

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201610033

引文格式: 赵斌, 付乃峰, 向言词, 等. 光照强度及栽培基质对秋海棠新品种‘宁明银’生长的影响 [J]. 广西植物, 2017, 37(9): 1153-1160

ZHAO B, FU NF, XIANG YC, et al. Effects of light intensity and planting substrates on the growth of *Begonia ningmingensis* ‘Ningming Silver’, a new begonia cultivar [J]. *Guihaia*, 2017, 37(9):1153-1160

# 光照强度及栽培基质对秋海棠新品种‘宁明银’生长的影响

赵斌<sup>1, 2, 3</sup>, 付乃峰<sup>1</sup>, 向言词<sup>3</sup>, 田代科<sup>1, 2\*</sup>

(1. 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 201602; 2. 上海市资源植物功能基因组学重点实验室, 上海 201602; 3. 湖南科技大学 生命科学学院, 湖南 湘潭 411201)

**摘要:** 秋海棠是世界著名的观赏植物, 不同种类和品种对栽培基质、光照、温度和湿度等生长环境条件的要求不同。‘宁明银’秋海棠是最近培育出的新品种, 具有很高的观赏价值和市场潜力, 但其栽培适宜条件还不清楚。为了摸索该品种的最佳栽培基质和光照条件, 该研究利用四种光强(遮光 45%、60%、75%、90%)和四种无土栽培基质(泥炭:珍珠岩=1:1;泥炭:珍珠岩:松树皮=1:1:1;腐叶土:珍珠岩:松树皮=1:1:1;玉米秆:珍珠岩:松树皮=1:1:1)在上海辰山植物园栽培大棚中开展盆栽试验, 比较分析‘宁明银’秋海棠的生长表现。结果表明:在遮光 45%条件下, 腐叶土、珍珠岩、松树皮同等比例混合的栽培基质中, ‘宁明银’秋海棠的叶片数、最大叶面积、地上部分鲜重与干重、地下部分干重均表现出最大值, 且该条件下植株的相对含水量和根冠比最小, 相对叶绿素含量也最高。因此, 盆栽‘宁明银’秋海棠的最佳无土栽培条件为腐叶土、珍珠岩、松树皮等比例混合栽培基质和 45%遮光, 利用此条件可指导‘宁明银’秋海棠的商品化盆栽生产。

**关键词:** 光照强度, 栽培基质, 银叶秋海棠, 新品种, 盆栽, 栽培大棚

中图分类号: Q949.9 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2017)09-1153-08

## Effects of light intensity and planting substrates on the growth of *Begonia ningmingensis* ‘Ningming Silver’, a new begonia cultivar

ZHAO Bin<sup>1, 2, 3</sup>, FU Nai-Feng<sup>1</sup>, XIANG Yan-Ci<sup>3</sup>, TIAN Dai-Ke<sup>1, 2\*</sup>

(1. *Shanghai Chenshan Plant Science Research Center of Chinese Academy of Sciences, Shanghai Chenshan Botanical Garden, 201602, Shanghai, China*; 2. *Shanghai Key Laboratory of Plant Functional Genomics and Resources, Shanghai, 201602, China*; 3. *School of Life Sciences, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, Hunan, China*)

收稿日期: 2017-01-11 修回日期: 2017-03-10

基金项目: 上海市绿化和市容管理局攻关项目 (F112421); 上海市科学技术委员会课题 (14DZ2260400); 湖南省环保科技项目 (湘财建指[2012]347号, [2013]229号) [Supported by Greening and City Appearance Management Bureau of Shanghai (F112421); Program of Shanghai Science and Technology Committee (14DZ2260400); Environmental Protection Science and Technology Program of Hunan Province ([2012]347, [2013]229)]。

作者简介: 赵斌(1988-), 男, 黑龙江哈尔滨人, 硕士, 从事秋海棠的育种及栽培生理研究, (E-mail) zhaobin709@126.com。

\*通信作者: 田代科, 博士, 研究员, 博士生导师, 研究方向为植物分类、植物引种驯化、观赏植物新品种培育和开发利用等, (E-mail) dktian@sibs.ac.cn。

**Abstract:** *Begonia* is a world famous ornamental plant, and the different species or cultivars may require different favorable conditions, including planting substrate, light intensity, temperature and humidity for better growth performance. *Begonia ningmingensis* 'Ningming Silver' is a newly released cultivar with high ornamental value and market potential. However, the suitable conditions of growing this cultivar have not been established. In order to screen the optimum substrate and light intensity for growing 'Ningming Silver', the effects of four gradient light intensities (45%, 60%, 75% and 90% shading, respectively) and four types of substrates (peat : perlite = 1 : 1, peat : perlite : pine bark = 1 : 1 : 1, leaf mold : perlite : pine bark = 1 : 1 : 1 and maize straw : perlite : pine bark = 1 : 1 : 1) on plant growth performance were evaluated in a potted culture experiment at a shadehouse of Shanghai Chenshan Botanical Garden. The results showed that the leaf number, maximum leaf area, fresh and dry mass of the aboveground part, and dry mass of the underground part of 'Ningming Silver' reached the highest at a treatment of 45% of light shading and substrate with equal proportion of leaf mold, perlite and pine bark. The lowest relative water content root/shoot ratio and the highest relative chlorophyll content also occurred in the same treatment. Therefore, 45% light shading and substrate with equal proportion of leaf mold, perlite and pine bark were the optimum conditions in this study for soilless culture of 'Ningming Silver', which will provide a good reference for commercial container production of this new cultivar.

