Vol.34, No.1, pp.26-36, 2022

Journal of Agricultural, Life and Environmental Sciences

RESEARCH ARTICLE

pISSN 2233-8322, eISSN 2508-870X
https://doi.org/10.22698/jales.20220004

고온과 연속광 조건에서 광도별 실내 관엽식물의 생육 및 엽색 평가

이재환[1,2], 김현빈[3], 남상용[4,5*]

[1]삼육대학교 환경원예학과 석·박사통합과정, [2]삼육대학교 자연과학연구소 연구원, [3]삼육대학교 환경원예학과 석사과정, [4]삼육대학교 환경원예학과 교수, [5]삼육대학교 자연과학연구소 연구소장

Evaluation of the Growth and Leaf Color of Indoor Foliage Plants under High Temperature and Continuous Lighting Conditions at Different Light Intensity

Jae-Hwan Lee[1,2], Hyun-Bin Kim[3], Sang-Yong Nam[4,5*]

[1]Integrated Ph.D. Student, Department of Environmental Horticulture, Sahmyook University, Seoul 01795, Korea
[2]Researcher, Natural Science Research Institute, Sahmyook University, Seoul 01795, Korea
[3]Master's Student, Department of Environmental Horticulture, Sahmyook University, Seoul 01795, Korea
[4]Professor, Department of Environmental Horticulture, Sahmyook University, Seoul 01795, Korea
[5]Director, Natural Science Research Institute, Sahmyook University, Seoul 01795, Korea

***Corresponding author:** Sang-Yong Nam (E-mail: namsy@syu.ac.kr)

Received: 3 December 2021
Revised: 4 March 2022
Accepted: 4 March 2022

A B S T R A C T

When designing interior spaces, the use of indoor foliage plants is considered as an integral part of providing a wonderful ambiance owing to both their aesthetic and functional properties. Being indoors, these plants are subjected to continuous lighting conditions at high temperatures with varying light intensities, which affect their survival, growth, and leaf color quality. Hence, this study was conducted to investigate the influence of different light intensity levels (60, 120, and 180 μmol m^{-2} s^{-1}) on the growth and leaf color of commonly used indoor foliage plants (*Hoya carnosa* f. *variegata*, *Epipremnum aureum* f. *variegata*, *Rhapis excelsa*, *Hedera helix*, *Chamaedorea elegans*, and *Spathiphyllum wallisii*) under high temperature and continuous lighting conditions. The results demonstrated that the growth parameters of the indoor foliage plants, after 4 weeks of treatment, were relatively better when grown under lower light intensity levels (60 and 120 μmol m^{-2} s^{-1}) compared to when grown under a higher light intensity level (180 μmol m^{-2} s^{-1}). The CIELAB L^* and b^* values of a majority of the indoor foliage plants increased proportionally with the light intensity level, indicating that under a higher light intensity, the leaves tend to express yellow tones. In addition, SPAD units decreased as the light intensity increased. Taken together, the results of this study indicate that indoor foliage plants are sensitive to light stress under high temperature and continuous lighting conditions; therefore, it is recommended to cultivate them under relatively low light conditions (60 and 120 μmol m^{-2} s^{-1}).

Keywords: CIELAB, Growth parameters, Indoor environment, Light stress, SPAD units

© Journal of Agricultural, Life and Environmental Sciences. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서 론

인류가 코로나(COVID-19) 판데믹과 AI 시대를 맞이함으로써 재택근무나 실내에서 생활하는 시간은 점차 길어졌다. 전체 가구의 30% 가까이가 1인가구로 변화 되었고(Lee and Kim, 2018), 세계적 감염병의 확산으로 인해 현재는 실내에서 생활하는 시간이 최대 93%에 이르고 있다(Abouleish, 2021). 이로 인해 실내 환경에서 접근이 쉽고 용이한 관엽식물 재배가 사람들의 취미생활 혹은 재테크용으로써 새로운 이목을 끌고 있다. 관엽식물은 화훼식물들에 비해 상대적으로 실내재배가 쉽고(Lee, 2003), 보편적이며 저렴한 비용으로도 구매가 가능한 것이 특징이다. 대중들로부터 미세먼지와 대기 환경오염에 관한 관심이 날로 커지고 있기 때문에 미세먼지 저감효과가 주목되는 실내 관엽식물(Kwon and Park, 2018; Abdo et al., 2016)의 소비는 앞으로도 지속적으로 증가할 전망이다. 실내 관엽식물은 미세먼지 저감 기능 외에도 크기에 따라 스크린이나 파티션과 같이 기능적인 특징들을 제공하며(Randani, 2017), 능률에서나 심리적인 부분을 안정화 시키는 것에도 도움을 주기 때문에(Shibata and Suzuki, 2002; Deng and Deng, 2018) 그 관심이 집중되고 있다.

관엽식물은 다양한 실내 공간에서 재배가 되고 있는데 집과 같이 낮과 밤이 확연히 나누어진 실내 공간에서 주로 재배가 되는 한편, 국가기관, 호텔, 병원 및 사무실과 같이 밤낮 없이 24시간 서비스를 제공하는 곳에서 재배되기도 한다. 관엽식물은 작은 화분에서 재배되는 것을 넘어서서 그린월(green-wall) 시스템(Abdo et al., 2016), 실내정원(Jang et al., 2016) 등에서도 다양하게 활용되고 있으며 심미적, 공간적인 효과 및 안정감을 주기 위해 서비스를 이용하는 손님들을 위한 휴식장소 주변에 주로 배치되어 활용되어지고 있다(Deng and Deng, 2018).

