

## Ebb and Flow 시스템을 이용한 호접란 수경재배시 생장에 미치는 배양액 농도의 영향

안동춘<sup>1</sup> · 박선휘<sup>2</sup> · 빈철구<sup>1</sup> · 정병룡<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>경남농업기술원화훼육종연구소, <sup>2</sup>경상대학교 원예학과, <sup>3</sup>경상대학교 생명과학연구원

## Effect of Nutrient Solution Strength on Growth of *Phalaenopsis* in an Ebb and Flow System

Dong Choon An<sup>1</sup>, Seon-Hye Park<sup>2</sup>, Chul Gu Been<sup>1</sup>, and Byoung Ryong Jeong<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Flower Breeding Research Institute, Gyeongnam ARES, Changwon 641-920, Korea

<sup>2</sup>Department of Horticulture, Gyeongsang National University, Jinju, 660-701, Korea

<sup>3</sup>Research Institute of Life Science, Gyeongsang National University, Jinju, 660-701, Korea

**Abstract.** This experiment was conducted to investigate the effect of nutrient solution strength on the growth of miniature multiflora *P. amabilis* and *P. Taisuco Red Jewel* at two growth stages during four months cultivation in an ebb and flow system. Early stage plants gained the biggest leaf length and width when nutrient solution strength was EC 0.5 or 1.0  $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$  in *P. amabilis*, and EC 1.5  $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$  in *P. Taisuco Red Jewel*. Root length and weight were the greatest when nutrient solution strength was EC 0.5  $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$  in both cultivars and this trend was also found in middle stage plants. Fresh and dry weights of leaves increased as nutrient solution strength was elevated and were the greatest when nutrient solution strength was EC 1.5  $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$  in *P. amabilis*. On the contrary elevation of nutrient solution strength decreased fresh weight of roots, being the greatest when nutrient solution strength was EC 0.5  $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ . This trend was also found in *P. Taisuco Red Jewel* and *P. amabilis* at middle growth stage. The T/R ratio and chlorophyll content increased with nutrient solution strength and were the greatest regardless of cultivar and growth stage when nutrient strength was EC 1.5  $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ .

**Key words :** growth stage, miniature multiflora cultivar, plant weight

\*Corresponding author

### 서 언

호접란의 시비에 관한 연구결과는 많지만(Cui 등, 2002; 市橋, 1982; Kubota와 Yaneda, 1995; 田과 米田, 1990; Tanaka 등, 1988; Sheehan, 1961), 연구자에 따라 제시한 시비의 최적수준은 크게 다르다. 이것은 공시한 배지의 종류, 관수, 시비방법 및 분의 종류 등 조건이 다른 것이 주원인이라고 생각된다(Jin과 Ichihashi, 2000; Kubota와 Yaneda, 1993; Suto 등, 1991). 또한 생산비용 절감이라는 차원에서 다관수 관리를 통해 재배기간을 단축하려는 시도도 이루어지고 있다(Kato 등, 1993).

호접란은 착색란으로서 CAM형 광합성을 하기 때문

에 일반적으로 다른 식물에 비해 내건성이 강하다. 그러나 생육과 개화를 촉진시키기 위해서는 다관수 조건이 유리하며(Kubota와 Yaneda, 1995), 대체로 시비의 농도수준을 높일수록 양분의 흡수가 많고 잎과 소화수가 증가한다(Endo와 Sugi, 1992; 田과 米田, 1990; Poole와 Seeley, 1978; Wang과 Gregg, 1994). 그러나 식물체의 생장이 지나치게 촉진됨에 따른 온실 공간 활용의 효율성을 고려할 때 오히려 비료의 농도를 줄여야 한다는 보고도 있다(Wang과 Gregg, 1994).

