

# Effects of LED Light Intensity on the Growth of *Begonia peltatifolia*

Naifeng Fu<sup>1</sup>, Bin Zhao<sup>1,2</sup>, Daike Tian<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Shanghai Chenshan Plant Science Research Center of Chinese Academy of Sciences, Shanghai Chenshan Botanical Garden, Shanghai

<sup>2</sup>Shanghai Key Laboratory of Plant Functional Genomics and Resources, Shanghai  
Email: funaifengtea@163.com, \*dktian@sibs.ac.cn

Received: Aug. 12<sup>th</sup>, 2018; accepted: Aug. 27<sup>th</sup>, 2018; published: Sep. 4<sup>th</sup>, 2018

## Abstract

*Begonia* is an ornamental plant preferring shady environment for growth. However, little is known on the optimum light intensity for cultivating and producing it inside the building and horticultural facilities such as shade house. The potted seedlings of *Begonia peltatifolia* were treated by LED light at different light intensities (400, 1500, 2000, 2500, 3000, and 3500 lx) to investigate the effects of light on plant growth in plant growth room at 26°C. The highest values of leaf number (14.6), petiole length (6.76 cm), petiole diameter (3.44 mm), leaf area (42.33 cm<sup>2</sup>), fresh weight (45.45 g) and dry weight (1.87 g) of the aboveground part of *B. peltatifolia* appeared at 2000 lx treatment, while the dry weight of underground part, and root-shoot ratio reached the lowest (0.31 g and 0.17, respectively) at the same light intensity. The highest values of stomatal conductance (0.077 mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>) and leaf photosynthesis (0.65 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>) of *B. peltatifolia* also appeared at 2000 lx, while the intercellular CO<sub>2</sub> concentration reached the lowest (316.52 μmol CO<sub>2</sub> mol<sup>-1</sup>) and the transpiration rate was relatively low (1.07 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>) under the same light intensity. The optimum light for cultivation of *B. peltatifolia* was 2000 lx in this study, which can be used as a reference for growing this species in the indoor, shade house and other horticultural facilities.

## Keywords

Cultivation and Production, *Begonia peltatifolia*, Light Intensity, Plant Growth Room, LED Light

# 不同LED光照强度对盾叶秋海棠生长的影响

付乃峰<sup>1</sup>, 赵斌<sup>1,2</sup>, 田代科<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>上海辰山植物园, 中国科学院上海辰山植物科学研究中心, 上海

<sup>2</sup>上海市资源植物功能基因组学重点实验室, 上海

Email: funaifengtea@163.com, \*dktian@sibs.ac.cn

\*通讯作者。

## 摘要

秋海棠属是典型的喜荫观赏植物, 但有关荫棚等园艺设施及室内条件下栽培该类植物所需的适宜光照知之甚少。本研究以盾叶秋海棠(*Begonia peltatifolia*)盆栽苗为材料, 在植物栽培室内(26℃)调查LED人工光源400、1500、2000、2500、3000、3500 lx六种光照强度对其生长和生理指标的影响。当光照强度为2000 lx时, 盾叶秋海棠的叶片数、叶柄长、叶柄直径、叶面积、地上部分鲜重与干重均出现最大值, 分别为14.60、6.76 cm、3.44 mm、42.33 cm<sup>2</sup>、45.45 g和1.87 g, 而地下部分干重及根冠比达到最小, 分别为0.31g和0.17; 气孔导度与光合作用速率最大, 分别为0.077 mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>和0.65 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>, 但胞间CO<sub>2</sub>浓度最小, 为316.52 μmol CO<sub>2</sub> mol<sup>-1</sup>, 蒸腾速率较低, 为1.07 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>。结果表明2000 lx为植物生长的最佳光照强度, 可作为室内、荫棚或其它园艺设施内栽培盾叶秋海棠时参考。