**Key words:** light intensity, planting substrate, *Begonia ningmingensis* 'Ningming Silver', new cultivar, pot culture, shadehouse

秋海棠 (*begonias*) 为秋海棠科 (*Begoniaceae*) 秋海棠属 (*Begonia* L.) 植物的统称, 是世界重要的观赏植物, 被广泛栽培。秋海棠属植物的多样性十分丰富, 种类繁多, 全球已知约 1 600 种, 为被子植物第六大属 (Aitawade & Yadav, 2012; Ding et al, 2014)。其中, 我国已发现约 190 种 (不含亚种和变种) (崔卫华和管开云, 2013; 邹伶俐等, 2015; Tian et al, 2015)。据美国秋海棠协会 (American Begonia Society, ABS) 的数据库统计, 全球有 1.6 万多个秋海棠品种。如此丰富的秋海棠属种质资源, 为该属的科学研究和开发利用创造了有利条件。然而, 与英、美、澳、日等发达国家相比, 我国对秋海棠开展品种培育及开发利用起步晚、进展慢, 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' 等近 30 个品种 (田代科等, 2001、2002; 柏斌, 2011; 李景秀等, 2014), 而这些品种在市场和园林应用上还很少。因此, 我国秋海棠资源的开发利用和栽培推广还有很多工作要做。

秋海棠是典型的荫生植物, 栽培基质、光照及温湿度等是影响其生长的主要因素。尽管以往在繁殖育种方面已有若干报道 (Roh et al, 2012; Lim, 2014), 但栽培基质、光照等因素对秋海棠生长影响的研究还很少, 如何根据不同种类或品种选择更适宜的栽培基质和光照条件依然不明确。就目前国

内外花卉生产及消费的趋势分析, 花卉无土栽培优点更明显。无土栽培不仅植株生长速度快, 而且易于控制病虫害、利于工厂化生产, 经济效益更可观。泥炭作为新型无土栽培基质应用范围广, 保水性好, 深受人们青睐, 然而过度使用泥炭带来的生态问题也日益突出, 应对环境约束和可持续发展的迫切需求, 新型基质的筛选和开发利用显得日益重要 (Schmilewski, 2008; Medina et al, 2012; Fascella, 2015)。贾兰虹 (2005)、龚小强 (2013)、张强 (2012) 等发现固体废弃物可替换泥炭用于花卉无土栽培, 这为新型无土栽培基质的选择提供了新思路。此外, 光照强度也直接影响秋海棠的生长, 选择适宜的光照, 对秋海棠的生长和营养积累上起着至关重要的作用 (Cheng et al, 2014)。因此, 选择最佳栽培基质的同时, 如何选择适宜的遮光条件也十分重要。

'宁明银' 秋海棠 (*Begonia ningmingensis* 'Ningming Silver'), 为上海辰山植物园近期培育的新品种, 该品种因叶片密被白斑而近成银色, 且株型好, 十分美丽, 具有很高的观赏价值和市场前景。前期栽培观察发现, 它对栽培基质要求不高, 在一些贫瘠的栽培基质 (如碎玉米秆、草秆等废弃物) 中也可生长, 这为玉米秆、草秆等用于秋海棠的栽培提供了可能, 也使得无土栽培基质的选择更加广泛。此

外,在长期的栽培中还发现,‘宁明银’秋海棠对环境耐受力较强,适宜于荫棚、居室等环境下栽培观赏,因而可选做室内观赏植物开发利用,但何种栽培条件最佳未知、亟需解决。本研究以‘宁明银’秋海棠为材料,在栽培大棚中分别采用四种栽培基质和四种光照条件,比较分析不同栽培基质与光照对其形态及生理影响,探究适合盆栽‘宁明银’秋海棠的最佳栽培基质与光照条件,为秋海棠属其它植物在荫棚等园艺设施及室内繁殖栽培的科学管理提供借鉴。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验时间和地点

试验于 2015 年 7 月 1 日至 9 月 30 日(90 d)在上海市松江区的上海辰山植物园栽培大棚中进行。松江区夏季高温多雨,栽培大棚 7—9 月平均气温 28.5 ℃,平均白昼时间为 12.5 h,全日照时大棚内光强为 25 000~40 000 lx。

