 엽보다 뿌리에서가 함량이 낮았다. 이와 같이 Fe와 Zn이 뿌리에서가 대체로 높고 KH_2PO_4 처리에서 농도가 증가할수록 감소하는 것은 대체로 체내에서 이동성이 좋지 않아 뿌리에 계속적인 축적과 다른 미량원소와 K, Ca, Mg 등과의 길항 작용으로 흡수가 억제되기 때문인 것으로 생각되었다.

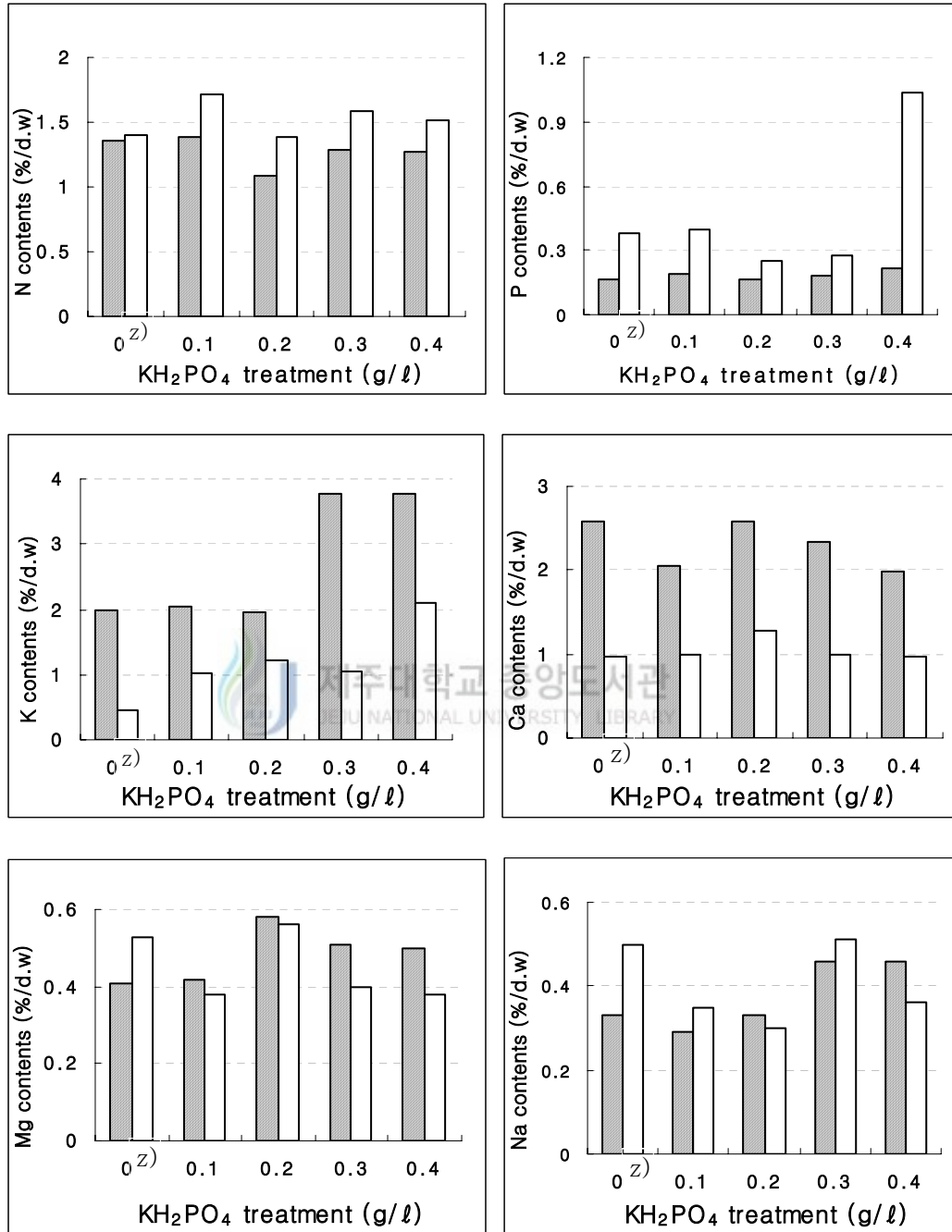


Fig 10. Comparison of macro mineral content in plant leaves and root as affected by KH_2PO_4 at treatment 7 months after planting. ■ Leaf, □ Root.

