

# 광섬유 조명체계가 실내조경식물의 생육에 미치는 효과\*

최경옥\*\* · 방광자\*\*\*

\*\*상명대학교 대학원 · \*\*\*상명대학교 환경조경학과

## The Growth Effects on Interior Landscape Plants by Optical Fiber Lighting System

Choi, Kyoung-Ok\*\* · Bang, Kwang-Ja\*\*\*

\*\*Graduate School Dept. of Environmental Landscape Architecture, SangMyung University

\*\*\*Dept. of Environmental Landscape Architecture, SangMyung University

### ABSTRACT

This study was carried out to obtain fundamental information on the growth response of interior landscape plants under fluorescent light, sunlight and optical fiber lighting indoors. Saintpaulia 'Delaware', Kalanchoe blossfeldiana, Anthurium scherzerianum and Ardisia crenata were examined using light intensity of 500lux and 1,000lux of fluorescent light, sunlight and optical fiber lighting in an interior environment.

Results of experiments are as follows;

- 1) Plant growth status showed the best results under optical fiber lighting compared with fluorescent light or sunlight.
- 2) Plant growth status was better under 1,000lux light intensity than 500lux light intensity and in cases of the same light intensity, the highest growth increase was under optical fiber lighting. while it was showed relatively different according to the different plant species between a fluorescent light and sunlight.
- 3) The deep pinkish red color of Saintpaulia 'Delaware' flower was obtained first under an optical fiber lighting and a fluorescent light, a sun light in that order.
- 4) Regarding interred activity, photosynthetic rate and transpiration rate, intercellular CO<sub>2</sub>, water absorption rate showed a similar tendency generally in spite of a little difference. Namely, transpiration rate and intercellular CO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> absorption rate increased according to increase of photosynthetic rate.

\*: 이 논문은 2001년도 상명대학교 산업과학연구소의 지원에 의해 수행되었습니다.

5) Photosynthetic rate of test plants except Anthurium scherzerianum increased according to increase of light intensity and increased highest under optical fiber lighting in the same light intensity condition. Increases differed under fluorescent light and sun light. That of Saintpaulia 'Delaware' and Anthurium scherzerianum increased in the order of optical fiber, fluorescent light and sun light, but that of Kalanchoe blossfeldiana and Ardisia pusilla increased in the order of optical fiber lighting, sun light and fluorescent light.

Summing up these results, In visual value or internal health status of all experimental plants we obtained the highest result under an optical fiber lighting. Finally, we need to introduce an optical fiber lighting in interior landscape space as main light source.

*Key Words : Optical Fiber, Light Intensity, Interior Landscape*

## I. 서론

실내조경은 대부분 건축물의 창을 통하여 자연광을 유입하고 살아있는 식물을 주소재로 공간창출이 이루어지고 있어서 20세기 후반부터 부각되고 있는 자연친화적인 환경조성을 지향하는 인류의 환경이상과도 부합된다.

초기단계의 식물의 이용은 창가나 햇볕이 잘 드는 장소에 몇 개의 화분을 장식하는 소극적인 단계에서부터 시간의 흐름에 따라 실내정원 또는 실내 숲을 만드는 적극적이고 발전적인 형태로 그 영역이 확대되고 다양화 되고 있는 추세이다(이영무, 1995).

물론 이러한 환경요소로서의 건축 및 조경의 전통적 방식은 자연광의 인식과 깊이 관련되어, 고대로부터 오늘날에 이르기까지 많은 영향을 미쳐 발전되어 왔다(환경과 조경, 1992). 대표적으로 유리구조물의 수정궁의 조성에서부터, 실내조경공간의 본격적인 효시라고 평가되는 포드재단, 1960년대 존 포트만에 의해 주도되었던 일련의 하얏트 호텔, 식물원 등은 이러한 관계성을 엿볼 수 있는 사례들이다(원주희, 1994; 이영무, 1995).

이와같이 실내공간으로의 자연광 유입은 쾌적한 생활환경을 마련하고 원활한 인간활동을 돕는 주요 에너지원으로써 뿐만아니라 식물생장을 돕는 주요 광원으로 인식되고 있다. 그러나 실내조경공간에서조차 자연광의 유입시설 및 광환경은 식물의 원활한 생장을 돕는 충분한 여건을 마련하지 못하고 있는 실정이다(이월희, 1995).

이러한 실내환경의 특수성에 기인하여 실내조경공간

에 도입되고 있는 식물은 내음성이 강한 식물을 중심으로 반복적으로 사용되고 있으며, 광에 대한 선행연구들을 살펴보다라도 제한된 자연광에 적응력이 있는 식물의 소재개발에 관한 연구(곽병화와 김인자, 1969; 손관화와 염도의, 1987)와 보조광으로써 인공광 도입에 따른 식물의 적응성에 관한 연구들(Kiplinger, 1953; Laurie, 1979; 홍정, 1994)이 다수를 차지한다.

이에 본 연구는 자연광의 유입이 부족하거나 전혀 유입되지 않는 지하공간 등을 비롯한 실내조경공간에 식물의 생육 및 생장을 위한 보충광원의 설치가 요구되는 바, 자연광, 형광등, 광섬유에 대한 몇몇 실내조경식물의 생육 및 생장에 관한 반응을 비교검토하고, 특히 아직 연구가 이루어지지 않은 태양열 집광시스템인 광섬유에 대한 식물의 적응성을 살펴 실내조경공간의 주광원으로써 활용가능성을 파악하고자 한다.