### 1.2 材料

‘宁明银’秋海棠(*Begonia ningmingensis* ‘Ningming Silver’),为根茎类秋海棠,植株优美,全株被毛,叶片因脉间密被白斑而近呈白色,花粉红色,观赏价值很高(图 1)。该品种可用播种、扦插、分株和组培进行繁殖。

材料准备:取温室中‘宁明银’秋海棠的成熟健康叶片,在叶柄顶端叶脉汇集处为中心,叶片连同叶柄按小圆形切下,在叶片各主脉间切断形成约 3 cm 长的楔形切条(田代科等,2001),按间距 1.5 cm 直线排列扦插于过筛(16 目/吋)的珍珠岩基质中(珍珠岩平铺于口径 15 cm、高 10 cm 圆形塑料盆中,清水浸透,切条插入基质中约 1 cm)。待其长出 1~2 片新叶(75 d)后,移栽于不同试验基质(盛装基质容器为口径 10 cm、高 8 cm 的圆形塑料盆)中,在大棚内炼苗 2 周。

### 1.3 方法

1.3.1 不同光照条件的构建 根据课题组长期试验观察,‘宁明银’秋海棠在不加遮阳网的大棚中会因高温或光照过强使得植物无法正常生长,因而本试验选用长 4 m、宽 3 m 的一针、二针、三针遮阳网,其遮光率依次为 15%、30%、45%,在大棚内创造出四



图 1 盆栽‘宁明银’秋海棠  
Fig. 1 Potted plant of *B. ningmingensis* ‘Ningming Silver’

种光照环境,加上塑料薄膜和外层遮阳网影响等,实测遮光率分别为 45%、60%、75%、90%(一针、三针遮阳网叠加)。

1.3.2 不同栽培基质的选择 根据植物无土栽培的研究记载,基质中加入珍珠岩、松树皮(3~5 mm)等更有利于植株生长(马静,2012;Kuisma et al,2014)。试验以常用栽培基质泥炭:珍珠岩=1:1作为对照,比较其它不同栽培基质下‘宁明银’秋海棠的生长状况。选用基质分别为 T1(泥炭:珍珠岩=1:1)、T2(泥炭:珍珠岩:松树皮=1:1:1)、T3(腐叶土:珍珠岩:松树皮=1:1:1)、T4(碎玉米秆:珍珠岩:松树皮=1:1:1)。其中,泥炭为德国 Klasmann 公司生产,粒径 0~5 mm,pH 5.5~6.5;腐叶土为日本进口,家庭园艺通用类型;碎玉米秆的获取途径为往年收割的茎秆,经打包堆垛腐熟后,过 5 mm 筛,灭菌备用。无土栽培基质的主要功能是固定根系和提供良好的生长环境。各基质的物理性质和 pH 差异见表 1。

本研究只对单一因素影响做了分析,因光照强度和基质类型交互作用的影响比较复杂,试验还在进行中,所以未在本文列出。

1.3.3 试验设计 同一光强梯度下用四种基质各栽培 18 株,即每组处理 6 株,3 次重复(在同一光强下

表 1 四种基质的物理性质和 pH

Table 1 Physical properties and pH of four substrates

基质 Substrate	总孔隙度 Total hole percentage (%)	持水孔隙度 Water hole percentage (%)	通气孔隙度 Air hole percentage (%)	酸碱度 pH
T1	74.67b	59.45b	15.22c	6.83a
T2	78.02a	55.33c	22.69b	6.38c
T3	72.74c	60.67a	12.07d	6.68b
T4	75.27b	45.33d	30.34a	6.15d

注: T1、T2、T3、T4 分别代表泥炭:珍珠岩=1:1、泥炭:珍珠岩:松树皮=1:1:1、腐叶土:珍珠岩:松树皮=1:1:1、碎玉米秆:珍珠岩:松树皮=1:1:1 四种栽培基质;同列中不同小写字母表示处理间差异显著( $P<0.05$ ); a、b、c、d 代表处理间显著性上的差异。

Note: T1, T2, T3 and T4 refer to the substrates peat: perlite=1:1, peat: perlite: pine bark=1:1:1, leaf mold: perlite: pine bark=1:1:1 and maize straw: perlite: pine bark=1:1:1, respectively. The different lower case letters in each column indicate statistically significant differences between the treatments ( $P<0.05$ ); the letters a, b, c, and d indicate the differences between the treatments.

