

분무경 시스템에서 팔레놉시스 유묘 생육에 적합한 분무간격

이동수¹ · 권오근¹ · 이용범² · 예병우¹ · 이영란^{1*}

¹농촌진흥청 국립원예특작과학원 화훼과, ²서울시립대학교 환경원예학과

Optimum Irrigation Interval for the Growth of *Phalaenopsis* Hybrid Seedling in the Aeroponic System

Dong Soo Lee¹, Oh Keun Kwon¹, Yong Beom Lee², Byeong Woo Yae¹, and Young Ran Lee^{1*}

¹Floriculture Research Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Suwon 441-440, Korea

²Department of Environmental Horticulture, University of Seoul, Seoul 130-743, Korea

Abstract. The irrigation interval and time for the supply of nutrient and water to the plant is important in the aeroponic system. This study was conducted to investigate the effect of irrigation interval on the growth of *Phalaenopsis* hybrid seedlings in the aeroponic system. Young bare-root plants (four leaves, 16 g in fresh weight) were used for this experiment. The composition of nutrient solution was, in $\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$, 9 N, 3 P, 4 K, 4 Ca and 2 Mg. The electrical conductivity (EC) and pH of nutrient solution used was $1.2 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ and 5.8, respectively. Irrigation intervals were 10, 20, 30, 40, and 50 minute and each irrigation time was 10 minute. The total fresh and dry weight, the number of branched roots, and relative growth rate at the 20 and 30 min. was greater than 10, 40, 50 min. interval. Especially, the fresh weight of roots at 30 min. interval was the highest. Leaf length was the highest at 30 min. interval but there was no difference in leaf width. The amount of water consumed for a month was 0.71 L per plant and it was reduced with increasing irrigation interval. There was no difference in the amount of consumed mineral contents for 15 days except for potassium. Potassium absorbed was the highest at 30 min. irrigation interval. As a result, the optimum irrigation interval was 30 min for the production of *Phalaenopsis* hybrid seedlings in the aeroponic system.

Key words : aerial root, CO_2 uptake, fresh weight, nutrient, relative growth rate

서 론

국내의 난 시장 규모는 일천억원 정도이며 이중 팔레놉시스가 차지하는 비중은 300억원 규모로서 전체 난 시장규모의 30% 수준을 차지하고 있으며(MAF, 2006) 미국의 난 시장의 경우 시장 규모는 일억이천만 달러(USDA, 2005)로 이중 85-95%를 팔레놉시스가 차지하고 있다. 우리나라는 대부분 팔레놉시스묘를 대만 등지에서 수입하여 사용해 왔으나 최근 국내 조직배양 및 재배 기술의 발달로 우리나라도 외국으로 묘를 수출하기 시작하였다. 대만은 미국과 수출 협약을 맺어 팔레놉시스 유묘를 배지에 재식된 상태로 수출하고 있

다(USDA, 2003). 그러나 우리나라는 협약이 맺어져 있지 않아 미국으로 팔레놉시스 유묘를 수출하기 위해서 검역상 배지를 털어내어 수출해야만 하는데 이 과정에서 많은 노동력이 소비될 뿐만 아니라 뿌리의 손상이 일어나게 된다. 팔레놉시스는 재배하는 과정 중에 배양묘에서 분화 판매를 위한 개화주까지 3-4회의 이식작업이 이루어지게 되는데 이 과정에서도 역시 많은 시간과 노동력 및 배지의 비용이 소비된다. 그러나 이러한 문제는 배지를 사용하지 않고 생산할 수 있는 수경재배 방식인 분무경시스템을 이용할 경우 해결이 가능하다. 그러나 국내에서는 수경재배방식인 담액수경과 분무경 방식에서 덴파레 유묘의 생육 촉진을 위한 적정 배양액 농도 및 그에 따른 생육 특성과 관련한 연구가 일부 진행된 바 있으나(Chung 등, 1997), 팔레놉시스의 경우 분무경 재배와 관련한 연구는 미흡한 실정이며, 또

*Corresponding author: leeyr628@korea.kr
Received November 1, 2010; Revised December 10, 2010;
Accepted December 20, 2010

한 분무경을 이용한 재배 및 생산은 팔레놉시스 재배농가에서 이루어지고 있지 않다.