관엽식물들의 실내재배와 관련한 생육 연구에서는 일장과 광도 별 조건에서의 생육과 관련한 연구들이 있었다(Kim et al., 2005; Park et al., 2010; Kwon and Park, 2015; Nam et al., 2016). 그러나 관엽식물이 실내에서 24시간 조명과 고온에 노출될 수 있는 환경이 많아짐에도 불구하고 고온에서의 연속광 조건에 대한 실험들은 크게 주목받지 못하였던 것이 현실이다. 실내에서 관엽식물에 연속광을 조사하는 경우 광도에 따른 생육변화를 파악하기 위한 적절한 연구들이 수행되어야하며 온도 처리에 대해서는 20°C의 생활온도 조건하에서의 연속광 연구는 이미 수행되었으나(Lee et al., 2021a), 여름과 같은 고온의 실내 환경을 기반으로 한 연구는 부족한 실정이다.

과거 여러 연구에서 상추(*Lactuca sativa*)(Koontz and Prince, 1986), 고구마(*Ipomoea batatas*)(Bonsi et al., 1992), 밀(*Triticum aestivum*)(Zhukov and Romanovskaja, 1980) 그리고 병아리콩(*Cicer arietinum*)(Sethi et al., 1981)과 같이 연속광 하에서 우수한 생육결과가 나온 식물들이 있었다. 반면에 토마토(*Solanum lycopersicum*)(Haque et al., 2015)는 품종의 경우 연속광 조건에서 잎이 황화 되는 것으로 나타났으나 야생종(*Solanum pimpinellifolium*)은 연속광 조건에서 엽 손상에 대한 내성이 있는 것으로 나타났다. 한편 감자(*Solanum tuberosum*)는 품종의 종류에 따라 연속광에 대한 생육 반응이 다르게 나타났다(Tibbitts et al., 1992). 이에 따라 식물별로 연속광이 식물의 생육에 미치는 영향과 경제적, 학술적으로 어떤 이점을 제공할 수 있는지 알아보기 위해 여러 연구들이 지속적으로 수행되어야 할 것이다.

따라서 본 연구는 고온과 연속광 스트레스 하에서 다양한 광도 수준이 실내 관엽식물들로 하여금 어떠한 생육결과를 나타내도록 하는지 알아보고 그 기초자료를 얻고자 수행되었다.

재료 및 방법

식물재료

본 실험에 사용 된 식물재료는 24시간 운영되는 국가기관, 호텔, 병원, 사무실 및 상업공간 등의 실내에서 많이 이용되는 실내 관엽식물 여섯 종을 선발하였다(Kwon and Park, 2015; Park et al., 2010; Choi and Lee, 2013). 실내 관엽식물로써 활용도와 기호도가 높은 무늬호야(*Hoya carnosa* f. *variegata*), 무늬스킨답서스(*Epipremnum aureum* f. *variegata*), 관음죽(*Rhapis excelsa*), 아이비(*Hedera helix*), 테이블야자(*Chamaedorea elegans*), 스파티필름(*Spathiphyllum wallisii*)을 실험식물로 선발하였다. 이때, 실험에 사용 된 실내 관엽식물은 농가의 관행농법과 동일한 밀식재배 방식을 따랐으며 각각의 1반복 당 무늬호야는 5주, 무늬스킨답서스는 10주, 관음죽은 1주, 아이비는 10주, 테이블야자는 10주, 스파티필름은 3주가 식재되었다.

재배환경 설정

실험은 2021년 4월 17일부터 2021년 5월 16일까지 삼육대학교 환경원예학과 실험온실 별관의 식물생장실험실에서 총 4주간 실시하였다. 실험에 사용 된 실내 관엽식물은 경기도 남양주에 위치한 농가로부터 반년 간 육묘 된 균일한 크기의 묘만을 선발하였으며, 사각형 화분(L25 × W36 × H11.5 cm)에 원예용 상토(Hanareumsangto, Shinsung Mineral, South Korea)를 충진한 뒤 분갈이하였다. 식물은 식재 직후 광도별 처리를 실시하였다. 관수는 매주 1회 1 L씩 관수하였다. 냉난방조절장치의 온도를 30 ± 1°C로 설정하였고 주광색 6500K LED(CPH40W, Pulse Tech, South Korea)를 광원으로 사용했으며 휴대용 분광복사계(SpectraPen mini, Photon Systems Instruments, Czech Republic)를 이용하여 식물의 정단부에서부터 Photosynthetic photon flux density(PPFD)를 60, 120, 180 μmol m^{-2} s^{-1} 수준으로 설정하였다. 명기는 24시간 연속광으로 설정하였다. 실험은 완전임의배치법(completely randomized design)으로 각 처리 및 종별로 7반복 배치하였다.