## 关键词

栽培生产, 盾叶秋海棠, 光照强度, 植物栽培室, LED光源

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

秋海棠(*Begonia* L.)作为一类重要的观赏植物, 多样性十分丰富, 种类繁多, 已知约 1800 种, 为第六大属被子植物[1] [2] [3]。我国秋海棠属已发现近 200 种(不含种下类群) [2] [3] [4] [5] [6], 资源相当丰富, 但与欧美等发达国家相比, 在栽培育种方面起步晚、技术落后, 迄今为止, 仅有中国科学院昆明植物园培育出‘昆明鸟’、‘健绿’、‘白云秀’等 27 个品种[7] [8] [9] [10], 对种质资源的开发利用还处于起步阶段。目前, 全球在资源调查、分类及系统演化等研究方面已开展了大量工作[5] [11] [12] [13], 栽培繁殖、育种及生物学特性[14] [15] [16]等方面也有若干报道, 但对于荫棚等园艺设施及家庭居室等特定环境条件下光强、温度和湿度等环境因子对秋海棠生长发育的影响研究很少。LED 光源广泛应用到实验和作物的栽培生产实践中, 尤其是温室、大棚和室内等非露天环境。秋海棠属于喜荫植物, 很适合室内栽培观赏, 选择适宜的 LED 光质和光照强度对秋海棠的栽培十分重要。

盾叶秋海棠(*Begonia peltatifolia* H. L. Li)为我国特有种, 仅产于海南省的局部石灰山区, 前期初步实验表明: 该种对基质要求不高, 环境耐受力强, 很适宜于室内和庭院栽培观赏(未发表数据)。为促进盾叶秋海棠的栽培推广与观赏应用, 本研究在室内盆栽条件下比较分析不同光照强度对其生长发育影响, 分析所需的适宜光照强度, 以期为本种及其它秋海棠属植物在园艺设施、室内条件下的科学栽培管理提供借鉴。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 试验材料

以盾叶秋海棠(*Begonia peltatifolia*) (图 1)为试验材料。该种分布于中国海南的白沙、文昌等[17]海拔



**Figure 1.** Potted adult plant of *B. peltatifolia*  
**图 1.** 盆栽盾叶秋海棠成苗

200~1500 米的地区，一般着生于贫瘠的土壤和石缝中[18]。该种叶片呈盾形，均基生，具较长叶柄，叶片厚而硬，是目前已知叶片厚度最大的秋海棠；花粉白色，成簇，花期较长，可从当年 10 月开至次年 4 月，长达半年，株型紧凑优美，观赏价值高，耐旱能力强，市场开发潜力大。

课题组成员从海南东方市俄贤乡南浪村俄贤岭的野生居群中采集植株，栽培授粉后获得种子并培养成苗。基于多年的栽培经验，栽培基质采用腐叶土:珍珠岩:松树皮 = 1:1:1 的配比方式。其中，腐叶土为日本进口，家庭园艺通用类型；珍珠岩均过 16 目/寸筛；松树皮长、宽均为 5 mm。

## 2.2. 试验方法

在植物栽培实验房间内，将前期培养的大小相近，具 4~5 片小叶的盾叶秋海棠幼苗移栽至口径 10 cm、高 8 cm 的方形塑料盆中，驯苗 10 天。根据秋海棠光强胁迫影响其生长的研究，光照强度为 1500 lx 已影响秋海棠的健康生长[19]。结合家庭室内光照强度变化，实验设置 400 (不开灯)、1500、2000、2500、3000、3500 lx 共 6 个光照强度梯度(光源: Philips Lifemax TLD 36W/865 Cool Daylight)，光照/黑暗 = 12 h/12 h，栽培室内温度为 26℃，相对湿度 65%~70%。每种光照处理 5 株，3 次重复，常规管理(栽培基质保持湿润，每次浇水 200 mL；每 15 天施肥一次，采用通用型花多多水溶肥，稀释 1000 倍，每次 200 mL/株)，定期观察记录植株生长情况。光照处理栽培 3 个月，定期测定盾叶秋海棠的各种生长指标(叶片数、叶柄长、叶柄直径、叶面积、地上部分鲜干重、地下部分干重、根冠比)和生理指标(叶绿素含量、气孔导度、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度、蒸腾速率、光合作用速率)的变化。

生长指标的测定：叶片数目直接计数得到；叶柄长为茎基部到叶基之间的距离，用刻度尺直接测量；叶柄直径以靠近茎部 5 mm 处为准，用游标卡尺测量得到；叶面积的测定采用叶片最大投影面积法完成，每株随机选择 3 片成熟叶片，使用数码相机拍摄叶片形态，拍照时加刻度尺，用扫描仪扫描照片[20] [21]来计算叶面积；地上部分鲜重指栽培基质以上新鲜植株全部重量，此部分烘干后为地上部分干重；地下部分干重为根部烘干后的重量；根冠比的计算：根冠比 = 地下部分干重/地上部分干重。