대규모로 균일한 호접란 묘를 생산하기 위해서는 재배환경, 특히 배지 내 수분조건이 균일하여야 한다. 그러나 기존의 수태배지를 이용한 두상관수는 수태를 감은 정도가 다른데다가 관수를 통한 포트 내 균일한 수

**Table 1.** Growth characteristics of *Phalaenopsis* plants at the time of transplanting for treatment.

Cultivar	Growth stage <sup>2</sup>	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves	No. of roots	Fresh weight (g)
<i>P. amabilis</i>	I	2.8	1.5	2.8	2.7	0.9
	II	7.7	5.3	3.3	8.6	23.5
<i>P. Taisuco</i> Red Jewel	I	4.7	1.4	3.2	2.9	1.0
	II	12.7	5.7	3.8	8.8	27.1

<sup>2</sup>Growth stage: I, Young plant taken out of the cultural bottle; and II, plants cultured for 6 months after acclimatization.

분 유지가 곤란하기 때문에 저면관수를 이용한 호접란 재배가 시도되고 있고, 실제로 이를 통해 관수와 시비에 소요되는 노력을 절감하고 있다(Cui 등, 2002; Kang, 2001; Kubota와 Yaneda, 1995; Nam, 2003). 따라서 기본적인 관수시스템으로 ebb and flow 방식(An 등, 2007)을 이용하면서, 배양묘와 중간묘의 생육에 적절한 시비수준을 찾아보고자 본 연구를 수행하였다.

## 재료 및 방법

대만에서 수입한 미니 다화성계 흰색 품종인 *Phalaenopsis amabilis*와 핑크색 품종인 *Phalaenopsis Taisuco Red Jewel* 두 품종을 생육단계별로 배양묘(유묘)와 기외에서 6개월 순화한 묘(중간묘)로 구분하여 2002년 경남농업기술원 화훼시험장 유리온실에서 ebb and flow 방식을 이용하여 실험하였다. 실험에 사용한 묘는 미니다화성계 품종으로 대만으로부터 수입한 묘를 이용하였다. 배양병에서 꺼낸 유묘는 *P. amabilis*의 경우 엽수와 생체중이 각각 2.8매, 0.9 g 정도, *P. Taisuco Red Jewel*은 3.2매, 1.0 g 정도였고, 배양병에서 나와 8개월 정도 생육한 중간묘는 *P. amabilis*의 경우 엽수와 생체중이 각각 3.3매, 23.5 g 정도, *P. Taisuco Red Jewel*은 3.8매, 27.1 g 정도였다(Table 1). 하이포넥스(N-P-K=20-20-20, Hyponex, Japan)를 이용하여 배양액 농도가 각각 EC 0.5, 1.0, 1.5 dS·m<sup>-1</sup>로 처리하여 4개월 재배한 후의 생육을 조사하였다.

온실의 광은 차광막을 이용하여 최고 광도 400 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>이 넘지 않도록 하였다. 배지는 펄라이트 + 피트모스를 1:1 (v/v)로 혼합하여 사용하였다. 유묘는 50공 트레이에 2열씩 3열로 식재하였고, 중간묘는 8 cm 비닐포트에 식재하여 28공 운반 트레이에 정렬하였다. 유묘는 처리당 10개체씩, 그리고 중간묘는 처리당 8개체씩 각각 3반복 처리하였다. 배드는 100 cm × 250 cm × 6 cm 크기로 알루미늄과 플라스틱으로 제작

하였고, 8월부터 11월까지 6~7일 간격으로 관수하였고 매관수시간은 10분으로 하였다. 재배기간 동안 배양액의 pH와 EC변화를 확인하기 위해 관수 간격에 맞춰 이들을 조사하였다. 관수 후 배양액통의 배양액이 소모된 만큼 물로 보충하였고, 매일 배양액을 새로운 배양액으로 갱신하였다. 하이포넥스(N-P-K=20-20-20, Japan)를 이용하여 EC(electrical conductivity)가 0.5, 1.0 또는 1.5 dS·m<sup>-1</sup>가 되게 조절한 배양액을 조제하여 처리하였다.

