

주요 반입 관엽식물의 무늬 특징과 엽록소 함량 비교

박인숙^{1†} · 신용길^{2†} · 오 옥^{1,2,3*} · 김규원^{1,2}

¹영남대학교 자연자원대학 원예생명과학과, ²영남대학교 환경보건대학원 화훼장식전공, ³영남대학교 LED-IT 융합산업화연구센터

Comparisons in Pattern Characteristics and Chlorophyll Contents of Major Foliages with Variegated Leaves

In Sook Park^{1†}, Yong Gil Shin^{2†}, Wook Oh^{1,2,3*}, and Kiu Weon Kim^{1,2}

¹Department of Horticultural Science, Yeungnam University, Gyeongsan 712-749, Korea
²Department of Flower Design, Graduate School of Environmental & Public Health Studies, Yeungnam University, Daegu 705-802, Korea
³LED-IT Fusion Technology Research Center, Yeungnam University, Gyeongsan 712-749, Korea

Abstract. This study was carried out for the establishment of theory and foundational data for breeding, on variegated foliage plants using for potted plants, based on examination and analysis for shape, color, and area ratio of variegated leaves and chlorophyll contents. Six families, 18 genus, and 54 species of variegated plants domestically distributed in Korea were used as the plant materials. Patterns based on chlorophyll-deficient part in variegated leaves were divided into 20 types, such as steps, border, collapsed border, sandy border, half, silk, stars, vein, firewood, border and firewood, center, entirety, leaf, irregular, net, watermelon, melon, and so on. There were 10 kinds of colors including dark green, red, dark red, reddish white, reddish yellow, white, silver, silvery white, yellowish white, and yellow. The ratio of variegated area was ranged from 5.8% to 100% and it was diverse depending on species or cultivar. The ratios by patterns were highest in entirety (98.6%) and relatively high in step (60.8%), whereas, low in boarder, star and firewood (33.6-36.4%), and relatively low in half and vein (43%). Chlorophyll content of variegated leaf was rather lower compared to normal plants and chlorophyll b tended to be higher in ratio of chlorophyll a to b. Particularly content of chlorophyll b in *Stromanthe sanguinea* ‘Triostar’, *Dracaena fragrans* ‘Massangeana Compacta’, *D. reflexa* ‘Song of India’, and *Tradescantia spathacea* was higher than chlorophyll a in comparison with that of normal plants.

Additional key words: interior plant, leaf color, shade plant, variegation area ratio

서 언

최근 식물의 기능성을 활용한 실내정원(green interior)이 증가하고 있는데, 실내의 광도가 낮으므로 광요구도가 낮은 관엽식물들이 많이 이용된다. 하지만 대부분의 관엽식물들은 잎이 거의 녹색이라 단조롭기 때문에 녹색 외에 다양한 색과 무늬를 가진 식물을 도입할 필요가 있다. 꽃

을 주로 관상하는 관화식물들은 일반적으로 광요구도가 높아(Dole and Wilkins, 2005) 실내정원에서 정상적인 생육을 하기가 어렵다. 따라서 관화식물에 비해 광요구도가 낮은 반입식물(variegated plant)의 필요성이 증대되었다. 반입식물은 잎의 색과 무늬가 다양하여 다양한 경관을 조성할 수 있고 관화식물에 비해 관상기간을 장기간 유지할 수 있다는 장점이 있다(Kim et al., 2008). 실내정원 외에도

*Corresponding author: wookoh@ynu.ac.kr

†These authors contributed equally to this work.

※ Received 7 November 2012; Revised 18 March 2013; Accepted 18 March 2013. This work was carried out with the support of “Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. PJ907184032011)”, Rural Development Administration, Republic of Korea. This work was also supported by the 2011 Yeungnam University Research Grant. We thank Dr. Mi Soon Byun, Dr. Min Hee Kim, and Dr. Hyun-Joo Lee for their support in data analysis and manuscript review.

관상가치가 큰 반입식물을 활용한 화훼장식품의 적용 예는 점점 늘어가고 있으며(Bae et al., 2006; Kwak, 2007), 이를 활용한 분화 전시회도 이루어지고 있다(Byun et al., 2008).

반입식물이란 잎이나 꽃에 두 가지 이상의 색이 혼입된 식물을 말하지만 협의로는 엽록소의 함량이 적거나 엽록소가 없는 식물을 의미하기도 한다. 발생 원인은 엽록소의 부족 또는 파괴, 다른 색소의 발생, 표피세포의 변형 등으로 나타난다(Kim et al., 2005). 반입(variegation)은 대개 유전적인 것으로 알려져 있으나 광도 또한 무늬 발현에 크게 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Wang and Boogher, 1990).

고등식물에 있어서 광합성에 필요한 빛 에너지는 엽록소 a와 b, 카로티노이드(carotenoids) 등에 의해 흡수되는데, 이 중 빛 에너지를 직접 화학 반응계에 전달하는 것은 엽록소 a이며, 엽록소 b와 카로티노이드 등 보조색소들이 흡수한 빛 에너지도 일단 엽록소 a에 전달되었다가 다시 화학 반응계에 이동된다(Boardman, 1977). 즉 엽록소 a는 광합성의 주된 광수용체로서 적색과 청색 및 보라색 영역을 흡수하며, 보조색소들은 광합성에 이용할 수 있는 가시광선의 범위를 확장시킨다고 할 수 있다. 고등식물의 엽록소 a와 b의 함량 비는 약 3:1이지만(Boardman, 1977; Kim and Lee, 2001), 그 비율은 식물의 유전학적 특성이나 환경조건에 따라 달라진다. 벼와 보리 같은 양지(양생)식물은 엽록소 a의 함량이 높고, *Alocasia odora* 같은 음지(음생)식물 또는 음지에서 순화된 양지식물에서는 엽록소 b가 상대적으로 증가한다(Boardman, 1977; Hikosaka and Terashima, 1995; Kim and Lee, 2001). 따라서 엽록소 a와 b의 비율을 이용하여 그 식물의 광 요구도나 자라온 광 환경을 파악할 수 있다.

실내정원이나 화훼장식에 있어서 반입식물의 무늬 형성에 미치는 환경 요인과 인위적 조절에 관한 연구(Hong et al., 1994; Kim et al., 2008; Kwak and Lee, 1997a, 1997b; Shen and Seeley, 1983)는 진행되고 있는데 비해, 현재 유통되고 있는 분화류 중 반입식물의 특성에 대한 연구는 거의 없다. 따라서 본 연구는 주요 반입 관엽식물의 엽색과 무늬 형태, 잎의 엽록소 함량을 분석하여 종 또는 품종별 특징을 정리함으로써 그린 인테리어나 화훼장식품 제작 시 재료 선택 기준을 제시하고 반입식물 육종의 기초자료를 제공하기 위해 실시되었다.