生理指标的测定：叶绿素含量采用手持式叶绿素仪 SPAD-502 plus (Konica Minolta Sensing, Inc., Japan) 在每株所有叶片同一位置测定，结果取平均值计算获得[22]；气孔导度、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度、蒸腾速率和光

合作用速率为栽培 87 天后, 用 Li-6400 XT 光合仪测定, 测定时间为上午 9:00~11:00。

用 Excel 2007 对实验数据进行整理, 采用 SPSS 20.0 做方差分析和差异显著性( $p < 0.05$ )检验。

### 3. 结果与分析

#### 3.1. 光照强度对盾叶秋海棠生长指标的影响

##### 3.1.1. 光照强度对盾叶秋海棠叶片数、叶柄长、叶柄直径和叶面积的影响

光照强度对盾叶秋海棠的生长有较为明显的影响, 移栽光照处理 80 天后植株的生长情况如图 2 所示。光照强度对盾叶秋海棠叶片数、叶柄长、叶柄直径和叶面积的影响变化趋势一致(表 1): 随着光照强度由 400 lx 增大至 2000 lx, 叶片数(死亡无、 $7.61 \pm 0.52b$ 、 $14.60 \pm 1.71a$ )、叶柄长(死亡无、 $4.97 \pm 0.18c$ 、 $6.76 \pm 0.13a$ )、叶柄直径(死亡无、 $2.83 \pm 0.03b$ 、 $3.44 \pm 0.12a$ )和叶面积(死亡无、 $27.13 \pm 0.55c$ 、 $42.33 \pm 0.28a$ )均显著增加, 且这四项指标在 56 d~84 d 的增长幅度较 56 d 之前大, 表明植株在上盆 2 月之后增长更迅速; 光照强度由 2000 lx 增大至 2500 lx, 叶片数和叶面积在 28 d~56 d 时显著增加, 其它时间段差异不显著, 叶柄长和叶柄直径在



Figure 2. Potted *B. peltatifolia* with light intensity treatment for 80 d after transplanting

图 2. 移栽 80 天后盾叶秋海棠情况

Table 1. Effects of light intensity on leaf number, petiole length, petiole diameter and leaf area of *B. peltatifolia*

表 1. 光照强度对盾叶秋海棠叶片数、叶柄长、叶柄直径和叶面积的影响

生长指标	处理时间/天	光照强度/勒克斯					
		400	1500	2000	2500	3000	3500
叶片数/片	28	$3.80 \pm 0.20e$	$4.27 \pm 0.12d$	$5.33 \pm 0.12a$	$5.26 \pm 0.23ab$	$5.00 \pm 0.20b$	$4.67 \pm 0.12c$
	56	$2.33 \pm 0.12e$	$4.33 \pm 0.20d$	$6.33 \pm 0.20a$	$5.67 \pm 0.12b$	$5.33 \pm 0.20c$	$5.26 \pm 0.23c$
	84	-	$7.61 \pm 0.52b$	$14.60 \pm 1.71a$	$14.08 \pm 0.64a$	$13.07 \pm 0.90a$	$12.73 \pm 0.84a$
叶柄长/厘米	28	$4.15 \pm 0.05b$	$4.25 \pm 0.15b$	$5.08 \pm 0.21a$	$5.00 \pm 0.32a$	$4.37 \pm 0.23b$	$4.20 \pm 0.21b$
	56	$3.47 \pm 0.03d$	$4.70 \pm 0.09c$	$5.57 \pm 0.03a$	$5.51 \pm 0.05a$	$5.34 \pm 0.10b$	$5.24 \pm 0.14b$
	84	-	$4.97 \pm 0.18c$	$6.76 \pm 0.13a$	$6.71 \pm 0.38a$	$6.54 \pm 0.06ab$	$6.30 \pm 0.16b$
叶柄直径/毫米	28	$2.09 \pm 0.11c$	$2.56 \pm 0.12b$	$2.88 \pm 0.17a$	$2.89 \pm 0.14a$	$2.66 \pm 0.13b$	$2.59 \pm 0.12b$
	56	$2.04 \pm 0.02d$	$2.68 \pm 0.13c$	$3.20 \pm 0.04a$	$3.16 \pm 0.02a$	$3.04 \pm 0.02b$	$3.01 \pm 0.05b$
	84	-	$2.83 \pm 0.03b$	$3.44 \pm 0.12a$	$3.39 \pm 0.17a$	$3.36 \pm 0.06a$	$3.35 \pm 0.10a$
叶面积/厘米 <sup>2</sup>	28	$14.75 \pm 0.15c$	$18.56 \pm 0.17b$	$26.34 \pm 0.22a$	$25.05 \pm 0.21a$	$21.57 \pm 0.09b$	$20.08 \pm 0.13b$
	56	$10.18 \pm 0.20f$	$21.11 \pm 0.46e$	$34.29 \pm 0.70a$	$31.77 \pm 0.74b$	$28.99 \pm 0.36c$	$26.24 \pm 0.19d$
	84	-	$27.13 \pm 0.55c$	$42.33 \pm 0.28a$	$38.45 \pm 0.41ab$	$37.99 \pm 0.40b$	$36.16 \pm 0.19b$

