무늬 베고니아 ‘Harmony’s Red Robin’의 실내 도입 시 적정 광도

엄은경¹ · 김완순^{1,2*}

¹서울시립대학교 환경원예학과, ²서울시립대학교 자연과학연구소

Optimum Light Intensity for Indoor Introduction of *Begonia rex* ‘Harmony’s Red Robin’

EunKyung Eom¹ and WanSoon Kim^{1,2*}

¹Department of Environmental Horticulture, The University of Seoul, Seoul 130-743, Korea

²National Science Research Institute, The University of Seoul, Seoul 130-743, Korea

Abstract

Unique leaf shape, color and texture are the typical characteristics indicating high ornamental value. Two or more leaf color patterns variegated plants have horticulturally higher ornamental value than the typical green foliage plants. *Begonia rex* ‘Harmony’s Red Robin’ is rhizomatous hybrid begonia derived from an east indian plant having long petioles and rough-textured leaves patterned in glossy red. However, the color of variegation tends to be fade indoors due to the low light intensity, and the ornamental value decreased. Plants grow the best in their own appropriate light intensity. So it is essential to improve insufficient indoor light condition for maintain the ornamental values. Therefore, this study was carried out to investigate the optimum light intensity for the growth of variegated *Begonia B.* ‘Harmony’s Red Robin’ indoors. A fluorescent lamp was used as the light source, which is a general indoor light source. and the growth characteristics, variegated expression characteristics, and pigment contents under the different light intensity were analyzed based on the initial standard values before treatment. As a result, the growth was the best in $60\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ light intensity. But redness and anthocyanin contents, indicating the red expression were decreased in all treatments than initial standard values. In conclusion, the optimum light intensity for the growth of *Begonia rex* ‘Harmony’s Red Robin’ was $60\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ indoors. However, further work is needed to improve red color expression in leaf-variegation of *Begonia rex* ‘Harmony’s Red Robin’.

Key words : Ornamental value, Pigmentation, Red expression, Variegated color, Variegation ratio

I. 서론

도시화로 인해 대부분의 시간을 실내에서 보내고 있는 현대인들에게 식물은 실내 온·습도의 조절, 공기정화, 쾌적하고 심미적인 환경 조성 등의 장점들로 인해 실내 디자인의 필수적인 요소가 되었다(Rice and Rice, 2000; Yoon, 2006). 실내에 이용되는 식물은 주로 열대, 아열대 지역에서 자생하는 관엽식물이 대부분이며 실내에서 식물 생장에 영향을 미치는 환경적 요인에 관련된 연구들이 지속적으로 진행되고 있다(Park et al., 2006; Son et al., 2011). 실내

요하지만 이 중 실내에서 가장 취약한 요인은 광이다(Nam et al., 1997; Kim et al., 2012). 이는 식물의 생장과 발육, 생리가 광에 의존하기 때문이며(Maloof et al., 2001), 실내로 도입되는 식물들의 적정광도에 대한 적응성 검증 및 방안에 관한 연구가 필요하다. 최근에는 다양한 색상과 무늬를 지닌 관엽식물의 요구가 증가되었으며 무늬 식물의 경우, 실내에서 무늬가 퇴색되는 가장 주된 요인은 낮은 광도 때문으로 무늬 식물을 도입할 경우 광도는 반드시 고려해야 할 필수적 요소이다(Hong et al., 1994; Kwack and Lee, 1997). 무늬의 발생 원인은 엽록소의 결핍, 엽록소의 파괴, 엽록소 이외의 다른 색소의 존재, 표피세포의 변형, 잎 표면의 빛의 반사 등에 의해 나타난다(Kim et al., 2005). 양치식물인 오색마삭줄은 자연광의 유입이 양호하여 광합성 유효방사(photosynthetically active radiation, PAR)의 광도가 $40\text{--}100\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 인 아파트 베란다에서 잘 자랐으며 광도가 높을수록 분홍색 무늬가 뚜렷하여 관상가치가 높았던 반면, 반음지 식물인 피토니아는 고광도의 실외

Received on August 25, 2014. Revised on October 16, 2014.

Accepted on October 21, 2014.

*Corresponding author: wskim2@uos.ac.kr

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ907114022013)의 지원에 의해 이루어진 것임.

