

安息香属 3 个树种苗木光合特性与生长性状比较

陈峰¹, 肖斌^{1*}, 张柏玉² (1. 安徽省林业科技推广总站, 安徽合肥 230088; 2. 池州市楠林园艺有限公司, 安徽池州 247111)

摘要 [目的]为安息香属树种引种驯化提供理论依据和实践指导。[方法]以垂珠花、郁香野茉莉、越南安息香一年生苗为研究对象, 研究光合特性和生长性状的差异, 并分析影响生长性状的主要因子。[结果]3 个树种净光合速率日变化进程均呈双峰型, 垂珠花净光合速率最高, 其次是郁香野茉莉, 越南安息香净光合速率最低; 3 个树种的生长性状分析表明, 垂珠花和郁香野茉莉生长状况明显优于越南安息香; 多元回归分析表明, 光合指标中影响地径、苗高的主要因子是细胞间 CO₂ 浓度、净光合速率。[结论]综合分析生理生长指标, 判定垂珠花的适应性最好, 郁香野茉莉次之, 越南安息香的适应性最差。

关键词 垂珠花; 郁香野茉莉; 越南安息香; 光合特性; 生长性状

中图分类号 S 796 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)04-0137-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.04.035

开放科学(资源服务)标识码(OSID): 

Comparison of Photosynthesis Characteristics and Growth Character for Three Tree Species Seedlings of *Styrax*
CHEN Feng¹, XIAO Bin¹, ZHANG Bai-yu² (1. Extension Station-general of Forestry Science and Technology, Hefei, Anhui 230088; 2. Chizhou Nanlin Gardening Limited Company, Chizhou, Anhui 247111)

Abstract [Objective] To provide theoretical basis and practical guidance for tree species of *Styrax* introduction and domestication. [Method] Photosynthesis characteristics and growth character of *Styrax dasyanthus*, *Styrax odoratissima* and *Styrax tonkinensis* seedlings were studied, and the main factors affecting growth character were analyzed. [Result] The results showed that the diurnal variation of net photosynthetic rate for three tree species of *Styrax* was bimodal, and the highest net photosynthetic rate was found in *Styrax dasyanthus*, the next was *Styrax odoratissima*, and the lowest net photosynthetic rate found in *Styrax odoratissima*. The analysis of the growth characters of the three species showed that growth character of *Styrax dasyanthus* and *Styrax odoratissima* were better than that of *Styrax tonkinensis*. Multi-regression analysis indicated that the effect of photosynthesis characteristics on ground diameter and seedling height could be arranged as intensity of CO₂ among cells and net photosynthesis rate. [Conclusion] According to the photosynthetic physiological indexes, it could be preliminarily determined that the adaptability of *Styrax dasyanthus* was the best, the next was *Styrax odoratissima*, and that of *Styrax tonkinensis* was the worst.

Key words *Styrax dasyanthus*; *Styrax odoratissima*; *Styrax tonkinensis*; Photosynthesis characteristics; Growth character

安息香属(*Styrax*) 又称野茉莉属, 为安息香科(*Styracaceae*) 比较特别的一个属, 因其树干受到外部伤害后会流出树脂样物质而得名, 集药用、油用和绿化等多种价值于一身。安息香属约 120 种, 其中我国约 29 种^[1]。由于安息香属树种分布广、种类多, 其适应性存在较大差异。Lenahan 等^[2]研究了 2 个美洲安息香(*Styrax americanus*) 居群的光合特性, 发现美洲安息香对温度变化有极强的适应能力, 探讨了 3 个居群样本升温期茎干的耐寒性, 得出伊利诺伊州居群可种植于较寒冷的地区。高振洲等^[3]综合分析了安息香属 3 个树种的脯氨酸等抗寒生理指标, 初步判定垂珠花(*Styrax dasyanthus*) 的抗寒性最强, 东京野茉莉(*Styrax tonkinensis*) 次之, 红皮树(*Styrax suberifolius*) 的抗寒性最弱, 为确定这 3 个树种适宜的引种栽培区域提供了科学依据。为了充分开发利用安息香属植物资源, 笔者研究了垂珠花、郁香野茉莉(*Styrax odoratissima*) 和越南安息香(*Styrax tonkinensis*) 一年生苗光合特性和生长性状的差异, 并分析了影响生长性状的主要因子, 旨在为垂珠花、郁香野茉莉和越南安息香的引种驯化提供理论依据和实践指导。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验地设在安徽省池州市贵池区殷汇镇, 属于亚热带季风性湿润气候, 光照充足, 气候温和, 雨量适