## II. 이론적 고찰

### 1. 광섬유의 개념 및 구조와 원리

광섬유는 빛의 전송을 목적으로 하는 섬유 모양의 광도파로 빛의 굴절율은 내부는 높고 외부는 낮게 구성되어 있으며 섬유내부에서 0.1mm정도의 가는 섬유를 사용한다(Keiser, 1983).

광섬유의 구조는 굴절율이 서로 다른 두 가지의 물질 심(core)과 반사막(clad)으로 되어 있으며 그 위에 여러

접의 재료를 입혀 광섬유의 강도를 높이고 보호벽으로 이용한다. 빛을 유입하는 원리는 심과 반사막 사이의 굴절율 차이를 이용하여 임계각을 만들어 주고 이로 인한 전반사를 이용한 것으로, 심의 역할은 빛을 통과시키는 것이며 반사막의 역할은 빛이 심과의 경계면에서 전반사를 하도록 고안되어 있다. 이때의 조건은 심의 굴절율이 반사막의 굴절율보다 반드시 커야 하며 대체로 굴절율 차이는 약 0.1정도가 되는 것이 바람직하다 (Marcuse, 1973).

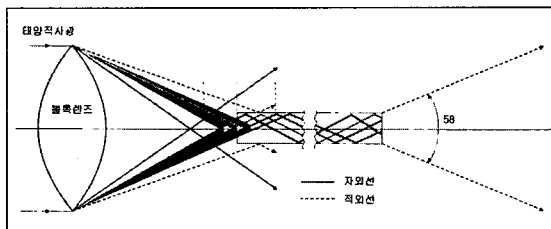


Figure 1. Meridional ray optics representation of the propagation mechanism in optical waveguide

본 실험에서 사용한 광섬유의 원리는 Figure 1에서 보는 바와같이 심(core)과 반사막(clad)사이의 굴절율 차이에 의한 임계각을 58°로 맞추었다.

이에 따라 가시광선(360~780nm)은 임계각 내부로 모두 입사되어 들어오며 자외선은 90%이상 임계각 밖으로 반사되고 적외선도 상당부분 임계각 밖으로 반사된다.

즉, 렌즈로 입사된 빛은 초점거리 약 1/100의 상으로 모여지기 때문에 초점위치에 광케이블 입력단을 붙여 광케이블로 빛을 유입시키며, 렌즈에 집광시 색수차에 따라 빛 파장의 초점상 위치가 조금씩 틀리기 때문에 자외선은 렌즈 가까이 위치하고 적외선은 렌즈로부터 멀리 위치하며 가시광선은 그 중간에 초점의 상을 맺게 된다. 이때 가시광선의 초점이 맺힌 곳에 광케이블의 단면을 위치시킴으로서 가시광선만을 선택한다.

## 2. 광섬유 시스템

본 실험에 사용된 광섬유의 전체 시스템은 Figure 2에서 보는 바와 같다. 구체적인 시스템 구성은 첫째, 집광

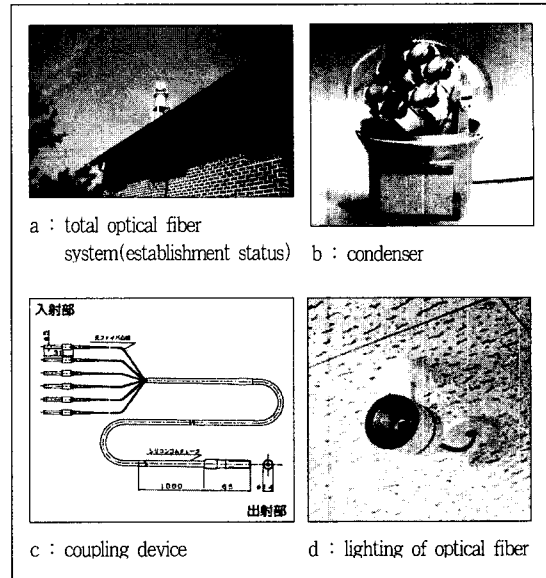


Figure 2. Optical fiber system

기로 태양광을 집광하기 때문에 태양센서와 마이크로 컴퓨터에 의해 항상 집광렌즈가 태양광과 수직하도록 제어하며 우천시 집광가능한 직달 평행광이 대폭 감소하므로 태양센서 대신에 마이콤에서 태양계적을 산출하여 추적한다. 태양추적의 시퀀스는 집광기 내부의 시계기능에 따라 제어되며 전원 연결후 전자동으로 실행된다.

둘째, 집광기를 통해 입사된 빛은 광섬유 연결케이블을 통해 실내조명기구로 연결된다.

셋째, 실내조명기구는 빛이 출사되는 부분이며 형태는 다양하게 구성할 수 있어 이동형태로 조명할 수도 있고, 천장, 벽, 바닥 등에 매입등이나 직부등 형태로 할 수도 있다.

## III. 연구내용 및 실험방법

### 1. 광원의 종류

본 실험을 위한 광원은 전반적으로 식물의 생육에 가장 좋은 광원으로 검증된 자연광을 비롯하여 선행연구에서 보조광원으로써 식물재배에 가장 적합하다고 알려진 형광등(Laurie, 1979; Kiplinger, 1953)과 아직 선행

연구가 이루어지진 않았지만 태양열 집광시스템으로 앞으로 광케이블 시대를 맞이하여 자연광이 부족한 실내 공간이나 자연광이 전혀 유입되지 않은 지하공간, 실내 조경공간의 주광원으로 도입 가능성이 높은 광섬유 등 3종류를 선정하였다.

