

大叶白蜡幼苗生长对不同光强遮荫处理的响应

闫兴富, 方 苏, 周立彪, 任玉锋

(北方民族大学 生命科学与工程学院, 宁夏 银川 750021)

摘 要:在不同光照梯度(55.44%自然全光照 (natural sunlight, NS)、21.12% NS、3.47% NS 和 0.86% NS) 的人工遮荫条件下,研究了大叶白蜡 (*Fraxinus rhynchophylla*) 幼苗的生长特点。结果表明,幼苗株高、基径、主根长、单株叶面积、总干重、相对生长率和净同化率等生长参数均在 55.44% NS 最大,分别为 70.0 cm、6.84 mm、31.95 cm、798.80 cm²、10.28 g、31.13×10⁻³ g·d⁻¹ 和 3.25×10⁻⁵ g·cm⁻²·d⁻¹,而且随光照的减弱而减小。幼苗比叶面积随着光照强度的减弱先增大后减小,在 3.47% NS 处理最大 (597.43 cm²·g⁻¹)。

关键词:光照强度;遮荫处理;大叶白蜡;幼苗生长

中图分类号:S792.410.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2010)01-0020-04

Responses of *Fraxinus rhynchophylla* Seedlings to Shading Under Different Light Regimes

YAN Xing-fu, FANG Su, ZHOU Li-biao, REN Yu-feng

(College of Life Science and Engineering, Northern University for Nationalities, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

Abstract: Under different light regimes: 55.44% natural sunlight (NS), 21.12% NS, 3.47% NS and 0.86% NS in shade house, the growth characteristics of *Fraxinus rhynchophylla* seedlings were observed. The results showed that seedling height, basal shoot diameter, taproot length, leaf area per seedling, total dry weight, relative growth rate and net assimilation rate all maximized (70.0 cm, 6.84 mm, 31.95 cm, 798.80 cm², 10.28 g, 31.13×10⁻³ g·d⁻¹, and 3.25×10⁻⁵ g·cm⁻²·d⁻¹ respectively) under 55.44% NS shade treatment and reduced with the decrease of light intensity. With the reduction of light intensity, the specific leaf area of *F. rhynchophylla* seedlings increased to its maximum (597.43 cm²·g⁻¹) under the shade treatment of 3.47% NS, after which a decrease was observed.

Key words: light intensity; shade treatment; *Fraxinus rhynchophylla*; seedling growth

白蜡树属(*Fraxinus*)植物在我国的分布种类繁多,分布范围较广,生长快,枝叶繁茂而鲜绿,秋叶橙黄,是优良的行道树和遮荫树种。已有不少研究者对该属植物的种子萌发^[1-3]、幼苗生理^[4-6]等方面进行了报道,有关光照对该属植物幼苗生长的影响方面的研究尚未见报道。大叶白蜡(*Fraxinus rhynchophylla*)是木犀科(Oleaceae)白蜡树属落叶乔木,树冠卵圆形,树皮黄褐色,奇数羽状复叶,小叶卵圆形或卵状披针形,花期3~5月,翅果扁平披针形,10月成熟。本文以大叶白蜡幼苗为材料,在玻璃温室内不同遮荫条

件下,研究了其幼苗生长对不同光强遮荫处理的响应,旨在为这一重要树种资源的苗木繁育与管理及相关理论研究提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 种子的采集与遮荫棚的搭建

大叶白蜡种子于2007年10月15日采自北方民族大学校园内的成年大叶白蜡植株,在翅果变成黄绿色时选择生长旺盛、结实良好、无病虫害的壮龄树作为采种植株,种子采集并充分干燥后,在通风室

内贮藏。因受播种期间低温的限制,实验场地选在北方民族大学生命科学与工程学院的玻璃温室(约 650 m²)内。温室光照强度约相当于室外光强的 55.44%自然全光照(natural sunlight, NS,用台湾泰仕电子工业股份有限公司生产的数位式照度计测定);以普通暖气片供暖,供暖期间(11月1日至次年3月31日)保持温室内白天温度约 23±5℃,夜间温度约 16±3℃。在玻璃温室内用黑色尼龙网眼布搭建遮荫棚,4个光照梯度(裸地、1层、2层和3层遮荫网遮荫)的光照分别为 55.44% NS、21.12% NS、3.47% NS和 0.86% NS。