中, 年平均气温为 16.1 °C, 年降水量为 1 440 mm, 无霜期为 242 d; 土壤以红壤、黄棕壤、潮土、水稻土等为主, 山地植被以常绿阔叶林为主。

1.2 试验材料及设计 以垂珠花、郁香野茉莉、越南安息香为研究对象, 2020 年 2 月中旬把催芽后种子播至育苗容器(规格 10 cm×10 cm), 每个容器播 1 粒种子; 同年 4 月下旬将容器苗移至大田, 分块集中栽植, 分别移栽垂珠花、郁香野茉莉、越南安息香容器苗 400、1 000、100 余株, 株行距 60 cm×80 cm, 并在苗床上覆盖地膜。2020 年 8 月中旬统计 3 个树种移栽成活率均不低于 85%。

1.3 指标测定

1.3.1 光合特性。采用 Li-6400XT 光合仪(美国 Li-cor 公司)对 3 个树种相同部位功能叶(第 3 片叶)进行光合指标测定。测定时间为 2020 年 8 月 19 日 7:00—17:00, 每 2 h 测 1 次, 其中 9:00 与 11:00 所测的各光合指标均值用于相关性分析。同树种每次测 4 片叶子。测定指标包括净光合速率 [P_n , $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]、气孔导度 [G_s , $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]、蒸腾速率 [E , $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]、细胞间 CO₂ 浓度 (C_i , $\mu\text{mol}/\text{mol}$)。

1.3.2 生长性状。2020 年 8 月 19 日每个树种随机摘取 30 片成熟叶片, 带回室内扫描, 再用 Arc GIS 软件测定单叶面积。同年 12 月 11 日, 随机选择每个树种 30 株苗木, 用游标卡尺测定距地面 1 cm 处地径, 用钢卷尺测定苗高以及东西向、南北向冠幅, 其中东西向、南北向冠幅均值为苗木冠幅。

1.4 数据统计 用 Excel 和 SPSS 13.0 软件对各指标进行方差、Duncan 多重比较及回归分析。

基金项目 安徽省 2019 年林业新品种引进项目。
作者简介 陈峰(1987—), 女, 江苏句容人, 工程师, 硕士, 从事林业科技管理与推广研究。* 通信作者, 正高级工程师, 博士, 从事林业科技管理与推广、森林培育研究。
收稿日期 2021-05-12

2 结果与分析

2.1 安息香属 3 个树种光合特性的差异 在自然条件下,由于一天中光照发生周期性变化,导致温度、湿度相应的变化,植物的光合特性也随之表现出一定的日变化规律^[4]。从图 1 可见,安息香属 3 个树种光合指标日变化存在差异。3 个树种净光合速率日变化进程均呈双峰型(图 1A),具有光合“午休”过程,但峰值时间不同;总体来看,垂珠花净光合速率最高,其次是郁香野茉莉,越南安息香净光合速率最低。气孔是植物与外界进行气体交换的主要结构,气孔导度反映植物体内外气体交换的速率^[5]。由图 1B 可知,3 个树种气孔导度日变化趋势不同,垂珠花、越南安息香气孔导度日变化进