^{z)}See Table 2.

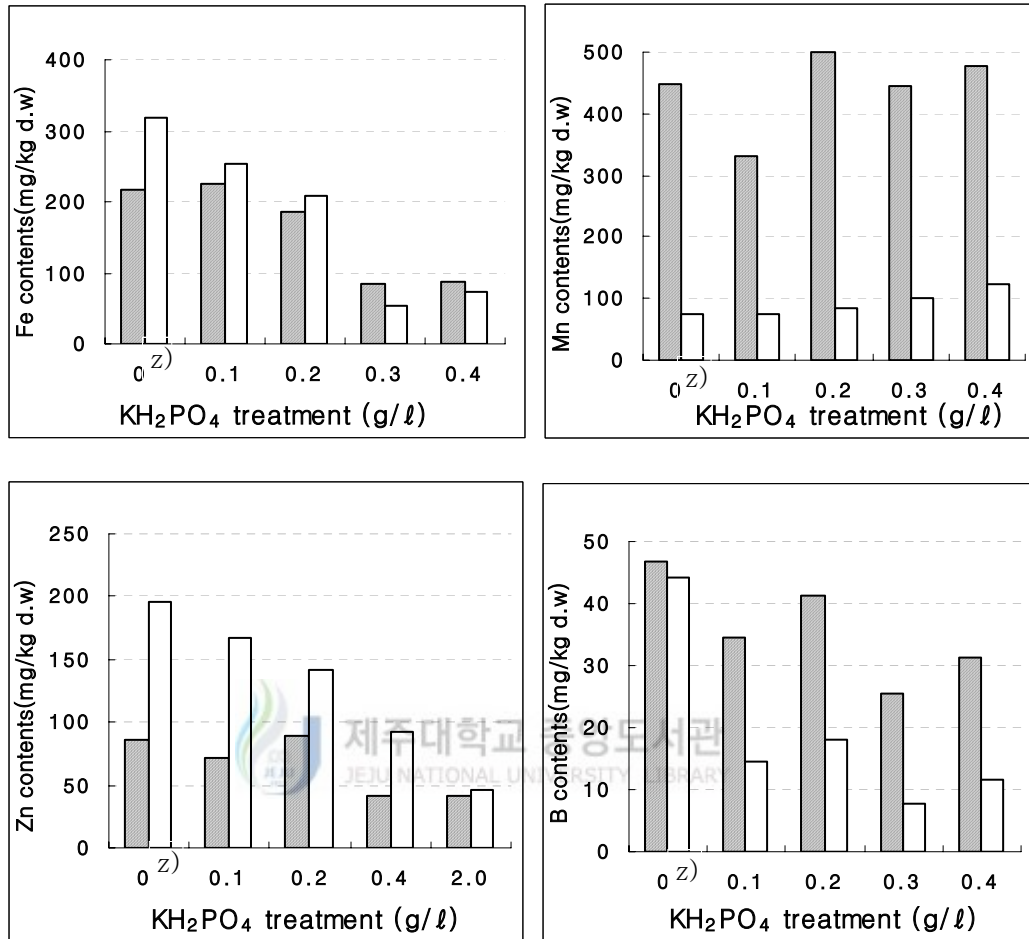


Fig 11. Comparisons of micro mineral content in plant leaves and root as affected by KH_2PO_4 treatment at 7 months after planting. ■ Leaf, □ Root.

^{z)}See Table 2.