재료 및 방법

식물재료로는 국내 시장에서 분화류로 유통되고 있는 관엽식물 중 소비량이 많고, 반입식물의 수가 많은 용설란과

(Agavaceae), 천남성과(Araceae), 두릅나무과(Araliaceae), 베고니아과(Begoniaceae), 닭의장풀과(Commelinaceae), 마란타과(Marantaceae) 등 6개과에 속하는 18속 54종 또는 품종을 사용하였다(Table 1). 사전 시장 조사를 통해 정상적으로 생육 중인 식물들을 종 또는 품종당 5개체씩 도매상에서 확보하였다.

이 반입식물들의 전체 모습과 잎을 각각 촬영한 후 반입의 형태와 색을 관찰하였고, 전체 엽면적 대비 반입의 면적비와 엽록소 함량을 분석하였다. 반입(무늬)의 명칭은 Kim et al.(2005)에 따라 복륜(border), 복륜붕괴(collapsed border), 모래복륜(sandy border), 참외무늬(melon), 불규칙무늬(irregular), 가운데무늬(center), 절반무늬(half), 모래무늬(sand), 별무늬(stars), 장작무늬(firewood), 그물무늬(net), 계단무늬(steps), 호랑이무늬(tiger), 비단무늬(silk), 초심무늬(entirety)인 15가지로 구분하였는데, 불규칙무늬는 Kim et al.(2005)이 쓰레기무늬로 표현한 것을 관엽식물의 특성으로 사용하기에 부적합하다고 판단되어 변경하였다(Fig. 1). 그리고 본 연구 과정 중 상기한 15가지로 표현할 수 없는 것들은 그 모양을 감안해 깃털무늬(feather), 엽맥무늬(vein), 잎무늬(leaf), 수박무늬(watermelon), 장작복륜(border and firewood)으로 새롭게 명명하였다(Fig. 1).

반입 면적비는 엽면적 중 반입(무늬)이 차지하는 비율로, 각 종 또는 품종별로 5개체에서 정상적으로 자란 잎 2매씩

Table 1. Variegated foliage plants used in this experiment.

Family name	Genus name	No. of species or cultivars
Agavaceae	<i>Cordyline</i>	5
	<i>Dracaena</i>	11
	<i>Sansevieria</i>	3
	<i>Yucca</i>	2
Araceae	<i>Aglaonema</i>	3
	<i>Dieffenbachia</i>	2
	<i>Epipremnum</i>	2
	<i>Monstera</i>	1
	<i>Philodendron</i>	1
	<i>Syngonium</i>	2
	<i>Zantedeschia</i>	1
Araliaceae	<i>Hedera</i>	3
	<i>Fatsyhedera</i>	3
	<i>Schefflera</i>	2
Begoniaceae	<i>Begonia</i>	4
Commelinaceae	<i>Tradescantia</i>	5
Marantaceae	<i>Calathea</i>	3
	<i>Stromanthe</i>	1
Total		54

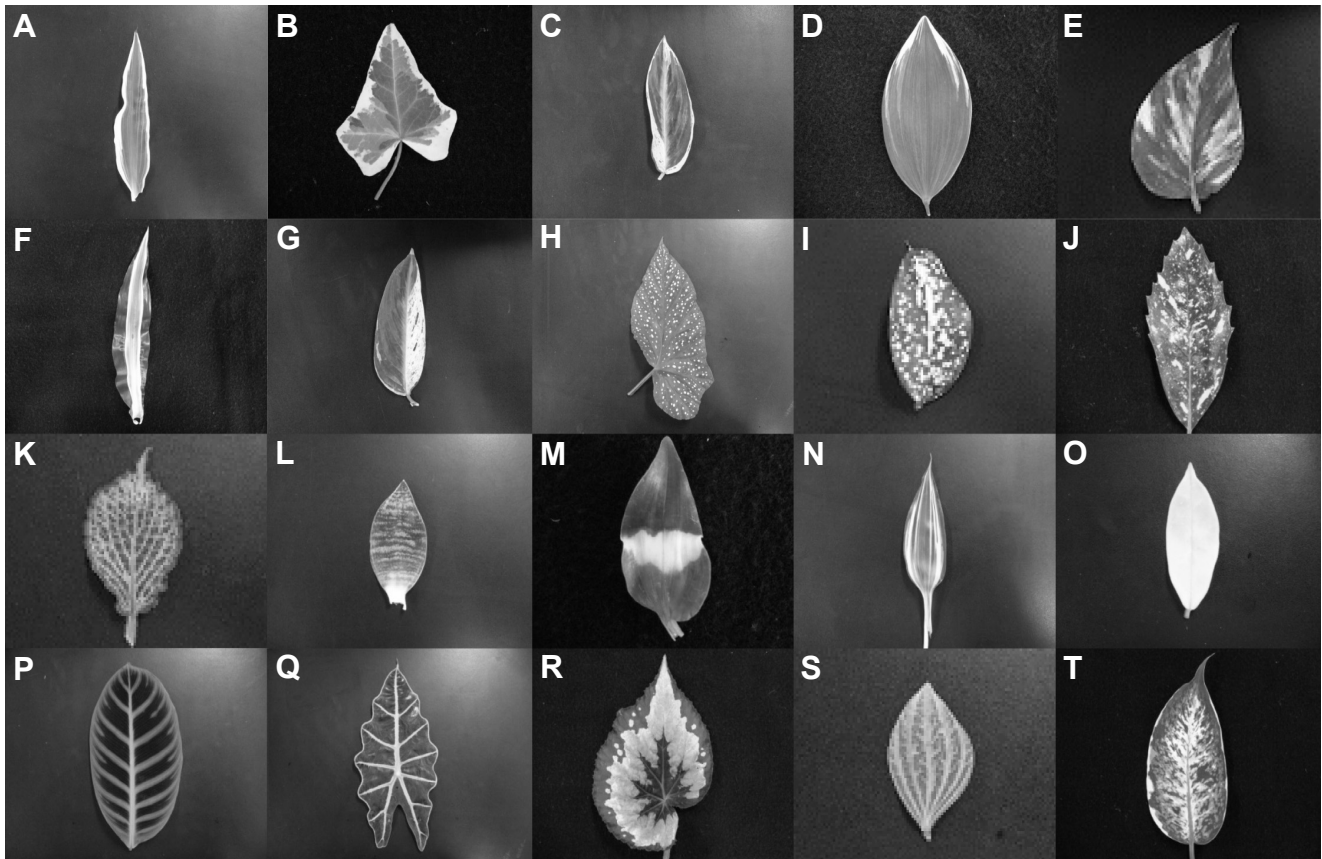


Fig. 1. Various variegated patterns of leaves in major foliage plants. A, Border (*Chlorophytum bichetii*); B, collapsed border (*Hedera helix*); C, sandy border (*Stromanthe sanguinea*); D, melon (*Polygonatum odoratum*); E, irregular (*Epipremnum aureum*); F, center (*Dracaena deremensis*); G, half (*Stromanthe sanguinea*); H, sand (*Begonia rex*); I, stars (*Dracaena surculosa*); J, firewood (*Acuba japonica*); K, net (*Fittonia verschaffeltii*); L, steps (*Sansevieria trifasciata*); M, tiger (*Tradescantia fluminensis*); N, silk (*Dracaena sanderiana*); O, entirety (*Hoya carnosa*); P, feather (*Calathea zebrina*); Q, vein (*Alocasia amazonica*); R, leaf (*Begonia rex* 'Royal Colors'); S, watermelon (*Peperomia sanderisii*); T, border and firewood (*Dieffenbachia maculata*).