조사항목

고온과 연속광 조건에서 광도별 실내 관엽식물의 생육과 엽색 반응을 평가하기 위해 실험 종료일인 2021년 5월 16일에 식물의 초장, 초폭, SPAD 값, CIELAB L^*, a^*, b^* 값, 지상부, 지하부 생체중과 지상부, 지하부 건물중을 측정하였다. 초장은 지면에서부터 식물의 정단부까지 길이로 설정하였고, 초폭은 식물을 위에서 볼 때 가장 넓은 부분을 기준으로 설정하여 측정하였다. SPAD units(엽록소 수치)는 엽록소계(SPAD-502, Konica Minolta, Japan)를 이용하여 측정하였으며 식물 별로 상단부, 중단부, 하단부의 잎 가장자리를 각각 1회씩 총 21반복 측정하였다. CIELAB 값은 분광광도계(CM-2600d, Konica Minolta, Japan)를 CIELAB D65 / 10°로 설정한 뒤 식물 별로 상단부, 중단부, 하단부의 잎 중앙부로부터 1회씩 총 21반복만큼 정반사광(SCI)을 포함한 CIELAB L^*, a^*, b^* 값을 얻었다. 이때, 무늬종의 경우 엽록소 수치와 CIELAB 값을 측정할 때 무늬가 없는 부분을 기준으로 측정하였다. RHS 값은 각 L^*, a^*, b^* 값을 Royal Horticultural Society Colour Chart 시스템(RHSCCS, 2021)과 대조하여 각 2개씩 선정하여 평가하였다. 육안평가를 위한 변환색상은 Zettl(2022)이 제작한 Converting Colors를 활용하여 CIELAB L^*, a^*, b^* 값을 변환색상으로 치환하였다. 생체중과 건물중은 전자저울(FA-2000, AND, Japan)을 사용하여 측정하였고 건물중은 건조기(HK-DO135F, HANKUK S&I, South Korea)에서 85°C에서 48시간 동안 건조시킨 후 측정하였다.

통계처리

실험 결과의 분석은 SAS 9.1(SAS Institute, USA)을 사용하여 분산분석(analysis of variance)을 수행하였다. 평균 간 비교는 던컨의 다중검정(Duncan's multiple range test)을 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 각 광도처리 간의 차이를 분석하였다. 추가로 피어슨 상관계수(Pearson correlation coefficients) 분석에서 생육과 엽색 간에 몇 가지 상관관계가 나타난 아이비와 스파티필름으로부터 SPAD 값, CIELAB L^*, a^*, b^*, 초장, 초폭, 지상부와 지하부 생체중, 지상부와 지하부 건물중 간의 상관관계를 분석하였다.

결과 및 고찰

광도별 생육특성

고온 및 연속광 스트레스 조건 하에서 각기 다른 광도 조건은 실내 관엽식물의 생육에 영향을 미쳤다(Table 1). 무늬호야는 180 μmol m^{-2} s^{-1}에서 초장은 20.50 cm로 나타났고 120 μmol m^{-2} s^{-1} 20.44 cm로 뒤따라 광도가 높아질수록 위로 길게 생육하는 경향이 있는 것으로 보인다. Lee et al.(2021a)의 연구에서 무늬호야가 180 μmol m^{-2} s^{-1}에서 가장 높은 초장을 나타내 이 연구 결과와 유사하였다. 지하부 생체중과 건물중은 120 μmol m^{-2} s^{-1}에서 각각 2.97, 0.80 g으로 가장 높게 나타났으며 180 μmol m^{-2} s^{-1}에서는 지하부 생체중과 건물중이 각각 1.93, 0.58 g으로 가장 낮게 나타나 고광도 수준에서는 생육이 불량해지고 있음을 암시하였다. 무늬스킨답서스는 60 μmol m^{-2} s^{-1}, 120 μmol m^{-2} s^{-1}에서 지하부 생체중이 각각 11.09, 10.81 g으로 나타났고 지상부 건물중은 180 μmol m^{-2} s^{-1}에서 5.46 g으로 가장 높게 나타났다. Kim et al.(2005)의 연구에서 스킨답서스는 광량이 상대적으로 높을 때 엽수와 생체중이 증가했다고 보고하였다. 관음죽은 본 연구에 사용된 실내 관엽식물 중 유일하게 광도별 생육 차이가 없는 것으로 나타났는데 이는 종려과(Arecaceae)의 낮은 생육속도가 기인 된 것으로 판단된다. 관음죽은 700 lux 수준에서는 초장, 엽수, 생체중, 건물중이 증가한 반면 상대적으로 낮은 수준인 400 lux에서는 생체중과 건물중은 낮아졌으나 엽장과 엽폭은 크게 증가하였다(Ju et al., 2009).