^{y)}Plants were cultivated from November to April 2004 by ebb and flow system culture.

2-4. 생리장애

팔레놉시스 부위별 P의 함량은 상위엽에서 높은 경향을 보였고, 하위엽으로 갈수록 점차 감소하였으나, 표준 양액에 KH_2PO_4 0, 0.1, 0.2, 0.3 및 0.4 g/l 처리구간에서는 대체로 비슷하였다. 뿌리 중의 P의 함량은 KH_2PO_4 0, 0.1, 0.2, 0.3 g/l 처리보다 KH_2PO_4 0.4 g/l 처리에서가 약 3배정도 함량이 높았다. K의 함량은 1~3엽인 경우 KH_2PO_4 0.3 g/l 처리에서가 높았으며, 4~7엽(중·하위엽)에서는 KH_2PO_4 0.4 g/l 처리에서가 다른 처리에 비해 대체로 높은 경향이였다(그림 12). 이것으로 인해서 KH_2PO_4 0.4 g/l 처리에서 양액 공급 4개월 후부터 중·하위엽의 황화현상이 일어나고 기간이 경과되면서 황화 부위가 누렇게 되어 병 발생을 일으켰다. 상위엽은 잎이 두텁고 짧아지며 단단하게 굳어지는 등 지상부의 생육억제가 일어났으며, 다른 처리에 비해 뿌리는 굵고 잘막해지는 현상을 보였다(그림 13, 그림 14). 이것은 P와 K는 흡수 속도가 빠르고 이동성이 큰 양분으로서 식물체에 능동적 또는 적극적으로 흡수되기 때문에 KH_2PO_4 의 양액 농도가 증가할수록 흡수가 많아지기 때문에 뿌리에서는 P와 엽에서는 K가 집적의 원인으로 나타난 것으로 생각되었다.

P는 식물체에 의해 흡수되어지는 필요량이 질소보다는 작기 때문에 흡수량과 생장은 비례 관계가 아니라고 한다. 또한 인이 과다하면 황화현상이 나타나며, 부족하면 잎이 검게 되고 엽중 K, Mg 농도가 감소하고, 개화도 지연된다. 반면, K는 공급량이 많아지면 과다 흡수시 특히 Mg, Ca의 흡수와 생리적 활성을 억제하여 체내 함유율을 낮게 한다고 하였다(Marshner, 1989).