程均呈双峰型,其峰值时间均在 9:00,而郁香野茉莉气孔导度则未表现出规律性。

3 个树种蒸腾速率日变化趋势也不同(图 1C),垂珠花、郁香野茉莉蒸腾速率从 7:00—13:00 逐渐上升至最高,峰值分别为 7.472、6.418 mmol/(m²·s),而越南安息香蒸腾速率峰值出现在 9:00,为 5.267 mmol/(m²·s)。随着光合速率加快,CO₂ 作为光合作用底物之一,则需消耗更多 CO₂,因而不同树种细胞间 CO₂ 浓度的日变化基本上呈“W”型(图 1D),垂珠花、郁香野茉莉、越南安息香细胞间 CO₂ 浓度变幅分别为 235.136 ~ 285.818、248.465 ~ 375.253、275.376 ~ 374.081 μmol/mol。

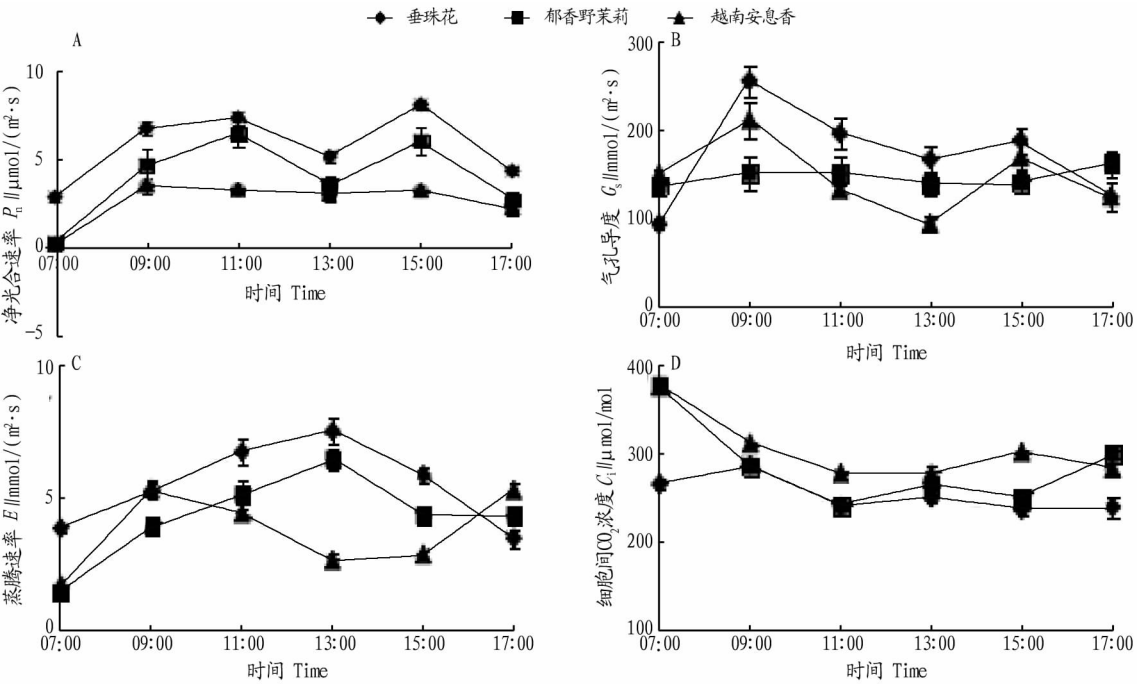


图 1 安息香属 3 个树种净光合速率(A)、气孔导度(B)、蒸腾速率(C)和细胞间 CO₂ 浓度(D)的日变化

Fig.1 Diurnal changes of net photosynthetic rate(A), stomatal conductance(B), transpiration rate(C) and intercellular CO₂ concentration (D) of three species of Styxax

2.2 安息香属 3 个树种生长性状的差异 由表 1 可知,垂珠花地径、苗高、冠幅最大,其次是郁香野茉莉,越南安息香地径、苗高、冠幅最小。就单叶面积而言,郁香野茉莉显著大于

