

三峡库区两种阔叶树幼苗对不同光环境的响应*

秦银林¹,方兴²,陶建平¹,黄茹¹,王莲¹,左娟¹,张海坦¹

(1. 西南大学 三峡库区生态环境教育部重点实验室 重庆市三峡库区植物生态与资源重点实验室 生命科学学院, 重庆 400715 ;2. 重庆师范大学 学报(自然科学版)编辑部,重庆 400047)

摘要 研究了三峡库区两种阔叶树香樟(*Cinnamomum camphora*)和灯台树(*Bothrocaryum controversum*)幼苗在旷地、林窗和林下三种不同的自然光环境梯度的生长和形态特性对不同光环境的响应。结果显示,在3种不同光环境下生长两年的香樟和灯台树幼苗,株高、基径、地上部分生物量、根生物量和总生物量等绝对生长指标均表现出旷地>林窗>林下,且旷地植株与林下植株均差异显著;在形态可塑性方面,香樟幼苗的根冠比均表现为在不同光环境下差异不显著($p > 0.05$),灯台树幼苗则表现为旷地植株显著高于林窗和林下植株($p < 0.05$),表明旷地的灯台树幼苗受到了一定程度的光抑制,两物种细长指数和叶面积比随环境光强减小而增大,而总叶面积和展开叶片数均随环境光强的减小而减小,香樟和灯台树的净同化率和相对生长速率都表现出旷地和林窗植株显著大于林下植株($p < 0.05$),但两物种间这两个指标在不同光环境中均未表现出显著差异。上述结果说明香樟和灯台树幼苗均在光资源充足的旷地环境下生物量积累最多,但幼苗的适当遮荫能有效地避免光抑制,从而有利于植株更好地生长。

关键词 三峡库区;香樟;灯台树;幼苗;生长;形态;光环境

中图分类号:Q948.112

文献标识码:A

文章编号:1672-6693(2009)02-0054-04

植物幼苗的生长发育对光的需求和敏感程度较高^[1-2],因此在人工造林时,常需要根据所选物种幼苗对光的响应状况采取必要的抚育措施^[3]。由于植物对光的响应可以在其生长、形态和生理可塑性上直观地体现出来,故相关研究多集中于此^[4-5]。香樟(*Cinnamomum camphora*)和灯台树(*Bothrocaryum controversum*)是三峡库区常见树种,并被广泛用于人工造林。有关这两种树种形态和生理可塑性对光的响应研究国内不多见^[6-7],涉及三峡库区的研究则更少。就光能资源来看,三峡库区在成库前即为全国日照低值中心且区内时空分布不均匀^[8],加上随着成库后库区云量逐渐增加,库区光能资源还有进一步减少的趋势^[9]。因此,要在三峡库区成功地进行人工造林作业,植物幼苗对光的响应状况是一个重要因素。本研究探讨了这两个树种幼苗生长和形态对不同光环境的响应,并以此探寻对其幼苗生长最有利的光环境,为三峡库区植树造林及生态环境改善相关理论和应用研究提供参考。

1 实验材料和方法

1.1 材料处理

2006年3月初于重庆北碚缙云山采集香樟和灯台树1年生幼苗植株各30株,种植于直径25cm,深20cm的营养袋中。栽培基质为缙云山常绿阔叶林林下腐殖质土。将全部幼苗置于适当遮荫条件下恢复生长两周后,将其随机分成3组,分别放置到西南大学生命科学学院生态学实验基地中旷地、常绿阔叶林林窗和林下3种自然光环境下。实验过程中,对幼苗进行常规的田间管理,依据不同生长环境幼苗的需水情况进行浇水。3种自然光环境下的光量子通量密度(PPFD)用LI-1400数据采集器(LI-COR, Inc, USA)测定。2008年夏季晴天所测得的数据显示:旷地日最大PPFD为 $1\,821\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,日平均PPFD为 $917\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$;林窗日最大PPFD为 $785\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,日平均PPFD为 $241\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$;林下日最大PPFD为 $39.6\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,日平均PPFD为 $19.5\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

1.2 生长和形态指标的测定

分别于2006年和2008年夏季进行生长和形态指标的测量,其中包括:株高、基径、叶面积、展开叶片数、地上部分生物量、根生物量,并计算总生物量、根冠比、细长指数、叶面积比、净同化率和相对生长

* 收稿日期 2008-01-03 修回日期 2009-01-15

资助项目 国家科技支撑计划(No. 2006BAD03A1006)

作者简介 秦银林,男,硕士研究生,研究方向为植物种群生态学,通讯作者,陶建平, E-mail: taojianping@163.com.