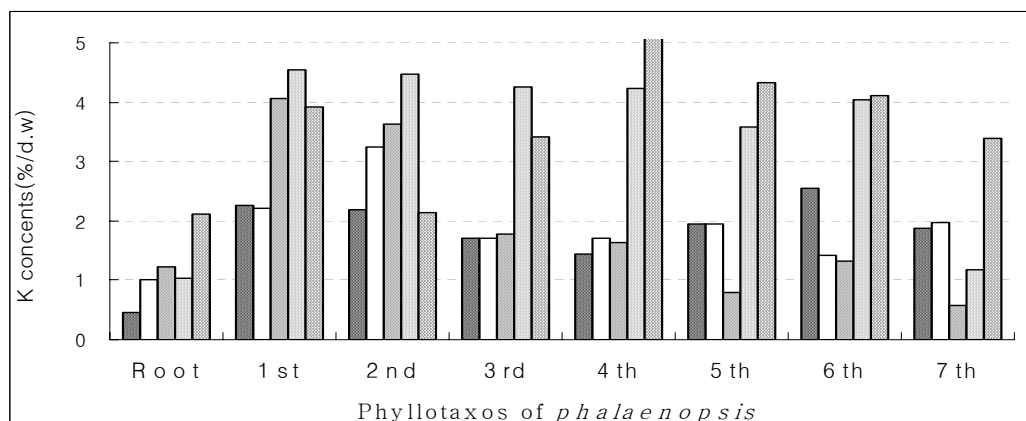
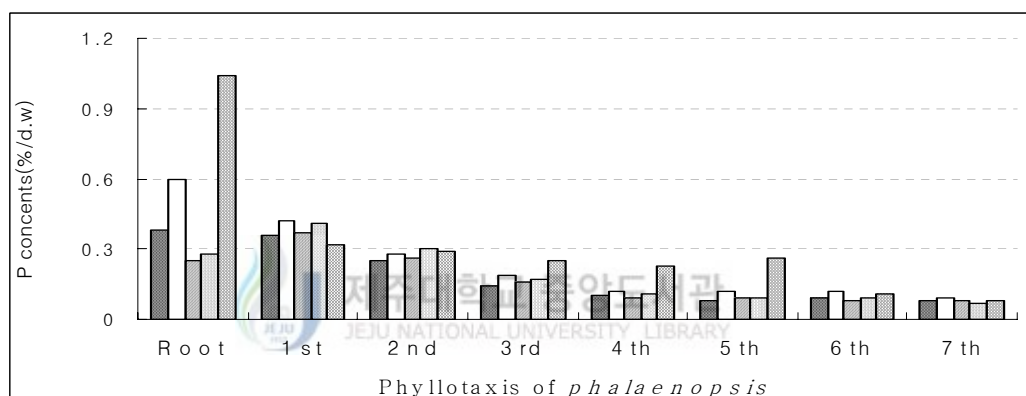
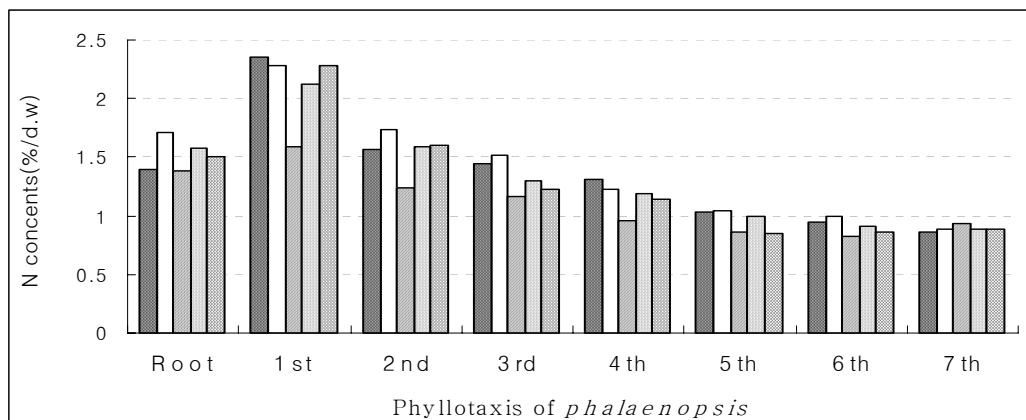


Fig 12. Comparison of N, P, K concentration in phyllotaxis and root as affected by KH_2PO_4 treatment at 7 months after planting.

■ 0 g/l²⁾, □ 0.1 g/l, ▨ 0.2 g/l, ▩ 0.3 g/l, ▪ 0.4 g/l.

²⁾See Table 2.