채취한 후 먼저 백색의 일반 프린터용 A4 용지에 잎을 실제 크기로 인쇄하였다. 그리고 잎 모양을 오려 전체 무게를 측정하고 반입 부분을 오려낸 뒤 무게를 측정한 후 전체 엽중에 대한 백분율로 나타냈다. 그 후 실험재료들의 무늬 종류에 따른 반입 면적비의 분포를 조사하였고, 반입 면적비와 무늬 특성의 관계를 분석하였다.

엽록소 함량은 Yoshida et al.(1976)의 방법에 따라 최근 전개엽 1-3g을 80% acetone 100mL로 마쇄하고 그 추출액으로 microplate reader(UVM340, Biochrom Ltd., England)를 이용하여 645, 652, 663nm에서 흡광도를 측정하였다. 엽록소 함량은 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ FW으로 표시하였다.

결과 및 고찰

용설란과(Agavaceae)

용설란과 식물 중 *Cordyline terminalis*의 품종별 반입 색상 및 무늬 모양을 보면, 'Aichiaka'는 적색 복륜봉괴,

'Nisigiba'는 적백색 복륜봉괴, 'Maroon'은 적색 비단무늬, 'White Edge'는 흰색 복륜, 'Red Edge'는 적색 복륜 등으로 품종에 따라 독특한 엽색과 무늬를 가졌다(Table 2). *C. terminalis*에 속하는 5품종은 반입 면적비가 43.1-83.6%로 품종간 차이가 컸으며, 복륜봉괴와 복륜 무늬가 각각 2품종이었고 비단무늬가 1품종으로 복륜무늬가 많았으며 무늬의 색상은 적백색을 포함한 적색이 4품종, 백색이 1품종이었다. 총 엽록소 함량은 $0.28-1.22\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ FW로 품종간 차이가 컸으나 무늬색과 면적비에 따라 일정한 경향은 관찰되지 않았다.

Dracaena 속 식물 중 *D. deremensis* 'Warneckii'는 흰색의 비단무늬와 복륜 두 종류, *D. marginata*는 적색 복륜이었다(Table 2). *D. fragrans* 'Massangeana Compacta'는 황색 비단무늬와 흰색 복륜봉괴의 2가지, 그리고 *D. godseffiana*는 황색 별무늬로 나타났다. *D. reflexa* 중 'Jamaica'는 황색 비단무늬를, 'Song of India'는 황색 복륜을 나타냈다. *D. sanderiana*는 복륜과 비단무늬를 각각 가지고 있었다.

Table 2. Characteristic and chlorophyll content in variegated leaves of Agavaceae plants.

Species and cultivar	Leaf variegation			Chlorophyll (mg·g ⁻¹ FW)			Chl. a/b
	Pattern	Color	Area (%)	a	b	Total	
<i>Cordyline terminalis</i>							
'Aichiaka'	Collapsed border	Red	43.1	0.30	0.16	0.46	1.88
'Nisigiba'	Collapsed border	Reddish white	83.6	0.17	0.11	0.28	1.55
'Maroon'	Silk	Red	63.6	-	-	-	-
'White Edge'	Border	White	69.8	0.30	0.16	0.46	1.88
'Red Edge'	Border	Red	54.3	0.74	0.48	1.22	1.54
<i>Dracaena deremensis</i> 'Warneckii'							
1	Silk	White	80.2	0.28	0.12	0.40	2.33
2	Border	White	41.7	0.18	0.08	0.26	2.25
<i>D. fragrans</i> 'Massangeana Compacta'							
1	Silk	Yellow	15.9	0.18	0.14	0.32	1.29
2	Collapsed border	White	45.5	0.16	0.18	0.34	0.89
<i>D. godseffiana</i>	Stars	Yellow	40.6	0.30	0.26	0.56	1.15
<i>D. marginata</i>	Border	Red	30.8	0.24	0.10	0.34	2.40
<i>D. reflexa</i>							
'Jamaica'	Silk	Yellow	28.4	0.29	0.14	0.43	2.07
'Song of India'	Border	Yellow	50.0	0.17	0.18	0.35	0.94
<i>D. sanderiana</i>	Border	Yellow	25.9	0.28	0.08	0.36	3.50
	Silk	White	88.4	0.43	0.08	0.51	5.38
<i>D. surculosa</i> 'Florida Beauty'	Stars	Yellowish white	62.9	0.39	0.16	0.55	2.44
<i>Sansevieria trifasciata</i>							
'Golden Hahnii'	Silk	White	67.1	0.21	0.14	0.35	1.50
'Hahnii'	Steps	White	60.1	0.05	0.03	0.08	1.67
'Laurentii Compacta'	Border, steps	Yellow	65.6	0.06	0.05	0.11	1.20
<i>Yucca elephantipes</i>	Silk	Yellow	32.6	-	-	-	-
<i>Y. gloriosa</i> 'Variegata'	Border	White	9.3	-	-	-	-
Mean			50.5	0.23	0.13	0.35	1.77

D. surculosa 'Florida Beauty'는 황백색 별무늬가 잎 전체에 분포했다. *Dracaena* 속 11종류의 반입 특성을 분석한 결과, 무늬 면적비는 15.9-88.4%로 *Cordyline* 속보다 그 편차가 큰 데 비해, 총 엽록소 함량은 무늬 면적비에 따라 0.26-0.56mg·g⁻¹ FW으로 차이가 크지 않았다.

Sansevieria 속 식물 중 *S. trifasciata* 'Golden Hahnii'는 엽폭이 좁고 *Sansevieria* 고유의 계단무늬가 아닌 백색의 비단무늬를 나타냈다. 'Hahnii'의 엽폭은 넓고 엽장이 짧으며 계단무늬가 있었고, 'Laurentii Compacta'는 복륜과 계단무늬가 동시에 나타났다. 이들 3품종의 무늬 형태는 모두 달랐으나 무늬 면적비는 60.1-67.1%로 비슷하였다. 엽록소 함량은 'Hahnii'가 0.08mg·g⁻¹ FW로 세 품종 중 가장 낮았고, 'Laurentii Compacta'가 0.11mg·g⁻¹ FW였으며, 'Golden Hahnii'가 0.35mg·g⁻¹ FW으로 가장 높았다.

