韓國環境復元綠化技術學會誌 11(6) : 73～80(2008)
J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech. 11(6) : 73～80(2008)

지하철 인공광원과 광도에 따른 자생 송악(*Hedera rhombea*)과 바위취(*Saxifraga stolonifera*)의 생육변화*

주진희[1] · 방광자[2]

[1] 상명대학교 산업과학연구소 연구원 · [2] 상명대학교 환경조경학과

Effects of Artificial Light Sources and Light Intensities in Subway Stations on the Growth of *Hedera rhombea* and *Saxifraga stolonifera**

Ju, Jin Hee[1] and Bang, Kwang Ja[2]

[1] An Investigator of Sangmyung University Industrial Science Research Institute,
[2] Prof., Department of Landscape Architecture Sangmyung University.

ABSTRACT

This research investigated appropriate indoor light sources and light intensities for *Hedera rhombea* and *Saxifraga stolonifera*, which are shade-tolerant and cold-resistant indoor plants. Plants were grown in wood flames of 1 m in width×1 m in length×1 m in height. Light sources were fluorescent lamp, three wave fluorescent lamp and halogen lamp that are being used in most of the subway stations in Korea, and light intensities were 200 Lux, 700 Lux and 1,000 Lux. Results are as following.

1. *Hedera rhombea*

Hedera rhombea heights did not show differences statistically as responses to light sources and light intensities. It, however, tended to be greater with an order of 1,000 Lux, 700 Lux and 200 Lux and halogen lamp, fluorescent lamp, and three wave fluorescent lamp. Number of branch increased under fluorescent lamp than under halogen lamp or three wave fluorescent lamp, and increased under higher light intensities. Number of leaf was higher with an order of three wave fluorescent lamp 1,000 Lux,

* 이 논문은 2008년도 환경부의 재원으로 한국환경진흥기술원의 지원을 받아 수행된 차세대 핵심기술개발 연구임(과제번호 : 2008-05002-0054-0).

Corresponding author : Jin-Hee Ju, Investigator of Sangmyung University Industrial Science Research Institute, Cheonan 330-720, Korea,
Tel : +82-41-550-5298, E-mail : jjhkkc@naver.com

Received : 30 October, 2008. **Accepted** : 17 December, 2008.

fluorescent lamp 1,000 Lux and halogen lamp 1,000 Lux. Leaf shape became wider under low light intensities regardless of light sources. Chlorophyl contents in leaf were not significantly different under three wave fluorescent lamp and halogen lamp. However, the contents increased with an order of 200 Lux, 700 Lux and 1,000 Lux under fluorescent lamp.

2. *Saxifraga stolonifera*

The plants were dead or declined under fluorescent lamp regardless of light intensities. When light intensities went under 200 Lux, *Saxifraga stolonifera* showed poor growth for all the light sources. Plant height, number of shoot, number of leaf, leaf width and leaf length have increased with an order of halogen lamp 1,000 Lux, three wave fluorescent lamp 1,000 Lux and three wave fluorescent lamp 700 Lux. Chlorophyl content was greater with an order of three wave fluorescent lamp 700 Lux, three wave fluorescent lamp 1,000 Lux and halogen lamp 1,000 Lux.

Key Words : *Interior Landscape, Physiology, Artificial Light, Indoor Plant, Korea Native Plants, Planting Design.*

I. 연구배경 및 목적

지하공간에 살아있는 식물을 도입함으로써 미적효과는 물론 환경개선효과를 유도할 수 있는 실내조경에 대한 관심이 높아지고 있다. 광은 식물생장과 발달의 중요한 인자로서 식물의 광합성과 생육에 영향을 미치는 가장 중요한 환경요소 중 하나이다. 즉 광은 광합성에 직접적인 영향을 미칠 뿐 아니라, 광원의 종류에 따라서 줄기의 신장, 분지, 개화, 엽색의 반응 등이 달라진다(박혜경, 1999). 그러나 지하공간의 광환경은 식물이 원활한 성장을 할 수 있는 충분한 여건을 마련하지 못하고 있는 실정이다(방광자 등, 1999).