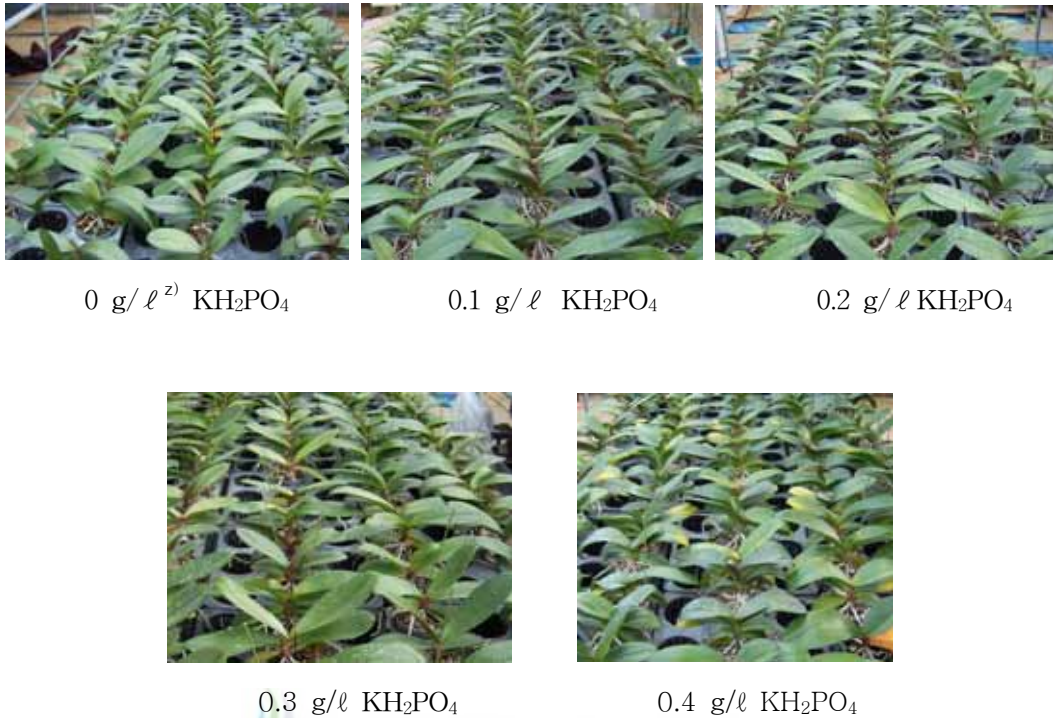


Fig 13. Comparison of growth and status in *Phalaenopsis* according to KH_2PO_4 treatment.

^{z)}See Table 2.

^{y)}Plants were cultivated from November to April 2004 by ebb and flow system culture.

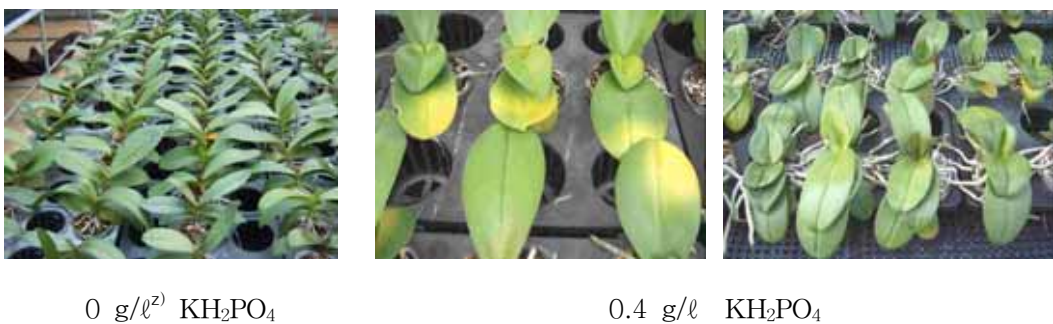


Fig 14. Physiological injury by high nutrient solution concentration.

^{z)}See Table 2.

^{y)}Plants were cultivated from November to April 2004 by ebb and flow system culture.

V. 적 요

저면관수시스템을 이용한 팔레놉시스에 알맞은 적정 양액 농도를 선별하기 위하여 영양 생장기용 양액은 '94원시표준양액(EC 0.5 dS/m)의 1, 2, 3, 및 4배 농도의 비료량을 추가하여 4등급으로 나누어서 5개월 동안 공급하여 재배하였고, 화아 분화기용 양액은 '94원시표준양액(EC 0.5 dS/m)에 KH_2PO_4 를 0, 0.1, 0.2, 0.3 및 0.4 g/l 을 5처리구로 나누어 7개월 동안 재배한 후에 양액과 배지내의 pH, EC와 양액농도에 따른 묘의 생육과 식물체 무기 성분 함량 변화에 미치는 영향에 관해서 조사하였다.