## 2. 실험구의 환경조건

실험장소는 상명대학교 온실 내에 자연광과 형광등, 광섬유에 대해 각각 500lux, 1,000lux의 광 도처리구를 두어 총 6개의 실험구를 설치하였다.

구체적인 실험구 환경설정은 형광등 실험구의 경우, 단위 면적은 1㎡, 인공광 실험구의 높이는 1m로 하였고 형광등의 수와 차광막을 이용하여 광도를 조절하였는데 500lux는 3개, 1,000lux는 5개를 설치하였고 중심부와 주변부의 평균광도를 맞추기 위해 부분적으로 차광막 처리를 하였다.

또한, 형광등의 발열효과로 인한 온도상승을 막고 통풍을 고려하기 위해 실험구 뒷판에 공기가 유동할 수 있는 직경 40cm, 높이 60cm의 통풍구를 만들고 빛이 투과되지 않도록 차광막 처리를 하였다.

실험기간동안 식물에 조사된 형광등의 일일 조사량(照射量)을 살펴보면, 기존연구논문에서 가장 많이 채택된 평균조사시간을 토대로하여 1일 12시간을 조사(照射)하였다.

자연광 실험구는 형광등 및 광섬유 실험구와 동일한 장소 내에서 광도계(INS사의 DX-100 DIGITAL LUX METER)를 사용하여 월별로 1일 12시간의 평균광도를 측정 후 가급적 평균광도가 500lux와 1,000lux인 장소를 찾아 실험구로 활용하였다.

광섬유 실험구는 자연광의 최종유입시설인 조명등과 식물과의 거리로 일정한 광도를 조절하는 바, 500lux는 1.8m, 1,000lux는 1.2m로 조절하여 광도를 조절하였다.

실험장소의 온도는 22℃, 습도는 60~80%로 조절하였다.

## 3. 공시식물 및 측정요소

공시식물은 아프리카바이올렛 (*Saintpaulia* 'Delaware'), 칼랑코에(*Kalanchoe blossfeldiana*), 안스리움(*Anthurium*

*schzerianum*), 무늬산호수(*Ardisia pusilla*) 등 4종에 대해 2001년 3월부터 2001년 8월까지 실험하였다.

공시식물은 구입후 상명대 온실에서 20일간 순화과정을 거친 후 직경 12cm의 화분에 펄트모스(peatmoss), 펄라이트(perlite), 버미큘라이트(vermiculite), 마사토를 1 : 1 : 1 : 1로 혼합한 배양토에 옮겨 심은 후 각각의 실험구에 투입되었다.

식물의 반복수는 5개체씩 3반복으로 이루어졌다. 식물 투입시의 식물요소는 엽폭, 엽장, 엽병, 절간장에 있어서 각 실험구 간의 평균치의 최대오차가 0.5cm를 벗어나지 않는 범위에서 투입되었다. 엽수는 너비가 1cm 이상 되는 것만을 측정하였고, 초장은 화분 상단 부분에서 식물의 정단부까지 측정하였다.

식물의 형태적 측정요소로는 초장, 엽병, 절간장, 엽장, 엽폭, 엽록소함량 등을 측정하였으며 이때 절간장과 엽병은 세번째 마디를 기준으로 하였으며 엽장과 엽폭은 정단부로부터 5cm이내에서 가장 큰 엽의 길이를 측정하였다.

또한 식물체내의 반응과의 상호관계성을 알아보고자 식물체의 광합성 활성은 광합성 측정장치(LI-6400, LI-Cor, USA)를 사용하여 측정하였는데, 측정시간은 식물체의 광합성 주기를 고려하여 오전 11시부터 3시 사이에 각 식물당 완전히 전개된 상부 3엽을 선택하여 측정치의 평균을 산출하였다. 챔버 내의 조건은 기온 25℃, 상대습도 50%, CO<sub>2</sub>농도 400±30μg l<sup>-1</sup>의 조건에서 수행하였고, 모든 공시식물의 광합성량 측정은 5회 반복으로 수행하였다.

분석항목은 광합성량(Pn), CO<sub>2</sub>흡수율(CO<sub>2</sub>), 세포내 CO<sub>2</sub>농도(Ci), 대기 중 CO<sub>2</sub>농도(Ca), 기공전도도(Cs), 증산량(Tr) 등을 측정하였다. 수분이용효율(water use efficiency: WUE)은 Malmstrom(1997)의 방법에 따라 (Ca-Ci)/Tr(mmol mol<sup>-1</sup>)의 식으로 산정하였다. 또한 CO<sub>2</sub>이용효율(CO<sub>2</sub> use efficiency: CUE)은 대기 중 CO<sub>2</sub>농도(Ca)에 대한 세포 내 CO<sub>2</sub>농도(Ci)의 비율로 Ci/Ca의 식으로 산정하였다.

## 4. 분석방법

실험결과에 대한 통계처리는 SAS Ver. 6.12(SAS

Institute Inc., 1996)을 이용하여 Duncan의 다중범위검정(5%)에 준하여 평균치간의 차이에 대한 유의성을 검정하였다.