1.2 幼苗的繁育和移栽

于 2008 年 3 月 20 日将种子用 45℃左右温水浸泡 24 h,捞出后放在滤纸上于遮荫环境下晾干种子表面水分,将种子均匀撒播于温室内裸地的苗床上(光强 55.44% NS),播后覆盖厚 1 cm 左右的湿度沙土,根据需要每天下午撒水一次以保持苗床湿润,播种后 7 d 开始出苗。播种 2 周后将幼苗(高 5~6 cm)均匀移栽于温室内裸地上和 3 个遮荫棚内,每一光照处理移栽大小基本一致的幼苗 25 株(株行距 25 cm×25 cm),适时浇水管理。

1.3 幼苗生长指标的测定与计算

待幼苗生长稳定 1 个月,于 2008 年 5 月 3 日收获每一光照处理的幼苗 10 株进行初始生长量测定。收获时,将幼苗连根小心从土中挖出,带回实验室清洗干净,用滤纸吸干表面水珠后测定记录幼苗的株高(seedling height, SH)、基径(basal shoot diameter, BSD,用游标卡尺测定)、主根长(tap rootlength, TRL)、叶片数(leaf number, LN)、单株叶面积(leaf area per seedling, LAPS)(含子叶,用美国产 LI-3100 叶面积仪测定);测定后将幼苗分根、茎(含叶柄)和叶片在 85℃烘箱中烘干 48 h 后用 1/10 000 电子天平分别称重。2008 年 8 月 10 日收获全部现存幼苗结束实验,对幼苗进行生长量测定,测定记录内容和方法同上。根据以上数据计算幼苗总干重(total dry weight, TDW)、根冠比(root shoot ratio, RSR)、比叶面积、相对生长率(relative growth rate, RGR)和净同化率(net assimilation rate, NAR)。计算公式^[7-8]如下:

根冠比=根干重/茎叶干重 (1)

比叶面积=叶面积/叶片干重 (2)

相对生长率=(lnW₂ - lnW₁)/(T₂ - T₁) (3)

式中 W₂、W₁、T₁、T₂ 分别为实验结束和开始时幼苗的总干重(TDW, g)和时间(d);

净同化率=
$$\frac{(W_2 - W_1) \times (\ln A_2 - \ln A_1)}{(T_2 - T_1) \times (A_2 - A_1)}$$
 (4)

式中 W₂、W₁、A₂、A₁、T₂、T₁ 分别为实验结束和开始时幼苗的总干重(g)、单株叶面积(cm²)和时间(d)。

1.4 数据统计分析

所有实验结果均在 SPSS 13.0 中用单因子方差分析及多重比较的方法进行处理。

2 结果与分析

2.1 遮荫处理对幼苗株高、基径、叶片数和主根长的影响

幼苗在经过约 3 个月的生长后,株高(图 1A)、基径(图 1B)和主根长(图 1D)均随光照强度的减弱而逐渐减小,而幼苗叶片数在 21.12% NS 处理最多(图 1C);实验结束时,幼苗株高、基径、叶片数和主根长的最大值分别达 70.00 cm、6.84 mm、24.40 和 31.95 cm,而其在弱光处理(0.86% NS)下的最小值则仅为 7.77 cm、0.73 mm、3.83 和 5.13 cm(图 1)。除在 55.44% NS 和 21.12% NS 处理间无显著差异外,株高、基径叶片数和主根长 4 个生长参数在其它各处理间均差异显著($p<0.01$)。

2.2 遮荫处理对幼苗单株叶面积、比叶面积、总干重和根冠比的影响

随着光照强度由强到弱,实验结束时 4 个光照处理幼苗的单株叶面积分别为 798.77 cm²、755.93 cm²、89.87 cm²和 7.14 cm²,除 55.44% NS 和 21.12% NS 处理间无显著差异外,其它各处理间均差异显著($p<0.01$,图 2A)。随着光照强度的减弱,幼苗比叶面积先增大后减小,在 3.47% NS 处理达到最大值(597.43 cm²·g⁻¹),在 0.86% NS 处理减小到 432.52 cm²·g⁻¹,在 55.44% NS 处理的最小值仅有 192.48 cm²·g⁻¹,各光照处理间均差异显著($p<0.01$,图 2B)。幼苗总干重在各光照处理间的差异均达到显著水平($p<0.01$),其中 55.44% NS 处理的幼苗总干重分别相当于 2 个较弱光照处理(3.47% NS 和 0.86% NS 处理)的 37 倍和 269 倍,而中等光照强度的 21.12% NS 处理的幼苗总干重也分别相当于两者的 24 倍和 175 倍(图 2C)。幼苗根冠比在 55.44% NS 处理最大(0.28),显著大于 3.47% NS 处理(0.18)和 0.86% NS 处理(0.17)($p<0.01$),而与 21.12% NS 处理间无显著差异,根冠比在 21.12% NS 处理(0.26)也显著大于 2 个较弱光照处理($p<0.05$,图 2D)。