조건($600\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)보다 $40\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 실내 조건에서 무늬가 더 뚜렷하게 나타났다(Son et al., 2011). 무늬 식물의 경우 잎을 관찰하기 때문에 양적 생육특성 뿐만 아니라 무늬 비율이나 엽색의 변화도 관찰가치의 측면에서 중요하다(Choi, 2007). 실내 광도는 장소에 따라 다르며 실외보다 매우 낮다(Fails et al., 1982). 사전조사 결과, 실내 벽면녹화현장 3곳의 식물 위에서 측정된 광도는 광원 근처인 상부의 경우 약 $20\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (1500lux), 중간은 $17\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (1260lux), 그리고 광원에서 멀리 떨어진 벽면녹화의 하부와 아파트의 저층의 거실 및 실내실험실 등 자연광의 유입이 불량하여 인공조명을 사용하는 건물 내부의 광도는 $10\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (740lux) 정도였다. 사무실이나 주택의 평균 조도는 200-400lux로 형광등 기준광도로 $4-8\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 이며 광보상점이 낮은 일부 관엽식물을 제외하면 실내 공간은 식물이 생육하기에 취약한 실정이다(Park et al., 2012; Rural development administration, 2013). Ju et al.(2009)은 서울시 지하철의 실내조경공간 115개소를 조사한 결과 자연광이 유입되는 곳은 없었으며 보조광으로 활용된 인공광원의 90%가 형광등이었고, 지하공간의 광도는 200lux이었다고 보고했다. *Begonia rex*는 주로 잎을 관찰하는 관엽 베고니아(foliage begonia)로 실내조경용으로 많이 이용되며 $16-24^{\circ}\text{C}$ 의 실내 조건에서 잘 자라나 추우면 안 된다. 꽃을 관찰하는 꽃 베고니아(flowering begonia)와 목본성 베고니아(erect stemmed begonia)에 비해 광요구 수준이 낮다. 좋은 색깔과 활력, 잎 크기를 관리하는데 있어서 $4,000\text{lux}$ (약 $54\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)의 간접광이 좋다. 광보상점은 200-300lux($3-4\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), 광포화점은 9,500-12,000lux($128-162\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)이며, 광포화점이 5,000-6,000lux($67-81\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)로 광요구도가 낮은 품종도 있다(Kim, 2013). 관엽 베고니아인 *Begonia rex* 'Harmony's Red Robin'은 동인도에서 유래된 근경성 원예품종(rhizomatous hybrid)으로 painted begonia, 또는 painted leaf begonia라 불리며 잎의 모양은 비대칭 심장형태이며 긴 엽병과 잎 가장자리에 거치가 있는 무늬 식물이다(Kim, 2013). 잎의 중앙은 적색이며 잎의 기부와 가장자리는 검정색에 가까운 암적색을 띠는 품종 특유의 적색 무늬를 지니고 있어서 실내 조경공간에 배치했을 때 녹색의 단조로움을 보완할 수 있는 장점이 있다. 따라서 본 연구는 실내에서 일반적으로 이용되고 있는 형광등(Ju et al., 2009)을 이용하여 광도에 따른 무늬 베고니아 'Harmony's Red Robin'의 양적 생육특성과 품종 고유의 적색 무늬발현특성을 분석하여 실내 도입을 위한 적정광도를 조사하고자 실시하였다.

II. 연구방법

1. 식물 재료 및 광도 처리

경기도 고양시 베고니아 농가에서 5개월간 삼목하여 키운 근경성 무늬 베고니아 'Harmony's Red Robin'를 구입하였다. 오전 10시, 오후 4시에 측정된 재배 농가의 광도는 $50-60\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 이었고, 정오에 측정된 광도는 $130\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 이었다. 실험을 위한 균일한 개체를 선별하기 위해 엽장과 엽폭이 5.5cm 정도로 확실하게 전개된 기준 잎 2개를 포함한 엽수가 6-7장인 식물체를 60개를 구입하였다. 인공도양(Baroker, Seoul Bio Co., Ltd, Korea)을 이용하여 10cm pot에 처리별로 8 pot씩 식재한 후 큰 잎과 작은 잎을 제거하여 초기 엽수를 균일화하였다. 광 처리 전 식물체의 성장상태는 엽수 4.8 ± 0.2 , 초장 7.2 ± 0.3 , 엽병장 3.4 ± 0.3 , 엽면적 29.2 ± 2.1 , 총엽면적 139.2 ± 10.9 이었다. 관수는 주 1회 또는 필요 시 하였다. 2013년 2월 13일부터 4월 10일까지 서울시립대학교 실내실험실의 환경은 온도 $21\pm 4^{\circ}\text{C}$, 상대습도 $50\pm 10\%$ 이었고, 자연광의 유입은 없으며 천장에 형광등이 설치되어 있다. 광도 처리는 보광하지 않은 control($3\pm 2\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)과 3단 철제 트레이의 바닥에서 60cm 높이에 형광등(OSRAM DELUX L 55W, OSRAM Korea, Korea)을 설치한 후 식물체의 잎 상단에서 5반복으로 측정된 광도가 20, 40, 60, $80\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 이 되도록 조절하였다. 실내실험실과 실험용 트레이의 모든 광원은 12시간 일장으로 조절하여 8주간 보광 처리하였다. 광도는 광도계(Almemo 2890-9, Ahlborn, Germany)를 이용하여 측정하였다.