### N. 결과 및 고찰

#### 1. 아프리카 바이올렛의 생육 및 생리활성변화

공식식물 중 광원에 따른 변화에 가장 민감한 반응을 나타낸 식물은 아프리카 바이올렛의 꽃색이었다. 실험 후 7일부터 꽃색의 변화가 시작되었는데, 25-32일에 꽃색의 변화가 가장 뚜렷하였고, 37일 이후부터 꽃색의 변화속도가 점차적으로 둔화되었다. 꽃색은 광섬유 하에서 가장 뚜렷하였다(Figure 3 참조).

또한 꽃수는 Table 1에서 보는 바와같이 유의차를 보였는데, 꽃수가 완전히 지는 때까지를 개화기간으로 볼 때, 500lux와 1,000lux에서 각각 자연광 43일, 54일, 형광등 46일, 57일, 광섬유 58일, 68일로 나타나 광섬유, 형광등, 자연광 순으로 개화기간이 길었으며 광도가 높을수록 개화기간이 길었다. 동일한 시간의 경우, 광섬유 하에서 꽃수가 가장 많이 증가하였다. 이 결과는 Kiplinger(1953)가 자연광과 형광등 하에서 아프리카 바이올렛의 생육실험을 한 결과 형광등 하에서 개화기간이 길고 꽃수가 많았다는 결과와 일치하였다.

반면 형광등보다 광섬유 하에서 생육상태가 좋고 꽃수, 엽수 등의 증가량이 많아 광섬유가 형광등보다 아프리카 바이올렛의 개화 및 생육에 있어 보다 우월한 광원임을 알 수 있었다.

Table 1. Growth status of *Saintpaulia* 'Delaware' under various light intensity

Values	Light conditions						F-value
	Fluorescent light		Sun light		Optical Fiber		
	500lux	1,000lux	500lux	1,000lux	500lux	1,000lux	
Leaf width	4.24f	4.76c	4.31e	4.97b	4.48d	5.06a	39.68*
Leaf length	4.49c	4.71b	4.55c	4.83a	4.49c	4.85a	20.43*
Plant height	8.72a	10.11a	9.35a	10.29a	9.62a	10.28a	0.80
No.of leaves	14.10a	15.14a	14.62a	15.76a	16.04a	16.50a	1.40
No.of flowers	3.97c	4.63b	3.97c	4.47b	5.71a	5.93a	1.41*
Petiole	1.72a	1.84a	1.84a	2.24a	2.53a	2.72a	0.11

\* : Mean separation by Duncan's multiple range test at 5% level

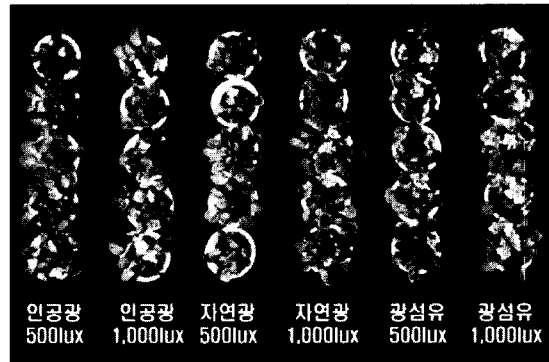


Figure 3. Growth and flowering status of *Saintpaulia* 'Delaware' under six different light conditions after 32 days

그의 엽폭과 엽장의 변화량에 유의차가 나타났는데 광섬유에서 가장 양호하였다.

생리적 활성에 있어 분산분석결과, Table 2에서 보는 바와 같이 광합성량과 CO<sub>2</sub>이용효율에서 유의차가 있는 것으로 나타났다.

Table 2. Comparison of various physiological variables in *Saintpaulia* 'Delaware'.

Values**	Light conditions						F-value
	Fluorescent light		Sun light		Optical Fiber		
	500lux	1,000lux	500lux	1,000lux	500lux	1,000lux	
Pn	0.83bc	0.95bc	0.61c	0.94bc	0.98b	1.32a	5.79*
Ci	316.36ab	358.81a	306.42b	332.83ab	335.50ab	323.11ab	2.24
Tr	6.05a	6.32a	7.15a	5.31a	6.83a	7.80a	0.54
Ca	359.02a	374.21a	363.22a	369.83a	379.58a	384.39a	0.39
CO <sub>2</sub>	0.83ab	1.03ab	0.65b	1.00ab	1.06ab	1.13a	1.88
Cs	0.10a	0.11a	0.10a	0.10a	0.11a	0.13a	0.03
WUE	7.24ab	2.37b	9.07a	6.94ab	6.40ab	7.75ab	1.91
CUE	0.86b	0.95a	0.84b	0.90b	0.88b	0.90b	7.10*

\* : Mean separation by Duncan's multiple range test at 5% level.

\*\* : Pn: photosynthetic rate, Ci: intercellular CO<sub>2</sub> concentration, Tr: transpiration rate, Ca: air CO<sub>2</sub> concentration, CO<sub>2</sub>: CO<sub>2</sub> absorption rate, Cs: stomatal conductance, WUE: water use efficiency, and CUE: CO<sub>2</sub> use efficiency

식물의 건강상태를 진단해 볼 수 있는 척도로서 광합성량을 볼 때, 광섬유 1,000lux에서 1.32 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 가장 많았고, 광섬유 500lux에서 0.98 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 형광등 1,000lux에서 0.95 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 자연광 1,000lux에서 0.94 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  순으로 나타나 광섬

유 형광등, 자연광 순으로 증가율이 높게 나타났으며 광도가 높을수록 증가하였다.

CO<sub>2</sub>이용효율은 광도가 높을수록 증가하였으나 광원 간에는 일정한 경향을 보이지 않았다.