不同栽培架上进行),分栽于不同栽培基质中的‘宁明银’秋海棠幼苗,采用随机区组设计。基质上盆前用多菌灵和百菌清消毒灭菌处理,圆形花盆口径 10 cm,高 8 cm。定植后,视基质干燥程度浇水,维持基质湿润。15 d 施 1 次肥,每次 200 mL(采用花多多通用型水溶肥,N:P:K=20:20:20,称量 15 g 肥料,溶于 15 L 水中,配成 1 000 倍液)。

9 月 30 日即栽培处理 90 d 后,测量各植株的叶片数、最大叶面积(即最大叶片面积)、地上部分鲜重与干重、相对含水量、地下部分干重(‘宁明银’秋海棠根多而细,很难将基质与根系分离,不便于取材测量其鲜重,故未对地下根部鲜重进行测量)、根冠比和相对叶绿素含量。

叶片数可直接计数获得;最大叶面积通过扫描计算来完成(肖强等,2005;Dornbusch et al,2007);地上部分鲜重指根茎部以上新鲜植株全部重量,此部分烘干后为地上部分干重。地下部分干重为植株根茎部以下烘干后的重量。

相对含水量的计算:相对含水量=(地上部分鲜重-地上部分干重)/地上部分鲜重 $\times 100\%$ 。

根冠比的计算:根冠比=地下部分干重/地上部

分干重。

相对叶绿素含量的测定: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。

#### 1.4 数据统计与分析

利用 Microsoft Excel 2007 软件对实验数据进行整理,采用 SPSS 20.0 软件做方差分析和差异显著性( $P<0.05$ )检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同光强及栽培基质对‘宁明银’秋海棠叶片数及最大叶面积的影响

叶片数和最大叶面积是反映秋海棠长势强弱的重要指标。栽培基质相同时,光强对‘宁明银’秋海棠的叶片数和最大叶面积在 T1、T2、T3 中影响结果趋势一致。从图 2 可以看出,‘宁明银’秋海棠的叶片数和最大叶面积均随着光强的减小而递减,遮光 45% 时叶片数和最大叶面积均达到最大值;而 T4 中‘宁明银’秋海棠的叶片数几乎不受光照影响,随着光照降低其叶片数并无显著差异,但其最大叶面积则随着遮光的增加先增后减,最后趋于稳定,当遮光 60% 时叶片数最大。光照相同时,T3 中‘宁明银’秋海棠的叶片数和最大叶面积几乎始终大于其它三种栽培基质。

由此判断,本研究中遮光 45%,基质 T3 可能是‘宁明银’秋海棠叶片生长的最佳条件。

### 2.2 不同光强及栽培基质对‘宁明银’秋海棠生物量及根冠比的影响

地上部分鲜干重、地下部分干重和相对含水量是反映秋海棠营养积累的重要指标。从图 3 可以看出,栽培基质相同时,四种栽培基质中秋海棠的地上部分鲜重、干重和地下部分干重的变化趋势几乎一致,遮光 45% 时均最大,但随着光强的减小而递减(图 3:①、②、③);相对含水量在遮光 45% 时最低,但随着光强的减小而增加(图 3:④)。

根冠比是反映植株营养物质运输能力的重要指标,根冠比越高,植株地上部光合产物向地下转移越多,植株长势越差(Xu et al, 2015; 刘国顺等, 2009)。在不同基质处理中,‘宁明银’秋海棠的根

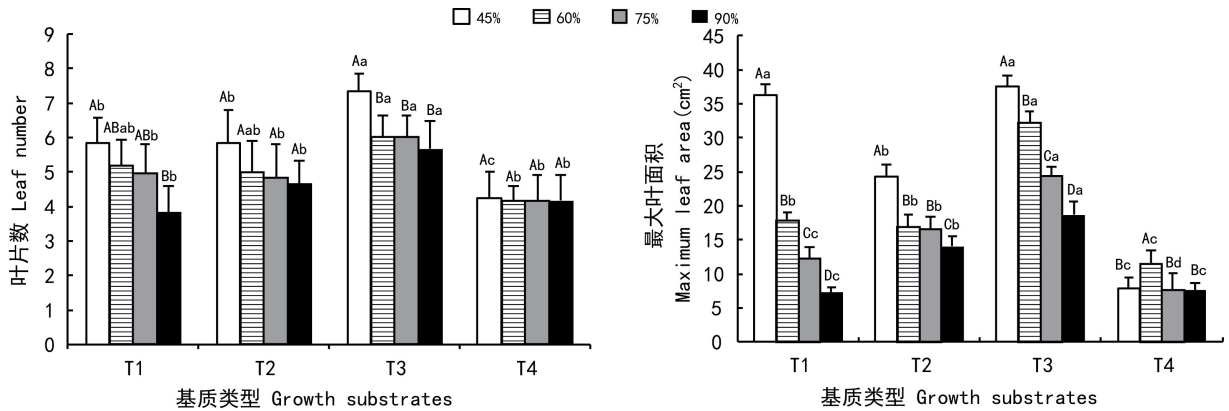


图 2 不同光强及栽培基质对‘宁明银’秋海棠叶片数及最大叶面积的影响 T1、T2、T3、T4 分别代表泥炭:珍珠岩=1:1、泥炭:珍珠岩:松树皮=1:1:1、腐叶土:珍珠岩:松树皮=1:1:1、碎玉米秆:珍珠岩:松树皮=1:1:1 四种栽培基质; 45%、60%、75%、90%代表四种不同的遮光水平; a、b、c、d 表示遮光相同时,四种栽培基质处理间差异显著( $P < 0.05$ ), 不同字母代表处理间显著性上的差异; A、B、C、D 表示栽培基质相同时,四种遮光处理间差异极显著( $P < 0.01$ ), 不同字母代表处理间显著性上的差异。结果为 6 组实测数据的平均值 $\pm$ 标准差,下同。