이에, 본 연구는 분무경 재배 방식에서 팔레놉시스 유묘 생산에 적합한 적정 배양액 공급 간격을 구명하고자 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

시험 재료는 기외에서 4개월 순화된 4매엽 수준의 팔레놉시스 '515' 품종을 구입하여 사용하였으며, 실험은 2007년 8월 15일부터 2007년 10월 5일까지 수행하였다. 분무경 시스템은 W38 × L59 × H14cm 크기의 플라스틱 베드를 이용하여 2단으로 설치한 후 하부 베드에 배양액 20L를 채우고 50W 용량의 수증펌프와 스프링클러 노즐을 사용하여 상단부 상자에 고정된 팔레놉시스 유묘의 뿌리에 배양액을 공급되도록 하였다. 그리고 공급에 사용되었던 배양액은 다시 하부의 베드로 순환되도록 설치하였다. 분무 간격과 시간은 하루 24시간 동안 10분, 20분, 30분, 40분, 50분 간격으로 공급하였으며 각각 10분간 공급되도록 하였다. 배양액은 N:9, P:3, K:4, Ca:4, Mg:2 me · L⁻¹ 조성을 이용하여, 1.2dS · m⁻¹, pH 5.8-6.0이 되도록 조절하여 공급하였으며 15일 간격으로 교체하였다.

분무 간격에 따른 팔레놉시스 유묘의 양분 흡수량 측정을 위해 15일간 흡수된 배양액의 다량원소를 분석하였으며, 질소는 indophenol-blue방법과 Salicylic acid 방법으로(Cataldo 등, 1975), 인산은 vanadate법으로 470nm에서 spectro-photometer(UV-1601, Shimadzu, Japan)를 사용하여 비색 정량 하였다. 칼륨, 칼슘, 마그네슘은 원자흡광광도계(SPECTR AA-8800, VARIAN)를 사용하여 측정하였다.

CO₂ 흡수량과 증산량은 오후 9시부터 오후 12시 사이에 광합성 측정 장치(Li-6400, Li-Cor, USA)를 이용하여 상위 2-3엽의 위치에서 측정하였으며, 측정 시 CO₂는 400μmol · mol⁻¹, 유속은 500μmol · S⁻¹, IRGA(Infra Red Gas Analyzer) leaf chamber내의 광원은 사용하지 않고 암 상태에서 20°C로 설정하여 측정하였다.

팔레놉시스 뿌리의 수분 흡수 및 감소 특성을 조사하기 위해 팔레놉시스 개화주의 뿌리 중 포트 외부로 자란 기근(Aerial root, AR)과 포트 내부에 자라고 있

는 정상적인 뿌리(Normal root, NR)를 사용하였다. 각각의 뿌리는 중간부위에서 각각 3cm 길이로 절단한 후 양쪽 절단면을 폴리에틸렌으로 밀봉하였다. 수분 감소 특성은 온도와 습도가 각각 30°C, 40% 인 growth chamber에서 2일간 시간 경과에 따른 무게 감소량을 측정하였으며, 수분 흡수 특성은 무게가 감소된 각각의 뿌리를 다시 물에 침지시킨 상태에서 1일간 시간 경과에 따른 무게 증가량을 측정하였다.

결과 및 고찰

분무 간격에 따른 야간 CO₂ 흡수는 30분 간격에서 4.37μmolCO₂m⁻² · S⁻¹로 가장 높았으며 50분 간격에서 3.76μmolCO₂m⁻² · S⁻¹로 분무 간격이 길어질수록 감소하였다(Table 1). Cui 등(2000)은 팔레놉시스의 CO₂ 흡수가 수분 공급 정도에 따라 영향을 받으며 Rabas와 Martin(2003)도 팔레놉시스와 같은 CAM 식물인 칼랑코에의 CO₂ 흡수가 공급되는 수분량이 감소함에 따라 감소된다고 보고한 바 있다.