注: -表示处理组植株死亡; 同列中不同小写字母表示处理间差异显著( $P < 0.05$ )。

各时间段均无显著差异；光强大于 2000 lx 时，四项指标在 56 d~84 d 的增长幅度均明显大于 56 d 之前。

综合 6 种光强处理盾叶秋海棠叶片数、叶柄长、叶柄直径和叶面积的变化可知，光强为 400 lx 时盾叶秋海棠的植株长势随栽培时间延长逐渐变差，并最终死亡，表明光强太弱，不适宜其生长；光强为 2000 lx 时，各个指标均达到最大值，且上盆 56 d 后各指标增加更明显，上盆 2 月之后更利于植株生长，表明本实验中 2000 lx 可能为室内栽培盾叶秋海棠的最佳光照条件。

### 3.1.2. 光照强度对盾叶秋海棠地上部鲜干重、地下部干重和根冠比的影响

地上部分鲜重与干重、地下部分干重和根冠比是反映植物养积累的重要指标[23]。光照强度对盾叶秋海棠地上部分鲜重和干重的影响趋势变化一致。由表 2 可以看出，当光照强度由 1500 lx 增大至 2000 lx，地上部分鲜重和干重均显著增加，随着光照强度继续增大，地上部分鲜重、干重先显著降低，而后趋于稳定，光照强度为 2000 lx 时达到最大值。地下部分干重在光照强度小于 2000 lx 时，随光照强度增加递增，光照强度强由 2000 lx 增大至 3000 lx，地下部分干重随光照强度的增加而递减；当光照强度大于 3000 lx 时，地下部分干重又逐渐增大，光照强度为 3500 lx 时达到最大值。根冠比是反映生物量积累的重要标志[24]，根冠比越大，表明植物营养积累向根部运输的越多，植株长势越差[25]。在表 2 中，光照强度由 1500 lx 增大至 2000 lx，根冠比显著降低；光照强度由 2000 lx 增大至 2500 lx，根冠比趋于稳定，比值最小；随着光照强度继续增加，根冠比又显著增加。由此判断，在室内栽培条件下，本实验表明 2000 lx 为盾叶秋海棠低光强下生长的最佳光强。

### 3.2. 光照强度对盾叶秋海棠生理指标的影响

光照强度对盾叶秋海棠生理指标的影响由表 3 可以看出。在室内栽培条件下，不同光照处理盾叶秋

**Table 2.** Effects of light intensity on the fresh and dry weight of the aboveground part, dry weight of the underground part and root-shoot ratio of *B. peltatifolia*

**表 2.** 光照强度对盾叶秋海棠地上部分鲜干重、地下部分干重和根冠比的影响

光照强度/勒克斯	地上部分鲜重/克	地上部分干重/克	地下部分干重/克	根冠比
400	-	-	-	-
1500	22.27 ± 0.84c	0.67 ± 0.03c	0.18 ± 0.01d	0.27 ± 0.01a
2000	45.45 ± 0.63a	1.87 ± 0.01a	0.31 ± 0.02c	0.17 ± 0.01d
2500	39.72 ± 0.27b	1.71 ± 0.05b	0.27 ± 0.01c	0.17 ± 0.01d
3000	39.53 ± 0.40b	1.66 ± 0.07b	0.31 ± 0.03b	0.19 ± 0.01c
3500	39.50 ± 0.14b	1.66 ± 0.04b	0.41 ± 0.03a	0.25 ± 0.01b