### 2. 칼랑코에의 생육 및 생리활성의 변화

Table 3에서 보는 바와 같이 분산분석 결과, 초장을 제외하고 모든 형태적 요소에서 유의차가 있는 것으로 나타났다.

전반적으로 광도가 높을수록 성장량이 증가하였으며 동일광도 조건일 경우 광섬유, 자연광 형광등 순으로 증가하였다. 단, 엽폭과 엽장, 초장의 성장량은 1,000lux 하에서 자연광에서 증가량이 가장 많았다.

Kondo(1987)는 세포간격내 CO<sub>2</sub>농도(Ci), CO<sub>2</sub>흡수율(Ca), 기공전도도(Cs) 등은 기공개폐에 영향을 미쳐 식물체의 광합성에 영향을 미친다고 주장하였다. Park(1998)도 광합성율은 CO<sub>2</sub>흡수 및 세포간격내 CO<sub>2</sub>농도에 의해 주로 영향을 받는다고 보고하였으며, 손기철 등(2000)은 관엽식물을 이용한 실내공기오염물질의 흡수 및 흡착에 관한 연구에서 세포간격내 CO<sub>2</sub>농도(Ci), 기공전도도(Cs) 등은 광합성량, 증산량과 정의 상관관계를 갖으며 기공개도율이 증가함에 따라 광합성 활성이 높아졌다고 보고하였다.

칼랑코에의 생리적 요소의 변화량에 있어서는 Table 4에서 보는 바와같이, 세포간격내 CO<sub>2</sub>농도(Ci)와 수분 이용효율(WUE), CO<sub>2</sub>이용효율(CUE)에서 유의차를 보였다.

Table 3. Growth status of *Kalanchoe blossfeldiana* under various light intensity.

Values	Light conditions						F-value
	Fluorescent light		Sun light		Optical Fiber		
	500lux	1,000lux	500lux	1,000lux	500lux	1,000lux	
Leaf width	2.42c	2.48c	2.50cb	2.76a	2.64ab	2.75a	8.07*
Leaf length	3.01b	3.20b	3.42a	3.63a	3.42a	3.53a	9.80*
Plant height	5.74b	6.56a	6.53a	6.85a	6.66a	6.79a	2.34
Internodal length	0.49c	0.67cab	0.55cb	0.76ab	0.60cab	0.79a	2.66*
No.of leaves	16.58c	18.32cb	18.90cb	25.20a	22.32ab	25.46a	5.27*
Petiole	0.29c	0.32cb	0.41ab	0.43a	0.36cab	0.41ab	3.07*

\* : Mean separation by Duncan's multiple range test at 5% level

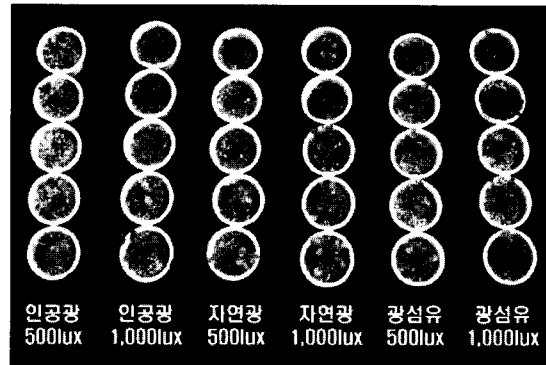


Figure 4. Growth changes of *Kalanchoe blossfeldiana* under six different light conditions after 152 days

세포간격내 CO<sub>2</sub>농도와 CO<sub>2</sub>이용효율은 광합성량과 유사한 경향을 보여 광섬유 1,000lux에서 가장 높게 나타났고, 자연광 1,000lux, 광섬유 500lux, 자연광 500lux, 형광등 1,000lux, 형광등 500lux 순으로 나타나 전반적으로 광섬유에서 증가율이 가장 높았고, 자연광, 형광등 순으로 나타났으며 광도가 높을수록 증가하는 경향을 보였다.

Table 4. Comparison of various physiological variables in *Kalanchoe blossfeldiana*.

Values	Light condition						F-value
	Fluorescent light		Sun light		Optical Fiber		
	500lux	1,000lux	500lux	1,000lux	500lux	1,000lux	
Pn	0.43a	0.46a	0.66a	1.94a	1.48a	2.44a	1.08
Ci	359.52c	365.63c	367.72cb	392.05a	386.39ab	396.72a	7.33*
Tr	9.18b	9.19b	9.17b	9.27ab	9.23ab	9.33a	3.71
Ca	381.50a	383.22a	385.36a	390.65a	389.25a	394.28a	1.91
CO <sub>2</sub>	0.57a	0.73a	1.37a	2.36a	1.79a	2.72a	0.63
Cs	0.73a	0.73a	0.73a	0.73a	0.73a	0.73a	0.00
WUE	2.39a	1.91ab	1.92ab	-0.15c	0.30cb	-0.26c	6.35*
CUE	0.94c	0.95cb	0.95cb	1.00a	0.99ab	1.00a	6.15*

\* : Mean separation by Duncan's multiple range test at 5% level

### 3. 안스리움의 생육 및 생리활성의 변화

Bickford and Dunn(1972)는 식물의 종류마다 생장을 위한 적정광도가 다르고 같은 종류의 식물이라 할지라도 광도를 달리했을 때, 식물의 생리현상에 변화를 가져오며 형태적으로 달라진다고 하였다.