실내에 이용할 수 있는 인공광은 실내조명과 식물조명 두 가지 역할을 수행한다. 즉, 인공광원은 부족한 자연광의 보조적 역할을 하거나, 조명의 단독광원으로 이용되기도 한다. 광량 부족을 보충하기위한 인공광의 보광처리는 대단히 유효하며 인공광의 광도는 식물의 종류나 자연광도의 정도에 의해 좌우된다. 이러한 인공광원으로는 형광등, 백열등, 수은등, 할로겐등 등이 있다. 그러므로 각각의 식물에 따른 적합한 광원과 광도에 대한 계획은 식물의 원할한 생육을 돕는 길이라 할 수 있다. 특히, 지하공간의 경우 식물의 생육은 자연광보다는 인공광에 영향을 많이 받기 때문에 적절한 광원은 식물의 미적 균형감을 유도하여 안정적이고 지속적인 실내조경공간을 유도할 수 있을 뿐 아니라 빈번한 식물 교체에 따른 경제적인 손실을 절감할 수 있다(최경옥 · 이상우, 2005).

일반적으로 식물을 실내환경에 도입함에 있어 가장 제한적인 요인은 광조건(Briggs and Calvin, 1987)으로 실내에 도입되고 있는 수종들은 낮은 광도에서도 생육이 가능한 수종들이다. 이러한 관엽식물은 다른 식물에 비해 광보상점이 낮아 실내환경에서 매우 적합한 식물이라 할 수 있으나(주진희, 2004), 원산지가 아열대인 수종들은 우리나라의 겨울철의 낮은 온도로 인한 피해가 예상된다(이종석 등, 2005). 이에 내한성이 비교적 높은 남부자생수종을 실내조경용 식물로써 개발하고자 하는 노력이 90년대 초반부터 이루어졌으며(방광자 · 이종석, 1993), 산호수, 자금우, 백량금은 현재 매우 보편화된 실내식물로 자리잡고 있어 새로운 소재에 대한 탐색은 매우 의미있는 일이라 하겠다.

따라서, 본 연구는 내음성과 내한성이 강한 수

종으로 알려진 송악(*Hedera rhombea*)과 바위취(*Saxifraga stolonifera*)에 대한 적정 실내광원과 광도를 알아봄으로써 지하철 실내식물로서 현장 적용가능성 높이고자 한다.

II. 연구재료 및 방법

실험구는 가로 1m×세로 1m×높이 1m의 목제프레임을 자체 제작하여, 광원과 광도는 지하철 실내조경에 관한 선행 연구결과(방광자 등, 1998)를 기준으로 지하철에 가장 많이 활용되고 있는 형광등, 삼파장형광등, 할로겐등으로, 광도의 범위는 200Lux, 700Lux, 1,000Lux로 설정하였다. 프레임 주변의 외부광도로부터 영향을 받지 않게 하기 위해 주변에 차광막 4겹으로 설치하여 외부의 빛이 들어오지 않게 조절하였다. 실험기간동안 식물에 조사된 광주기시간은 1일 16시간으로 자동조절장치를 설치하여 조절하였고, 관수는 일주일에 2회 실시하였다. 송악(*Hedera rhombea*)과 바위취(*Saxifraga stolonifera*)는 충남 병천에 위치한 농장에서 동일한 크기의 식물을 구매하여 사용하되, 직경 약 12cm의 화분에 펄라이트, 피트모스, 버미큘라이트, 부엽토를 2 : 1 : 1 : 1로 혼합한 배합토를 넣어 식물을 재식하였고, 약 1개월간 온실에서 순화시켰다. 식물은 실험구당 총 10개의 식물을 투입하였으며, 2007년 7월부터 2007년 12월까지 실험을 수행하였다. 광원과 광도에 따른 송악의 생육정도를 알아보기 위해 초장, 분지수, 엽수, 엽폭, 엽장, 절간장, 낙엽수, 엽록소함량 등을 측정하였다. 초장의 경우 식물의 정단부까지의 길이, 절간장은 잎과 잎사이의 평균적인 간격, 엽장과 엽폭은 정단부로부터 5cm이내에서 가장 신선하고 큰 잎의 길이를 측정하였다. 엽록소함량은 엽록소계(SPAD-502, Minolta Camera Co., Osaka, Japan)을 이용하여 중간엽에서 5번씩 반복 조사였다. 실험결과에 대한 통계처리는 SPSS Ver. 10프로그램을 이용하여 분산분석하였으며 Duncan의 다중범위검정(5%)에 준하여 평균치간의 차이에 대한 유의성을 검증하였다.