Yucca 속 식물 중 *Y. elephantipes*는 가시가 없어 민유카

라고 불리는데 비단무늬에 반입 면적은 32.6%이었다(Table 2). 변종인 *Y. gloriosa* 'Variegata'는 얇은 복륜을 가지고 반입 면적비는 9.3%로 용설란과 식물 중에서 가장 적었다.

용설란과의 반입종 중에는 복륜과 비단무늬가 각각 7종 또는 품종이었으며 한 식물에서 동시에 나타나는 무늬까지 감안한다면 복륜이 11품종으로 가장 많았다. 반입의 색상은 백색과 황색이 각각 8품종과 7품종으로 주류를 이루었다. 무늬의 면적비는 9.3%에서 88.4%까지 다양하였으며 평균 50.5%로 나타났다.

한편 총 엽록소 함량은 차광률이나 차광시기에 따라 다소 달랐지만 엽록소 a의 함량은 모든 처리구에서 엽록소 b의 함량보다 높은 것으로 나타났다(Cheong et al., 2005). 그러나 본 실험의 *D. fragrans* 'Massangeana Compacta'와 *D. reflexa* 'Song of India' 및 *S. trifasciata* 'Laurentii Compacta'는 비록 각각의 함량이 적더라도 엽록소 a와 b

의 함량이 유사하거나 오히려 b의 함량이 높아 다른 결과를 보였다. 일반적으로 양지식물의 엽록소 a:b가 3.0인 것(Boardman, 1977)에 비해 본 연구에 사용된 용설란과 식물의 경우 평균 1.77이었으며, *D. sanderiana*를 제외한 모든 종 또는 품종에서 0.89-2.44의 분포를 보였다. 이는 음식물 또는 순화된 양지식물의 특성(Boardman, 1977; Kim and Lee, 2001)으로 볼 수 있다.

천남성과(Araceae)

Aglaonema 속의 *A. commutatum* ‘Snow White’와 ‘Maria Emerald Beauty’는 각각 엽맥 + 참외무늬와 장작무늬이고 같은 은백색을 띠었으며, *A. costatum* ‘Red Gold’는 적황색의 엽맥무늬가 관찰되었다(Table 3). 이 속의 반입 면적비는 23.8-49.4%였으며, 총 엽록소의 함량은 0.37-0.84mg·g⁻¹ FW이었다. *Dieffenbachia* 속의 *D. maculata* ‘Anna’는 장작무늬와 복륜을 동시에 나타냈으며, *D. marianne*는 황색 가운데무늬를 띠었다(Table 3). 반입 면적비는 각각 62.9%와 73.8%였고, 총 엽록소 함량은 반입 면적비가 높을수록 낮아졌는데 각각 0.47과 0.16mg·g⁻¹ FW이었다. *Epipremnum* 속의 *E. aureum* ‘Lime’은 잎에 녹색을 띠지 않은 황색 초심무늬로 반입 면적비가 100%였다. 황백의 장작무늬를 가지고 있는 *E. pinnatum*은 무늬 면적비가 34.3%이고 총 엽록소 함량은 0.23mg·g⁻¹ FW이었다.

Monstera 속 중 가장 널리 알려진 *M. deliciosa*는 구멍이 있고 큰 엽폭이 특징이지만, 본 연구에 사용된 *M. standleyana* ‘Cuti’는 엽폭이 좁고 잎에 구멍도 없는 것이었다. 또한 절반

의 장작 무늬를 가지며 반입 면적비가 39.0%이고 총 엽록소 함량은 0.20mg·g⁻¹ FW이었다(Table 3). *Philodendron* 교잡종인 *Philodendron hybrida* ‘Imperial Red’는 적색이 앞 전체를 차지하고 있는 초심형으로 무늬 면적비가 100%이며, 총 엽록소 함량은 0.18mg·g⁻¹ FW이었다. *Syngonium* 속의 *S. podophyllum* ‘Pixie’는 엽맥무늬를 띠고 반입 면적비는 31.7%, 총 엽록소 함량은 0.32mg·g⁻¹ FW이었다. ‘White Butterfly’는 백색 초심무늬에 총 엽록소 함량은 0.48mg·g⁻¹ FW이었다. *Zantedeschia* 속의 *Z. elliotiana*는 잎에 무늬가 있으며 노랑칼라의 잎은 백색의 별무늬이고 반입 면적은 5.8%로 매우 적었으며 총 엽록소 함량은 0.61mg·g⁻¹ FW이었다.

천남성과 식물의 무늬 분포는 엽맥무늬 2종, 장작무늬 3종, 초심 2종, 절반, 중앙, 별무늬가 각각 1종, 엽맥무늬 + 참외무늬, 장작무늬 + 복륜이 각각 1종이었고, 무늬 면적비가 5.8%에서 초심 무늬인 100%까지 다양하였으며, 평균 54.0%로 나타났다(Table 3). 천남성과의 엽록소 a:b 평균값은 2.60으로 이 연구에서 관찰한 5개 과 중 가장 높았으며, 양생식물의 엽록소 a:b 함량비인 3:1 이상(Boardman, 1997; Kim and Lee, 2001)인 식물도 11종 중 5종으로 많았다.

두릅나무과(Araliaceae)

Hedera helix 두 계통의 무늬 패턴은 복륜붕괴와 복륜으로 나타났고 반입 면적비는 2계통 모두 약 34%, 총 엽록소 함량은 각각 0.77과 0.95mg·g⁻¹ FW였다(Table 4). 한편 백색 복륜붕괴를 가지고 면적비가 69.5%로 높았던 ‘Golden

Table 3. Characteristic and chlorophyll content in variegated leaves of Araceae plants.