速率。上述指标测量和计算参照 Cardillo E. 等人的方法^[10]进行。

1.3 数据处理

各处理相关指标数据用平均值 \pm 标准误 (Mean \pm SE) 表示。应用 SPSS12.0 中单因素方差分析 (ANOVA) 方法分别就不同光环境处理对香樟和灯台树各指标的影响进行分析, 并使用 Duncan 法对不同光环境下的两物种各指标分别进行多重比较; 用独立样本 *t* 检验 (Independent-Sample *t* Test) 对相同光环境下两个物种间的各指标作差异显著性检验。

2 结果

2.1 香樟和灯台树在不同光环境下的绝对生长量

在 3 种不同光环境下生长两年的香樟和灯台树

表 1 不同光环境下生长两年的香樟和灯台树幼苗的生长及生物量

Tab. 1 The growth and total biomass for *C. camphora* and *B. controversum* seedlings growing under different light regimes for two years

物种	光环境	株高/cm	基径/cm	地上部分生物量/g	根生物量/g	总生物量/g
香樟	旷地	241.2 \pm 14.4 ^{aNS}	3.829 \pm 0.752 ^{aNS}	999.7 \pm 292.6 ^{aNS}	257.9 \pm 87.3 ^{aNS}	1 257.6 \pm 377.9 ^{aNS}
	林窗	209.6 \pm 9.8 ^{aNS}	1.881 \pm 0.104 ^{bb}	145.1 \pm 27.0 ^{bb}	34.5 \pm 9.0 ^{bb}	179.7 \pm 34.9 ^{bb}
	林下	88.8 \pm 6.1 ^{bb}	0.805 \pm 0.084 ^{bb}	12.3 \pm 3.5 ^{bb}	3.6 \pm 1.1 ^{bb}	15.9 \pm 4.5 ^{bb}
灯台树	旷地	315.3 \pm 38.0 ^{aNS}	4.002 \pm 0.185 ^{aNS}	1 292.3 \pm 202.3 ^{aNS}	348.6 \pm 59.2 ^{aNS}	1 640.8 \pm 251.6 ^{aNS}
	林窗	273.5 \pm 30.2 ^{aNS}	3.338 \pm 0.336 ^{aA}	656.5 \pm 159.1 ^{ba}	127.7 \pm 29.1 ^{ba}	784.2 \pm 186.5 ^{ba}
	林下	149.8 \pm 5.6 ^{ba}	1.390 \pm 0.070 ^{ba}	78.7 \pm 8.1 ^{ca}	13.7 \pm 2.0 ^{ba}	92.5 \pm 9.6 ^{ca}

注: 不同的小写字母表示某一物种不同光环境下各处理间差异显著 ($p < 0.05$) 相同的小写字母表示两处理间差异不显著, ns 表示各处理间均无显著差异; 不同的大写字母表示相同光环境下生长的香樟与灯台树之间差异显著 ($p < 0.05$), NS 表示两物种间无显著差异; 下同。

2.2 香樟和灯台树在不同光环境下的形态可塑性

对香樟而言, 3 种光环境下生长的幼苗根冠比均无显著差异 (图 1a), 细长指数随生长环境光照强度的减弱而增大, 林窗和林下植株显著大于旷地植株 ($p < 0.05$) (图 1b); 单株总叶面积和展开叶片数均表现为旷地大于林窗 ($p < 0.05$), 但林窗和林下植株差异不显著 (图 1c、1d); 3 种光环境下植株的叶面积比无显著差异 (图 1e)。灯台树幼苗的根冠比表现出随生长环境光照强度的减弱而减小的趋势, 旷地植株显著大于林窗和林下植株 ($p < 0.05$), 但林窗和林下植株间差异不显著 (图 1a); 细长指数随生长环境光照强度的减弱而增大, 林下植株显著大于旷地和林窗植株 ($p < 0.05$) (图 1b); 总叶面积和展开叶片数随生长环境光照强度的减弱而减小, 且在 3 种不同光环境间均存在显著差异 ($p < 0.05$) (图 1c、1d); 叶面积比随生长环境光照强度的减弱而增大, 且林下植株显著大于旷地和林窗植株 ($p < 0.05$) (图 1e)。图 1 各图还显示, 两物种的形态指标对不同光环境的响应略有不同, 但两物种旷地植