2. 생육 특성

Control, 20, 40, 60, $80\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 광도에 따른 베고니아 'Harmony's Red Robin'의 생육은 처리별로 8개의 식물체를 광처리 전 초기값(initial value)을 기준으로 식물체 당 엽수, 엽병장, 총엽면적, 생체중, 건체중을 조사하였다. 엽수는 식물체의 엽장과 엽폭이 모두 1cm 이상의 잎만을 계수하였고, 식물체당 생체중과 건체중은 근경에서 엽병이 시작되는 부위를 잘라서 지상부만을 측정하였다.

3. 무늬 발현 특성

무늬 식물의 관찰가치와 관련하여 사전 연구들은 무늬 비율(variegation ratio)과 무늬 색상을 측정하였다(Kwack and Lee, 1997; Kim et al., 2012). 무늬 발현은 각 처리의 상위 3-4번째 완전히 전개된 잎 10개를 대상으로 무늬 부위를 측정하였다. 무늬 비율은 잎의 전체면적에 대한 적색의 무늬 면적의 비율로 처리 당 10

Table 1. Growth characteristics of *Begonia rex* 'Harmony's Red Robin' under different light intensity after eight weeks.

Light intensity ^z ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	No. of leaves (ea/plant)	Petiole length (cm)	Total leaf area (cm^2/plant)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g)
Initial	4.8 b ^y	3.4 b	139.2 c	6.6 c	0.41 c
Control	- ^x	-	-	-	-
20	8.0 a	4.1 ab	227.9 b	13.5 b	0.62 bc
40	8.6 a	4.6 a	261.8 ab	17.2 ab	0.73 ab
60	8.2 a	5.1 a	317.0 a	20.3 a	0.98 a
80	8.2 a	4.4 ab	203.5 bc	13.2 b	0.73 ab

^zInitial was standard value before light intensity treatment. Light intensity of control (no supplemental lighting) was $3\pm 2\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. 20, 40, 60, and 80 were light intensity by fluorescent lamp.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p = 0.05$.

^xAll leaves of control (no supplemental lighting, $3\pm 2\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) were dead.

개의 잎을 스캐닝한 후 엽면적과 무늬 면적을 구분하여 엽면적기 (LI-3000A, Li-Cor Inc., USA)를 이용하여 측정하였다. 무늬 색상은 색차색도계(CR-10, MINOLTA Co., Japan)를 이용하여 적색 무늬 부위의 Lab값을 측정하였고 광도처리 후 식물체의 실제사진을 통해 비교하여 분석하였다. L값은 명도(lightness)를 나타내며, a값은 적색(+a)과 녹색(-a)의 정도를, b값은 황색(+b)과 청색(-b)의 정도를 나타내며(Kim et al., 2012), a값은 적색의 발현정도를 나타낸다(Kim, 1999).

4. 색소 분석

각 처리의 8 pot 중 3 pot에서 상위 3~4번째 위치한 잎의 적색 무늬 부위를 4반복으로 조사하였다. 전체 엽록소 및 카로티노이드 함량은 Wellburn(1994)의 방법으로, 전체 안토시아닌 함량은 Murray and Hackett(1991)의 방법으로 분광광도계(UV-2450, Shimadzu Co., Japan)를 이용하여 666, 653, 530, 470nm 파장에서 흡광도를 측정하였고, $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ FW로 표시하였다(Im, 2010).