Species and cultivar	Leaf variegation			Chlorophyll (mg·g ⁻¹ FW)			Chl. a/b
	Pattern	Color	Area (%)	a	b	Total	
<i>Aglaonema commutatum</i>							
‘Snow White’	Vein, watermelon	Silvery white	23.8	0.27	0.10	0.37	2.70
‘Maria Emerald Beauty’	Firewood	Silvery white	31.8	0.56	0.28	0.84	2.00
<i>A. costatum</i> ‘Red Gold’	Vein	Reddish yellow	49.4	0.41	0.13	0.54	3.15
<i>Dieffenbachia maculate</i> ‘Anna’	Border and firewood	Silvery white	62.9	0.31	0.16	0.47	1.94
<i>D. marianne</i>	Center	Yellow	73.8	0.12	0.04	0.16	3.00
<i>Epipremum aureum</i> ‘Lime’	Entirety	Yellow	100.0	-	-	-	-
<i>E. pinnatum</i>	Firewood	Yellowish white	34.3	0.20	0.03	0.23	6.67
<i>Monstera standleyana</i> ‘Cuti’	Half, firewood	Yellowish white	39.0	0.18	0.02	0.20	9.00
<i>Philodendron hybrid</i> ‘Imperial Red’	Entirety	Red	100.0	0.11	0.07	0.18	1.57
<i>Syngonium podophyllum</i>							
‘Pixie’	Vein	Yellowish white	31.7	0.26	0.06	0.32	4.33
‘White Butterfly’	Entirety	White	95.8	0.33	0.15	0.48	2.20
<i>Zantedeschia elliotiana</i>	Stars	White	5.8	0.41	0.19	0.61	2.16
Mean			54.0	0.26	0.10	0.37	2.60

Kolibri'는 엽록소 함량이 다소 낮았다. *xFatshedera* 속은 *H. helix* 'Hibernica'와 *Fatsia japonica* 'Moseri'의 속간교잡으로 육종되었는데 다섯 갈래의 단엽을 가지며, 일부는 잎 가장자리에 복륵의 무늬를 가지기도 한다. *xFatshedera lizei* 무늬종은 백색의 복륵으로 무늬 면적비가 11.3%, 총 엽록소 함량은 $0.84\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ FW이었다.

Policias balfouriana 'Fabian'는 두 가지의 무늬를 가졌는데, 복륵붕괴는 반입 면적비가 19.4%, 총 엽록소 함량이 $0.41\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ FW였으며, 불규칙무늬는 반입 면적비가 56.0%, 총 엽록소 함량은 $0.24\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ FW로 나타나 같은 품종이지만 무늬에 따라 차이가 컸다(Table 4). 특히 총 엽록소 함량은 무늬 면적비가 높았던 종에서 58.5% 수준이었다.

*Schefflera arboricola*에서 'Hong Kong Variegata'는 'Hong Kong'의 반입종으로 황색 중앙무늬가 36.1%이었다(Table 4). 'Janine'은 복륵붕괴 무늬를 띠었으며 면적비가 57.6%로 높았다. 한편 총 엽록소 함량은 각각 0.28과 $0.65\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ FW로 반입색이 황색으로 같았지만 면적에 반비례하지는 않았다. 즉 품종과 무늬의 형태에 따라서 엽록소 함량이 변화할 수 있었다. 또한 'Janine'에서 엽록소 a:b의 함량비는 같은 과(family)의 다른 종들과 달리 낮게 나타났다. 이와 같

은 결과는 내음성 식물에서 엽록소 b의 함량이 높게 관찰되는 것(Boardman, 1997; Kim and Lee, 2001)과 같은 경향으로 실내의 저광도에서도 생육이 건전할 것으로 판단된다.

베고니아과(Begoniaceae)

Begonia boweri 'Bow Arriola'는 베고니아속 중에서 비교적 소엽이고, 잎의 가장자리에 암적색의 복륵이 엽면적의 36.7% 차지하고 있으며 총 엽록소 함량은 $0.19\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ FW이었다(Table 5). *B. rex*의 잎은 *B. boweri*보다 크며 백색 무늬가 잎 전체에 8.9% 정도 모래알처럼 분포되어 있고, 총 엽록소 함량은 $0.12\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ FW이었다. 'Fairy'는 전체적으로는색의 바탕에 엽맥만 진한 녹색으로 엽맥이 오히려 무늬처럼 나타났다. 무늬가 차지하는 비율은 67.6%였으며 총 엽록소 함량은 $0.47\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ FW이었다. 'Royal Colors'는 잎이 크고 무늬 중 가장 안쪽에 적색 그리고 연한 붉은색에 은색 복륵을 띤 것이 잎 모양과 유사하여 "잎무늬(leaf)"라고 새롭게 명명하였다. 한 장의 잎에 암적색, 적색과 은색 등 다양한 색상을 띠며 무늬의 면적비는 73.6%, 총 엽록소 함량은 $0.11\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ FW이었다.

Table 4. Characteristic and chlorophyll content in variegated leaves of Araliaceae plants.

Species and cultivar	Leaf variegation			Chlorophyll ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ FW)			Chl. a/b
	Pattern	Color	Area (%)	a	b	Total	
<i>Hedera helix</i>							
1	Collapsed border	White	34.4	0.66	0.29	0.95	2.28
2	Border	Yellow	34.1	0.60	0.17	0.77	3.53
'Golden Kolibri'	Collapsed border	White	69.5	0.32	0.20	0.52	1.60
<i>Fatshedera lizei</i> 'Variegata'	Border	White	11.3	0.62	0.22	0.84	2.81
<i>Policias balfouriana</i> 'Fabian'							
1	Collapsed border	White	19.4	0.28	0.13	0.41	2.15
2	Irregular	Yellow	56.0	0.19	0.05	0.24	3.80
<i>Schefflera arboricola</i>							
'Hong Kong Variegata'	Center	Yellow	36.1	0.17	0.11	0.28	1.55
'Janine'	Collapsed border	Yellow	57.6	0.33	0.32	0.65	1.03
Mean			39.8	0.40	0.19	0.58	2.11

Table 5. Characteristic and chlorophyll content in variegated leaves of Begoniaceae plants.

Species and cultivar	Leaf variegation			Chlorophyll ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ FW)			Chl. a/b
	Pattern	Color	Area (%)	a	b	Total	
<i>Begonia boweri</i> 'Bow Arriola'	Border	Dark red	36.7	0.10	0.09	0.19	1.11
<i>B. rex</i>	Sandy border	White	8.9	0.10	0.02	0.12	5.00
<i>B. rex</i> 'Fairy'	Vein	Silver	67.6	0.31	0.16	0.47	1.94
<i>B. rex</i> 'Royal Colors'	Leaf	Dark red, red, silver	73.6	0.07	0.05	0.12	1.40
Mean			46.7	0.14	0.08	0.23	1.75

베고니아속 반입종들의 무늬는 다양했고 색상은 은색과 암적색 등이었으며, 무늬의 평균 면적비는 46.7%이었다 (Table 5). 엽록소 a:b 값에 있어서는 *B. rex*(5.00)를 제외하면 1.11-1.94로 낮은 값을 나타내었다.