안스리움의 형태적 성장량과 생리적 특성은 광원에 따라서도 성장량이 다르게 나타났지만 동일한 광원에서 광도를 달리했을 때 성장량의 변화에 많은 차이가 나타났다.

Table 5에서 보는 바와 같이 엽폭과 엽장, 초장에서 유의차가 있었다. 엽폭은 형광등 500lux에서 9.37cm, 광섬유 500lux와 1,000lux에서 동일하게 9.35cm, 자연광 1,000lux에서 9.33cm로 나타나 형광등 500lux에서 성장량이 가장 많이 증가하였다.

Table 5. Growth status of *Anthurium scherzerianum* under various light intensity

Values	Light conditions						F-value
	Fluorescent light		Sun light		Optical Fiber		
	500lux	1,000lux	500lux	1,000lux	500lux	1,000lux	
Leaf width	9.37a	9.29b	9.33ab	9.34a	9.35a	9.35a	2.94*
Leaf length	11.63ab	11.54cb	11.52c	11.56cab	11.64a	11.58cab	2.66*
Plant height	23.83ab	21.43c	23.33ab	23.32ab	24.62a	23.20b	6.33*
No. of leaves	3.96a	3.00a	3.36a	3.84a	4.12a	4.24a	1.52
Petiole	10.31ab	9.14ab	10.45a	8.99b	10.27ab	10.04ab	2.27
No. of flowers	0.76a	0.68a	0.56a	0.68a	0.76a	0.80a	0.17

\* : Mean separation by Duncan's multiple range test at 5% level

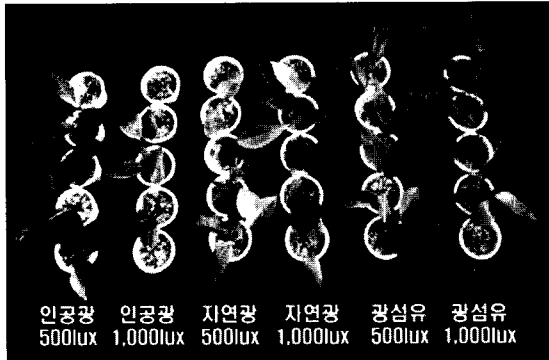


Figure 5. Growth changes of *Anthurium scherzerianum* under six different light conditions after 152 days

엽장은 엽폭과 유사한 경향을 보여 광섬유 500lux에서 11.64cm로 성장량이 가장 양호하였고, 형광등 500lux에서 11.63cm, 광섬유 1,000lux에서 11.58cm, 자연광 1,000lux에서 11.56cm의 성장량을 보였다.

엽폭과 엽장의 성장량에 있어서 광섬유와 형광등의 경우 1,000lux보다 500lux에서 성장량이 증가하였

으며 자연광 하에서는 1,000lux에서 성장량이 높게 나타났다.

초장은 광섬유 500lux에서 24.62cm로 가장 많이 자랐으며, 형광등 500lux, 자연광 500lux 순으로 나타나 1,000lux보다 저광도인 500lux에서 초장이 길었다. 이러한 결과는 황반엽종 목본성 관엽식물 2종과 황반엽 초본성 관엽식물 3종에 대한 생육실험 결과에서 초장의 생장률이 양지구(10,000~25,000lux)보다 음지구(1,000~3,000lux)에서 증가율이 높았다는 박혜란(1993)의 보고와 일치하였다.

전반적으로 안스리움의 형태적 성장량은 바이올렛이나 칼랑코에와는 달리 저광도인 500lux에서 엽폭, 엽장, 초장의 성장율이 높게 나타났다.

Table 6. Comparison of various physiological variables in *Anthurium scherzerianum*.

Values	Light conditions						F-value
	Fluorescent light		Sun light		Optical Fiber		
	500lux	1,000lux	500lux	1,000lux	500lux	1,000lux	
Pn	0.91a	0.64a	0.69a	0.81a	0.95a	1.05a	0.10
Ci	376.389c	362.69e	366.16c	380.22ab	379.75b	382.86a	111.61*
Tr	6.39a	6.32a	6.28a	6.42a	6.54a	6.58a	0.01
Ca	398.35a	389.35b	389.71b	396.73a	398.06a	396.84a	39.94*
CO <sub>2</sub>	0.86a	0.69a	0.75a	0.83a	0.94a	1.09a	0.07
Cs	0.10a	0.10a	0.10a	0.10a	0.10a	0.10a	0.00
WUE	3.53a	4.41a	3.92a	2.72a	2.89a	2.16a	1.27
CUE	0.94cb	0.93d	0.93cd	0.95a	0.95ab	0.96a	12.97*

\* : Mean separation by Duncan's multiple range test at 5% level

식물체내의 활성은 Table 6에서 보는 바와 같이 세포 간격 내 CO<sub>2</sub>농도(Ci)와 CO<sub>2</sub>흡수율(Ca), CO<sub>2</sub>이용효율(CUE)에서 유의차를 보였다.

세포간격 내 CO<sub>2</sub>농도(Ci)와 CO<sub>2</sub>이용효율(CUE)은 광섬유 1,000lux에서 가장 높았으며 자연광 1,000lux, 광섬유 500lux, 형광등 500lux, 자연광 500lux, 형광등 1,000lux 순으로 나타나 광섬유에서 가장 양호한 경향을 보였으며 전반적으로 광도가 높을수록 생리적 활성이 활발하였으나 형광등의 경우 1,000lux보다 저광도인 500lux에서 생리적 활성이 좋았던 것을 알 수 있었다. 반면, CO<sub>2</sub>흡수율은 일정한 경향을 보이지 않았다.