5. 통계처리

통계분석프로그램인 SAS package(statistical analysis system, version 9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하여 ANOVA(analysis of variance)분석을 실시하였으며 각 처리간의 유의성은 DMRT(Duncan's multiple range test) 5% 수준에서 실시하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 생육 특성

8주 후 보광하지 않은 control의 경우 모든 잎이 고사하였다. 이

Fig. 1. Effect of light intensity on the growth and coloration of *Begonia rex* 'Harmony's Red Robin'. A: the growth under different light intensity after eight weeks indoors. All leaves of control (Con, no supplemental lighting, $3\pm 2\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) were dead. B: $20\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, C: $40\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, D: $60\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ and E: $80\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

는 자연광의 유입이 불량한 실내 광 조건에서 식물생장을 위해 보광이 필수적임을 나타냈다. 엽수의 경우 모든 처리에서 초기값보다 증가했으나 처리 간에 차이는 없었다. 엽병장의 경우 20과 $80\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 에서 초기값과 차이가 없었고, 40과 $60\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 에서 초기값보다 증가했다. 무늬 베고니아 'Harmony's Red Robin'의 식물체당 총엽면적과 생체중, 건체중의 경우 모두 40과 $60\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 에서 초기값보다 유의하게 증가하였고, 8주 후 광도처리 간에는 $60\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 에서 가장 양호하였다(Table 1, Fig. 1).

Fails et al.(1982)과 Yoon(2012)은 분지의 증가와 더불어 넓은 엽면적을 지닌 식물체가 잎이 치밀하여 관상가치에 더 긍정적이라 보고하였다. 무늬 베고니아 'Harmony's Red Robin'의 생육은 식물체의 총엽면적이 넓은 40과 60 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 광도에서 양호했고 광도처리 간에 생육특성은 60 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 에서 가장 양호하였다. 그러나, 실내 도입을 위한 적용의 관점에서 볼 때 최고의 적정광도보다 최소한의 유지 관점에서 적용할 수 있는 광도를 고려해야하므로 40 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 적용 가능성도 검토할 필요가 있을 것으로 생각된다(Table 1, Fig. 1).

2. 무늬 발현 특성

형광등의 광도에 따른 베고니아 'Harmony's Red Robin'의 무늬 비율(variegation ratio)의 경우 광도가 증가함에 따라 무늬 비율이 다소 증가하는 경향은 있으나 처리 간 통계적 차이는 나타나지 않았고 보광 처리 전 초기값을 잘 유지하였다. 무늬 색상의 경우 명도를 나타내는 L값의 차이는 없었으나 색상을 나타내는 a값과 b값의 경우 모든 처리에서 초기값보다 감소하여 색상이 유지되지 않았고 전반적으로 퇴색되는 경향이 나타났다. 광도처리 간 Lab값의 통계적 차이는 나타나지 않았으나 색상차트로 표현된 색상은 60 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 광도에서 초기 색상에 가장 가깝게 발현되었다(Table 2).

또한, Fig. 1에서 보는 바와 같이 아직 완전히 전개되지 않은 상위 1-2번째 신엽의 경우 60 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 광도에서 적색의 무늬 발현이 가장 양호했다. *Codiaeum variegatum*(Hong et al., 1994), *Lonicera japonica*(Nam and Kwack, 1992), *Polygonatum ordoratum* var. *pluriflorum* 'Variegatum'(Ding, 2005) 등의 무늬 발현에 관한 사전 연구들은 고광도에서 무늬 발현이 양호했다고