닭의장풀과(Commelinaceae)

Tradescantia 속 중에서 *T. fluminensis*(브라질달개비)는 같은 종이라도 무늬의 종류와 색깔이 달라 세 종류로 구분하여 관찰하였는데, 대부분 비단무늬를 가지는 공통점이 있었고, 무늬의 색은 적색과 흰색이며, 반입 면적비는 20.0-64.6%였다(Table 6). 총 엽록소 함량 또한 무늬 정도에 따라 0.12-0.41mg·g⁻¹ FW로 나타났는데, 이는 무늬가 유전적으로 안정되어 있지 않으며, 또 생육환경에 따라 무늬의 모양도 달리 나타나는 것으로 생각되었다. 이러한 문제점은 광도나 영양분의 조절 등 손쉬운 방법(Hong et al., 1994; Kim et al., 2008; Shen and Seeley, 1983)으로 해결해 볼 수도 있다.

T. spathacea(자주만년초 또는 자금란) ‘Tricolor’는 적색과 백색의 줄무늬가 화려하며 무늬 면적비가 32.4%였다. 엽록소 함량에서는 일반식물과 달리 b가 a보다 4배 이상 높아 a:b 값이 0.23으로 이 연구의 실험재료 중 가장 낮은 값을 나타내었다. *T. zebrina*(*Zebrina pendula*)는 암적색의 주 엽색에 은색 줄무늬가 100%에 이르고, 총 엽록소 함량은 0.12mg·g⁻¹ FW였는데, *T. spathacea* ‘Tricolor’와는 반대로 엽록소 a:b 값이 11.0으로 가장 높았다.

마란타과(Marantaceae)

*Calathea lancifolia*의 무늬를 분석한 결과(Table 7), 계단 무늬였지만 다른 것과 달리 자동차 바퀴자국처럼 암록색의 길고 짧은 타원형이 교대로 배열되어 있었으며 뒷면은 선홍색을 띠었다. 반입 면적비는 56.7%였고, 총 엽록소 함량은 0.5mg·g⁻¹ FW였다. 엽장과 엽폭은 각각 20-40cm, 5-8cm였다(data not shown). *C. roseopicta*는 복륜무늬였고, 다른 종보다 복륜의 폭이 넓었으며, 무늬의 색상은 생육 초기에 적색과 백색이 혼재되어 있었으나 시간이 경과할수록 적색이 거의 소멸되어 백색만 관찰되었다. 반입 면적비는 37.9%에서 16.1%로, 총 엽록소 함량은 0.72mg·g⁻¹ FW에서 0.64mg·g⁻¹ FW로 감소되었다.

Stromanthe 역시 무늬종이 많고 잎 뒷면의 색도 다양하였는데, *S. sanguinea* ‘Triostar’는 황백 절반무늬와 불규칙무늬를 가지고 있었으며, 무늬는 엽면적의 23.9%를 차지하였다(Table 7). 엽록소 a:b의 함량비는 0.7로 다른 종과 달리 엽록소 b의 함량이 높았다. 이와 같은 결과는 저광도에서 자란 식물(내음성 식물)의 반응과 유사하였다(Boardman, 1977; Kim and Lee, 2001). 즉 엽록소 a와 b는 흡수 파장대가 다르며 약광 조건에서 생장한 식물체는 엽록소 a 흡수율이 낮은 파장에서 빛 흡수율이 증가하였다.

반입 면적비와 엽록소 함량 및 반입색의 관계

반입 관엽식물들은 다양한 형태의 화훼장식품 제작에 사용하거나 실내·외 조경에 이용할 때 일반 관엽식물에 비해

Table 6. Characteristic and chlorophyll content in variegated leaves of Commelinaceae plants.

Species and cultivar	Leaf variegation			Chlorophyll (mg·g ⁻¹ FW)			Chl. a/b	
	Pattern	Color	Area (%)	a	b	Total		
<i>Tradescantia fluminensis</i> 1	Silk, border	White	20.0	0.26	0.15	0.41	1.73	
	2	Half	Red, White	64.6	0.10	0.04	0.14	2.50
	3	Silk	White	41.4	0.09	0.03	0.12	3.00
<i>T. spathacea</i> ‘Tricolor’	Silk, border	Red, White	32.4	0.03	0.13	0.16	0.23	
<i>T. zebrina</i>	Silk	Dark red, silk	100.0	0.11	0.01	0.12	11.0	
Mean			51.7	0.12	0.07	0.19	1.71	

Table 7. Characteristic and chlorophyll content in variegated leaves of Marantaceae plants.

Species and cultivar	Leaf variegation			Chlorophyll (mg·g ⁻¹ FW)			Chl. a/b
	Pattern	Color	Area (%)	a	b	Total	
<i>Calathea lancifolia</i>	Steps	Dark green	56.7	0.29	0.21	0.50	1.38
<i>C. roseopicta</i> (new)	Border	Reddish white	37.9	0.49	0.23	0.72	2.13
<i>C. roseopicta</i> (old)	Border	White	16.1	0.43	0.21	0.64	2.05
<i>Stromanthe sanguinea</i> ‘Triostar’	Half, irregular	Yellowish white	23.9	0.14	0.20	0.34	0.70
Mean			41.8	0.40	0.22	0.62	1.82

광도 변화에 민감하여 엽록소 함량과 반입 색상의 변화로 관상가치에 영향을 초래할 수 있다. 음식식물에서는 엽록소 b의 함량이 증가하여 엽록소 a:b 값이 감소하는데, 그 이유는 광계 2와 광계 1의 비율을 3:1로 맞추기 위함이다 (Boardman, 1977; Kim and Lee, 2001). 이 연구에서 사용된 54종 또는 품종에서는 보통 엽록소 b가 많은 편이었고 약 80%의 식물들의 엽록소 a:b 값이 3.0 이하(Fig. 2)로 음식식물의 특징을 갖추고 있다고 볼 수 있었다. 하지만 20% 정도의 식물에서는 양지식물의 일반적인 엽록소 a:b 비율인 3.0 보다 높은 수치를 보이는 식물들도 있었는데(Fig. 2), 이는 그 종 또는 품종의 고유 특성이라 생각되었다.

20가지로 구분한 반입 무늬(Fig. 1) 중 이 연구에 사용된 반입식물의 종(또는 품종, 계통)에서 관찰된 무늬는 15개였으며, 3종 이상에서 관찰된 것은 복륜(border), 별무늬(stars), 장작무늬(firewood), 절반무늬(half), 엽맥무늬(vein), 복륜부괴(collapsed border), 비단무늬(silk), 계단무늬(steps), 초심무늬(entirety) 등 9개였다(Table 8). 대부분의 반입무늬들은 엽면적 대비 반입 비율은 40-60% 정도로 엽면적의 절

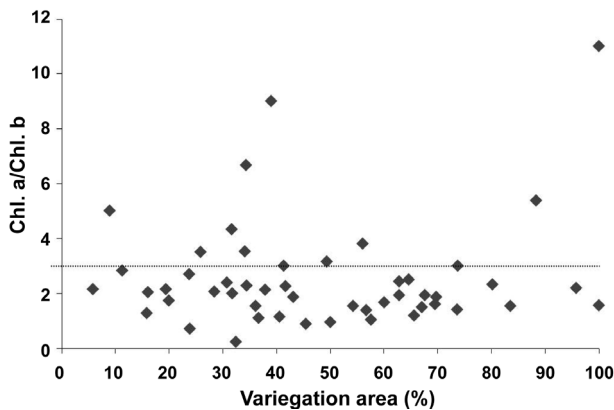


Fig. 2. Relationships between variegation area ratio and chlorophyll a/b ratio in variegated leaves of 54 foliage plants. Dotted line represents the ratio of 3.0. Data were derived from Tables 2 to 7.