실험이 종료된 10월에 엽수, 엽장, 엽폭, 근수, 근장, 생체중 및 건물중 등을 측정하였다. 엽장과 엽폭은 상위 완전히 전개된 2엽을 조사하였고, 근장은 가장 긴 뿌리의 길이를 측정하였다. 건물중은 지상부와 지하부로 나누어 시료를 78 dry oven에서 48시간 건조한 후 측정하였고 그 값을 이용하여 건물중과 T/R율을 산출하였다. 상부의 완전히 전개된 제 2엽의 중간 부위 생체조직 0.2 g을 채취하여 20 mL, 80% acetone에 침지시켜 냉암소에서 24시간 동안 추출하고 분광광도계(Cary 100, Varian, Australia)를 이용하여 663과 645 nm에서의 흡광도를 측정한 후 아래의 식을 이용해 총엽록소 농도를 산출하였다(Arnon, 1949).

$$\begin{aligned} \text{엽록소 농도}(\mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}\text{fw}) &= (20.29 \times A_{645}) + \\ & (8.02 \times A_{663}) \times \text{아세톤량}(\text{mL})/\text{생체중}(\text{mg}) \end{aligned}$$

## 결과 및 고찰

### 1. 배양액의 EC 변화

사용한 원수는 pH와 EC가 각각 7.6과 0.4 dS·m<sup>-1</sup>인 수돗물이었는데, 저면으로 베드에 급액 하였을 때 배지와 식물체에 흡수되고 남은 배양액은 다시 급액통에 회수하였고, 소비된 배양액만큼 원수로 채웠다. 그래서 배양액의 EC는 원수에 희석되어 새로운 배양액으로 교체하기 전까지는 *P. amabilis* 중간묘의 경우

Ebb and Flow 시스템을 이용한 호접란 수경재배시 생장에 미치는 배양액 농도의 영향

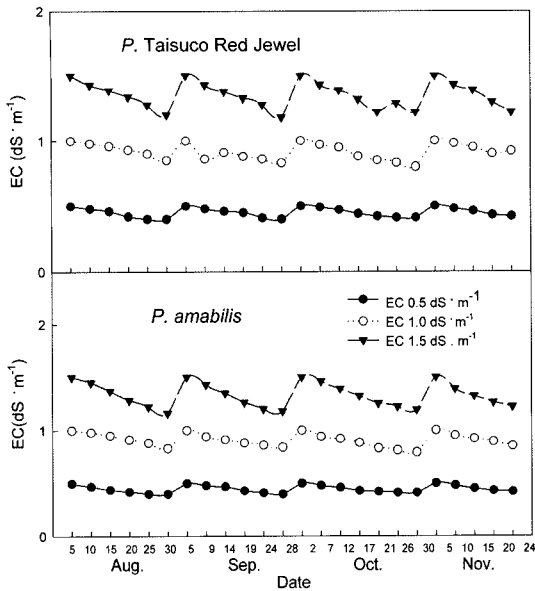


Fig. 1. Changes of in the nutrient solution EC as affected by nutrient solution EC in an ebb and flow system during experimental period.

배양액의 EC가 0.5 dS·m<sup>-1</sup> 처리구는 대체로 EC 0.4~0.5 dS·m<sup>-1</sup>, 배양액의 EC가 1.0 dS·m<sup>-1</sup> 처리구는 EC 0.8~1.0 dS·m<sup>-1</sup>, 배양액의 EC가 1.5 dS·m<sup>-1</sup> 처리구는 1.1~1.5 dS·m<sup>-1</sup> 정도의 범위에서 대체로 완만하게 감소하였고 재배기간 동안 이러한 패턴을 반복하였다(Fig. 1). 그리고 이러한 경향은 *P. Taisuco Red Jewel*도 같은 경향이었고, 배양료의 경우도 유사하였다.