아이비는 120 μmol m^{-2} s^{-1}에서 생체중 지상부와 지하부가 가장 높게 나타났는데 각각 12.91, 1.89 g이었으며 그 뒤로 60 μmol m^{-2} s^{-1}에서는 지상부와 지하부가 각각 10.93, 1.60 g으로 나타났다. 건물중도 이와 유사하게 나타나 120 μmol m^{-2} s^{-1}에서는 지상부 지하부가 각각 5.37, 1.08 g이었고 60 μmol m^{-2} s^{-1}에서는 4.82, 0.92 g으로 나타났다. 테이블야자는 120 μmol m^{-2} s^{-1}에서 초폭이 24.05 cm로 가장 컸고 60 μmol m^{-2} s^{-1}에서는 지하부 생체중과 건물중은 각각 3.62, 1.45 g으로 나타났다. 스파티필름의 지상부 생체중은 60 μmol m^{-2} s^{-1}에서 29.03 g으로 가장 높게 나타났고 지하부 건물중은 120 μmol m^{-2} s^{-1}과 180 μmol m^{-2} s^{-1}에서 각각 1.75, 2.02 g으로 나타났다. Kwon and Park(2015)의 연구에서 스파티필름류(*Spathiphyllum* spp.)는 60 μmol m^{-2} s^{-1}와 120 μmol m^{-2} s^{-1}에서 높은 생체중을 나타내었다. 추가로 요인분석을 통해 종과 광도의 세기 간의 유의성을 검토한 결과 상호 유의성은 없는 것으로 나타났다. 그러나 각 종마다 처리 간 유의성 분석을 위해 F-test를 수행한 결과 관음죽을 제외한 실내 관엽식물은 광도처리 간 몇 가지 유의성이 있는 것으로 나타났으며 60, 120 μmol m^{-2} s^{-1}의 저광도 수준에서 생육 상태가 양호해지는 경향이 있는 것으로 보인다. 추가로 아이비는 이러한 저광도 수준에 대한 선호 경향이 가장 두드러지는 것으로 나타났다. Lee et al.(2021a)이 20°C에서 수행한 연속광 연구에서는 광도가 높을수록 실내 관엽식물이 우수한 생육 결과를 나타내었지만, 본 연구에서는 고온 조건으로 인해 고광도 수준에서 실내 관엽식물이 스트레스를 받아 생육이 저해된 것으로 판단된다. 따

Table 1. Effects of high temperature and continuous lighting conditions at different light intensity levels on plant parameters and the fresh and dry weight of various indoor foliage plants grown at 30°C for 4 weeks

Species	Light intensity (μmol m^{-2} s^{-1})	Plant parameters (cm)		Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
		Height	Width	Shoot	Root	Shoot	Root
Hoya carnosa f. *variegata*	60	16.55 b[z]	23.97	49.37	2.71 a	3.84	0.71 ab
	120	20.44 a	24.17	49.76	2.97 a	4.82	0.80 a
	180	20.50 a	24.25	52.5	1.93 b	4.53	0.58 b
F-test[y]		*	NS	NS	**	NS	*
Epipremnum aureum f. *variegata*	60	25.92	22.45	46.54	11.09 a	3.73 b	1.28
	120	27.30	23.54	48.44	10.81 a	4.33 b	1.42
	180	28.48	25.84	50.05	7.14 b	5.46 a	1.53
F-test		NS	NS	NS	*	***	NS
Rhapis excelsa	60	37.00	29.15	12.61	6.15	6.38	4.18
	120	34.71	33.50	10.98	4.31	6.27	3.62
	180	37.35	34.64	13.96	5.79	8.84	4.65
F-test		NS	NS	NS	NS	NS	NS
Hedera helix	60	23.80	20.72	10.93 a	1.60 a	4.82 a	0.92 a
	120	23.04	25.87	12.91 a	1.89 a	5.37 a	1.08 a
	180	20.57	26.12	8.34 b	1.01 b	3.69 b	0.65 b
F-test		NS	NS	***	**	**	**
Chamaedorea elegans	60	25.32	21.74 a	11.81	3.62 a	3.63	1.45 a
	120	24.82	17.81 b	10.80	2.70 b	3.58	1.28 b
	180	26.55	24.05 a	10.72	2.78 b	3.72	1.28 b
F-test		NS	**	NS	*	NS	*
Spathiphyllum wallisii	60	26.88	21.50	29.03 a	6.38	4.47	1.20 b
	120	26.15	21.30	22.70 b	8.33	4.20	1.75 a
	180	25.75	22.65	20.14 b	6.52	4.36	2.02 a
F-test		NS	NS	**	NS	NS	**
Significance[x]	Species (A)	***	***	***	***	***	***
	Light intensity (B)	NS	**	NS	NS	NS	NS
	(A) × (B)	NS	NS	NS	NS	NS	NS

[z]Mean separation within columns between treatments by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$, no letter means no difference in significance.

[y]Statistical significance on the comparison of means within species, NS, *, **, ***: non-significant or significant at $p < 0.05$, 0.01, or 0.001, respectively.

[x]Statistical significance using factorial analysis, NS, **, ***: non-significant or significant at $p < 0.01$ or 0.001, respectively.

라서 고온과 연속광조건 하에서 실내 관엽식물을 재배할 경우 상대적으로 낮은 광도인 60 μmol m^{-2} s^{-1}, 120 μmol m^{-2} s^{-1} 이하의 광도 수준에서 재배하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

엽록소와 색도의 변화

광도에 따른 실내 관엽식물의 엽록소 수치와 CIELAB 값은 여러 차이를 나타내었다(Table 2). 무늬호야는 180 μmol m^{-2} s^{-1}에서 명도를 나타내는 L^*값은 34.24로 나타났으며 적색과 녹색에 연관 된 a^* 값은 −5.75로 가장 높게 나타났다. 식물은 장기간 암상태에 두거나 지속적인 스트레스 환경에서 상대적으로 엽색이 황화 되는 경향이 있는데,