幼苗的生长和生物量表现略有不同。从表 1 可见, 香樟的株高、基径随着生长环境光照强度的减弱, 都有减小的趋势, 但林窗中的幼苗株高与旷地植株差异不显著。香樟地上部分生物量、根生物量和全株总生物量则表现为旷地植株显著大于林窗和林下植株 ($p < 0.05$)。生长较快的灯台树则表现为生长于林窗环境中的植株株高和基径与旷地植株无显著差异, 但其生物量仍表现为旷地 > 林窗 > 林下, 且差异显著 ($p < 0.05$)。两物种间的比较结果显示: 两物种间旷地植株的株高、基径、地上部分生物量、根生物量及总生物量均无显著差异, 而林下和林窗环境下的植株, 除株高外, 其他指标在两物种间均表现出显著差异 ($p < 0.05$)。

株的根冠比、细长指数、叶面积、叶片数、叶面积比均无显著差异, 林窗和林下植株表现出一定差异。

2.3 香樟和灯台树在不同光环境下的相对生长

对 2006 年 9 月至 2008 年 9 月香樟和灯台树在不同光环境下的净同化率和相对生长速率的计算结果表明, 旷地和林窗的香樟和灯台树植株净同化率和相对生长速率均显著高于林下植株 ($p < 0.05$); 但在相同光环境下, 净同化率和相对生长速率在两物种间的比较均未表现出显著差异 (图 2a、2b)。

3 讨论

植物在光资源不足的情况下可能投入更多的生物量到地上部分的生长, 且多用于其纵向生长^[11], 从而表现出总生物量虽然比旷地小, 但株高却与旷地植株无显著差异的现象, 本实验中香樟和灯台树在林窗的生长也表现出类似的情况。由于光照的不足, 植物在低光下的生物量积累明显较少^[12], 本实验中旷地的香樟和灯台树幼苗生物量均显著高于林窗和林下植株。

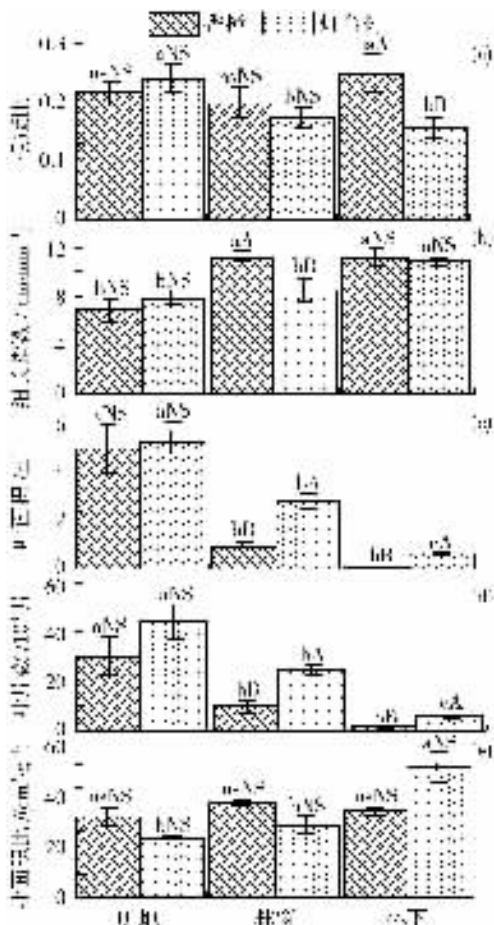


图 1 不同光环境下生长两年的香樟和灯台树幼苗的根冠比、细长指数、叶面积、叶片数和叶面积比

Fig. 1 Root and shoot ratio , slenderness coefficient , total leaf area , number of leaves and leaf area ratio of *C. camphora* and *B. controversum* seedlings grown for two years in three light regimes