2. 유묘의 생육

*P. amabilis*의 경우 배양액의 EC가 0.5~1.0 dS·m<sup>-1</sup> 일 때 엽장, 엽폭이 각각 평균 3.84와 2.70 cm로 가

장 우수하였고, 배양액의 EC가 0.5 dS·m<sup>-1</sup>로 낮을 때 근장과 근중이 각각 6.46 cm와 1.68 g으로 가장 좋았다(Table 2). 반면에 *P. Taisuco Red Jewel*은 배양액의 EC가 1.5 dS·m<sup>-1</sup>일 때 엽장과 엽폭이 각각 4.19 cm와 2.47 cm로 가장 좋았고, *P. amabilis*와 마찬가지로 배양액의 농도가 0.5 dS·m<sup>-1</sup>로 낮을 때 근장과 근중이 각각 4.97 cm와 1.09 g으로 가장 좋았다. Kubota와 Yaneda(1995)는 같은 배양액 EC라 하여도 급수방법과 분의 종류에 따라 분 내에 축적되는 양분의 양이 다르고 그것으로 인해 화경이 짧아지고 화경 발생이 지연되는 등의 차이가 있다고 하였다. 두상관수의 경우 분내의 양분은 손쉽게 유출되지만 저면급수인 경우는 분 아래에서부터 배지 표면으로 양분이 이동되기 때문에 양분이 배지에 축적되기 쉽고, 이 때문에 비닐포트의 경우 화분 외로의 양분유출이 어려워 양분과잉이 되는 경우도 있다고 하였다. 비닐포트를 이용한 본 시험에서 사용한 두 품종 중 *P. amabilis*가 *P. Taisuco Red Jewel*에 비해 이러한 양분과잉에 더 민감한 반응을 보인 것으로 생각된다.

지상부의 생체중과 건물중은 *P. amabilis*의 경우 배양액의 EC가 1.5 dS·m<sup>-1</sup>로 높을 때 가장 높았으며, 배양액의 EC가 낮아질수록 낮아졌다. 반대로 뿌리의 생체중은 배양액 EC가 0.5 dS·m<sup>-1</sup>로 낮을 때 1.68 g으로 가장 높았고, EC가 높아질수록 뿌리의 생체중은 낮아졌다. 또한 이러한 경향은 *P. Taisuco Red Jewel*에서도 확인할 수 있었다. 배양액의 EC에 따른 지상부와 뿌리의 이러한 생육패턴은 T/R율에서도 확인할 수 있었는데 두 품종 모두 배양액의 EC가 높을수록 T/R율이 높아졌으며, 이는 배양액의 EC가 높을수록

Table 2. Effect of nutrient solution strength on the growth of leaf and root of *P. amabilis* and *P. Taisuco Red Jewel* at early growth stage after four months culture in an ebb and flow system.

Solution EC <sup>2</sup> (dS·m <sup>-1</sup> )	Plant height (cm)	Leaf		No. of leaves	Root		No. of roots
		Length (cm)	Width (cm)		Length (cm)	Weight (g)	
<i>P. amabilis</i>							
0.5	2.10 ab <sup>3</sup>	3.82 a	2.68 a	3.8 a	6.46 a	1.68 a	4.67 ab
1.0	2.27 a	3.85 a	2.71 a	3.9 a	5.83 b	1.36 b	4.73 a
1.5	2.03 b	3.73 b	2.58 b	3.9 a	5.34 c	1.34 b	4.43 b
<i>P. Taisuco Red Jewel</i>							
0.5	1.96 c	3.86 b	2.26 c	3.6 a	4.97 a	1.09 a	5.15 a
1.0	2.45 b	4.15 a	2.36 b	3.5 a	4.80 b	0.95 b	5.03 b
1.5	2.51 a	4.19 a	2.47 a	3.9 a	4.76 c	0.86 b	4.80 c

<sup>2</sup>Hyponex formulation with N-P-K=20-20-20.

<sup>3</sup>Mean separation within columns for each cultivar by Duncan's multiple range test, P=0.05.

**Table 3.** Effect of nutrient solution strength on fresh and dry weights, T/R ratio and chlorophyll content of *P. amabilis* and *P. Taisuco Red Jewel* at early growth stage after four months culture in an ebb and flow system.