[시험1] 양액농도에 따른 팔레놉시스 생육 및 무기성분 함량

1. 표준 양액의 1배액 처리구의 경우 엽수는 4.1장, 뿌리수는 13.1개로 2, 3, 및 4배액 처리보다 많았고, 생체중도 29.8 g으로 높았으며, 고사율 및 T/R율이 낮아 생육이 가장 양호하였다.
2. 양액중의 EC는 양액농도가 증가함에 따라 비례적으로 증가하였고, pH는 공급 주기에 따라 초기에는 안정적이지만 3~4회 순환공급에서는 급격히 낮아졌다.
3. 엽 부위별 N, P의 함량은 양액농도의 증가에 따른 모든 처리에서 상위엽에서가 하위엽보다 높았으나 처리구간에는 비슷하였다. K의 함량은 1배액 처리에서는 상위엽에서가, 4배액 처리에서는 하위엽에서가 높은 경향이였다.
4. 엽중 Mn의 함량은 뿌리보다 약 3~5배 이상 높았으며, Fe, Cu, Zn의 함량은 엽보다 뿌리에서 많은 경향이였다.

5. 양액의 농도는 생육이 양호한 1배액(EC 0.5 dS/m) 수준에서 재배하는 것이 최소배지 내의 염류 집적을 줄이면서 식물체 생육에 가장 적절한 것으로 보여, 이농도에서 고품질 팔레놉시스를 생산할 수 있을 것으로 사료되어진다.

[시험2] KH_2PO_4 처리에 따른 팔레놉시스 생육 및 무기성분 함량

1. 묘의 생육은 원시표준양액(EC 0.5 dS/m)보다 0.1~0.2 g/l KH_2PO_4 처리 구에서가 대체로 생육이 양호하였다.

2. KH_2PO_4 의 농도가 높아질수록 배지 내의 EC는 다소 높아지는 경향이었고, pH는 다소 낮아져 산성화되는 경향이였다.

3. 엽 및 뿌리 중의 N, P의 함량은 KH_2PO_4 0.1~0.4 g/l 처리에서가 엽 보다 뿌리에서 낮았으나, K의 함량은 뿌리에서보다 엽에서가 높았다.

4. 엽 부위에 따른 엽중 K의 함량은 0.3와 0.4 g/l 처리에서 중·하위엽에 많이 집적되는 경향이였다. 뿌리 중의 P의 함량은 0.4 g/l 처리에서가 많이 집적되는 경향이였다. 또한, 0.4 g/l 처리구간에서는 황화 현상과 생육 부진 등 생리 장애가 발생하였다.

5. 식물체의 생육 특성과 양분 함량을 고려했을 때 '94원시표준양액(EC 0.5 dS/m)에 KH_2PO_4 를 0.1 g/l 만큼 추가하여 재배하는 것이 고품질 팔레놉시스의 생산과 비료 비용을 절감할 수 있을 것으로 보인다.

VI. 인용문헌

Arditti, J. and R. Ernst. 1993. Micropropagation of orchids. p. 373~375 John Wiley and Sons, Inc., New York.

Bailey, D. A. and T. Bilderback. 1997. Alkalinity control for irrigation water used in nurseries and greenhouses. Horticulture Information Leaflet 558. North Carolina Coop. Ext. Ser.

Choi, J. M. and C. W. Lee. 1995. Effects of irrigation methods, nutrient concentrations, and media on salt accumulation in media, growth, and flowering of Easter lilies. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 36: 715~724.

Choi, E. Y., Y. B. Lee, and J. K. Kim. 1998. Development of optimal nutrient solution for tomato substrate culture in closed system. J. Bio. Fac. Env. 7: 43~54.

Choi, H. K., S. M. Park and C. S. Jeong. 2002. Comparison of quality changes in soil and hydroponic cultured muskmelon fruits. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 42: 264~270.