Fig. 2 Effects of light intensity and planting substrates on the leaf number and maximum leaf area of *B. ningmingensis* ‘Ningming Silver’ T1, T2, T3 and T4 refer to the substrates peat : perlite = 1 : 1, peat : perlite : pine bark = 1 : 1 : 1, leaf mold : perlite : pine bark = 1 : 1 : 1 and maize straw : perlite : pine bark = 1 : 1 : 1, respectively; 45%, 60%, 75% and 90% refer to four types of shading level, respectively. letters a, b, c and d indicate statistically significant differences between the treatments of four substrates in the same light intensity ( $P < 0.05$ ), different letters indicate the difference between the treatments; letters A, B, C and D indicate in the same substrate, extremely significant differences between the treatments of four light intensities ( $P < 0.01$ ), different letters indicates the difference between the treatments. Each value represents the  $\bar{x} \pm s$  (vertical bars) of six independent experiments. The same below.

冠比受光强影响的变化趋势一致,均随着光强减小而增加,遮光 45%时根冠比最低,而遮光 $\geq 60\%$ 时,根冠比无显著变化(图 3:⑤)。

遮光相同时,‘宁明银’秋海棠的地上部分鲜重、干重和地下部分干重均在基质 T3 组最大,T4 中最小,且 T3 中植株的相对含水量在遮光 $\leq 60\%$ 始终最低,而当遮光 $> 60\%$ 时,基质 T4 的相对含水量最低;基质 T4 的根冠比最大,T3 中秋海棠的根冠比几乎始终低于其他栽培基质。

综上所述,遮光 45%、栽培基质为 T3 时,更利于‘宁明银’秋海棠营养物质的积累。

### 2.3 不同光强及栽培基质对‘宁明银’秋海棠相对叶绿素含量的影响

为了解光强及栽培基质对秋海棠光合作用的影响,试验对‘宁明银’秋海棠相对叶绿素含量进行了分析。栽培基质相同时,相对叶绿素含量随遮光增加呈大致相同的变化趋势。如图 4 所示,遮光 45%时‘宁明银’秋海棠相对叶绿素含量最大,之后

随遮光增加递减(除 T4 外)。T4 随遮光增加先升后降,遮光 60%时最大,各组间差异不显著;遮光相同时,T4 中植株的相对叶绿素含量显著低于其它栽培基质,且始终最低。基质 T1、T2、T3 中秋海棠的相对叶绿素含量在遮光 45%时无显著差异,遮光大于 45%时,T3 中秋海棠的相对叶绿素含量几乎始终大于其它栽培基质,故 T3 可能为最佳栽培基质。

综合评价分析,基质 T3、遮光 45%为‘宁明银’秋海棠相对叶绿素含量积累的最佳条件。

## 3 讨论与结论

在本研究中,通过对‘宁明银’秋海棠的生长期进行试验观测,遮光 45%,栽培基质为腐叶土、珍珠岩和松树皮等比例混合时,更利于其生长。但遮光条件的构建受大棚规格的限制,最小遮光仅为 45%,光强在遮光小于 45%时,‘宁明银’秋海棠能否更好地生长有待进一步探究。本研究通过叶片