垂珠花,也大于越南安息香,但差异不显著,可见,垂珠花和郁香野茉莉生长状况优于越南安息香。

表 1 安息香属 3 个树种生长性状
Table 1 Growth characters of three species of Styxax

树种 Three species	地径 Ground diameter//cm	苗高 Seedling height//cm	冠幅 Crown width//cm	单叶面积 Single leaf area//cm ²
垂珠花 <i>Styxax dasyanthus</i>	1.18±0.07 c	84.05±3.66 b	48.19±2.61 c	32.22±1.86 a
郁香野茉莉 <i>Styxax odoratissima</i>	0.86±0.05 b	81.23±3.70 b	27.78±2.32 b	39.38±2.19 b
越南安息香 <i>Styxax tonkinensis</i>	0.65±0.05 a	45.87±3.08 a	19.07±1.83 a	34.14±2.28 ab

注:同列不同小写字母表示不同树种间显著差异(P<0.05)
Note:Different lowercase letters in the same column indicate significant differences among different tree species(P < 0.05)

2.3 安息香属 3 个树种生长性状与光合特性的回归分析 植物整个生长发育过程及其生长性状与光合作用密切相关,以安息香属 3 个树种地径(Y₁)、苗高(Y₂)、冠幅(Y₃)、单叶面积(Y₄)为因变量,分别对自变量净光合速率 P_n(X₁)、气孔导度 G_s(X₂)、蒸腾速率 E(X₃)、细胞间 CO₂ 浓度 C_i(X₄)

进行多元回归分析,选取对因变量影响较大的因子,分别建立最优回归方程。由表 2 可知,地径、苗高、冠幅的回归方程的复相关系数均大于 0.9,且因变量与自变量的相关性均达到极显著水平(P<0.01),说明这 3 个回归方程能很好地反映各因变量与光合特性的关系,而单叶面积的回归方程则不能

反映其与光合特性的关系。

表 2 安息香属 3 个树种生长性状与光合特性的回归分析

Table 2 Regression analysis of growth characters and photosynthetic characteristics of three species of *Styrax*

指标 Index	多元回归方程 Multiple regression equation	复相关系数 Complex correlation coefficient	P
地径 Ground diameter	$Y_1 = 3.082 + 0.003X_1 - 0.100X_4$	0.905	0.006
苗高 Seedling height	$Y_2 = 398.754 + 0.272X_1 - 9.613X_3 - 1.208X_4$	0.955	0.004
冠幅 Crown width	$Y_3 = 300.634 + 7.227X_1 + 0.337X_2 - 1.073X_4$	0.953	0.005
单叶面积 Single leaf area	$Y_4 = 56.534 - 0.102X_2 + 3.698X_3 - 0.079X_4$	0.423	0.783

各因变量经回归选出相应影响较大的因子,可按偏相关系数的大小来表示各因子对因变量的影响程度。由表 3 可知,光合特性对各因变量影响存在较大差异,其中地径的影响因子为细胞间 CO₂ 浓度(C_i)、净光合速率(P_n),对苗高的影响因子为细胞间 CO₂ 浓度(C_i)、净光合速率(P_n)、蒸腾速率(E),冠幅的影响因子为气孔导度(G_s)、细胞间 CO₂ 浓度(C_i)、净光合速率(P_n)。

表 3 安息香属 3 个树种光合特性对生长性状的影响程度
Table 3 Effects of photosynthetic characteristics of three species of *Styrax* on growth traits

排序 No.	地径 Ground diameter	苗高 Seedling height	冠幅 Single leaf area
1	C_i (-0.793)	C_i (-0.944)	G_s (0.772)
2	P_n (0.782)	P_n (0.326)	C_i (-0.722)
3		E (-0.239)	P_n (0.515)