III. 연구결과 및 고찰

1. 송악(*Hedera rhombea*)

송악은 모든 광원과 광도범위에서 생육이 가능한 것으로 나타나 실내적응력이 높은 식물임을 알 수 있었다. 초장의 경우 광원과 광도별 통계적 유의성이 나타나지 않았으나, 할로겐등＞형광등＞삼파장형광등 순으로, 광도별로는 1,000Lux＞700Lux＞200Lux 순으로 높았다(Table 1). 실내

Table 1. Effects of artificial light sources and light intensities on the growth of *Hedera rhombea* after 5 month.

Values	Fluorescent lamp(Lux)			Three wave fluorescent lamp(Lux)			Halogen lamp(Lux)		
	200	500	1,000	200	500	1,000	200	500	1,000
Plant height(cm)	13.9 a[z]	14.3 a	14.9 a	13.2 a	13.6 a	14.0 a	14.5 a	14.7 a	14.9 a
Shoot number(ea)	2.7 abc	2.8 abc	3.2 c	2.9 bc	2.3 a	2.6 ab	2.5 ab	2.6 ab	3.0 bc
Leaf number(ea)	11.5 bcd	12.6 cde	13.9 de	6.7 a	11.4 bcd	14.8 e	8.5 ab	10.3 bc	11.3 bcd
Leaf length(cm)	4.4 b	3.6 a	3.8 ab	3.6 a	3.7 a	3.5 a	3.9 ab	3.8 ab	3.8 ab
Leaf width(cm)	4.9 a	4.6 a	4.5 a	4.7 a	4.5 a	4.3 a	4.9 a	4.6 a	4.8 a
Internode length(cm)	8.4 a	8.1 a	8.2 a	7.8 a	8.8 a	8.1 a	9.2 a	8.7 a	8.8 a
Chlorophyl contents(SPAD)	44.4 ab	50.6 b	49.8 b	38.1 a	39.6 a	40.6 a	39.1 a	41.8 a	40.7 a

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

는 대부분 인공광을 사용하는데 백열등은 파장이 긴 적색광이 많아서 식물이 웃자라기 쉬우나, 형광등은 파장이 짧은 청색광이 많이 방출되기 때문에 백열등 아래에서 자란 것 보다 키가 짧아진다고 보고하였다(이종석 등, 2005). 본 실험에서는 삼파장형광등에서 자란 송악이 일반형광등보다 초장이 짧아지는 경향을 나타내 지하공간에 삼파장형광등으로는 초장의 확연한 변화를 기대하기는 어렵다는 것을 알 수 있었다.