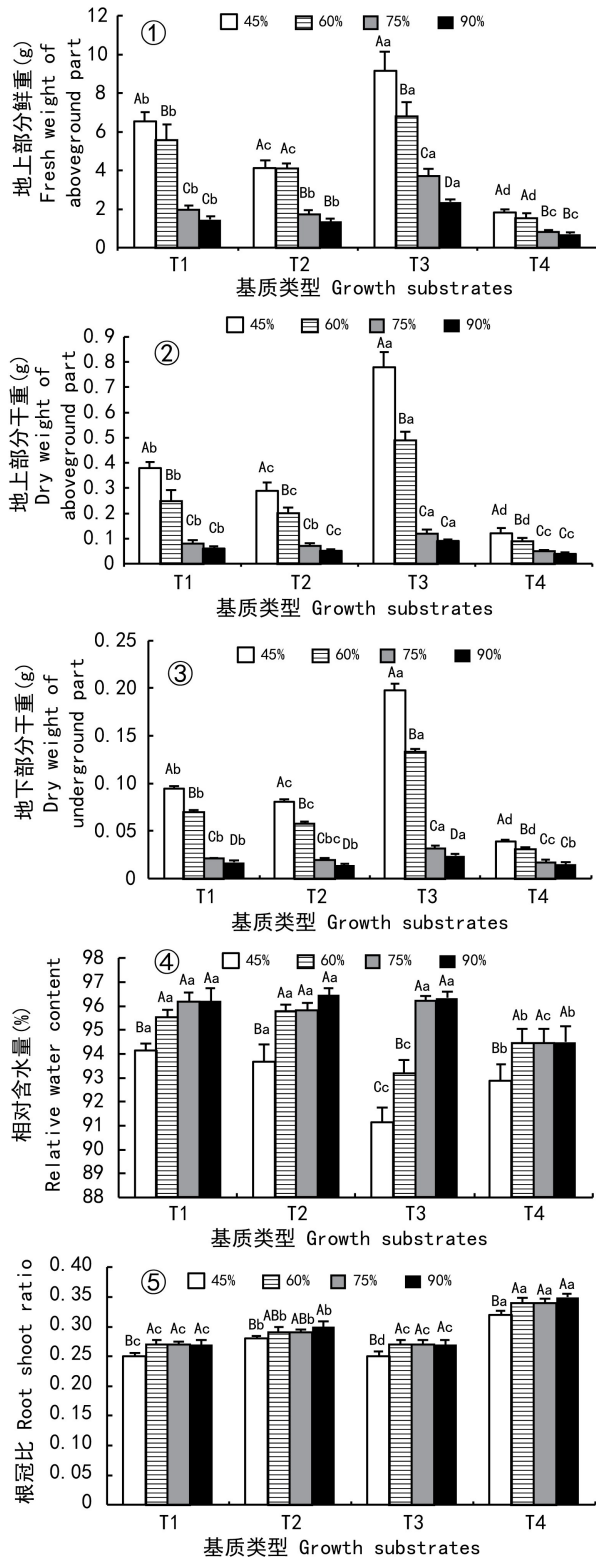


图3 不同遮光及栽培基质对‘宁明银’秋海棠生物量、含水量及根冠比的影响

Fig. 3 Effects of light intensity and planting substrates on the biomass, water content and root-shoot ratio of *B. ningmingensis* 'Ningming Silver'

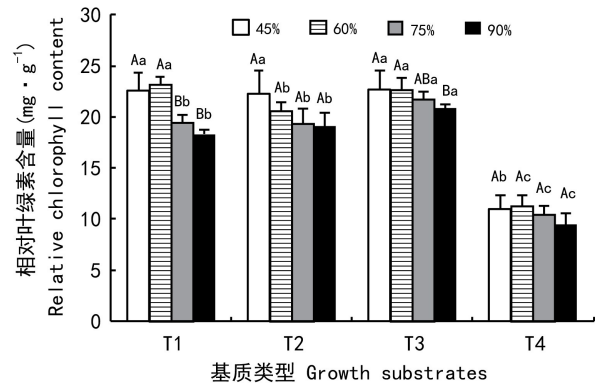


图4 不同遮光及栽培基质对‘宁明银’秋海棠相对叶绿素含量的影响

Fig. 4 Effects of light intensity and planting substrates on the relative chlorophyll content of *B. ningmingensis* 'Ningming Silver'

数、最大叶面积、地上部分鲜重和干重、相对含水量、地下部分干重、根冠比以及相对叶绿素含量的分析可知,栽培基质及遮光条件均对‘宁明银’秋海棠的生长有较大影响。就基质的保水状况而言,基质 T3(腐叶土:珍珠岩:松树皮=1:1:1)与基质 T1(泥炭:珍珠岩=1:1)相近,符合无土栽培节水的要求,且其生产成本低于 T1,而循环再生能力高于 T1,因而生产上可利用腐叶土替换泥炭用于秋海棠属植物的栽培。基质 T4 保水保肥能力差,且不易固定植株,生产上如用其作为无土栽培基质,需要加入一些保水保肥能力强的成分,还需要采取一些措施增强其固定植株根系的能力。在灌溉方法上,可采用滴灌技术,这样不仅达到了节水的目的,而且还能大大减少管理劳动成本。

本研究中,结合各栽培基质中‘宁明银’秋海棠的生长状况及各基质的物理性质和 pH 差异可知,该品种的生长受基质通气孔隙度的影响,这与周静波等(2009)的研究结果一致。Abad et al(2001)认为,观赏植物理想基质通气孔隙度应在 20%~30%之间,李谦盛(2003)提出通气孔隙在 15%~30%之间更适宜,而曲继松等(2012)认为苗期植株通气孔隙在 10%~11%之间更利于其生长。本试验通过基质比较分析可知,最佳通气孔隙应在 12%~25%之间,与李谦盛(2003)提出的质量标准更接近。