Solution EC <sup>z</sup> (dS·m <sup>-1</sup> )	Fresh weight (g)			Dry weight (g)			Dry matter (%)	T/R ratio	Chlorophyll (µg·mg <sup>-1</sup> fw)
	Top	Root	Total	Top	Root	Total			
<i>P. amabilis</i>									
0.5	2.75 b	1.68 a	4.43 a	0.24 c	0.15 a	0.39 b	8.80 c	1.61 c	0.08 c
1.0	2.75 b	1.36 b	4.11 b	0.25 b	0.12 a	0.37 b	9.00 b	2.06 b	0.15 b
1.5	3.07 a	1.34 b	4.41 a	0.28 a	0.12 a	0.40 a	9.06 a	2.32 a	0.26 a
<i>P. Taisuco Red Jewel</i>									
0.5	2.13 c	1.09 a	3.22 b	0.19 c	0.09 a	0.28 a	8.69 b	2.11 c	0.10 c
1.0	2.29 b	0.95 b	3.24 ab	0.20 b	0.08 b	0.28 a	8.64 b	2.51 b	0.15 b
1.5	2.42 a	0.86 c	3.28 a	0.22 a	0.07 c	0.29 a	8.84 a	3.11 a	0.24 a

<sup>z</sup>Hyponex formulation with N-P-K = 20-20-20.

<sup>y</sup>Mean separation within columns for each cultivar by Duncan's multiple range test, P=0.05.

**Table 4.** Effect of nutrient solution strength on the growth of leaf and root of *P. amabilis* and *P. Taisuco Red Jewel* at middle growth stage after four months culture in an ebb and flow system.

Solution EC <sup>z</sup> (dS·m <sup>-1</sup> )	Plant height (cm)	Leaf		No. of leaves	Root		No. of roots
		Length (cm)	With (cm)		Length (cm)	Weight (g)	
<i>P. amabilis</i>							
0.5	5.7 b	8.8 a	5.63 a	4.9 a	21.5 a	24.2 a	8.3 a
1.0	6.2 a	8.6 a	5.57 a	5.2 a	18.8 b	21.1 b	8.1 a
1.5	5.9 ab	8.7 a	5.43 a	5.0 a	16.7 c	19.6 c	8.3 a
<i>P. Taisuco Red Jewel</i>							
0.5	10.0 a	12.4 b	5.57 b	4.3 a	19.6 a	20.2 a	9.4 b
1.0	10.1 a	13.5 a	5.62 b	4.8 a	18.8 b	20.7 a	9.6 b
1.5	10.8 a	13.3 a	5.77 a	4.5 a	16.4 c	20.6 a	11.3 a

<sup>z</sup>Hyponex formulation with N-P-K = 20-20-20.

<sup>y</sup>Mean separation within columns for each cultivar by Duncan's multiple range test, P=0.05.

지상부에 대한 뿌리의 상대적인 생장이 적은 것에 기인한다.

*P. amabilis*의 경우 배양액의 EC가 1.5 dS·m<sup>-1</sup>로 높을 때 엽록소 함량이 0.26 µg·mg<sup>-1</sup>fw로 가장 많았으며, 배양액의 EC가 낮아질수록 적어졌다. *P. Taisuco Red Jewel*도 같은 경향이었다(Table 3).

### 3. 중간묘의 생육

잎의 생장은 *P. amabilis*의 경우 배양액 EC에 의한 차이는 없었으나, 유묘와 마찬가지로 배양액의 EC가 0.5 dS·m<sup>-1</sup>로 낮을 때 근장과 근중이 각각 21.5 cm와 24.2 g으로 가장 무거웠다(Table 4). *P. Taisuco Red Jewel*은 유묘와 마찬가지로 배양액의 EC가 1.5 dS·m<sup>-1</sup>로 높을 때 엽장과 엽폭이 각각 13.3 cm와 5.77 cm로 가장 길었는데 이는 양액의 EC가 높으면 엽면적이 커진다고 한 Endo와 Sugi(1992)의 결과

와 일치하는 경향이었고, *P. amabilis*와는 다른 품종적인 특징인 것으로 생각된다. 반면에 양액의 EC가 높으면 뿌리의 부패가 많았다고 하였는데 본 실험에서도 유묘와 중간묘 모두 배양액의 EC가 낮은 처리구에서 뿌리의 생육이 좋았고, 배양액의 EC가 높은 처리구에서는 뿌리의 생육이 더디거나 부패하는 것이 많았다.