3 讨论与结论

光合作用是衡量植物适应能力强弱的重要指标,而净光合速率是表征光合作用的直接指标^[6]。植物净光合速率表现出“午休”现象,是在长期进化及适应过程中形成的抵御及减轻强光、高温胁迫的防御机制^[7],引起“午休”的原因通常是非气孔限制或气孔关闭。细胞间 CO₂ 浓度是分析“午休”起因的一个主要指标,如果叶片净光合速率下降,细胞间 CO₂ 浓度反而上升,那么“午休”是由非气孔限制造成;如果净光合速率、细胞间 CO₂ 浓度和气孔导度同时表现为下降趋势,表明“午休”是由气孔关闭引起。刘济明等^[8]研究认为,小蓬竹(*Drepanostachyum luodianense*)在 4、7 和 9 月都有“午休”现象,4 月是由非气孔限制造成,7 月是因气孔关闭,9 月是非气孔限制与气孔关闭交替进行。该研究中垂珠花、郁香野茉莉、越南安息香净光合速率都有“午体”现象,从净光合速率和细胞间 CO₂ 浓度日变化趋势以及偏相关分析得知是由非气孔限制引起。这可能是 3 个树种从高海拔林中生境引种至低海拔无林地,为适应环境而表现出防御机制。

植物在生长过程中通过光合作用生产有机物,并在体内逐渐积累干物质^[9]。因此,光合作用的强弱直接决定植物生长发育的基础和生产力高低。研究植物光合特性及其与生

长的关系,有助于了解植物生长过程及其对环境的适应性^[10],同时对植物引种驯化具有重要的指导意义。刘炳好等^[11]研究表明,气体交换、叶绿素荧光参数和树高在柚木(*Tectona grandis* L.f)不同无性系间、不同种源间都存在极显著差异,但净光合速率等光合生理参数与树高生长无显著相关性。不同种源白花泡桐(*Paulownia* spp.)幼树光合指标与生长量有一定相关性,光补偿点与树高和胸径的相关性较低,光饱和点与树高和胸径的相关性较高,光补偿点低的与光饱和点高的种源更有利于泡桐生物量的积累和生长^[12]。该研究多元回归分析了 3 个树种生长性状与光合特性之间的关系,结果表明,光合指标中影响地径、苗高的主要因子是细胞间 CO₂ 浓度、净光合速率,这在一定程度上揭示了 3 个树种光合特性与生长的关系。

综合分析安息香属 3 个树种的生理生长指标,可以初步判定,垂珠花的适应性最好,郁香野茉莉次之,越南安息香的适应性较差。

参考文献

[1] [郑万钧].中国树木志:第 2 卷[M].北京:中国林业出版社,1985:1597.
[2] LENAHAN O M, GRAVES W R, ARORA R. Cold-hardiness and deacclimation of *Styrax americanus* from three provenances[J]. HortScience, 2010, 45(12): 1819-1823.
[3] 高振洲,李洁宁,喻方圆.安息香属 3 个树种苗木抗寒生理差异研究[J].中南林业科技大学学报,2018,38(2):36-42.
[4] 刘洁,张力,李卫东,等.几个不同花色榿木株系光合生理特性比较[J].经济林研究,2020,38(3):245-251.
[5] 程鹏,马永春,肖正东,等.不同林分内茶树光合特性及其影响因子和小气候因子分析[J].植物资源与环境学报,2012,21(2):79-83.
[6] 朱启林,向蕊,汤利,等.间作对氮调控玉米光合速率和光合氮利用效率的影响[J].植物生态学报,2018,42(6):672-680.
[7] 黄桂华,梁坤南,周再知,等.柚木无性系光合作用的日季节变化及其主要影响因素[J].中南林业科技大学学报,2016,36(4):11-16.
[8] 刘济明,黄路婷,廖晓锋,等.不同季节小蓬竹光合特性日变化及其与环境因子的关系[J].安徽农业大学学报,2020,47(1):62-69.
[9] GAGO J, COOPMAN R E, CABRERA H M, et al. Photosynthesis limitations in three fern species[J]. Physiologia plantarum, 2013, 149(4):599-611.
[10] 樊晚林,温振英,周雨琦,等.3 种野牡丹属植物的光合特性[J].森林与环境学报,2019,39(2):188-193.
[11] 刘炳好,黄桂华,梁坤南,等.柚木无性系光合生理特征与生长综合评价[J].植物研究,2020,40(2):209-216.
[12] 吕志海,叶荣,汤景明,等.不同种源白花泡桐光合特性及与生长量相关性分析[J].湖北林业科技,2020,49(5):5-9.