叶绿素在植物光合作用中具有重要地位,本研

究中不同基质栽培秋海棠所对应的相对叶绿素含量最大值均出现于遮光 45% 光强下, 造成这种现象可能是植株对遮光环境的适应和自身叶绿素合成潜能发挥两方面的调节所致(韦金河等, 2015)。遮光条件会随天气变化而变化, 结合不同光强条件下, 相对叶绿素含量的变化, 在实际生产中, 植株栽培应选择对外界胁迫抵抗力相对较强的栽培基质。综合评价, 腐叶土: 珍珠岩: 松树皮 = 1: 1: 1 更适合‘宁明银’秋海棠的生长, 因而在生产上可很好地替换泥炭。‘宁明银’秋海棠适应性强, 观赏价值高, 开发潜力大, 结合其自身生理习性, 合理地选择栽培基质和光照条件, 对满足未来苗木生产和应用需求意义重大。

## 参考文献:

ABAD M, NOGUERA P, BURÉS S, 2001. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain [J]. *Bioresour Technol*, 77(2): 197–200.

AITAWADE MM, YADAV SR, 2012. Taxonomic status of *Begonia aliciae* (Begoniaceae) [J]. *Rheedea*, 22(2): 111–115.

BAI B, 2011. Seven new begonia cultivars of Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences passed expert's appraisal [J]. *Chin Flow Hortic*, (18): 14. [柏斌, 2011. 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*, (18): 14.]

CUI WH, GUAN KY, 2013. Diversity of leaf variegation in Chinese *Begonias* [J]. *Plant Divers Resourc*, 35(2): 119–127. [崔卫华, 管开云, 2013. 中国秋海棠属植物叶片斑纹多样性研究 [J]. *植物分类与资源学报*, 35(2): 119–127.]

CHENG XR, LIU J, SHU J, et al, 2014. Effects of different light intensity on the growth and nutrients content of gynura [C] // ZHAO J, WANG AJ, LI XY, et al. *Advanced materials research*. Switzerland: Trans Technol Publications, 3766–3769.

DING B, NAKAMURA K, KONO Y, et al, 2014. *Begonia jinyunensis* (Begoniaceae, section *Platycentrum*), a new palmately compound leaved species from Chongqing, China [J]. *Bot Stud*, 55(1): 1–8.

DORNBUSCH T, WERNECKE P, DIEPENBROCK W, 2007. A method to extract morphological traits of plant organs from 3D point clouds as a database for an architectural plant model [J]. *Ecol Mod*, 200(1): 119–129.

FASCELLA G, 2015. Growing substrates alternative to peat for ornamental plants [J]. *InTech-Open Sci Open Minds*: 47–67.

GONG XQ, 2013. Green waste compost products improvement and

the products as the peat substitutes for the planting of flowers [D]. Beijing: Beijing Forestry University: 1–37. [龚小强, 2013. 园林绿化废弃物堆肥产品改良及用作花卉栽培代用基质研究 [D]. 北京: 北京林业大学: 1–37.]

JIA LH, 2005. Application of converting organic wastes into eco-friendly substrate on ornamentals [J]. *J NE Agric Univ*, 36(3): 314–316. [贾兰虹, 2005. 有机废弃物再生环保型基质在观赏植物上的应用 [J]. *东北农业大学学报*, 36(3): 314–316.]

KUISMA E, PALONEN P, YLI-HALLA M, 2014. Reed canary grass straw as a substrate in soilless cultivation of strawberry [J]. *Sci Hortic*, 178: 217–223.

LI JX, GUAN KY, LI AR, et al, 2014. *Begonia* ‘Lihongmao’ and ‘Baiyunxiu’ [J]. *Acta Hortic Sin*, 41(5): 1043–1044. [李景秀, 管开云, 李爱荣, 等, 2014. 秋海棠新品种‘黎红毛’和‘白云秀’ [J]. *园艺学报*, 41(5): 1043–1044.]

LIM TK, 2014. *Begonia cucullata* var. *cucullata* [J]. *Ed Med Non-Med Plants*, 7: 551–555.

LI QS, 2003. The study on application basics of reed residue substrate and discussion on the quality standard of horticultural substrate [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University: 1–120. [李谦盛, 2003. 芦苇末基质的应用基础研究及园艺基质质量标准的探讨 [D]. 南京: 南京农业大学: 1–120.]

LIU GS, XIAO QL, WANG YL, 2009. Effect of different phosphorus supply capacity on root volume and root shoot ratio and root bleaching saps compositions in flue-cured tobacco [J]. *Acta Tabac Sin*, 15(2): 28–32. [刘国顺, 肖庆礼, 王艳丽, 2009. 不同供磷能力的土壤施磷对烤烟根体积和根冠比以及根系伤流组分的影响 [J]. *中国烟草学报*, 15(2): 28–32.]