2.3 不同遮荫处理幼苗的相对生长率和净同化率

随着遮荫程度的提高,幼苗相对生长率(图 3A)和净同化率(图 3B)均显著减小($p<0.01$),

其中幼苗相对生长率在 55.44% NS 处理的最大值 ($31.13 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$) 约相当于 0.86% NS 处理最小值 ($2.98 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$) 的 10 倍还多,而幼苗净同化率在各光照处理间更是相差悬殊,其中最大值 ($3.25 \times 10^{-5} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$) 约是最小值 ($0.16 \times 10^{-5} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$) 的 20 倍。

同一条形图中的不同字母表示差异显著 ($p < 0.05$)

I, 55.44% NS; II, 21.12% NS; III, 3.47% NS; IV, 0.86% NS; 下同。

图 1 不同光照强度的遮荫处理对大叶白蜡幼苗株高 (A)、基径 (B)、叶片数 (C) 和主根长 (D) 的影响

Fig. 1 Effects of shade treatments of different light intensities on the seedling height (A), basal shoot diameter (BSD), leaf number (C) and taproot length (D) of *F. rhynchophylla* seedlings

图 2 不同光照强度的遮荫处理对大叶白蜡幼苗的单株叶面积 (A)、比叶面积 (B)、总干重 (C) 和根冠比 (D) 的影响

Fig. 2 Effects of shade treatments of different light intensities on the leaf area per seedling (A), specific leaf area (B), total dry weight (C) and root-shoot ratio (D) of *F. rhynchophylla* seedlings

图 3 不同光照强度的遮荫处理条件下大叶白蜡幼苗的相对生长率 (A) 和净同化率 (B)

Fig. 3 The relative growth rate (A) and net assimilation rate (B) of *F. rhynchophylla* seedlings under shade treatments of different light intensities

3 讨论

已有研究证明,中等强度的光照有利于木本植物幼苗的生长^[9-12]。从本研究结果看,大叶白蜡幼苗的株高、基径、主根长、单株叶面积、总干重、相对生长率和净同化率等生长参数均随光照的减弱逐渐减小,表现出光照对幼苗生长的促进作用。因早期幼苗生长受早春温室外低温的限制,本研究的全过程均在温室内进行,因此没有设置 55.44% NS 以上的光强处理,大叶白蜡幼苗也没有表现出中等光强光照对生长的促进作用现象,但如果考虑到强光光照对幼苗生长抑制现象的普遍存在^[11-15],大叶白蜡幼苗的生长仍有可能在高于 55.44% NS 以上的某一“中等强度光照”生长最快。

生长于荫蔽环境中的植物具有多种适应性变化,幼苗形态学方面的生长调节可提高其在荫蔽环境中的光截获量,主要表现为幼苗比叶面积和叶面积比率随光照的减弱而增大^[16]。比叶面积的变化可能是植物维持最优捕获光能自我平衡的机制,幼苗比叶面积的增大增强了对弱光环境的适应能力,以补偿光合有效辐射的降低^[8]。因受弱光环境的限制,生长于 0.86% NS 条件下的大叶白蜡幼苗光合作用合成的营养物质可能满足不了幼苗自身生长的需要,很少有幼嫩叶片产生,而原有叶片(包括宿存子叶)的成熟增厚降低了幼苗的比叶面积,使幼苗比叶面积在 3.47% NS 处理最大。较大的比叶面积增强了幼苗对弱光环境的适应能力,有利于幼苗的生长,但由于植物地上和地下部分获取资源能力的相互限制^[17],植物生物量在地下部分和地上部分的分配存在着权衡以保证最大生长。生物量在地下和地上部分之间的分配能反映植物资源或能量的分配状况,地上部分生物量分配比例的变化是植物生长过程中的整体形态学适应的表现,生长于强光下的植物在根系生长方面投资更大,以满足高光饱和点、净同化率^[18]和快速叶片更新^[9]带来的较高水分蒸腾损失;相反,生长于荫蔽环境中的植物则倾向于采取生物量分配向地上部分转移的适应策略,因而根冠比相对较低^[11-12]。大叶白蜡幼苗在 2 个较强的光照处理(55.44% NS 和 21.12% NS)条件下的根冠比均显著高于 2 个较弱光照处理(3.47% NS 和 0.86% NS),这与上述研究者的结论一致。

植物的相对生长率由形态学生长率和生理学生长率两部分组成,前者通常随光照的增强而降低,而后者则随光照的增强而增大。植物叶片的形态学可塑性对光照环境的长期变化具有重要适应性意义,