식물의 전체적인 미적 균형감에 대한 중요한 요소인 분지수의 경우 광원별로 볼 때 형광등이 삼파장형광등이나 할로겐등보다 좋았고, 광도가 높을수록 많아지는 경향을 보였다. 반면, 식물의 원활한 생육 및 관상가치를 가늠해 볼 수 있는 척도인 엽수에서는 삼파장형광등 1,000Lux＞형광등 1,000Lux＞할로겐등 1,000Lux 순으로 나타났다. 삼파장형광등이 형광등과 할로겐등보다는 초장이 짧은 경향을 보였으나 관상가치 측면에서 볼 때, 적절한 광원으로 생각된다. 절간장은 덩굴식물의 마디와 마디사이의 길이로 초장과 같이 광원과 광도별 확연한 차이는 볼 수 없었다. 엽장과 엽폭은 광원에 관계없이 광도가 낮을수록 넓어지는 경향을 보였다(Figure 1). 대표적인 실내식물인 안스리움(*Anthurium scherzerianum*)도 저광도인 700Lux에서 엽폭, 엽장의 생장률이 높게 나타났는데 이는 식물이 적정광도 이하에 있을 경우 잎의 크기를 넓혀 되도록 많은 양의 광을 흡수한다고 하는 이론(Lee et al., 1995)을 뒷받침해 주는 결과라 하겠다. 저광도에서 자란 식물체는 비교적 낮은 광도에서 광포화가 일어나며 매우 낮은 광도에서도 광합성을 할 수 있으므로 광보상점이 상당히 낮아진다고 알려져 있다(Berry, 1975). 그러나 원활한 생육과 관상가치를 위해서는 광도를 높여주는 것이 바람직한 것으로 사료된다. 엽록소함량은 삼파장형광등과 할로겐등은 광도별 차이가 없었으나, 형광등에서는 200Lux＜700Lux＜1,000Lux순으로 광도가 높을수록 많아짐으로써 잎의 진녹색이 더 뚜렷해졌다. 송악과 유사한 실내식물인 아이비(*Hedera helix*)가 700Lux 이하에서도 생육이 원활하다는 결과(Bauer and Senser, 1987)와 비교해 볼 때, 자생 송악은 200Lux보다 더 낮은 광도에서도 적용할 수 있는 실내수종임을 보여주었다.

결과를 정리하면, 송악의 초장과 절간장에 있어서는 광원과 광도별 확연한 생육차이를 볼 수 없었으나, 분지수는 형광등에서, 엽수는 삼파장형광등에서 높았으며 광도가 높을수록 증가되었다. 엽폭과 엽장 등 잎의 크기는 광원보다는 광도가 낮을수록 넓어지는 경향을 나타내었고, 엽색도는 광원에 따른 확연한 차이보다는 광도가 높을수록 녹색이 진한 현상을 보였다. 따라서, 자생 송악의 부분적인 생육은 광원에 따라 차이를 보이나 전반적인 생육은 광도가 높을수록 좋은 결과를 나타내었다. 이는 송악이 200Lux라는 매우

Fluorescent lamp (1,000Lux→700Lux→200Lux) | Three wave fluorescent lamp (1,000Lux→700Lux→200Lux) | Halogen lamp (1,000Lux→700Lux→200Lux)

Figure 1. Growth of *Hedera rhombea* under artificial light sources (fluorescent lamp, three wave fluorescent lamp, halogen lamp) and light intensities (1,000Lux, 700Lux, 200Lux) after 5 month.

낮은 광도에서도 적용할 수 있는 실내수종임에도 불구하고 원활한 생육과 전체적인 관상가치를 고려해볼 때, 광도를 700Lux 이상으로 설정해 주는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

2. 바위취(*Saxifraga stolonifera*)

광원과 광도별 초장을 비교해 보면, 할로겐등 1,000Lux에서 5.7cm로 삼파장형광등의 동일 광도 3.0cm에 비해 약 2배의 차이를 보였다. 분지수와 엽수의 경우도 광도별 확연한 차이는 볼 수 없었으나 엽장과 엽폭의 경우 삼파장형광등 700Lux와 1,000Lux보다 할로겐등 1,000Lux에서 비교적 넓은 것으로 나타났다. 반면, 엽록소함량은 삼파장형광등 700Lux＞삼파장형광등 1,000Lux＞할로겐등 1,000Lux 순으로 나타나 광원에 따른 차이를 보여주었다(Table 2).