보고하였고, *Trachelospermum asiaticum*과 *Hypoestes phyllostachya*처럼 잎에 화청소를 포함하는 식물의 경우도 고광도에서 무늬 발현 정도가 높게 나타났다(kwack and Lee, 1997). 반면, *Peperomia obtusifolia*와 *Dracaena sanderiana*의 경우 차광률이 높은 저광도에서 오히려 무늬면적이 증가하여 무늬 발현이 양호했다. 이는 무늬 식물의 종류에 따라 무늬 발현양상이 다르며 적정 광도에서 무늬 발현이 양호한 것을 확인할 수 있다(Chen and Henny, 2008; Li et al., 2007). 관상가치 및 식물의 미적 균형감을 결정하는데 있어서 엽색의 변화는 중요한 요소이다(Choi, 2007). 실내 형광등의 광도에 따른 베고니아 'Harmony's Red Robin'의 무늬 색상은 상위 1-2번째 위치한 신엽의 색상(Fig. 1)과 상위 3-4번째 위치한 잎의 색상 발현(Table 2)을 모두 고려할 때 60 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 에서 색상 발현이 가장 양호했다. 그러나, 60 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 이 적정 광도임에도 색상 발현이 초기 기준값보다 떨어지는 원인은 자연광인 태양광의 차광조건(오전, 오후 50~60 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 정오 130 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)에 비해 적색 발현에 효과적인 광질의 광량이 부족하기 때문이라 생각된다. 고광도를 요구하는 무늬식물의 경우 고광도의 조건을 충족시키기 위해서는 에너지경제적인 측면에서 근접보광이 가장 경제적인 보광방법일 것이다. 그러나, 자연채광이 불량한 실내보광의 경우 보편적으로 이용되는 형광등(Ju et al., 2009)을 이용하여 광도를 높일 경우 형광등의 발열로 염온이 상승할 우려가 있다. 안토시아닌 색소의 발현은 광과 온도에 민감하며(Azuma et al., 2012), 본 실험의 경우 광원으로부터 50cm이하의 거리에서 80 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 상대적 고광도를 적용했을 때 환경에 민감한 신엽이 직접적으로 영향을 받았을 것으로 생각된다(Fig. 1E). 또한, 꽃이나 잎의 색상 발현은 주로 광도와 광질의 영향을 받기 때문에 이에 대한 고려도 필요하다(Dole and Wilkins, 2005). 따라서, 고광도를 요구하는 무늬 식물이나 관화식물을 실내로 도입

Table 2. Expression of variegation of *Begonia rex* 'Harmony's Red Robin' under different light intensity after eight weeks. L: lightness, a: redness, b: yellowness.

Light intensity ^z ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Variegation ratio (%) ^y	Color of variegated sector			
		L	a	b	color chart
Initial	69.3 a ^x	32 a	29 a	8 a
Cotrol	- ^w	-	-	-	-
20	67.1 a	32 a	20 b	1 bc
40	67.4 a	32 a	20 b	2 bc
60	69.6 a	31 a	21 b	5 b
80	69.6 a	32 a	18 b	4 bc

^zInitial was standard value before light intensity treatment. Light intensity of control (no supplemental lighting) was 3 $\pm$ 2 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. 20 40, 60, and 80 were light intensity by fluorescent lamp.

^yVariegation ratio (%) = variegated leaf area / total leaf area $\times$ 100.

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p = 0.05$.

^wAll leaves of control (no supplemental lighting, 3 $\pm$ 2 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) were dead.

할 경우에는 낮은 열산출로 광질의 선택적 적용이 가능한 에너지 효율적인 광원인 light emitting diode(LED)를 주광원이나 보조 광원으로 적용하기 위한 추가적인 연구도 필요할 것으로 생각된다.

3. 색소 분석

엽록소 함량의 경우 저광도에서 증가하고 고광도에서 감소하는 경향을 보였다(Fig. 2A). 엽록소는 광합성에 있어 중요한 색소로 실내 관엽식물인 *Dieffenbachia amoena*는 광도가 낮아지면 엽 내 엽록소 함량이 증가하면서 무늬 색상이 얼어졌으며(Chen et al.,

2005), *Trachelospermum asiaticum*과 *Hypoestes phyllostachya*의 경우 저광도에서 품종 고유의 무늬가 퇴색되면서 엽록소 함량이 증가했다(Kwack and Lee, 1997)는 결과와 유사한 경향을 나타냈다.

카로티노이드는 입사광 에너지가 초과하는 경우 과잉의 에너지를 소산시키기 위해 크산토폰회로를 구성하고 광계의 손상을 피하는 역할을 하는 것으로 알려져 있으나(Lee et al., 2011), 본 실험에서 카로티노이드 함량은 초기값과 통계적 차이는 없었고, 저광도인 $20\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 에서는 초기값보다 현저하게 낮았다(Fig. 2B). 이

Fig. 2. The pigments analysis of *B. rex* 'Harmony's Red Robin' under different light intensity after eight weeks. A: chlorophyll contents, B: carotenoid contents, C: anthocyanin contents, D: Car / Chl (%) = carotenoid contents / chlorophyll contents $\times$ 100, E: Ant / Chl (%) = anthocyanin contents / chlorophyll contents $\times$ 100, and F: Ant / Car (%) = anthocyanin contents / carotenoid contents $\times$ 100. All leaves of control (Con, no supplemental lighting, $3\pm 2\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) were dead. Unit of light intensity (PAR, photosynthetically active radiation) was $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

는 실내 광도가 엽록소를 보호할 정도로 높은 광도 조건이 아니라 카로티노이드 함량이 낮았을 것으로 생각된다.