Table 2. Effects of high temperature and continuous lighting conditions at different light intensity levels on the SPAD units (Chlorophyll content), CIELAB values (indicating the RHS values), and converted color of various indoor foliage plants grown at 30°C for 4 weeks

Species	Light intensity ($\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$)	SPAD units	CIELAB values			RHS values	Converted color[z]
			L^*	a^*	b^*		
Hoya carnosa f. *variegata*	60	57.12	32.85 b[y]	−6.58 b	10.58	N137A, 147A	
	120	61.06	33.42 ab	−6.50 b	10.44	N137A, 147A	
	180	59.47	34.24 a	−5.75 a	10.92	N137A, 147A	
F-test[x]		NS	*	*	NS		
Epipremnum aureum f. *variegata*	60	47.24	34.54 b	−9.16	14.52 b	N137A, 147A	
	120	46.34	35.82 ab	−9.40	15.23 b	N137A, 147A	
	180	47.83	36.81 a	−9.43	17.76 a	N137A, 147A	
F-test		NS	**	NS	*		
Rhapis excelsa	60	58.97 a	31.77	−6.36 b	10.59 b	N137A, 147A	
	120	58.30 a	31.32	−5.43 a	9.94 b	N137A, 147A	
	180	48.70 b	33.09	−6.25 b	12.70 a	N137A, 147A	
F-test		***	NS	*	*		
Hedera helix	60	40.40 a	39.01 b	−7.62	14.49 b	146A, 147A	
	120	41.73 a	37.86 b	−7.32	13.44 b	146A, 147A	
	180	32.81 b	43.50 a	−6.84	17.57 a	146A, 148A	
F-test		***	***	NS	**		
Chamaedorea elegans	60	32.90 a	33.84 b	−7.64	14.55 b	N137A, 147A	
	120	34.05 a	35.36 ab	−8.32	16.38 ab	N137A, 147A	
	180	25.88 b	36.84 a	−8.31	18.84 a	146A, 147A	
F-test		**	*	NS	**		
Spathiphyllum wallisii	60	56.53 a	33.11 b	−8.80	11.48 b	N137A, 147A	
	120	53.92 a	35.69 a	−9.20	16.31 a	N137A, 147A	
	180	46.28 b	37.34 a	−9.28	17.21 a	146A, 147A	
F-test		***	***	NS	***		
Significance[w]	Species (A)	***	***	***	***		
	Light intensity (B)	***	***	NS	***		
	(A) × (B)	***	**	*	**		

[z]Colors converted using L^*, a^*, and b^* values of CIELAB.

[y]Mean separation within columns between treatments by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$, no letter means no difference in significance.

[x]Statistical significance on the comparison of means within species, NS, *, **, ***: non-significant or significant at $p < 0.05$, 0.01, or 0.001, respectively.

[w]Statistical significance using factorial analysis, NS, *, **, ***: non-significant or significant at $p < 0.05$, 0.01, or 0.001, respectively.

Lee et al.(2021b)의 차광수준에 관한 실험에서 속리기린초(*Sedum zokuriense*)는 약 1200 $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$의 고광도 수준에서는 L^* 값이 높게 나타나는 반면 약 15 $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$의 저광도 수준에서 b^* 값이 가장 높게 나타났다. 무늬스킨답서스는 180 $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$에서 L^*은 36.81로 나타났으며 황색과 청색에 연관 된 b^*은 17.76으로 나타났다. Kwon and Park(2015)의 연구에서 스킨답서스는 광도가 높아질수록 L^*과 b^* 값이 증가한다고 보고했는데 본 연구에서도 이와 유사한 결과가 나타났다. 한편 Cabahug et al.(2017)의 연구에서 아가보이데스(*Echeveria agavoides*)와 마커스(*E.*

marcus)는 LED(light-emitting diode)의 광도가 상대적으로 높아질수록 L^*과 b^* 값은 상대적으로 낮아지는 것으로 보고하였다. 관음죽의 엽록소 수치는 60 μmol m^{-2} s^{-1}과 120 μmol m^{-2} s^{-1}에서 각각 58.97, 58.30으로 나타났다. 엽색은 120 μmol m^{-2} s^{-1}에서 a^* 값이 −5.43으로 가장 높게 나타났으며 b^* 값은 180 μmol m^{-2} s^{-1}에서 12.70으로 나타났다. Ju et al.(2009)의 연구에서 관음죽은 고광도 수준에서 높은 엽록소 수치를 나타내었으나 본 연구에서는 고온 및 연속광 처리로 인한 스트레스가 오히려 고광도 수준에서 식물의 엽록소 함량을 저해시킨 것으로 나타났다.