뿌리의 생체중과 건물중은 *P. amabilis*의 경우 배양액 EC가 0.5 dS·m<sup>-1</sup>로 낮을 때 가장 무거웠고, EC가 높아질수록 뿌리의 생체중은 낮아졌다(Table 5). T/R율은 배양액의 EC가 높아질수록 높아졌는데 유묘와 마찬가지로 양액의 EC가 높을수록 지상부에 대한 뿌리의 상대적인 생장이 적은 것에 기인하였다.

잎의 엽록소함량 또한 *P. amabilis*의 경우 배양액의 EC가 1.5 dS·m<sup>-1</sup>로 높을 때 0.29 µg·mg<sup>-1</sup>fw로 가장 높았으며, 배양액의 EC가 낮아질수록 낮아졌고, *P. Taisuco Red Jewel*도 같은 경향을 보였다(Table 5).

Ebb and Flow 시스템을 이용한 호접란 수경재배시 생장에 미치는 배양액 농도의 영향

**Table 5.** Effect of nutrient solution strength on fresh and dry weights, T/R ratio and chlorophyll content of *P. amabilis* and *P. Taisuco Red Jewel* at middle growth stage after four months culture in an ebb and flow system.

Solution EC <sup>z</sup> (dS·m <sup>-1</sup> )	Fresh weight (g)			Dry weight (g)			T/R ratio	Chlorophyll (µg·mg <sup>-1</sup> fw)
	Top	Root	Total	Top	Root	Total		
<i>P. amabilis</i>								
0.5	29.9 a	24.2 a	53.1 a	3.5 a	2.8 a	6.3 a	1.25 c	0.05 c
1.0	29.3 a	21.1 b	50.4 b	3.4 a	2.4 b	5.8 b	1.42 b	0.16 b
1.5	30.9 a	19.6 c	50.4 b	3.6 a	2.3 c	5.9 b	1.57 a	0.29 a
<i>P. Taisuco Red Jewel</i>								
0.5	27.6 a	20.2 a	47.8 b	3.2 a	2.3 a	5.5 a	1.39 c	0.10 c
1.0	29.4 a	19.7 a	49.1 ab	3.4 a	2.3 a	5.7 a	1.48 b	0.17 b
1.5	29.5 a	19.6 a	50.1 a	3.4 a	2.3 a	5.8 a	1.48 a	0.27 a

<sup>z</sup>Hyponex formulation with N-P-K=20-20-20.

<sup>y</sup>Mean separation within columns for each cultivar by Duncan's multiple range test, *P*=0.05.

적 요

배양액 농도가 호접란 미니다화성계 품종 *P. amabilis*와 *P. Taisuco Red Jewel*의 유묘와 중간묘의 생장에 미치는 영향을 알아보기 위해 ebb and flow system을 이용하여 4개월 재배한 결과는 다음과 같다. 유묘의 경우 엽장과 엽폭이 *P. amabilis*는 배양액의 EC가 0.5~1.0 dS·m<sup>-1</sup>일 때 가장 길었으나 *P. Taisuco Red Jewel*은 배양액의 EC가 1.5 dS·m<sup>-1</sup>일 때 가장 길었다. 반면에 근장과 근중은 두 품종 모두 배양액의 EC가 0.5 dS·m<sup>-1</sup>로 낮을 때 가장 무거웠고 이러한 경향은 중간묘에서도 동일하게 나타났다. 잎의 생체중과 건물중은 *P. amabilis*의 경우 배양액의 EC가 1.5 dS·m<sup>-1</sup>로 높을 때 가장 무거웠으며, 배양액의 EC가 낮아질수록 잎의 생체중과 건물중은 낮아졌다. 반대로 뿌리의 생체중은 배양액 EC가 0.5 dS·m<sup>-1</sup>로 낮을 때 가장 무거웠고, 배양액의 EC가 높아질수록 가벼워졌으며, *P. Taisuco Red Jewel*에서도 같은 경향이였다. 중간묘의 경우 뿌리의 생체중과 건물중이 *P. amabilis*는 배양액 EC가 0.5 dS·m<sup>-1</sup>로 낮을 때 가장 높았고, 배양액의 EC가 높아질수록 뿌리의 생체중은 낮아졌다. T/R율과 잎의 엽록소함량은 유묘와 마찬가지로 두 품종 모두 배양액의 EC가 1.5 dS·m<sup>-1</sup>로 높을 때 가장 높았으며, 배양액의 농도가 낮아질수록 낮아졌다.