4. 무늬산호수의 생육 및 생리활성의 변화

무늬산호수는 공시식물 중 생육상태가 가장 불량하였는데, 형태적 요소에 관한 분산분석 결과, 엽수에서만 유의차를 보였다. 엽수는 식물의 관상가치를 높여주는 주요요소로 광섬유, 자연광, 형광등 순으로 증가하였으며 광도가 높을수록 증가하였다(Table 7 참조).

이러한 결과는 Figure 6에서도 확인할 수 있는 바와 같이 광섬유에서는 모두 양호한 생장상태를 보여 주었으나 자연광의 경우 1,000lux에서는 비교적 양호하였지만 500lux 하에서 화분 2개의 식물이 모두 고사하였으며, 형광등의 경우 생육상태가 가장 저조하여 절반정도의 식물이 고사하였다.

식물체내의 생리적 요소에 관한 분산분석 결과는 Table 8에서 보는 바와같이 세포내 CO<sub>2</sub>량(Ci)에서만 유의차를 나타냈는데 광섬유 1,000lux에서 가장 많았

고, 광섬유 500lux, 자연광 1,000lux, 형광등 1,000lux, 자연광 500lux, 형광등 500lux 순으로 나타나 광섬유, 자연광, 형광등 순으로 우월하였다.

Table 8. Comparison of various physiological variables in *Adisia pusilla*

Values	Light conditions						F-value
	Fluorescent light		Sun light		Optical Fiber		
	500lux	1,000lux	500lux	1,000lux	500lux	1,000lux	
Pn	0.27a	0.58a	0.55a	0.69a	0.74a	1.12a	0.78
Ci	387.92b	396.35a	395.64a	398.06a	398.86a	399.20a	5.64*
Tr	3.16a	3.20a	3.19a	3.66a	3.75a	4.03a	0.08
Ca	419.02a	420.33a	431.97a	436.02a	433.33a	439.50a	1.92
CO <sub>2</sub>	0.56a	0.66a	0.53a	0.68a	0.79a	0.98a	0.59
Cs	9.35a	9.36a	9.36a	9.38a	9.38a	9.39a	0.10
WUE	10.58a	8.70a	12.88a	10.75a	9.64a	10.57a	0.32
CUE	0.92a	0.94a	0.91a	0.91a	0.92a	0.90a	0.78

\* : Mean separation by Duncan's multiple range test at 5% level

Table 7. Growth status of *Adisia pusilla* under various light intensity

Values	Light conditions						F-value
	Fluorescent light		Sun light		Optical Fiber		
	500lux	1,000lux	500lux	1,000lux	500lux	1,000lux	
Leaf width	1.82b	1.83ab	1.84ab	1.85ab	1.83ab	1.86a	1.75
Leaf length	3.78a	3.78a	3.82a	3.84a	3.84a	3.84a	1.19
Plant height	8.07a	8.12a	8.19a	8.26a	7.89a	8.12a	0.11
Internodal length	1.62a	1.64a	1.66a	1.66a	1.66a	1.69a	1.04
No. of leaves	7.48c	8.90cab	8.2cb	10.52ab	9.96cab	10.92a	2.84*
Petiole	0.72a	0.67ab	0.70a	0.60b	0.64ab	0.71a	2.53

\* : Mean separation by Duncan's multiple range test at 5% level

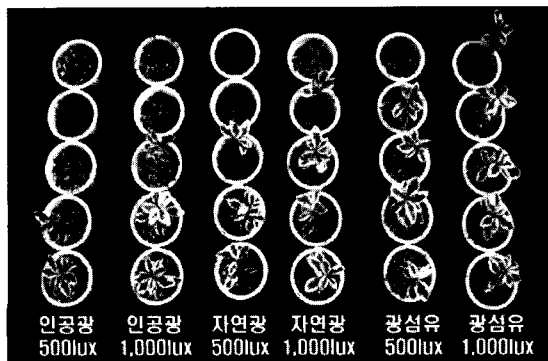


Figure 6. Growth changes of *Ardisia pusilla* under six different light conditions after 152 days

IV. 결론

광섬유를 실내조경공간에서 주광원으로 활용할 수 있을 것인가에 초점을 맞추어 자연광, 형광등, 광섬유에 대한 아프리카 바이올렛, 칼랑코에, 안스리움, 무늬산호수 등 4종의 실내식물의 광적응성에 관한 형태적 요소 및 식물체내의 반응을 실험한 결과는 다음과 같다.

1. 광원별로 살펴볼 때, 모든 공시식물의 외관상 관상 가치나 식물체내의 활성에 있어서 동일한 광도조건인 경우 광섬유에서 가장 양호한 생육상태를 보였다. 형광등과 자연광 하에서의 반응은 식물의 종류에 따라서 약간씩 차이가 있었는데, 아프리카 바이올렛은 형광등 하에서 더 좋은 생육상태를 보였고, 칼랑코에와 무늬산호수는 자연광에서 더 양호한 생육상태를 보였다. 안스리움은 광섬유에서 가장 좋은 생육상태와 성장량을 보였지만 광원보다는 광도에 따라서 상이한 결과를 나타내었다.