而生理学可塑性则适应于植物生长环境中光照的短期或瞬时变化^[19]。大叶白蜡幼苗的相对生长率和净同化率均在 55.44% NS 处理最大,表现出光照对幼苗生长的促进作用,尽管其比叶面积在 55.4% NS 处理最小,但因为其净同化率最大,导致幼苗总干重和相对生长率仍在这一较强的光照处理最大;相反,弱光下幼苗比叶面积的增大可能不足以补偿净同化率的降低引起的生物量积累的减少,因而其相对生长率和总干重均很低。

参考文献:

- [1] 孙景宽,张文辉,张洁明,等. 种子萌发期 4 种植物对于干旱胁迫的响应及其抗旱性评价研究[J]. 西北植物学报, 2006, 26(9): 1811-1818.
- [2] 张洁明,孙景宽,刘宝玉,等. 盐胁迫对荆条、白蜡、沙枣种子萌发的影响[J]. 植物研究, 2006, 26(5): 595-599.
- [3] 武德,曹帮华,于志鹏,等. 盐碱胁迫下绒毛白蜡种子的萌发特性[J]. 江西农业大学学报, 2007, 29(1): 85-88.
- [4] 张成军,郭佳秋,解恒才,等. 干旱对北京东灵山 4 种木本植物生理特性的影响[J]. 南京林业大学学报:自然科学版, 2004, 28(6): 23-26.
- [5] 张成军,解恒才,郭佳秋,等. 干旱对 4 种木本植物幼苗脯氨酸含量的影响. 南京林业大学学报:自然科学版, 2005, 29(5): 33-36.
- [6] 武德,曹帮华,刘欣玲,等. 盐碱胁迫对刺槐和绒毛白蜡叶片叶绿素含量的影响[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(3): 51-54.
- [7] HALL JS, MEDJIBE V, BERLYN GP, *et al.* Seedling growth of three co-occurring Entandrophragma species (Meliaceae) under simulated light environments: Implications for forest management in central Africa [J]. Forest Ecology and Management, 2003, 179: 135-144.
- [8] MITCHELL PL, WOODWARD FI. Responses of three woodland herbs to reduced photosynthetically active radiation and low red to far-red ratio in shade [J]. Journal of Ecology, 1988, 76: 807-825.
- [9] BONGERS FPE, POPMA J. Leaf dynamics of seedlings of rain forest species in relation to canopy gaps [J]. Oecologia, 1990, 82: 122-127.
- [10] VEENENDAAL EM, SWAINE MD, LECHA RT, *et al.* Responses of West African forest tree seedlings to irradiance and soil fertility [J]. Functional Ecology, 1996(10): 501-511.
- [11] 闫兴富,曹敏. 不同光照梯度的遮荫处理对绒毛番龙眼幼苗生长的影响[J]. 热带亚热带植物学报, 2007, 15(6): 465-472.
- [12] 闫兴富,曹敏. 林窗对热带雨林冠层树种绒毛番龙眼幼苗生长的影响[J]. 应用生态学报, 2008, 19(2): 238-244.
- [13] 张教林,曹坤芳. 不同生态习性热带雨林树种的幼苗对光能的利用与耗散[J]. 应用生态学报, 2004, 15(3): 377-381.

163(2):361-367.

[12] 张大鹏,黄丛林,王学臣,等. 葡萄叶片光合速率与量子效率日变化的研究及利用[J]. 西北植物学报,1995,37(1):25-33.

[13] 吴月燕. 高湿和弱光对葡萄叶片某些光合特性的影响[J]. 园艺学报,2003,30(4):443-445.

[14] 战吉成,王利军,黄卫东. 弱光环境下葡萄叶片的生长及其在强光下的光合特性[J]. 中国农业大学学报,2002,7(3):75-78.

[15] 满丽婷,赵文东,郭修武. 不同架式晚红葡萄浆果膨大期光合特性研究[J]. 河南农业科学,2009(3):82-85.

[16] 王发林. 温室内外杏、油桃的光合特性研究[D]. 甘肃 兰州:兰州大学,2007.

[17] 黄菁. 山核桃属光合速率的测定[D]. 湖南长沙:中南林业科技大学,2006.

[18] 陆佩玲,于强,罗毅,等. 冬小麦光合作用的光响应曲线的拟合[J]. 中国农业气象,2005,22(2):12-14.

[19] 李晓征,彭峰,徐迎春,等. 不同光强下 6 种常绿阔叶树幼苗的生理特性[J]. 广西农业科学,2005,36(4):312-315.

[20] 张媛,邵建柱,刘兴菊,等. 我国板栗光合作用研究进展[J]. 西北林学院学报,2007,22(5):53-56.