MA J, 2012. Culture techniques of *Begonia* × *elatior* in greenhouse [J]. *For By-Product Special Chin*, (117): 59. [马静, 2012. 丽格海棠温室栽培技术 [J]. *中国林副特产*, (117): 59.]

MEDINA E, PAREDES C, PEREZ-MURCIA MD, et al, 2009. Spent mushroom substrates as component of growing media for germination and growth of horticultural plants [J]. *Bioresour Technol*, 100(18): 4227–4232.

QU JS, ZHANG LJ, FENG HP, et al, 2012. Effects of fermented caragana powder as a major component of mixed substrate on pepper seedling growth [J]. *Jiangsu J Agric Sci*, 28(4): 846–850. [曲继松, 张丽娟, 冯海萍, 等, 2012. 发酵柠条粉混配基质对辣椒幼苗生长发育的影响 [J]. *江苏农业学报*, 28(4): 846–850.]

ROH MS, BAUCHAN GR, MURPHY C, et al, 2012. The property and effect of bioplastic pots on the growth and developmental physiology of lily and begonia [J]. *Hortic Environ Biotechnol*, 53(6): 467–476.

SCHMILEWSKI G, 2008. The role of peat in assuring the quality of growing media [J]. *Mires Peat*, 3(2): 1–8.

TIAN DK, GUAN KY, 2001. Propagation and cultivation of *Be-*

- gonia versicolor* [J]. Guihaia, 21(4): 375-380. [田代科, 管开云, 2001. 变色秋海棠的繁殖栽培 [J]. 广西植物, 21(4): 375-380.]
- TIAN DK, GUAN KY, LI JX, et al, 2002. New *Begonia* varieties—‘Dabai’, ‘Jianlv’, ‘Meinv’ and ‘Zhongda’ [J]. Acta Horti Sin, 29(1): 90-91. [田代科, 管开云, 李景秀, 等, 2002. 秋海棠新品种‘大白’、‘健绿’、‘美女’和‘中大’ [J]. 园艺学报, 29(1): 90-91.]
- TIAN DK, LI C, LI CH, et al, 2015. *Begonia pulchrifolia* (sect. *Platycentrum*), a new species of Begoniaceae from Sichuan of China [J]. Phytotaxa, 207(3): 242-252
- TIAN DK, LI JX, GUAN KY, 2001. New *Begonia* varieties — ‘Kunming Bird’, ‘Kang-er’ and ‘White Snow’ [J]. Acta Horti Sin, 28(2): 186-187. [田代科, 李景秀, 管开云, 2001. 秋海棠新品种—‘昆明鸟’, ‘康儿’和‘白雪’ [J]. 园艺学报, 28(2): 186-187.]
- WEI JH, WEN J, ZHANG J, et al, 2015. Effects of summer shading on PSII chlorophyll fluorescence parameters in three maple trees [J]. Jiangsu J Agric Sci, 31(1): 172-179. [韦金河, 闻婧, 张俊, 等, 2015. 夏季遮光对3种槭树PSII叶绿素荧光参数的影响 [J]. 江苏农业学报, 31(1): 172-179.]
- XIAO Q, YE WJ, ZHU Z, et al, 2005. A simple non-destructive method to measure leaf area using digital camera and Photoshop software [J]. Chin J Ecol, 24(6): 711-714. [肖强, 叶文静, 朱珠, 等, 2005. 利用数码相机和Photoshop软件非破坏性测叶面积的简便方法 [J]. 生态学杂志, 24(6): 711-714.]
- XU W, CUI K, XU A, et al, 2015. Drought stress condition increases root to shoot ratio via alteration of carbohydrate partitioning and enzymatic activity in rice seedlings [J]. Acta Physiol Plant, 37(2): 1-11.
- ZHANG Q, 2012. Application of garden wastes compost on herbaceous flowers growth [D]. Beijing: Beijing Forestry University: 1-36. [张强, 2012. 园林绿化废弃物堆腐及用作草花栽培基质的试验研究 [D]. 北京: 北京林业大学: 1-36.]
- ZHOU JB, HUANG CL, BU CX, et al, 2009. Selection of substrate for cultivation of *Begonia semperflorens* ‘Link et Otto cv. Cocktail’ Series [J]. Anhui Agric Univ, 36(1): 81-84. [周静波, 黄成林, 卜崇兴, 等, 2009. ‘鸡尾酒’系列四季秋海棠栽培基质的筛选 [J]. 安徽农业大学学报, 36(1): 81-84.]
- ZOU LL, ZHONG SH, LIU Y, et al, 2015. Investigation and landscape application of wild *Begonia* plant resources in Guangxi [J]. J Southern Agric, 46(1): 101-106. [邹玲俐, 钟树华, 刘演, 等, 2015. 广西野生秋海棠属植物资源调查与园林应用 [J]. 南方农业学报, 46(1): 101-106.]