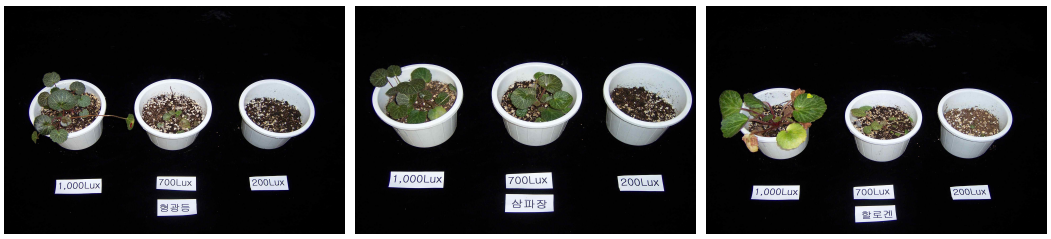
바위취는 내음성이 높고, 포복경이 늘어지는 형태를 가지고 있어 잎과 꽃을 감상할 수 있어 실내분화용으로 개발가치가 높은 종류이다(서종택 등, 2002). 그러나 본 실험에서는 형광등을 광원으로 할 경우 광도와 무관하게 80% 이상이 지상부가 고사하거나 생육상태가 불량한 것으로 나타났다(Fig. 2). 이는 바위취가 1,000Lux 이하에서도 잘 견디는 내음성 식물로 최근에는 초물분재 및 실내조경용으로 많이 이용되고 있으나 형광등이 주광원인 지하공간에 현장적용하기에 부적합한 식물인 것으로 판단된다. 이러한 결과는, 허브식물 중 하나인 바실(sweet basil)의 생육에 미치는 4가지 인공광에 대한 영향을 조사한 결과, 형광등 처리가 다른 인공등에 비해 생체중과 외면적인 생육이 저조한 것과 유사하다(박권우 등, 2003). 반면, 아프리칸바이올렛(*Saintpaulia ionantha*)와 인공광과의 생육반응을 살펴본 연구에서는, 형광등이 자연광보다 개화와 생장에 우월한 효과를 주었다고 하였으며(Kiplinger, 1953), 자주달개비도 형광등에서 가장 생육이 양호하다고 하였다(Biran and Kofranek, 1976). 이처럼 상이한 결과는 식물마다 인공광에 대한 생육반응이 다르다는 것을 보여주는 예라고 볼 수 있으며, 각 식물에 대한 인공광의 반응을 살펴보는 것은 매우 중요하다고 하겠다. 한편, 삼파장형광등에서는 광도 200Lux이하를 제외하고 광도가 높을수록 원활한 생육을 보였으며, 할로겐등에서도 200Lux＜700Lux＜1,000Lux순으로 생육상태가 양호하였다.

실내식물인 아글라오네마(*Aglaonema brevispathum*), 서양담쟁이(*Hedera helix*), 호야(*Hoya carnosa*), 아프리칸바이올렛(*Saintpaulia ionantha*)을 실험재료로 3가지의 인공광과의 엽록소함량 변화를 본 결과는 수은등과 True-lite등에서 높게 나타났다(박혜경, 1999). 이러한 결과는 청색광이 엽록소 증가에 긍정적인 영향을 미친다는 기존연

Table 2. Effects of artificial light sources and light intensities on the growth of *Saxifraga stolonifera* after 5 month.

Values	Fluorescent lamp(Lux)			Three wave fluorescent lamp(Lux)			Halogen lamp(Lux)		
	200	500	1,000	200	500	1,000	200	500	1,000
Plant height(cm)					3.4 b[z]	3.0 ab			5.7 c
Shoot number(ea)					1.4 ab	1.5 ab			1.0 a
Leaf number(ea)	100%	80%	80%	80%	11.2 b	8.9 ab	80%	80%	8.2 ab
Leaf length(cm)	dead	dead	dead	dead	3.3 ab	3.2 ab	dead	dead	4.5 c
Leaf width(cm)					3.6 a	3.4 a			4.5 ab
Chlorophyl contents (SPAD)					32.2 b	31.6 b			19.4 a

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



Fluorescent lamp (1,000Lux→700Lux→200Lux) | Three wave fluorescent lamp (1,000Lux→700Lux→200Lux) | Halogen lamp (1,000Lux→700Lux→200Lux)

Figure 2. Growth of *Saxifraga stolonifera* under artificial light sources (fluorescent lamp, three wave fluorescent lamp, halogen lamp) and light intensities (1,000Lux, 700Lux, 200Lux) after 5 month.