안토시아닌 함량의 경우 처리 간 차이가 없었고 초기 기준값에 비해 낮았다(Fig. 2C). 이는 안토시아닌 이 다양한 스트레스에 노출되었을 때 축적되며 UV와 청색광과 같은 고에너지를 지닌 단파장의 피해로부터 식물 세포를 보호하는 항산화제 역할을 할 것으로 추정된 보고들(Hatier and Gould, 2008; Oh et al., 2009)로부터 조사된 형광등의 광도가 광포화점인 $128\text{--}162\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ($9,500\text{--}12,000\text{lux}$)에는 미치지 못하기 때문일 것으로 생각된다.

엽록소 대비 카로티노이드 비율(Car/Chl)과 엽록소 대비 안토시아닌 비율(Ant/Chl)은 스트레스에서 엽록소를 보호하기 위한 식물의 생리적 반응으로 증가한다고 알려져 있다(Armstrong and Hearst, 1996; Im, 2010). 엽록소 대비 카로티노이드 비율은 $60,80\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 에서 초기값보다 증가했고, 엽록소 대비 안토시아닌 비율은 처리간 차이가 없었으며, 카로티노이드 대비 안토시아닌 비율(Ant/Car)은 $20\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 에서 높았다(Fig. 2D, E, and F). 이는 $20\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 광도에서 카로티노이드 함량이 현저하게 낮았기 때문에 상대적으로 카로티노이드 대비 안토시아닌 비율이 증가한 것으로 분석된다.

광도는 주로 식물의 광합성에, 광질은 형태형성이나 안토시아닌과 같은 방어물질 합성에, 일장은 주로 개화 조절에 영향을 미친다(Fisher and Runkle, 2004; Park et al., 2012). 안토시아닌 색소발현은 phenyl propanoid와 flavonoid 합성경로의 분기점에 있는 CHS(chalcone synthase)의 발현과 관련되며 광발현성으로 알려져 있다. 또한, 붉은 양배추 네 품종의 경우에도 광이 촉진적으로 작용하였다고 보고하였다(Boo and Lee, 1999). 본 실험의 조건에서 실내 보광 광도에 따른 *Begonia rex* 'Harmony's Red Robin'의 적정광도는 $60\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 이었으나 품종 고유특성인 적색 무늬 발현이 양호하지 못해 질적 개선이 필요하다. 꽃과 잎의 색상발현은 주로 광도와 특정파장의 광질에 의해 영향을 받으며, 식물의 색상발현과 동반하는 생리활성물질의 축적에 광질의 영향에 관한 연구결과들이 보고된 바 있다(Li and Kubota, 2009; Giliberto et al., 2005; Katsuda et al., 2004; Meng et al., 2004). 결론적으로 베고니아 'Harmony's Red Robin'의 무늬는 실내에서 형광등으로 보광 시 생육특성은 양호하였지만 무늬발현특성은 양호하지 못하여 적색의 무늬색상이 퇴색되었다. 그러나 에너지 효율적인 관점에서 볼 때 무늬발현특성을 유지하기 위해 지나친 고광도의 보광보다는 생육이 가장 양호했던 $60\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 광도로 설정된 여러 파장의 광질에 따른 색상발현에 관한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