아이비는 60 μmol m^{-2} s^{-1}과 120 μmol m^{-2} s^{-1} 수준에서 엽록소 수치가 각각 40.40, 41.73으로 나타났다. 엽색에서는 L^*과 b^* 값이 180 μmol m^{-2} s^{-1} 각각 43.50, 17.57로 가장 높게 나타나 120 μmol m^{-2} s^{-1} 이하의 저광도 수준에 비해 엽색이 황화 된 것으로 판단되었으며 엽록소 수준과 엽색의 황화 되는 정도가 서로 반비례하는 것으로 보인다. 테이블야자는 엽록소 수치가 120 μmol m^{-2} s^{-1}과 60 μmol m^{-2} s^{-1}에서 각각 34.05, 32.90으로 나타났으며 L^*과 b^* 값은 180 μmol m^{-2} s^{-1}에서 각각 36.84, 18.84로 가장 높게 나타났다. 스파티필름은 60 μmol m^{-2} s^{-1}과 120 μmol m^{-2} s^{-1}에서 엽록소 수치가 각각 56.53, 53.92로 나타났으며 L^* 값은 120 μmol m^{-2} s^{-1}과 180 μmol m^{-2} s^{-1} 수준에서 각각 35.69, 37.34로 나타났다. Kwon and Park(2015)의 연구에서 스파티필름류는 상대적으로 높은 광도에서 L^*과 b^*값이 증가되는 경향을 나타내었는데 본 연구에서도 이와 비슷한 경향을 나타내었다. 특히 관음죽, 아이비, 테이블야자, 스파티필름은 엽록소 수치가 L^*과 b^* 값과 반비례하는 경향이 있는 것으로 보인다. 여섯 가지 실내 관엽식물은 모두 광도가 높아질수록 L^*과 b^* 값이 높아지는 일정한 경향을 나타내었는데 고온에서 연속광은 광도가 강해질수록 식물들에게 현저한 스트레스를 주는 것으로 생각되며 이로 인하여 엽색이 황화 된 것으로 판단된다(Fig. 1). 평가된 RHS 값에서 아

Fig. 1. Effects of high temperature and continuous lighting conditions at different light intensity levels on indoor foliage plants grown for 4 weeks: A) *Hoya carnosa* f. *variegata*; B) *Epipremnum aureum* f. *variegata*; C) *Rhapis excelsa*; D) *Hedera helix*; E) *Chamaedorea elegans*; and F) *Spathiphyllum wallisii*.

이비는 180 μmol m^{-2} s^{-1} 수준의 광도에서 146A, 148A로 다른 광도 처리에 비해 엽색이 황화 된 것으로 평가되었다. 이어 테이블야자와 스파티필름도 마찬가지로 180 μmol m^{-2} s^{-1}에서 각각 146A, 147로 엽색이 황화 된 것으로 평가되었다.

종과 광도의 세기 간 두 요인에 대한 분석을 수행한 결과, 엽록소 수치, L^*과 a^*, b^* 모두 종과 광도의 세기의 상호 간 유의성을 나타내었으며 특히 엽록소 수치는 고도의 유의성을 나타내었다. 결론적으로 본 실험에 사용된 실내 관엽식물은 고온과 연속광 조건에서 광도에 따른 엽록소 수치와 엽색의 변화가 상당한 것으로 나타났다.

상관관계 분석

고온 및 연속광 조건 하에서 실내 관엽식물의 생육, 엽록소 수치 그리고 엽색에 관한 상관관계를 분석한 결과, 여섯

Table 3. Correlation between the growth parameters and CIELAB values of *Hedera helix* under high temperature and continuous lighting conditions

	SPAD	L^*	a^*	b^*	Height	Width	SF[z]	RF	SD	RD
SPAD	1									
L^*	−0.306*[y]	1								
a^*	−0.069	−0.358**	1							
b^*	−0.193	0.841***	−0.726***	1						
Height	−0.087	−0.190	0.105	−0.180	1					
Width	−0.264	0.035	0.095	0.046	−0.159	1				
SF	0.100	−0.656**	0.139	−0.520*	0.132	0.030	1			
RF	0.340	−0.563**	0.046	−0.460*	−0.237	−0.090	0.764***	1		
SD	0.491*	−0.404	0.220	−0.419	0.251	0.023	0.344	0.249	1	
RD	0.429*	−0.700***	0.297	−0.627**	0.044	−0.155	0.365	0.401	0.458*	1

[z]SF: shoot fresh weight; RF: root fresh weight; SD: shoot dry weight; RD: root dry weight.
[y]*, **, ***: significant at $p < 0.05$, 0.01, or 0.001, respectively.

Table 4. Correlation between the growth parameters and CIELAB values of *Spathiphyllum wallisii* under high temperature and continuous lighting conditions

	SPAD	L^*	a^*	b^*	Height	Width	SF[z]	RF	SD	RD
SPAD	1									
L^*	−0.341**[y]	1								
a^*	0.030	−0.346**	1							
b^*	−0.190	0.875***	−0.457***	1						
Height	0.042	−0.093	0.335	−0.101	1					
Width	−0.101	0.151	−0.036	0.334	−0.107	1				
SF	0.455*	−0.599**	0.485*	−0.324	0.216	−0.129	1			
RF	0.022	−0.198	−0.218	0.279	−0.042	−0.031	0.315	1		
SD	0.048	−0.225	0.070	−0.132	−0.364	0.064	0.201	0.501*	1	
RD	−0.031	0.107	−0.291	0.218	−0.180	0.162	−0.555**	0.094	−0.161	1

[z]SF: shoot fresh weight; RF: root fresh weight; SD: shoot dry weight; RD: root dry weight.
[y]*, **, ***: significant at $p < 0.05$, 0.01, or 0.001, respectively.