注：-表示处理组植株因死亡而缺数据。

**Table 3.** Effects of light intensity on the chlorophyll content, stomatal conductance, intercellular CO<sub>2</sub> concentration, transpiration rate and leaf photosynthesis rate of *B. peltatifolia*

**表 3.** 光照强度对盾叶秋海棠叶绿素含量、气孔导度、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度、蒸腾速率和光合作用速率的影响

光照强度/lux	叶绿素含量 /mg/g FW	气孔导度 /mol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup>	胞间 CO <sub>2</sub> 浓度 /μmol CO <sub>2</sub> mol <sup>-1</sup>	蒸腾速率 /mmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup>	光合作用速率 /μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup>
400	-	-	-	-	-
1500	40.59 ± 0.75d	0.023 ± 0.006d	394.73 ± 8.49ab	0.52 ± 0.04d	0.30 ± 0.01d
2000	43.89 ± 0.53c	0.077 ± 0.006a	316.52 ± 2.90d	1.07 ± 0.06c	0.65 ± 0.02a
2500	44.38 ± 0.59bc	0.077 ± 0.006a	374.49 ± 2.55c	1.33 ± 0.04b	0.57 ± 0.04b
3000	45.69 ± 0.16b	0.053 ± 0.006b	384.78 ± 7.67bc	1.38 ± 0.02ab	0.54 ± 0.03b
3500	48.38 ± 0.47a	0.037 ± 0.006c	398.66 ± 9.97a	1.43 ± 0.04a	0.48 ± 0.03c

注：Cond、Ci、Tr、Pn 分别代表气孔导度、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度、蒸腾速率和光合作用速率；-表示处理组植株因死亡而缺数据；同列中不同小写字母表示处理间差异显著(P < 0.05)。



海棠叶片的叶绿素含量和蒸腾速率变化趋势相同，二者均随光照强度增加而递增。气孔导度和光合作用速率随光强变化的趋势也大致相同，当光照强度由 1500 lx 增大至 2000 lx，气孔导度和光合作用速率均达到最大值；当光照强度继续增大，光合作用速率则显著减小，而气孔导度先趋于稳定而后显著减小，在光照强度为 2000~2500 lx 时，气孔导度无显著差异。随光照强度增加，胞间 CO<sub>2</sub> 浓度先减小后增加，光照强度为 2000 lx 时达到最小。

综上，气孔导度与光合作用速率随光照强度的变化，有近乎一致的变化规律[26]，室内栽培时，二者均在 2000 lx 时达到最大值，胞间 CO<sub>2</sub> 浓度在光强为 2000 lx 时均达到最小值，表明本实验不同光照处理中 2000 lx 是盾叶秋海棠室内生长的最佳光强。

#### 4. 结论与讨论

无论在园艺设施还是家居室内栽培条件下，兰科、秋海棠、姜科、苦苣苔科及蕨类植物等阴性植物需适当的光照强度才能正常生长，只有光照、湿度、温度等综合条件适宜，植物才会表现良好。本研究发现，盾叶秋海棠在 400 lx 的光照强度下生长 65 天后即死亡，而其它光照条件下则能生长，说明其可耐低光强，但适应性有一定范围，在极弱光强(如 400 lx 及以下)环境中也无法长期生存。当光照强度达到 2000 lx 时，其生长指标和生理指标均达到最大值，生物量积累稳定，植株生长最佳，表明此光照度为盾叶秋海棠的最宜生长光照条件，该种不需要较高的光强，同以往报道的大王秋海棠品种(Rex-cultorum)情况类似[27]。当光照强度超过 2000 lx，各项指标开始下降，体现出相关形态和生理指标对强光胁迫的反应，说明光照过强不利于盾叶秋海棠的生长，下降的原因可能由于光照过强导致植株和基质水分蒸发过快、叶片组织受到轻微光伤害等，具体原因有待进一步研究分析。在栽培及园林实践中，光照过强，四季秋海棠等园艺品种往往表现植株矮小、叶片受日光灼伤、叶色不鲜艳、植株生长不良等综合特征。