IV. 적요

독특한 잎의 형태, 색상과 질감은 높은 관상가치를 나타내는 특징들이다. 일반적인 녹색 관엽식물에 비해 잎에 두 가지 이상의 색이 혼입된 무늬 관엽식물은 원예적으로 관상가치가 높다. 관엽 베고니아인 *B. rex* 'Harmony's Red Robin'은 긴 엽병과 반짝이는 적색 무늬, 그리고 거친 질감의 잎을 가진 동인도 원산의 근경성 품종이다. 그러나 자연채광이 불량한 실내에서는 낮은 광도로 인해 무늬 식물 고유의 색상이 퇴색되는 경향이 있어 관상가치가 감소된다. 식물은 적정 광도에서 가장 잘 자란다. 따라서 관상가치를 유지하기 위해서는 불충분한 실내 광조건이 개선되어야 한다. 따라서 본 연구는 실내에서 무늬 베고니아 'Harmony's Red Robin'의 생육 적정 광도를 조사하기 위해 실시되었다. 광원은 보편적 실내 광원인 형광등(fluorescent lamp)을 이용하였고, 광도에 따른 생육 특성과 무늬발현특성, 색소함량을 처리 전 초기값을 기준으로 분석하였다. 그 결과, 무늬 베고니아 'Harmony's Red Robin'은 $60\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 광도에서 가장 생육이 양호하였으나 적색발현을 나타내는 적색도와 안토시아닌 함량은 모든 처리에서 초기값보다 감소했다. 결론적으로, *B. rex* 'Harmony's Red Robin'의 실내에서 적정광도는 $60\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 이었다. 그러나, *B. rex* 'Harmony's Red Robin'의 잎 무늬에 있어서 적색발현을 향상시키기 위한 추가적인 연구가 필요하다.

V. References

- Armstrong, G.A. and J.E. Hearst. 1996. Carotenoids 2: Genetics and molecular biology of carotenoids pigment biosynthesis. *J. FASEB*. 10:228-237.
- Azuma, A., H. Yakushiji, Y. Koshita, and S. Kobayashi. 2012. Flavonoid biosynthesis-related genes in grape skin are differentially regulated by temperature and light conditions. *Planta* 236: 1067-1080.
- Boo, H.O. and B.Y. Lee. 1999. Effect of light on the biosynthesis of anthocyanin in *Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra* L. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:322-326.
- Chen, J., Q. Wang, R.J. Henny, and D.B. McConnell. 2005. Response of tropical foliage plants to interior low light conditions. *Acta Hort.* 669:51-56.
- Chen, J. and R.J. Henny. 2008. Ornamental foliage plants: Improvement through biotechnology, p. 140-156. In: A. Kumar and S.K. Sopory (eds.). *Recent advances in plant biotechnology and its applications*. I.K. International Publishing House, New Delhi, India.
- Choi, K.O. 2007. The growth responses and photosynthetic activity of autogenous evergreen fern under light intensity. *J. Kor. Soc. People Plant Environ.* 10:1-8.