최영일, 한은주, 박현춘, 이용범, 백기엽. 2002. Ebb & Flow 시스템을 이용한 *Doritaenopsis* 'Tinny Tender' 양액재배시 생장에 미치는 배양액 농도의 영향. 한국원예학회지 43(1): 86~90.

Cox, D. A. 2001. Growth nutrient content and growth medium electrical conductivity of poinsettia irrigated by subirrigation or from overhead. J. Plant Nutr. 24: 523~533.

Endo, M. and I. Ikushima 1989. Diurnal rhythm and characteristics of photosynthesis and respiration in the leaf and root of a *Phalaenopsis* plant. Plant Cell Physiol. 30: 43~47

Endo, M. and Y. Sugi. 1992. Growth and nutrient avsrption of hydroponic *Phalaenopsis* during a year. Hort. Abstr. 61(2): 532~533.

Gething, P. A. 1977. The effect of fertilizers on the growth of orchid (*Odontnglossum*) seedlings. Expl. Hort. 29: 94~101.

Griesbach, R. J. 1995. A phalaenopsis in every pot. Orchid Dig. 59(1): 42~43.

Ichihashi, S. 1982. Study on fertilization for orchid plannts. Composition of fertilization for raising seedlings. J. Japan. Soc. Hort. Sci. p. 428~429. (Abstr.)

전민화, 한은주, 백기엽. 2003. Ebb & flood 관수 시스템을 이용한 *Pelargonium hortorum* 'Pinto White' 와 'Pinto Pink' 의 분화 생산 시 배양액의 농도가 식물체의 생육에 미치는 영향. 한국원예학회지 44: 518~522.

정순주, 이범선, 안규빈. 1997. 양액재배를 이용한 난의 유효생산기간의 단축 및 품질 향상 기술개발 -시스템 및 양액농도가 *Dendrobium phalaenopsis*의 성장과 품질에 미치는 영향. 대산회록 5: 21~24

Kang J. G., B. S. See, and S. J. Chung. 1995. Effect of nutrient concentration on growth and development of aeroponically grown *Chrysanthemum*. J. Kor. Soc. Hort. Sic. 36: 83~89.

Kim, T. J. 1999. Effect of fertilizers, low temperature, photosynthetic photon flux and growth regulators on growth and flowering in *Phalaenopsis*. Ph. D. thesis. Graduate School of Chungbuk National University, Cheongju.

Klock-Moore, K. A. and T. K. Broschat. 2001. Irrigation systems and fertilizer affect petunia growth. HortTechnology 11: 416~418

Ku, C. S. M. and D. R. Hershey. 1991. Leachate electrical conductivity and growth of potted poinsettia with leaching fractions of 0 to 0.4. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116: 802~806.

Kubata, S. and K. Yoneda. 1990. Effects of temperature and fertilization on growth and nutrient uptake of *Phalaenopsis*. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 59: 554~555

Marshner, H 1989. Mineral nutrition of higher plants. p. 265~309. Academic Press, London.

Paek, K. Y. and E. C. Yeung. 1991. The effect of 1-naphthaleneacetic acid and N⁶-benzyladenine on the grow of *Cymbidium* forrestiirrhizomes in vitro. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 24: 65~71.

Poole, H. A. and J. G. Seeley. 1978. Nitrogen, potassium, and maganesium nutrition of three orchid genera. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103: 485~488.

Reed, D. W. 1996. Closed production systems for containerized crops: Recirculating subirrigation and zero-leach systems, p 221~245. In: D.W. Reed (ed). Water, media, and nutrition for greenhouse crops. Ball Publ., Batavia, IL, USA.

Schwarz, M. 1995. Soilless culture management. Springer Verlag, Berlin, Germany.