由于春节假期无法继续开展试验观察和数据采集，本试验只持续了 3 个月，植株生长期相对较短，盾叶秋海棠尚未达到开花时间。加之试验在栽培室内展开，光照强度稳定，管理措施细致得当，秋海棠的整个生长过程中未观察到病虫害的发生。但在现实中，室内栽培秋海棠往往会受到光照不足或过强、病虫害影响等，植株表现出矮小瘦弱，叶片发黄干枯等不良现象[28]，因此，选择适宜的光照强度是植物保持良好生长状态的一个关键条件[29] [30]。室内栽培盾叶秋海棠时，应综合考虑多方面因素，夏季光照过强时，应偏离阳台等强光地方或适度遮阳；冬季光线弱时，应将其置于阳台处或人工补充光照。

本试验虽然设计了 6 个不同光照强度处理，但梯度差异稍大(500 lx)，因此难以获得更精确的最佳光照适宜范围。改变温湿度和栽培基质配比，优化浇水、施肥等管理模式是否促进盾叶秋海棠的生长也不明确，这些均需要进一步研究探讨。针对不同种类秋海棠对最佳光照强度的需求差异，探索出适于秋海棠健康生长的设施环境和栽培管理办法，将更有利于秋海棠属植物在荫棚等园艺设施内繁殖生产、保育和室内栽培观赏，从而推动我国秋海棠资源的开发利用和产业发展。

#### 致 谢

此实验是在上海辰山植物园科研实验栽培间完成的，感谢单位平台部提供的实验场地。尤其感谢邵文师姐对我测定叶绿素含量、光合速率时给予的指导和帮助。还有课题组的其它同事，在此一并感谢！

#### 基金项目

上海市绿化和市容管理局攻关项目(F112421)；上海市绿化和市容管理局科学技术项目(G162414, G172408)；上海市科学技术委员会课题(14DZ2260400)。