분무 간격에 따른 팔레놉시스의 생체중과 건물중의 변화는 야간 CO₂ 흡수 결과와 동일한 경향을 나타냈는데 생체중은 20분 간격과 30분 간격에서, 건물중은 30분 간격에서 가장 높았고 분무 간격이 40분과 50분으로 길어질수록 생체중과 건물중이 모두 감소하였다

Table 1. Effect of irrigation intervals on the CO₂ uptake, RGR (relative growth rate) of *Phalaenopsis* seedling at 50 days after treatment and the amount of water consumed by *Phalaenopsis* seedling during 30 days in the aeroponic system.

Irrigation interval ²	CO ₂ uptake (μmol CO ₂ m ⁻² S ⁻¹)	RGR (g · g ⁻¹ day ⁻¹)	Water consumption (L/plant)
10	4.04 ab ^y	0.0142 ab	0.71 a
20	3.97 ab	0.0148 ab	0.60 ab
30	4.37 a	0.0162 a	0.61 ab
40	3.96 ab	0.0142 ab	0.54 b
50	3.76 b	0.0133 b	0.49 b

²Irrigation interval treatment:

10: 10 minute irrigation at 10 minute intervals, 20: 10 minute irrigation at 20 minute intervals, 30: 10 minute irrigation at 30 minute intervals, 40: 10 minute irrigation at 40 minute intervals, 50: 10 minute irrigation at 50 minute intervals.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test, P < 0.05.

Table 2. Effect of different irrigaton intervals on the fresh weight and dry weight of *Phalaenopsis* hybrid seedling after 50 day treatment in the aeroponic system.

Irrigation interval ^z	Fresh weight (g/plant)			Dry weight (g/plant)		
	Leaf	Root	Total	Leaf	Root	Total
10	16.8 b ^y	8.9 b	25.7 ab	0.93 ab ^y	0.57 a	1.50 ab
20	19.3 a	8.8 b	28.0 a	1.04 ab	0.51 a	1.55 ab
30	17.9 ab	10.4 a	28.3 a	1.05 a	0.60 a	1.65 a
40	16.8 b	8.9 b	25.6 ab	0.92 b	0.54 a	1.46 ab
50	16.2 b	7.2 c	23.4 b	0.95 ab	0.49 a	1.44 b

^zSee Table 1.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $P < 0.05$.

Table 3. Effect of irrigation intervals on the leaf length, leaf width, root length and branch-root number of *Phalaenopsis* hybrid seedling after 50 days treatment in the aeroponic system.

Irrigation interval ^z	Leaf length	Leaf width	Root Length (cm)	Branched root (ea/plant)
	(cm)			
10	9.3 ab ^y	4.7 a	14.8 a	16.3 ab
20	9.3 ab	4.7 a	14.6 a	17.1 a
30	9.5 a	4.7 a	13.7 ab	17.2 a
40	8.7 b	4.6 a	14.5 a	14.4 b
50	9.2 ab	4.6 a	11.1 b	15.3 ab

^zSee Table 1.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $P < 0.05$.

(Table 2). 특히, 분무 간격은 뿌리의 생체중에 미치는 영향이 컸는데 30분 간격에서 50분 간격 보다 30%, 20분과 40분 간격보다 16% 높았다.

Motomura 등(2008)은 팔레놉시스 뿌리의 생육은 잎으로부터 전류되는 단당류에 영향을 받는다고 보고 하였는데, 분무 간격에 따른 분지근수를 조사한 결과 (Table 3) 야간 CO₂ 흡수와 생체중 및 건물중이 높았던 30분 간격에서 17.2개로 10분, 40분, 50분 간격의 16.3, 14.4, 15.3개 보다 많았다. 엽장과 엽폭은 엽장이 30분 간격에서 9.5cm로 다소 컸던 것을 제외하고 처리간에 큰 차이가 없었다(Table 3).