**주제어** : 미니 다화성, 생육단계, 식물무게

인 용 문 헌

1. An, D.C., C.G. Been, S.-H. Park, and B.R. Jeong. 2007. Effect of medium on growth of *Phalaenopsis* in an ebb and flow system. *Flower Research J.* 15:28-33.
2. Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiol.* 24:1-15.
3. Cui Y.Y., E.J. Hahn, X.C. Piao, Y.B. Lee, and K.Y. Peak. 2002. Effect of nutrient solution strength on growth of *Doritaenopsis* 'Tinny Tender' in an ebb & flow system. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 43:86-90.
4. Endo, M. and Y. Sugi. 1992. Growth and nutrient absorption of hydroponic *Phalaenopsis* during a year. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 61(Supplement 2):532-534.
5. 市橋正一. 1982. 란科植物의施肥に關する研究.(第2報).育苗時における施肥の好適組成.園學要旨.昭57秋:428-429.
6. Jin, X. and S. Ichihashi. 2000. Studies on *Phalaenopsis* growth and the nutrient absorption in different potting materials. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 69 (Supplement 1):372-378.
7. Kato, N., S. Ichihashi, A. Momiyama, and K. Ota. 1993. Studies on *Phalaenopsis* cultivation. 1. Effects of fertilization, irrigation and compost. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 62(Supplement 2):564-565.
8. Kang, W.H. 2001. Effects of media on *Phalaenopsis* growth by the sub-irrigation system. M.S. thesis. Graduate School, Cheju National University, Jeju, Korea.
9. Kubota, S. and K. Yaneda. 1995. Effects of watering on the growth and induction of inflorescence in *Phalaenopsis* plants. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 64(Supplement 2):608-609.
10. Kubota, S. and K. Yaneda. 1993. Effects of physico-chemical properties of pots and fertilizer on growth of *Phalaenopsis*. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 62(Supplement 1):566-567.

11. 田聰, 米田和夫. 1990. ファレノプシスの生育びに養分吸収におよぼす温度と施肥の影響. 園學雜. 59(別1):554-555.
12. Nam, J.G. 2003. Effect of substrates, irrigation method, and nutrient concentration on the growth and flowering of *Phalaenopsis* red hybrid. M.S. thesis. Graduate School of Gyeongsang National University, Jinju, Korea.
13. Poole, H.A. and J.G. Seeley. 1978. Nitrogen, potassium, and magnesium nutrition of three orchid genera. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103:485-488.
14. Sheehan, T.J. 1961. Effect of nutrition and potting media on growth and flowering. Amer. Orchid Soc. Bull. 30:289-292.
15. Suto, K., K. Shinoda, H. Ito and T. Usui. 1991. Effects of frequency and concentration of liquid fertilizer on the growth of *Phalaenopsis* hybrid. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 60(Supplement 1):524-525.
16. Tanaka, T., T. Masuda, and K. Gomi. 1988. Effects of concentration of solution and potting media on growth and chemical composition of a *Phalaenopsis* hybrid. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 32:78-84.
17. Wang, Y.T. and L.L. Gregg. 1994. Medium and fertilizers on vegetative growth and flowering of *Phalaenopsis* orchid. Sci. Hort. 65:191-197.