## 参考文献

- [1] Aitawade, M.M. and Yadav, S.R. (2012) Taxonomic Status of *Begonia aliciae* (Begoniaceae). *Rheedea*, **22**, 111-115.
- [2] Peng C.I., Wang, H., Kono, Y., *et al.* (2014) *Begonia wui-senioris* (sect. *Platycentrum*, Begoniaceae), a New Species from Myanmar. *Botanical Studies*, **55**, 1-6. <https://doi.org/10.1186/1999-3110-55-13>
- [3] 田代科, 李春, 肖艳, 等. 中国秋海棠属植物的自然杂交发生及其特点[J]. 生物多样性, 2017, 25(6): 654-674.
- [4] Tian, D.K., Li, C., Yan, Y.H., *et al.* (2014) *Begonia intermedia*, a New Species of Begoniaceae from Hainan, China. *Phytotaxa*, **166**, 114-122. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.166.2.2>
- [5] Tian, D.K., Li, C., Li, C.H., *et al.* (2015) *Begonia pulchrifolia* (sect. *Platycentrum*), a New Species of Begoniaceae from Sichuan of China. *Phytotaxa*, **207**, 242-252. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.207.3.2>
- [6] Tian, D.K., Li, C., Yan, Y.H., *et al.* (2016) *Begonia leipingensis* (Begoniaceae), a New Compound-Leaved Species with Unique Petiolule Pattern from Guangxi of China. *Phytotaxa*, **244**, 45-56. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.244.1.3>
- [7] 田代科, 管开云, 李景秀, 等. 秋海棠新品种: ‘白王’, ‘银珠’和‘热带女’[J]. 园艺学报, 2001, 28(3): 281-282.
- [8] 田代科, 管开云, 李景秀, 等. 秋海棠新品种: ‘大白’, ‘健绿’, ‘美女’和‘中大’[J]. 园艺学报, 2002, 29(1): 90-91.
- [9] 柏斌. 中科院昆明植物所7个秋海棠新品种通过专家鉴定[J]. 中国花卉园艺, 2011(18): 14.
- [10] 李景秀, 管开云, 李爱荣, 等. 秋海棠新品种‘黎红毛’和‘白云秀’[J]. 园艺学报, 2014, 41(5): 1043-1044.
- [11] Peng, C.I., Yang, H.A., Kono, Y., *et al.* (2013) Novelties in *Begonia* sect. *Coelocentrum*: *B. longgangensis* and *B. ferrox* from Limestone Areas in Guangxi, China. *Botanical Studies*, **54**, 1-9. <https://doi.org/10.1186/1999-3110-54-44>
- [12] Dewitte, A., Twyford, A.D., Thomas, D.C., *et al.* (2011) The Origin of Diversity in *Begonia*: Genome Dynamism, Population Processes and Phylogenetic Patterns. The Dynamical Processes of Biodiversity-Case Studies of Evolution and Spatial Distribution, **448**, 20-29. <https://doi.org/10.5772/23789>
- [13] Rubite, R.R., Hughes, M., Blanc, P., *et al.* (2015) Three New Species of *Begonia* Endemic to the Puerto Pincasa Subterranean River National Park, Palawan. *Botanical Studies*, **56**, 1-14. <https://doi.org/10.1186/s40529-015-0099-1>
- [14] 邵玲, 梁霞. 秋海棠科紫背天葵生物学特性[J]. 农学学报, 2012, 2(8): 49-52.
- [15] 田代科, 管开云, 郭瑞贤, 等. 变色秋海棠的繁殖栽培[J]. 广西植物, 2001, 21(4): 375-380.
- [16] Roh, M.S., Bauchan, G.R., Murphy, C., *et al.* (2012) The Property and Effect of Bioplastic Pots on the Growth and Developmental Physiology of Lily and Begonia. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, **53**, 467-476. <https://doi.org/10.1007/s13580-012-1311-9>
- [17] 曾建飞. 中国植物志(第五十二卷第一分册)[M]. 北京: 科学出版社, 1999, 52(1): 153.
- [18] 傅立国, 洪涛. 中国高等植物[M]. 青岛: 青岛出版社, 2013: 255-284.
- [19] 常仁杰. 高温胁迫下两种叶色四季秋海棠的生理生化响应研究[D]: [硕士学位论文]. 临安: 浙江农林大学, 2013.
- [20] 肖强, 叶文景, 朱珠, 等. 利用数码相机和 Photoshop 软件非破坏性测定叶面积的简便方法[J]. 生态学杂志, 2005, 24(6): 711-714.
- [21] 胡耀升, 么旭阳, 刘艳红. 长白山森林不同演替阶段比叶面积及其影响因子[J]. 生态学报, 2015, 35(5): 1480-1487.
- [22] Arjenaki, F.G., Jabbari, R. and Morshedi, A. (2012) Evaluation of Drought Stress on Relative Water Content, Chlorophyll Content and Mineral Elements of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Varieties. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, **4**, 726-729.
- [23] 刘阿梅, 向言词, 田代科, 等. 生物炭对植物生长发育及重金属镉污染吸收的影响[J]. 水土保持学报, 2013, 27(5): 193-198.
- [24] 李旭东, 张春平, 傅华. 黄土高原典型草原草地根冠比的季节动态及其影响因素[J]. 草业学报, 2012, 21(4): 307-312.
- [25] Xu, W., Cui, K.H., Xu, A.H., *et al.* (2015) Drought Stress Condition Increases Root to Shoot Ratio via Alteration of Carbohydrate Partitioning and Enzymatic Activity in Rice Seedlings. *Acta Physiologiae Plantarum*, **37**, 1-11.
- [26] 杨泽粟, 张强, 郝小翠. 自然条件下半干旱雨养春小麦生育后期旗叶光合的气孔和非气孔限制[J]. 中国生态农业学报, 2015(2): 174-182.
- [27] Suradinata, Y.R., Rahman, R. and Hamdani, J.S. (2013) Paclobutrazol Application and Shading Levels Effect to the Growth and Quality of *Begonia* (*Begonia Rex-Cultorum*) Cultivar Marmaduke. *Asian Journal of Agriculture and Rural Development*, **3**, 566-575.

- [28] 丁鑫, 程建明, 张文青, 等. 四季秋海棠高效栽培技术[J]. 黑龙江生态工程职业学院学报, 2011(5): 3-5.
- [29] 王艺, 韦小丽. 不同光照对植物生长, 生理生化和形态结构影响的研究进展[J]. 山地农业生物学报, 2010, 29(4): 353-359.
- [30] Cheng, X.R., Liu, J., Shu, J., *et al.* (2014) Effects of Different Light Intensity on the Growth and Nutrients Content of *Gynura*. *Advanced Materials Research*, **955**, 3766-3769.  
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.955-959.3766>

**知网检索的两种方式:**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5507, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>  
期刊邮箱: [hjas@hanspub.org](mailto:hjas@hanspub.org)