식물의 상대생장률(relative growth rate, RGR)은 온도, CO₂, 광도 등의 지상부 환경(Ikeda와 Emoto, 1973; Patterson 등, 1978; Poorter, 1993)뿐만 아니라 양수분의 공급 및 흡수량(Burns 등, 1997; Burns, 1992; Warren과 Adams, 2005)에 의해서 영향을 받는데 배양액의 분무 간격에 따른 팔레놉시스 유묘의 상대생장률을 조사한 결과 야간 CO₂ 흡수량과 건물중의 결

과와 동일하게 30분 간격에서 가장 높았고 분무 간격이 50분으로 증가할수록 감소하였다(Table 1). 그러나 가장 높았던 30분 간격의 RGR은 0.016으로 평균 0.2와 0.09라고 알려진 초본 및 목본성 식물 유묘들의 수준 (Hunt와 Cornelissen, 1997)보다는 낮은 수준이었다.

분무경에서 배양액의 분무 간격에 따라 팔레놉시스 유묘 한 개체가 15일 동안 흡수한 양분 흡수량을 조사한 결과 N, P, Ca, Mg에서는 차이가 없었으나 K은 30분 간격에서 가장 많이 흡수되었다. 난과 식물의 양분 흡수량과 관련하여 Yoneda 등(1999)은 *Odontoglossum*의 양분 흡수특성 조사에서 K의 흡수가 증가함에 따라 질소의 흡수가 감소하였다고 하였으며 그 원인으로 K⁺과 NH₄⁺ 이온의 길항작용을 언급한바 있는데 본 실험에서는 K의 흡수가 가장 많았던 30분 간격에서 N의 흡수 또한 높았다. 이것은 팔레놉시스 유묘가 NH₄⁺ 보다는 NO₃⁻를 주로 흡수한 결과에 기인한 것으로 판단된다. 그리고, Jin 등(2004)은 16개월간 *Doritaenopsis* 한 개체가 흡수한 있는 NH₄⁺와 NO₃⁻의 최대 함량이 각각 125mg과 315mg이라고 하였으며 Hew 등(1993)은 *Dendrobium*의 질소 흡수량이 0.9μmol·g⁻¹fw·hr⁻¹ 수준이었다고 하였다. 본 실험에서 생육이 우수 하였던 30분 분무 간격의 팔레놉시스 유묘 한 개체가 1개월간 흡수한 질소량은 위 연구 결과들과 비교해 보면 그 흡수량이 절반의 수준이었으나 실험에 사용된 팔레놉시스가 유묘인 것을 고려해 보면 생육에 필요한 양분 흡수가 분무경 시스템에서 원활히 이루어졌음을 알 수 있다.

분무 간격에 따라 30일 동안 팔레놉시스 유묘 한 개체가 소비한 수분 소모량은 10분 간격과 50분 간격에서 각각 0.71L와 0.49L로 일일 소모량이 23mL과 16mL인 수준이었다(Table 1). 분무경에서 팔레놉시스 유묘 한 개체의 생육을 적정 수준으로 유지하기 위해

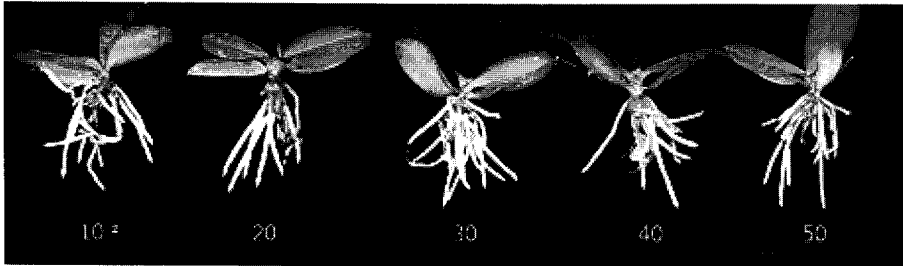


Fig. 1. Effect of different irrigation interval on the growth of *Phalaenopsis* hybrid seedling. ²See Table 1.