- Ding, R. 2005. Effect of rate on growth and variegation appearance of *Polygonatum odoratum* var. *pluriflorum* 'Variegatum'. MS Thesis, Kyungpook Natl. Univ., Daegu, Korea.
- Dole, J.M. and H.F. Wilkins. 2005. Floriculture: Principles and species. 2nd ed. Pearson Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, USA.
- Fails, B.S., A.J. Lewis, and J.A. Barden. 1982. Anatomy and morphology of sun and shade grown *Ficus benjamina*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107:754-757.
- Fisher, P.R. and E.S. Runkle. 2004. Managing lighting in the greenhouse - why is important, p. 9-17. In: P.R. Fisher and E.S. Runkle (eds.). Lighting up profit. Meister Media Worldwide, Willoughby, Ohio, USA.
- Giliberto, L., G. Perrotta, P. Pallara, J.L. Weller, P.D. Fraser, P.M. Bramley, A. Fiore, M. Tavazza, and G. Giuliano. 2005. Manipulation of the blue light photoreceptor cryptochrome 2 in tomato affects vegetative development, flowering times, and fruit antioxidant content. Plant Physiol. 137:199-208.
- Hatier, J.H.B. and Gould, K.S. 2008. Foliar anthocyanins as modulators of stress signals. J. Theor. Biol. 253:625-627.
- Hong, J., J.S. Lee, and B.H. Kwak. 1994. Influence of the light intensity and quality, and fertilizer on growth and leaf variegation of *Codiaeum variegatum* 'Yellow Jade' for indoor landscaping. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 35:610-616.
- Im, K.H. 2010. Effects of acid treatment on chlorophyll, carotenoid, and anthocyanin contents in *Arabidopsis*. Res. Plant Dis. 16:81-85.
- Ju, J.H., S.H. Kim, and K.J. Bang. 2009. Effect of light intensity of fluorescent lamp on the indoor plants in simulation subway interior landscapes. J. Kor. Soc. People Plant Environ. 12:15-24.
- Katsuda T., A. Lababpour, K. Shimahars, and S. Katoh. 2004. Astaxanthin production by *Haematococcus pluvialis* under illumination with LEDs. Enzyme and Microbial Technology 35:81-86.
- Kim, H. D. 2013. Begoniaceae. http://search.rda.go.kr/RSA/front/techInfo.jsp?cont_no=11215.
- Kim, J.H. 1999. The nature of flower color: The nature of flower color and plant pigment. Jinsol Ltd, Seoul, Korea.
- Kim, J.Y., S.W. Kang, C.H. Pak, and M.S. Kim. 2012. Changes in leaf variegation and coloration of English ivy and polka dot plant under various indoor light intensities. HortTechnology 22:49-55.
- Kim, K.W., K.S. Kim, H.Y. Kim, K.Y. Baek, and J.S. Lee. 2005. Floricultural materials and morphology: Horticultural classification of floricultural crop. 1st ed. Wizvalley, Seoul, Korea.
- Kwak, H.R. and J.S. Lee. 1997. Effect of different light intensities and plant growth retardants on leaf-variegated *Tradescantia*, *Hypoestes*, and *Trachospermum*. J. Kor. Flower Res. Soc. 6:1-10.
- Lee, J.B., S.C. Go, B.Y. Moon, I.H. Park, H.B. Park, and H.S. Jeon. 2011. Plant physiology: Photomorphogenesis. 1st ed. Life Sci. Pub., Seoul, Korea.
- Li, Q. and C. Kubota. 2009. Effect of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. Environmental and Experimental Bot. 67:57-64.
- Li, Q.S., J.J. Chen, D.B. McConnell, and R.J. Henny. 2007. A simple and effective method for quantifying leaf variegation. Hort Technology 17:285-288.
- Maloof, J.N., J.O. Borevitz, T. Dabi, J. Lutes, R.B. Nehring, J.L. Redfern, G.T. Trainer, J.M. Wilson, T. Asami, C.C. Berry, D. Weigel, and J. Chory. 2001. Natural variation in light sensitivity of *Arabidopsis*. Nature Genet. 29:441-446.
- Meng, X.C., T. Xing, and X.J. Wang. 2004. The role of light in the regulation of anthocyanin accumulation in *Gerbera hybrid*. J. Plant Growth Regul. 44:243-250.
- Murray, J.R. and W.P. Hackett. 1991. Dihydroflavonol reductase activity in relation to differential anthocyanins accumulation in juvenile and mature phase *Hedera helix* L. Plant Physiol. 97:343-351.
- Nam, Y.K. and B.H. Kwack. 1992. Effects of different light, gibberellin, nitrogen, potassium and phosphate application levels on leaf-yellowing of *Lonicera japonica* var. *aureo-recticulata*. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 33:54-61.
- Nam, Y.K., H.R. Kwack, and B.H. Kwack. 1997. Different extents of leaf-variegation in *Epipremnum aureum* as influenced by different light levels. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 38:537-540.
- Oh, M.M., E.C. Edward, and C.B. Rajashekar. 2009. Environmental stress induce health promoting phytochemicals in lettuce. Plant Physiol. Biochem. 47:578-583.
- Park, I.S., T.J. Lim, and W. Oh. 2012. Growth response of interior *Plectranthus amboinicus* and *Fittonia albivernis* influenced by different artificial light sources. Flower Res. J. 20:179-186.
- Park, O.K., J.A. Lee, and C.H. Park. 2006. Trends in the use of indoor plants and indoor gardens of apartment building. J. Kor. Soc. People Plant Environ. 9:25-30.
- Rice, L.W. and R.P. Rice. 2000. Practical horticulture 4th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J.
- Rural Development Administration. 2013. http://www2.rda.go.kr/farming/farming_view.asp?idxcode=12157.
- Son, M.S., J.Y. Song, and B.R. Jeong. 2011. Environment in apartment verandas at three floors, and change in growth of selected ornamental plants under simulated light intensities. J. Agriculture and Life Sci. 45:43-51.
- Wellburn, A.R. 1994. The spectral determination of chlorophyll a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. J. plant physiol. 144:307-313.
- Yoon, N.H. 2012. Optimum nutrient solution concentration to growth of *Epipremnum* spp. under different supplemental lighting intensity of vertical gardening system. MS Thesis, Univ. of Seoul., Seoul.
- Yoon, P.S. 2006. Environmental aesthetics: Indoor environment and ornamental flowering plants. 1st ed, Hyangmunsa, Seoul, Korea.