2. 전반적으로 광도에 따른 식물의 생육 및 생장변화량은 아프리카바이올렛, 칼랑코에, 무늬산호수에서 광도가 높을수록 증가하는 경향을 보여 500lux보다 1,000lux하에서 더 좋은 생육상태를 보였고 생장변화량도 증가하였다. 그러나 안스리움은 형광등 하에서



1,000lux보다 광도가 낮은 500lux에서 더 좋은 생육상태를 보였다.

3. 잎크기와 초장은 광도가 높을수록 증가량이 많았는데, 안스리움은 광도가 낮은 500lux에서 보다 많은 증가량을 보였다. 광원별로는 대체적으로 광섬유 하에서 가장 우월한 생육상태를 보였고 성장율도 높게 나타났다. 또한 칼랑코예와 무늬산호수의 절간장은 광도가 높을수록 증가량이 많았고 동일한 광도조건의 경우 광섬유, 자연광, 형광등 순이었다.

4. 엽수는 대부분의 공시식물에 있어서 광도가 높을수록 증가하였으나 안스리움은 광도가 낮은 500lux에서 더 많았다. 또한 식물종류에 따라 칼랑코예와 무늬산호수, 안스리움은 광도간에 엽수 차이가 많이 나타났고, 아프리카바이올렛은 비슷한 성장량을 보였다. 광원에 있어서는 대체로 광섬유, 자연광, 형광등 순으로 엽수의 증가량이 많았다. 아프리카 바이올렛의 꽃수는 광섬유, 형광등, 자연광 순으로 많았다.

5. 식물체내의 활성량에 있어서 광합성량과 증산률, 세포간격 내  $CO_2(Ci)$ , 수분흡수율(WUE)은 식물에 따라 약간씩 차이가 있었지만 전반적으로 비슷한 경향을 보였다. 즉 광합성량이 증가하면 증산률과 세포간격 내  $CO_2(Ci)$ ,  $CO_2$ 흡수율(CUE)도 증가하는 경향을 나타냈다.

6. 광합성량은 안스리움을 제외한 모든 공시식물이 광도가 높아짐에 따라 증가량이 많았고 동일한 광도일 경우 광섬유에서 가장 많이 증가하였으며 형광등과 자연광 하에서는 식물의 종류에 따라 차이가 있었다. 즉 아프리카 바이올렛은 형광등 하에서 증가량이 높게 나타난 반면, 칼랑코예와 안스리움, 무늬산호수는 자연광 하에서 증가하였다.

이상 자연광, 형광등, 광섬유에 대한 광도 500lux, 1,000lux 하에서 4종의 실내조경식물에 대한 생육 및 생장에 대한 적응성을 실험한 결과, 외관상의 관상가치나 식물체내의 건강상태에 있어서 광섬유가 모든 공시식물에서 우월성을 보여 앞으로 실내조경공간의 실내식물의 생육 및 생장을 돕는 주요광원으로써 활용이 가능하리

라고 여겨진다.

또한 지하공간이나 자연광 유입이 부족한 실내조경 공간에도 활용가능성이 높아 실내조경공간으로의 식물 도입을 활성화시킬 것으로 기대된다.

## 인용문헌

1. 광병화, 김인자(1969) Saintpaulia 와 Hypoestes의 광도차에 의한 성장반응과 감상가에 대하여, 한원지 6: 75-79.
2. 광해란(1993) 반입 관상식물의 반입 정도에 미치는 광조건과 uniconazole 및 gibberellin 처리의 효과, 서울여자대학교 박사학위 논문.
3. 손관화, 염도의(1988) 실내 및 Veranda 의 광조건에 따른 몇 가지 관엽식물의 엽면적 및 엽육 조건의 차이에 관하여, 한원지 29(2): 30-37.
4. 손기철, 이성환, 서상규, 송중은(2000) 관엽식물 및 배양토가 실내공기 오염물질의 흡수와 흡착에 미치는 영향, 한원지 41(3): 305-310.
5. 원주희(1994) 실내조경 조성기법에 관한 비교연구, 한양대학교 석사학위논문, pp.7-12.
6. 이월희(1995) 대형건물 실내조경식물의 하자원인에 관한 연구, 고려대학교 석사학위논문
7. 이영무(1995) 실내조경, 기문당, pp.407-415.
8. 환경과조경(1992) 조명과조명계획, pp.66-99.
9. 홍정(1992) Codiaeum variegatum 'Yellow Jade' 의 생육과 반엽형성에 미치는 광선의 영향, 서울여자대학교 석사학위 논문.
10. Bickford, E.D. and S. Dunn(1972) Lighting for plant growth, Kent State University Press, p. 62-100.
11. G. Keiser(1983) Optical fiber communication, McGraw Hill Inter. Book. Co, p.21.
12. Kiplinger, D.C(1953) Fluorescent lights and Saintpaulia, Ohio Florist's Assoc.
13. Kondo, N.(1987) Change in transpiration rate caused by air pollutanta and contents of phytohormones, Research Repirt form the National Institute for Environmental Studies in JAPAN, 108: 187-197.
14. Laurie, A., D.C. Kiplinger and K.S. Nelson(1979) Commercial flower forcing, McGraw- Hill Book Co, N.Y, pp.15-45.
15. D. Marcuse(1973) Fiber optics, Radio electronic Eng, 43: 43-47.
16. Park, S.H., G.Y. Bae, Y.Y. Lee, and Y.B. Lee(1998) Analysis of fac-tors related to absorption ability of foliage plants exposed to O.J. Korea Air Pollution Research Association, 14: 537-543.

원고접수: 2001년 12월 31일

최종수정본 접수: 2002년 1월 28일

3인익명 심사필