필요한 수분량은 생육이 가장 높았던 30분 간격의 수분 소모량을 기준으로 고려해 보면 20mL 수준이었으며, 이는 순환식 분무경 시스템을 통해 10,000 주 of 팔레놉시스 유묘를 생산할 경우 하루에 최소 200L 이상의 배양액을 공급할 수 있는 관수시스템 용량이 필요함을 의미한다.

착생란인 팔레놉시스는 건조환경에 견딜 수 있도록 crassulacean acid metabolism(CAM)대사 과정을 통해 주간 수분 손실을 최소화할 뿐만 아니라(Ota 등, 1991) 많은 수분을 저장할 수 있는 두꺼운 잎의 구조를 가지며, 또한 팔레놉시스의 뿌리는 수분의 손실을 방지할 뿐만 아니라 수분을 보유할 수 있는 2~3개의 세포층으로 구성된 velamen 구조가 발달되어 있다(Augustus와 Knudson, 1957; Engard, 1944).

팔레놉시스 뿌리의 수분 감소 특성은 포트 외부로 발생된 기근(AR)이 포트 내부의 정상근(NR)에 비해 수분의 감소가 느렸는데, 건조 환경에서 처음 60분이

경과할 때 까지는 기근과 정상근의 무게 감소가 처음 무게의 92%와 90% 수준까지 같은 패턴으로 감소하였으나 이후 180분으로 시간이 경과함에 따라 기근은 91% 상태로 감소가 거의 없이 일정수준의 무게를 나타낸 반면 포트 내부의 정상근은 83% 수준까지 계속적으로 감소하였다(Fig. 2). 기근과 정상근을 2일 동안 건조 시킨 후 증류수에 1시간과 24시간 동안 침지시켜 수분 흡수에 따른 무게 증가량을 조사한 결과 침지 1시간 후 기근은 8.4%의 증가량을 보인 반면 정상근은 11.5%의 증가량을 보였으며, 24시간 후 기근은 18.2%의 증가량을 보인 반면 정상근은 27%의 증가량을 나타내 정상근의 수분 흡수량이 기근보다 높음을 알 수 있었다(Fig. 3).

수분 감소와 흡수특성 결과를 볼 때 정상근에 비해 기근의 수분 감소와 흡수 특성이 모두 낮음을 알 수 있었다. 그리고 정상근의 경우 건조 조건에서 60분 경

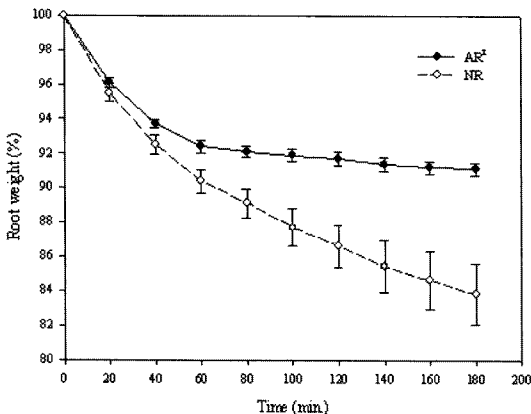


Fig. 2. Change of root weight (%) during dry condition. ²AR: Aerial Root, NR: Normal Root. Vertical vars represent standard error of the mean (n = 10).

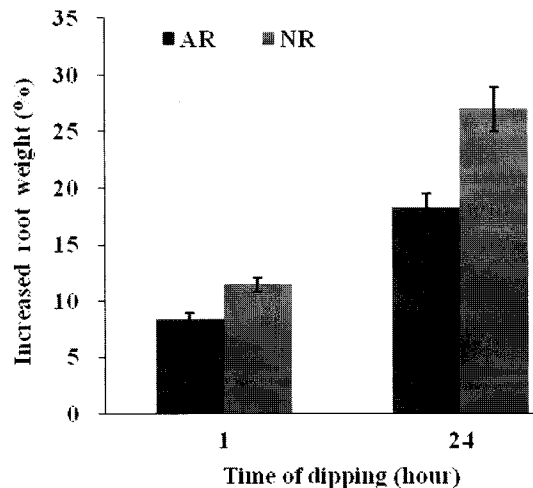


Fig. 3. Change of root weight (%) after water dipping treatment. AR: Aerial Root, NR: Normal Root. Vertical vars represent standard error of the mean (n = 10).