구(Manaker, 1981)와 일치한다고 하였지만, 본 실험결과와는 상이하다.

일반적으로 광도가 낮아짐에 따라 음지성 식물은 엽록소의 증가와 안토시안닌 함량이 감소되며(Wang, 1990), 벤자민고무나무와 크로톤과 같이 실내식물로 많이 이용되는 관엽식물의 생육에 있어서도 저광도에서 자란 식물이 엽록소함량이 많다는 보고(유용권 · 김기선, 1997)가 있다. 하지만, 본 연구에서는 광원 또한 엽록소함량에 영향을 미칠 수 있음을 보여준다고 하겠다. 특히, 청색광은 엽록소 증가에 긍정적인 영향을 미친다고 하였다. 이러한 결과를 정리하면, 같은 종류의 식물이라 할지라도 광원과 광도에 따라 생육양태가 달라진다는 것을 알 수 있었는데, 바위취는 내음성이 높아 실내식물로 적용가능한 것으로 소개되고 있으나(이종석 등, 2005), 형광등의 광원과 700Lux 이하 광도에서는 현장적용이 불가능한 수종임이 확인되었다. 추후, 다양한 내음성 자생식물에 대한 탐구와 지속가능한 고효율 광원과 광도에 따른 식물의 생육과 생리적 활성에 대한 검증이 필요할 것으로 본다.

IV. 적 요

본 연구는 남부상록수종 중 내음성과 내한성이 강하고 자생 송악(*Hedera rhombea*)에 대한 적정 실내광원과 광도를 알아보고자 가로 1m×세로 1m×높이 1m 크기의 목제프레임에서 실험을 실시하였다. 광원의 선정기준은 현재 지하철에 가장 많이 활용되는 인공광인 형광등, 삼파장형광등, 할로겐등으로 하고, 광도는 200Lux, 700Lux, 1,000Lux로 설정하여 실험을 실시한 결과는 다음과 같다.

1. 송악(*Hedera rhombea*)

초장은 광원과 광도별 뚜렷한 통계적 유의성이 나타나지 않았으나, 할로겐등＞형광등＞삼파장형광등 순으로 광도별로는 1,000Lux＞700Lux＞200Lux 순으로 길었다. 분지수는 형광등이 삼파장형광등이나 할로겐등보다, 광도가 높을수록 많아지는 경향을 보였다. 엽수는 삼파장형광등 1,000Lux＞형광등 1,000Lux＞할로겐등 1,000Lux 순으로 나타났다. 엽장과 엽폭은 광원에 관계없이 광도가 낮을수록 넓어지는 경향을 나타났다. 엽록소함량은, 삼파장형광등과 할로겐등은 광도에 따른 차이를 볼 수 없었으나, 형광등에서는 200Lux＞700Lux＞1,000Lux 순으로 증가되었다. 송악의 전체적인 생육은 인공광원보다는 광도에 의해 확연한 차이를 보여, 지하철 실내식물로 200Lux라는 낮은 광도에서도 도입이 가능하나 원활한 생육을 위해서는 700Lux 이상으로 광도를 조절하는 것이 바람직하다.

2. 바위취(*Saxifraga stolonifera*)

형광등이 광원인 경우, 광도와 무관하게 80% 이상이 고사하거나 생육 상태가 좋지 않았다. 광도가 200Lux에서는 광원에 무관하게 생육 상태가 매우 불량하였다. 초장, 엽수, 분지수, 엽장, 엽폭 등 생육은 할로겐 1,000Lux＞삼파장형광등 1,000Lux＞삼파장형광등 700Lux순으로 증가하였다. 엽록소함량은 삼파장형광등 700Lux＞삼파장형광등 1,000Lux＞할로겐등 1,000Lux순으로 높았다. 따라서, 본 실험에서 바위취는 할로겐등에서 가장 좋은 생육을 나타내었으며, 형광등의 광원과 700Lux 이하 광도에서는 현장적용이 불가능한 수종임이 확인되었다.