Table 8. Classification of leaf variegation patterns of foliage plants used in this experiment by variegation area ratio.

Variegation area ratio (%)	Variegation pattern ^z (mean ratio)
< 40	Border (33.6%), stars (36.4%), firewood (35.0%)
40-50	Half (42.5%), vein (43.1%)
50-60	Collapsed border (50.4%), silk (51.8%)
60-70	Steps (60.8%)
≥ 70	Entirety (98.6%)

^zThese patterns were observed in more than three species or cultivars.

반 정도를 차지하였다. 반면 복륜(33.6%), 별무늬(36.4%), 장작무늬(35.0%) 등은 반입면적 비율이 40% 미만이었으며, 계단무늬와 초심무늬는 60% 이상으로 많았는데, 특히 초심무늬의 경우 98.6%로 잎의 대부분이 반입무늬였다. 반입무늬는 식물의 정성적인 특성이라 반입면적 비율과 상관관계를 분석하기는 부적합하다고 판단되었다. 다만, 관엽식물을 이용한 장식에 있어서 식물 선정 시 참고자료로 사용할 수 있다고 생각된다.

이 연구에 사용된 반입식물의 색깔은 백색, 은백색, 은색, 황백색, 황색, 적색 등 크게 6가지로 관찰되었다(Table 9). 이 중 silvery white 반입은 반입 면적비가 35.6%로 가장 적었는데 비해 silver는 80.4%로 가장 많았다. 나머지 4가지 색의 반입 면적비는 41.4-57.5%로 전체 엽면적의 절반 정도를 차지하였다.

총 엽록소 함량은 반입색이 silver일 경우 평균 $0.24\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ FW로 낮았고, silvery white일 경우 평균 $0.51\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ FW로 높았다(data not shown). 이는 반입 면적비와 반입색의 관계(Table 9)와는 반대의 결과로 반입 면적비가 높은 silver에서 엽록소 함량은 낮았음을 의미한다. 그러나 엽록소 함량이나 엽록소 a:b 값의 편차가 커서(Fig. 2) 반입 면적비와 엽록소 함량 또는 반입색의 관계를 좀더 구체적으로 제시하기에는 한계가 있었다. 즉 반입식물은 주로 영양번식으로 증식되며 반입 발현의 원인이 키메라 현상에 의한 엽록소의 생산 조직의 부족이나 결여, 안토시아닌 등 다른 색소의 발생, 잎 표면으로부터의 빛 반사에 의한 시각적 효과 등으로 다양하여(Kim et al., 2005) 그 무늬나 색은 종 또는 계통의 특성이라 판단된다. 또한 그 원인이 엽록체가 결여된 조직의 존재로 인한 키메라 현상일 경우에는 유전적 안정성이 떨어지거나 종 또는 계통 내에서도 반입 무늬나 면적, 색상이 다른 경우도 있다(Sakamoto, 2003).

다만 본 연구 결과 과나 속 또는 종별로 엽록소 a:b의 비율은 일부 공통적인 특성을 가졌다. 천남성과(Araceae)와

Table 9. Classification of leaf variegated colors of foliage plants used in this experiment by variegation area ratio.

Variegation area ratio (%)	Variegated color ^z (mean ratio)
< 40	Silvery white (35.6%)
40-50	White (42.5%), yellowish white (41.4%), yellow (44.3%)
50-60	Red (57.5%)
60-70	-
≥ 70	Silver (80.4%)

^zThese colors were observed in more than three species or cultivars.

두릅나무과(Araliaceae)의 전체 엽록소 a:b의 비율이 본 실험에 사용된 다른 과보다 높은 편이었다. 엽록소 a:b의 종별 특성을 보면, 용설란과(Agavaceae)의 *Cordyline terminalis*와 *Sansevieria trifasciata*의 엽록소 a:b가 각각 1.54-1.88와 1.20-1.67로 그 변이 폭이 좁았으며, *Dracaena* 속의 많은 종들도 *D. sanderiana*를 제외하면 0.89-2.44로 낮은 수준에서 좁은 분포 범위를 보였다(Table 2). 그리고 엽록소 a:b가 3.0보다 높았던 *D. sanderiana*, *E. pinnatum*, *Monstera standleyana*, *Begonia rex* 등은 엽록소 a 함량은 다른 종과 유사하지만 엽록소 b의 함량이 낮은 특성을 보였고(Table 2, 3, and 5), 다른 종들도 유사하였다.

양적 반입은 환경조건의 영향을 받는데 *Dieffenbachia*와 같은 관엽식물은 광도가 낮아지면 엽 내 엽록소 함량이 증가하고 무늬가 열어지지만(Chen et al., 2005; Poole and Conover, 1979), *Peperomia*에서는 차광률이 20%에서 73%로 높아질수록 반입 면적이 증가하였다(Shen and Seeley, 1983). 그리고 식물생장조절제, 환경 조건, 재배관리방법 등을 조절하거나 방사선 조사를 통해 무늬의 발현은 달라질 수 있었다(Hong et al., 1994; Kwack and Lee, 1997a, 1997b; Lee et al., 2004; Park et al., 2008; Shen and Seeley, 1983). 따라서 광도 등 환경변화에 따른 반입에 변화에 대해서도 체계적인 연구가 필요하다. 한편 질적 반입의 예로 *Arabidopsis thaliana*는 핵 내 열성유전자의 작용이나 불완전한 색소체에 의해 발현되었다(Liu et al., 2010; Sakamoto, 2003). 그리고 한국춘란의 경우 세포질 내 그라나층이 불완전하거나 전혀 관찰되지 않은 엽록체 이상으로 속빛무늬(중투)나 백자 무늬가 관찰되었다(Lee et al., 1995).