Table 4. The amount of absorbed mineral nutrients by *Phalaenopsis* seedling during 15 days in the aeroponic system.

Irrigation interval ^z	N	P	K	Ca	Mg
	mg · L ⁻¹				
10	6.3 ns ^y	1.0 ns	2.9 b	4.7 ns	0.4 ns
20	6.1	0.7	2.0 b	4.2	0.3
30	7.5	1.3	4.3 a	4.6	0.8
40	4.6	1.0	3.0 ab	4.4	0.6
50	6.6	0.8	2.3 b	4.5	0.3

^zSee Table 1.^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $P < 0.05$.

과시 약 10%의 수분감소를 보였는데, 감소된 10%의 수분을 재흡수 하는데 걸리는 시간 또한 동일한 수준인 60분이 소요되는 결과를 나타냈다. Augustus와 Knudson 등(1957)은 12종류의 양난 뿌리에 대한 연구에서 건조된 상태의 뿌리가 수분을 흡수하는 특성과 최대의 수분으로 포화된 상태의 뿌리가 시간 경과에 따라 잃는 수분량을 조사한 결과에서 뿌리가 수분을 흡수하는 곡선과 수분 감소가 만나는 지점이 처리 후 30분이 되는 시점이라고 하여 본 실험의 결과와 유사한 연구 결과를 보고한 바 있다. 즉, 팔레놉시스 뿌리의 경우 수분 공급이 중단되어 수분이 감소되는데 소요된 시간만큼 수분 공급이 지속적으로 이루어져야 원래의 수준을 회복할 수 있다. 그러므로, 배지를 사용하지 않는 분무경의 경우 수분상태를 회복하는데 필요한 소요 시간이 길어질수록 수분공급에 사용될 많은 양의 배양액이 필요할 뿐만 아니라 배양액 공급 펌프의 지속적인 작동 시간에 따른 전기 소비량 및 그에 따른 기계적 부하 등이 증가하게 된다.

즉, 분무간격에 따른 생체중과, 건물중, 분지된 뿌리 수, 야간 CO₂ 흡수량, 상대 성장률 및 양분의 흡수가 30분 분무 간격에서 일관적으로 높았던 결과들과 팔레놉시스 뿌리의 수분 감소와 재흡수 특성의 결과들을 종합해 볼 때 분무경에서 팔레놉시스 유묘 생산을 위한 적정 분무 간격은 30분 간격이 가장 적당한 것으로 판단된다.

적 요

분무경시스템에서 분무간격과 분무시간은 식물의 생

육에 필요한 양분과 수분을 공급하기 위한 중요한 요소들이다. 이 실험은 분무경에서 분무간격이 팔레놉시스 유묘의 생육에 미치는 영향에 대하여 알아보고자 수행되었다. 배지 없이 뿌리가 나출된 생체중 16g 크기의 유묘를 사용하였다. 분무간격은 각각 10, 20, 30, 40, 50분 간격이었으며, 분무시간은 10분이었다. 총생체중, 총건물중, 분지된 뿌리수와 상대성장률은 20분과 30분 간격에서 10분, 40분, 50분 간격보다 높았다. 특히, 뿌리의 생체중은 30분 간격에서 가장 높았다. 엽장은 30분 간격에서 길었으나, 엽폭은 처리간 차이가 없었다. 10분 간격 처리에서 유묘 한 개체가 30일간 소비한 물량은 0.71L였으며, 분무간격이 증가함에 따라 그 양은 감소하였다. 15일간 소비된 양분은 칼륨이외에는 처리간 차이가 없었으며, 칼륨은 30분 간격에서 가장 많이 흡수되었다. 결과를 요약하면, 분무경 시스템에서 팔레놉시스 유묘 생산을 위한 적정 분무간격은 30분이었다.