인 용 문 헌

방광자 · 주진희 · 박혜경 · 박성은. 1998. 지하철 역내의 실내조경현황과 개선방안에 관한 연구. 한국조경학회지 26(3) : 258-266.

방광자 · 박혜경 · 최경옥. 1999. 인공광의 광원에 따른 실내 지피식물의 생육반응. 한국조경학회지 27(5) : 114-119.

방광자 · 주진희 · 한승원. 2004. 차광정도에 따른 자생 더부살이고사리의 생육변화. 한국조경학회지 31(6) : 73-76.

방광자 · 이종석. 1993. 중부지방 조경용 자생식물 소재의 개발에 관한 연구. 한국조경학회지 21 (1) : 63-82.

박혜경. 1999. 인공광의 광질에 따른 몇몇 실내지피식물의 적응성에 관한 연구. 상명대학교 석사학위논문.

박권우 · 백준필 · 양정은 · 조희래. 2003. Sweet Basil의 생육에 미치는 인공광의 효과. 한국원예과학기술지 21 : 36.

신혜실. 1992. 실내조경설계에 있어 디자인론에 입각한 실내식물이용에 관한 연구. 한양대학교 석사학위논문.

서종택 · 홍수영 · 이호선 · 유동림 · 류승열. 2002. 화분크기 및 재식주수가 바위취의 생육 및 개화에 미치는 영향. 한국원예과학기술지 20 : 100.

이종석 · 방광자 · 김순자. 2005. 신실내조경학. 도서출판조경.

임시규. 1997. 차광정도 및 재배장소의 변화가 맥문동의 생육에 미치는 영향. 안동대학교 석사학위논문.

유용권 · 김기선. 1997. 차광정도가 무궁화의 생육에 미치는 영향. 한국원예학회지 38(5) : 520-526.

주진희. 2004. 자생상록양치식물의 생태와 실내조경적 이용에 관한 연구. 상명대학교 박사학위논문.

최경옥 · 이상우. 2005. 형광등과 자연광의 광도에 따른 실내조경식물의 생육반응과 도입방안. 한국조경학회지 33(4) : 119-128.

Bauer, H., and M. Senser. 1987. Photosynthesis of ivy leaves*(Hedera helix)* after heat stress Ⅱ. activity of ribulose bisphotosphate caboxylase, Hill reaction, and chloroplast ultrastructure. Z.Pflanzenphsiol, 91 : 359-369.

Berry, J. A. 1975. Adaptation of photosynthetic processes to stress. Science, 188 : 644-650.

Briggs, G. B., and C. L. Calvin. 1987. Indoor Plants. John Wiley & Sons. New York.

Biran, I., and A. M. Kofranek. 1976, Evaluation of Fluorescent Lamps as an Energy Source for Plant Growth. J. Amer. Sci. 101(6) : 625-628.

Kiplinger. D. C. 1953. Fluorescent light and Saintpaulia, Ohio Florist's Assoc. Bull.

Lee C. Y. Tsuno Y., Nakano J., and Yamaguchi T. 1995. Ecophysiological responces to weak light condition in soybean. Ⅰ Effects of shading treatment at different growth stage on characteristics of plant and photosynthesis. Japan Rep. Chugoku Br. Crop Sci. 36 : 41-49.

Manaker, G. H. 1981. Interior Plantscape Installation, Maintenance and Management. Prentice-Hall. pp.32-47.

Wang, Y. T. 1990. Growth substances, light, fertilization and misting regulate propagation and growth of golden pothos. HortScience, 25 : 1602-1604.