종의 실내 관엽식물 중 아이비와 스파티필름은 생육과 엽색 간의 몇 가지 상관관계가 있는 것으로 나타났다(Tables 3 and 4). 엽색 내 상관관계에서 아이비와 스피타필름은 L^*과 a^* 간의 상관관계가 각각 r = −0.358, −0.346 수준으로 나타났으며, b^*와 a^*는 각각 r = −0.726, −0.457로 서로 음의 상관관계를 가졌고 고도의 유의성을 나타내었다. 또한 이 두 종에게서 L^*과 b^*는 각각 r = 0.841, 0.875로 상호 간 양의 상관관계를 가지며 고도의 유의성을 나타내었다. a^*는 녹색과 직접적으로 연관이 있음에도 불구하고 아이비의 잎이 황화 되는 정도나 생육에는 영향을 미치는 것과는 무관계한 것으로 나타났다. 잎이 황화 되는 경우 L^*과 b^*가 비례하여 높아지나 반대로 a^*는 낮아지는 것으로 나타났다. 아이비는 L^*과 지상부와 지하부 생체중(각각, r = −0.656, −0.563), 지하부 건물중(r = −0.700) 간에 음의 상관관계를 나타내었다. 잎의 명도가 높아지는 것은 잎의 광합성 기능이 저해되고 있음을 암시하며 이는 곧 식물의 생육불량으로 이어지는 것으로 판단된다. 뿐만 아니라 b^* 또한 지상부와 지하부 생체중(각각, r = −5.20, −0.460), 지하부 건물중(r = −0.627)과 음의 상관관계를 나타내 엽색이 황화 될 수록 생육에 악영향을 미치는 것으로 평가되었다. 스파티필름의 경우 아이비와 유사하게 L^*과 지상부 생체중 r = −0.599로 음의 상관관계를 나타내어 잎의 명도가 높아질수록 식물의 생육에는 부정적인 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

종합적으로 실내 관엽식물은 고온과 연속광 조건에서 상대적으로 고광도 수준일 때 많은 광 스트레스를 받는 것으로 판단되며 특히 엽록소 수치와 엽색에 관한 통계분석에서 실내 관엽식물과 광도의 세기 간 상호 유의성이 높은 것으로 나타났다. 따라서 적절한 생육 수준과 엽색의 품질 유지를 위해 상대적으로 저광도 수준인 60, 120 μmol m^{-2} s^{-1}에서 재배하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 고온과 연속광 조건에서 광도별 실내 관엽식물의 생육과 엽색 반응을 알아보고자 수행되었다. 실내 공간을 완성하기 위해 실내 관엽식물을 사용하는 것은 미적, 기능적 속성 모두에 긍정적인 영향을 미치며 향상 된 분위기를 만들기 위해 필수적인 부분으로 간주되고 있다. 오늘날 실내 식물들은 생존, 생육, 품질에 영향을 미치는 다양한 광도 수준과 함께 고온과 연속광 환경에 노출되기도 한다. 이에 따라 본 연구에서는 실내에서 흔히 사용하는 관엽식물(*Hoya carnosa* f. *variegata*, *Epipremnum aureum* f. *variegata*, *Rhapis excelsa*, *Hedera helix*, *Chamaedorea elegans*, *Spathiphyllum wallisii*)을 활용하여 연구를 수행하였다. 4주 동안 30°C의 고온과 24시간 연속광 처리를 실시한 후 실내 관엽식물의 생육과 엽색 수준을 평가한 결과 무늬호야와 무늬스킨답서스는 60 μmol m^{-2} s^{-1}의 저광도 수준에서 가장 높은 생체중을 나타내었으며 두 종 모두 광도의 세기에 비례하여 L^* 값이 높아지는 것으로 나타났다. 추가로 무늬스킨답서스는 b^* 값이 광도의 세기에 비례하여 높게 나타났다. 관음죽은 광도의 세기와 생육간에 차이가 없는 것으로 나타났으며 테이블야자는 지하부 생체중과 건물중이 60 μmol m^{-2} s^{-1}에서 가장 우수한 것으로 나타났고 180 μmol m^{-2} s^{-1}에서 L^*과 b^* 값이 가장 높게 나타났다. 아이비와 스파티필름은 상관관계 분석에서 L^*과 b^*는 상호간에 양의 상관관계를 가지는 것으로 나타났으며 뿐만 아니라 L^*과 b^*는 식물의 생육과 음의 상관관계를 나타내어 엽색의 명도가 높아지고 황색에 가까울수록 생육에 부정적인 영향을 미친다는 것을 암시하였다. 실내 관엽식물은 120 μmol m^{-2} s^{-1} 이하의 저광도 수준에서는 식물의 생육이 광도가 높을 때(180 μmol m^{-2} s^{-1}) 보다 훨씬 더 양호한 것으로 나타났으며 엽색에 대한 분석 결과 60 μmol m^{-2} s^{-1}에서는 엽색의 황화가 다소 억제되는 것으로 판단되었다. 결과적으로 고온과 연속광 조건의 복합 스트레스 환경에서는 실내 관엽식물이 광 스트레스에 상당히 민감하게 반응하므로 상대적으로 저광도 수준인 60, 120 μmol m^{-2} s^{-1}에서 재배하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 삼육대학교 교내연구비 지원과 한국건설기술연구원(KICT)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

인용문헌(References)

Abdo, P., Huynh, B. P., Avakian, V., Nguyen, T., Gammon, J., Torpy, F. R., Irga, P. J. (2016) Measurement of air flow through a green-wall module (20th ed). Australasian Fluid Mechanics Conference. Perth, Australia.