주제어 : 기근, CO₂ 흡수, 생체중, 양분, 상대성장률

인 용 문 헌

- Augustus, M. and L. Knudson. 1957. The role of velamen of the aerial roots of orchids. Bot. Gaz. 119(2):78-87.
- Burns, I.G. 1992. Influence of plant nutrient concentration on growth rate: Use of a nutrient interruption technique to determine critical concentrations of N, P and K in young plants. Plant and Soil 142:221-233.
- Burns, I.G., R.L. Walker, and J. Moorby. 1997. How do nutrients drive growth?. Plant and Soil 196:321-325.
- Chung, S.J., B.S. Lee, and K.B. Ahn. 1997. Effect of cultural system and ionic strength of nutrient solution on the growth of dendrobium (*Dendrobium phalaenopsis*) seedlings. J. Bio. Fac. Env. 6:284-291.
- Cui, Y.Y., E.J. Han, and K.Y. Paek. 2000. Water stress and culture medium affect leaf gas exchange of *Phalaenopsis* hybrid in hydroponic culture. Kor. J. Hort. Sci. & Technol. 18(5):728 (Abstr.).
- Engard, C.J. 1944. Morphological identity of the velamen and exodermis in orchids. Bot. Gaz. 4:457-462.
- Hew, C.S., L.Y. Lim, and C.M. Low. 1993. Nitrogen uptake by tropical orchids. Environ. Expt. Bot. 33:273-281.
- Hunt, R. and J.H.C. Cornelissen. 1997. Components of relative growth rate and their interrelations in 59 tem-

- perate plant species. *New Phytol.* 135:395-417.
9. Ikeda, H. and T. Emoto. 1973. Effect of temperature on vegetative growth in four ecotypes of *Paspalum distichum* L. *Proc. Crop. Sci. Soc. Jpn.* 42:131-134.
 10. Jin, X., H. Fukui, and S. Ichihashi. 2004. Effects of ionic composition and absorption from nutrient solutions on the growth of *Doritaenopsis*. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 73:280-286.
 11. MAF. 2006. 05 Flower cultivation the present state. pp. 35-40.
 12. Motomura, H., O. Endo, A. Kagawa, and T. Yukawa. 2008. Carbon isotope ratios and the variation in the diurnal pattern of malate accumulation in aerial roots of CAM species of *Phalaenopsis* (Orchidaceae). *Photosynthetica* 46:531-536.
 13. Ota, K., K. Morioka, and Y. Yamamoto. 1991. Effects of leaf age, inflorescence, temperature, light intensity and moisture conditions on CAM photosynthesis in *Phalaenopsis*. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 60: 125-132.
 14. Patterson, D.T., C.R. Meyer, and P.C. Quimby. 1978. Effects of irradiance on relative growth rates, net assimilation rates, and leaf area partitioning in cotton and three associated weeds. *Plant Physiol.* 62:14-17.
 15. Poorter, H. 1993. Interspecific variation in the growth response of plants to an elevated ambient CO₂ concentration. *Vegetatio.* 104:77-97.
 16. Rabas, A.R. and C.E. Martin. 2003. Movement of water from old to young leaves in three species of succulents. *Ann. Bot.* 92:1-8.
 17. U. S. Department of Agriculture. 2003. Importation of Moth Orchids (*Phalaenopsis* spp.) in approved growing media from Taiwan. Final Environment Assessment, December 2003. pp.1-27.
 18. U. S. Department of Agriculture. 2005. Floriculture crops 2004 summary. *Agr. Stat. Board, Wash., D. C.*
 19. Warren, C.R. and M.A. Adams. 2005. What determines interspecific variation in relative growth rate of *Eucalyptus* seedlings. *Oecologia.* 144:373-381.
 20. Yoneda K, N. Suzuki, and I. Hasegawa. 1999. Effects of macroelement concentrations on growth, flowering, and nutrient absorption in an *Odontoglossum* hybrid. *Scientia Horticulturae.* 80:259-265.