Sinoda, K. 1994. Orchid. p. 161~165. In: K. Konishi, S. Iwahori, H. Kitagawa, and T. Yakuwa (eds.). Horticulture in Japan. Asakura Publishing Co., Tokyo, Japan.

송성준, 부창호, 유장걸. 1999. 서양 심비디움 양액재배에서의 무기물 흡수. 한국환경농학회지 18: 35~40.

van Eysinga, J. P. N. L. R. 1980. Nutritional disorder in chrysanthemums. p. 9~10.

van Iersel, M. 1999. Fertilizer concentration affects growth and nutrient composition of subirrigated pansies. HortScience 34: 660~663.

Yelanich, M. V. and J. A. Biembaum 1990. Effect of fertilizer concentration and method of application on media nutrient concentration, nitrogen runoff and growth of *Euphorbia pulcherrima* 'V-14 Glory'. Acta Hort. 272: 185~189.

Zheng X. N., Z. Q. Wen, R. C. Pan, and C. S. Hew. 1992. Response of *Cymbidium sinense* to drought stress. J. Hort. Sci. 67: 295~299.

감사의 글

어느 덧 짧게만 느껴지던 2년이라는 세월이 지나 석사과정을 무사히 마치게 되었습니다. 지난 학교생활동안 늘 격려해 주시고 논문이 완성되기까지 부족함이 많은저에게 아낌없는 배려와 관심으로 도움을 주신 모든 분께 진심으로 감사드립니다.

대학원 생활 전반에 걸쳐서 늘 정성으로 이끌어 주시고 학문의 길로 나아갈 수 있도록 본 논문이 완성되기까지 세심한 지도를 하여 주신 강훈 교수님, 그리고 바쁘신 와중에도 본 논문의 심사를 맡아 주신 소인섭 교수님, 한상현 교수님께 마음 깊이 감사드리며, 석사과정 동안 저에게 큰 가르침을 주셨던 박용봉 교수님, 문두길 교수님, 송관정 교수님께도 감사드립니다.

본 논문의 작은 결실을 맺을 수 있도록 많은 배려와 연구를 편히 할 수 있게 도움을 주신 제주농업기술원 김광호 원장님, 김영문 국장님, 김용철 과장님, 허태현 계장님, 성문석 연구사님을 비롯한 전 직원 여러분께 진심으로 감사드립니다.

그리고 저에게 많은 관심과 애정으로 늘 한결 같이 지켜봐 주셨던 제주농업시험장 문두영 박사님께도 감사드립니다.

본 실험의 설계에서부터 세심한 논문지도와 더불어 엄한 질책과 귀중한 조언을 아끼지 않으셨던 양상호 연구사님, 바쁘신 와중에도 항상 따뜻한 격려와 가르침을 주신 김용덕 박사님 제게 큰 힘이 되어주신 두 분께 마음 깊이 감사드립니다. 그리고 어려운 논문자료들을 검토하여 주시면서 많은 충고를 해 주신 박영철 연구사님, 실험 기간 동안 부족한 부분에 많은 도움을 주신 박원표 선배님께도 감사드립니다.

대학원 생활을 하면서 힘든 상황 속에서도 함께 이겨내며 서로에게 용기를 주었던 동기들, 선배님과 후배, 그동안 제 옆에서 따뜻한 응원의 메시지를 보내주었던 소중한 친구들에게 고마움의 뜻을 전합니다.

끝으로 오늘이 있기까지 늘 변함없는 믿음으로 따뜻한 애정과 관심을 보여 주신 나의 사랑하는 엄마와 든든한 오빠, 막내 외삼촌과 이모님께도 진심으로 감사드리며, 마지막으로 저를 친자식 보다 더 큰 온정으로 키우시느라 당신은 생애 맘 편하게 쉬다 가지지도 못하시고 가족의 곁을 일찍 떠나 버린 하늘에 계신 외할머니께 이 지면으로나마 그동안 못 드렸던 고마움의 뜻을 전하며, 이 논문을 바칩니다.