[21] 叶子飘,于强. 冬小麦旗叶光合速率对光强度和 CO₂ 浓度的响应[J]. 扬州大学学报,2008,29(3):33-37.

[22] 张冬梅,钱又宇,马晓,等. 三种槭树光合特性的比较研究[J]. 园林科技,2007(1):22-24.

[23] 路丙社,白志英,董源,等. 阿月浑子光合特性及其影响因子的研究[J]. 园艺学报,1999,26(5):287-290.

[24] 张中峰,黄玉清,莫凌,等. 岩溶区 4 种石山植物光合作用的光响应[J]. 西北林学院学报,2009,24(1):44-48.

[25] 周碧蓉. 番石榴光和特性的研究[D]. 湖南 长沙:湖南农业大学,2005.

[26] 焦旭亮. 渭北旱塬赤霞珠光合特性研究[D]. 陕西 杨陵:西北农林科技大学,2007.

(上接第 19 页)

[15] 陕西省林业研究所. 毛白杨[M]. 北京:中国林业出版社,1981:18-21.

[16] 周建斌,徐明岗. 林木叶片营养诊断中的取样问题[J]. 陕西林业科技,1993(2): 21-24, 40.

[17] 刘广全,土晓宁. 秦岭锐齿栎林叶内营养元素含量的时空分布[J]. 西北林学院学报,1999,14(4):1-8。

[18] 张硕新. 华山松针叶营养元素含量的季节变化[J]. 西北林学院学报,1990,5(1):8-14。

[19] 陈 甜,孙向阳,刘克林,等. 毛白杨叶片营养元素含量季节变化及年变化研究[J]. 西北林学院学报,2009,24(2):42-45

[20] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000:243-244.

[21] 吴建之,葛 滢. 植物标样多元素测定的五种前处理方法比较[J]. 光谱学与光谱分析,1999,19(3):369-372.

[22] 王小平. 不同分解方法对 ICP-AES 测定植物样品中元素含量的影响[J]. 光谱学与光谱分析,2005,25(4):563-566.

[23] 付勇,汪立今,柴凤梅,等. 多元线性回归和逐步回归分析在白石泉 Cu-Ni 硫化物矿床研究中的应用[J]. 地学前沿,2009,16

(1):373-380.

[24] 宇传华. SPSS 与统计分析[M]. 北京:电子工业出版社,2007:204-222.

[25] 张文彤. SPSS 11 统计分析教程——高级篇[M]. 北京:北京希望电子出版社,2002:64-145.

[26] 蔡祖聪,钦绳武. 作物 N、P、K 含量对于平衡施肥的诊断意义[J]. 植物营养与肥料学报,2006,12(4):473-478.

[27] MAY J D, BURDETTE S B, GILLIAM F S, ADAMS M B. Interspecific divergence in foliar nutrient dynamics and stem growth in a temperate forest in response to chronic nitrogen inputs [J]. Canadian Journal of Forest Research, 2005, 35(5):1023-1030.

[28] 冯茂松,张健,钟宇. 巨桉短周期工业原料林养分平衡的矢量诊断[J]. 林业科学,2006,42(2):56-62.

[29] 郭晓敏,牛德奎,范方礼,等. 平衡施肥毛竹林叶片营养与土壤肥力及产量的回归分析[J]. 林业科学,2007,43(S1):53-57.

(上接第 23 页)

[14] 王博轶,冯玉龙. 生长环境光强对两种热带雨林树种幼苗光合作用的影响[J]. 生态学报,2005,25(1):23-30.

[15] 刘鹏,康华靖,张志详,等. 香果树幼苗生长特性和叶绿素荧光对不同光强的响应[J]. 生态学报,2008,28(11):5656-5664.

[16] TER STEEGE H, BOKDAM C, BOLAND M, *et al.* The effects of man made gap s on germination, early survival, and morphology of *Chlorocardium rodiei* seedlings in Guyana [J]. Journal of Tropical Ecology, 1994(10): 245-260.

[17] 盛海燕,李伟成,常杰. 伞形科两种植物幼苗生长对光照强度的可塑性响应[J]. 生态学报,2006,26(6):1854-1861.

[18] VEENENDAAL EM, SWAINE MD, LECHA RT, *et al.* Responses of West African forest tree seedlings to irradiance and soil fertility [J]. Functional Ecology, 1996(10): 501-511.

[19] 冯玉龙,曹坤芳,冯志立,等. 四种热带雨林树种幼苗比叶重、光合特性和暗呼吸对生长光环境的适应[J]. 生态学报,2002,22(6):901-910.