이 연구에서는 기존에 15개로 분류되었던 반입 무늬(Kim et al., 2005)에 5개를 더하여 총 20개의 무늬를 제시하였다. 그리고 국내에서 유통 및 이용되고 있는 주요 반입식물 54종 또는 품종에 대해 무늬의 특성과 반입 면적비, 엽록소 함량과 엽록소 a:b 함량비를 비교 분석하여 여러 관점에서 분류해 보았다. 이러한 결과는 다소 불명확한 부분은 있었으나 반입식물의 육종, 관리 및 이용에 있어 기초자료가 될 것으로 판단된다. 앞으로 시장성이 크고 반입 발현이 안정적인 종들을 선발하여 동일한 환경조건에서 생육시킨 후 나타나는 반입 특성에 대한 정밀한 연구를 수행하거나 환경조건을 달리하여 반입의 특성 변화를 구명할 필요가 있다고 생각된다.

초 록

이 연구에서는 국내에서 유통되고 있는 반입 관엽식물의

무늬의 특성을 체계적으로 정리하고 분류하여 이용 및 육종의 기초자료를 제공하고자 반입의 형태 및 색, 면적비, 그리고 잎의 엽록소 함량을 조사 및 분석하였다. 주요 관엽식물 중에서 국내 시장에서 확보할 수 있는 반입식물 6개과, 18속, 54종 또는 품종을 선정하여 재료로 사용하였다. 반입의 형태는 계단, 복륜, 복륜봉괴, 모래복륜, 절반, 비단, 별, 엽맥, 장작, 장작복륜, 중심, 초심, 잎, 불규칙, 그물, 수박, 참외무늬 등 20종류였다. 반입의 색깔은 암록, 적, 암적, 적백, 적황, 백, 은, 은백, 황백, 황색 등이었다. 반입 면적비는 5.8%에서 100%까지 중에 따라 다양하였는데, 초심의 반입 면적비율이 98.6%로 가장 높았고, 계단무늬도 60.8%로 비교적 높았다. 반면, 복륜, 별, 장작무늬 등은 33.6-36.4%로 비율이 낮았고, 절반 및 엽맥 무늬도 43% 정도로 낮았다. 반입의 엽록소 함량은 일반식물에 비해 적은 편이었으나, 엽록소 a와 b의 비율은 일반식물에 비해 b의 비율이 높은 경향이었다. 특히 *Stromanthe sanguinea* 'Triostar', *Dracaena fragrans* 'Massangeana Compacta'의 복륜봉괴 무늬종, *D. reflexa* 'Song of India' 및 *Tradescantia spathacea*의 엽록소 b함량이 a보다 많았다.

추가 주요어 : 실내식물, 엽색, 음지식물, 반입 면적비

인용문헌

- Bae, K.S., S.D. Yun, W.S. Lee, and K.-Y. Yu. 2006. Comparison of sensory evaluation and instrumental analysis for the determining intensity of green color in leaf. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 24:515-519.
- Boardman, N.K. 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 28:355-377.
- Byun, M.S., J.H. Lee, J.S. Kim, and K.W. Kim. 2008. Development of floral designs by using potted plants. *Flower Res. J.* 16:186-195.
- 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.
- Cheong, D.C., H.C. Lim, H.B. Park, and Y.J. Song. 2005. Effect of shading period and level on growth and flowering of *Gypsophila paniculata*. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 23:433-439.
- Dole, J.M. and H.F. Wilkins. 2005. *Floriculture: Principles and species*. 2nd ed. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Ha, S.H. 2006. *Plants of world flower arrangement*. Professional Floral Library, Seoul, Korea.
- Hikosaka, K. and I. Terashima. 1995. A model of the acclimation of photosynthesis in the leaves of C3 plants to sun and shade with respect to nitrogen use. *Plant Cell Environ.* 18:605-618.
- Hong, J., J.S. Lee, and B.H. Kwack. 1994. Influence of 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.
- Kim, H.J., N.R. Joo, and J.S. Lee. 2008. Effects of different shading on the growth and leaf color of variegated *Arundinaria munsuensis* and *Carex ciliato-marginata* for. *variegata*. Flower Res. J. 16:284-290.
- Kim, K.W., K.S. Kim, J.H. Kim, H.Y. Kim, K.Y. Baek, and J.S. Lee. 2005. Floricultural materials and morphology. Wizvalley, Seoul, Korea.
- Kim, P.K. and E.J. Lee. 2001. Ecophysiology of photosynthesis. 2. Adaptation of the photosynthetic apparatus to changing environment. Kor. J. Agr. Forest Meteorol. 3:171-176.
- Kwack, B.H. 2007. Flower decorations for our recent human welfare. J. Kor. Flower Design 1:1-12.
- Kwack, H.R. and J.S. Lee. 1997a. Effects of different light intensities and plant growth retardants on leaf-variegated *Tradescantia*, *Hypoestes*, *Trachospermum*. J. Kor. Flower Res. Soc. 6:1-10.
- Kwack, H.R. and J.S. Lee. 1997b. Effects of uniconazole and gibberellins on leaf-variegation of ornamental plants under different light conditions. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 38:754-760.
- Lee, D.W., J.D. Chung, and M.U. Chang. 1995. Electronmicroscopic observation of chloroplast in variegated leaf mutants of Korean native *Cymbidium goeringii*. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 36:574-581.
- Lee, S.Y., J.H. Ahn, and H.J. Kim. 2004. Characteristics of growth and flowering by nitrogen levels in *Sedum sarmentosum*. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 22:426-430.
- Liu, X., F. Yu, and S. Rodermel. 2010. Arabidopsis chloroplast FtsH, *var2* and suppressors of *var2* leaf variegation: A review. J. Integr. Plant Biol. 52:750-761.
- Park, J.O., H.S. Cho, M.Y. Park, Y.S. Jo, S.Y. Kang, S.N. Kwack, and B.G. Heo. 2008. Effect of gamma ray irradiation on seed germination, growth and variant induction in *Hosta plantaginea* and *Farfugium japonicum*. Flower Res. J. 16:128-133.
- Poole, R.T. and C.A. Conover. 1979. Influence of shade and nutrition during production and dark storage simulating shipment on subsequent quality and chlorophyll content of foliage plants. HortScience 14:617-619.
- Sakamoto, W. 2003. Leaf-variegated mutations and their responsible genes in *Arabidopsis thaliana*. Genes Genet. Syst. 78:1-9.
- Shen, G.W. and J.G. Seeley. 1983. The effect of shading and nutrient supply on variegation and nutrient content of variegated cultivars of *Peperomia obtusifolia*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108:429-433.
- Wang, Y.T. and C.A. Boogher. 1990. Effect of stock plant shading, development stage and cytokinin on growth and lateral branching of *Syngonium podophyllum* 'White Butterfly'. Scientia Hort. 33:137-145.
- Yoshida, S., D.A. Forno, J.A. Cock, and K.A. Cock. 1976. Laboratory manual for physiological studies of rice. 3rd ed. The International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines. p. 43-45.