Abouleish, M. Y. Z. (2021) Indoor air quality and COVID-19. Public Health J 191:1-2.

Bonsi, C. K., Loretan, P. A., Hill, W. A., Mortley, D. G. (1992) Response of sweetpotatoes to continuous light. Hort Sci 27:471.

Cabahug, R. A. M., Soh, S. Y., Nam, S. Y. (2017) Effects of light intensity on the growth and anthocyanin content of *Echeveria agavoides* and *E. marcus*. Flower Res J 25:262-269.

Choi, I. A., Lee, J. K. (2013) A study on selection of plant of greening for indoor walls in commercial area. J Korean Soc Floral Art Design 28:167-180.

Colours of the Royal Horticultural Society Colour Charts Edition V System (RHSCCS) (2021) Turquoise-green. Colours of the Royal Horticultural Society Colour Charts Edition V in sRGB, CIE L*a*b* (CIE Lab) and CIE L*C*h* (CIE LCh) system. http://rhscf.orgfree.com/c.html 2021.11.12.

Deng, L., Deng, Q. (2018) The basic roles of indoor plants in human health and comfort. Environ Sci Pollut Res Int 25:36087-36101.

Haque, M. S., Kjaer K. H., Rosenqvist E., Ottosen C. O. (2015) Continuous light increases growth, daily carbon gain, antioxidants, and alters carbohydrate metabolism in a cultivated and a wild tomato species. Front Plant Sci 6:522.

Jang, H. S., Kim, K. J., Yoo, E. H., Jung H. H. (2016) Impact of indoor-garden in the public building of lounge to the psychological effect of resident. J Korean Soc People Plants Environ 19:167-174.

Ju, J. H., Kim, S. H., Bang, K. J. (2009) Effect of light intensity of fluorescent lamp on the indoor plants in simulation subway interior landscape. J Korean Soc People Plants Environ 12:15-24.

Kim, H. D., Jang, E. J., Lee, H. J., Song, J. S., Kwang, J. K., Yoo, E. H., Cho, J. G., Choi, S. Y. (2005) Effects of fertilization intervals and light levels on the growth of *Aphelandra* and *Epipremnum* under Indoor Light Condition. Flower Res J 13:279-282.

Koontz, H. V., Prince, R. P. (1986) Effect of 16 and 24 hours daily radiation (light) on lettuce growth. Hort Sci 21:123-124.

Kwon, K. J., Park, B. J. (2015) Effects of light intensity on growth and leaf color of indoor foliage plants. Flower Res J 23:92-97.

Kwon, K. J., Park, B. J. (2018) Particulate matter removal of indoor plants, *Dieffenbachia amoena* ‘Marianne’ and *Spathiphyllum* spp. according to light intensity. J Korean Inst Landscape Architecture 46:62-68.

Lee, J. E., (2003) A study on the rate of indoor air purification by plants and gauging compared with air clean instrument. J Korean Soc Interior Landscape 5:1-12.

Lee, J. H., Cabahug, R. A. M., You, N. H., Nam, S. Y. (2021a) Chlorophyll fluorescence and growth evaluation of ornamental foliage plants in response to light intensity levels under continuous lighting conditions. Flower Res J 29:153-164.

Lee, J. H., Lim, Y. S., Nam, S. Y. (2021b) Optimization of shading levels, potting media, and fertilization rates on the vegetative growth of *Sedum zokuriense* Nakai. Flower Res J 29:239-246.

Lee, J. W., Kim, K. S. (2018) A study on the analysis of new housing space element according to future environment. J Korean Inst Interior Design 27:127-134.

Nam, S. Y., Lee, H. S., Soh, S. Y., Cabahug, R. A. M. (2016) Effects of supplementary lighting intensity and duration on hydroponically grown Crassulaceae species. Flower Res J 24:1-9.

Park, S. A., Kim, M. G., Yoo, M. H, Oh, M. M., Son, K. C. (2010) Plant physiological responses in relation to temperature, light intensity, and CO_2 concentration for the selection of efficient foliage plants on the improvement of indoor environment. Korean J Hort Sci Technol 28:928-936.

Randani, M. M. N., Caldera, H. I. U., Kaumal, M. N. (2017) Screening foliage plants for indoor air pollution abatement. Proceedings of the 22nd International Forestry and Environment Symposium, University of Sri Jayewardenepura, Sri Lanka.

Sethi, S. C., Byth, D. E., Gowda, C. L. L., Green, J. M. (1981) Photoperiodic response and accelerated generation turnover in chickpea. Field Crops Res 4:215-225.

Shibata, S., Suzuki, N. (2002) Effects of the foliage plant on task performance and mood. J Environ Psych 22:265-272.

Tibbitts, T. W., Cao, W., Bennett, S. M. (1992) Utilization of potatoes for life support in space v. evaluation of cultivars in response to continuous light and high temperature. American J Potato Res 69:229-237.

Zettl, A. (2022) Converting Colors. Converting Colors Website. https://convertingcolors.com 2022.01.13.

Zhukov, V. I., Romanovskaja, R. N. (1980) The length of the day at accelerated growing spring wheat. Sci Tech Bul Siberian Res Inst Plant Grow Breed 5:74-77.