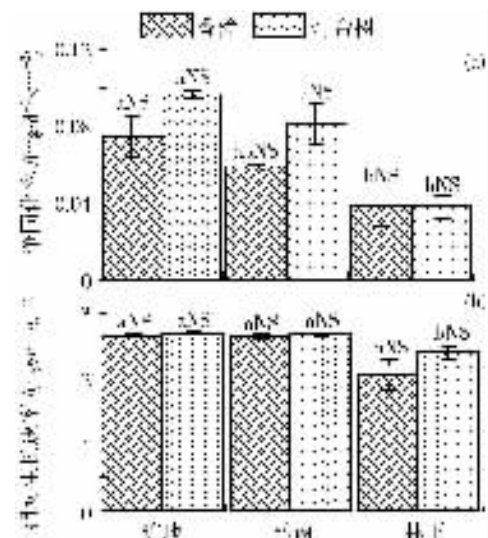


图 2 不同光环境下生长两年的香樟和灯台树幼苗的净同化速率和相对生长速率

Fig. 2 Net assimilation rate and relative growth rate of *C. camphora* and *B. controversum* seedlings grown for two years in three light regimes

植物的形态可塑性可以反映植物形态对不同光环境的响应^[13]。一般植物的根冠比随生长环境光照强度的增加而增大,本实验中香樟幼苗表现不明显,灯台树幼苗则表现为与相关研究一致^[14]。细长指数随生长环境光照强度的减小而增大,这是因为植物在光照不足的情况下有增加纵向生长方面的投入,以获取更多光资源的趋势,这一点对于木本植物来说表现更明显。本实验中香樟和灯台树幼苗的细长指数均表现出林下植株显著大于旷地植株的结果,与前人的结论相一致^[10]。从总叶面积和展开叶片数来看,香樟和灯台树均在旷地环境中最大,这表明虽然旷地环境可能会使其受到光抑制,但在水分供应充足的条件下,光资源的丰富程度可能是植物生长和生物量积累的决定因素。林下植物为了更多地获取光,从而增大叶面积比是一个普遍存在的现象^[15],本实验结果中香樟幼苗在不同的光环境下虽然未表现出显著差异,但也有这样的趋势,灯台树幼苗则验证了这一结论。

当植物生长在资源如光、水、肥等充足的环境中时,植物表现出高的净同化率和相对生长速率^[10]。但也有研究表明,植物对光资源的需求有一定限度,过多过强的光照有时反而不利于植物的生长^[16]。本实验中香樟和灯台树幼苗均表现出在旷地和林窗中有较高的净同化率和相对生长速率,表明它们在较充足的光资源环境中生长较好。两物种间的净同化率与相对生长速率在 3 种光环境下均无显著差异,但落叶的灯台树净同化率在旷地和林窗表现出大于常绿的香樟的趋势,这与其他学者的研究结果一致^[4]。而相对生长速率在两个物种间表现出无显著差异,这应该是相对生长速率等于叶面积比和净同化速率两者的乘积,而香樟的叶面积比在旷地和林窗中均高于灯台树,净同化速率却均低于灯台树的缘故。

总的看来,本研究中香樟和灯台树幼苗均表现出在阳光充足的旷地环境中生长最好,林窗和林下环境中的植株或多或少受到光照不足的影响。考虑到研究结果是在水分供应较为充足条件下获得,故在三峡库区造林的实践中仍须注意在特定时间(如夏季正午)对幼苗进行适当的遮荫处理,以有效避免强光对其生长的抑制,以提高幼苗成活率,促进幼苗生长。

参考文献:

[1] Bazzaz F A. Plants in changing environments :linking phy-

- siological ,Population ,and community ecology[M]. Cambridge : Cambridge University Press ,1996 :13-40.
- [2] 潘瑞炽. 植物生理学[M]. 北京 :高等教育出版社 ,1996 :206-218.
- [3] 王敬敏. 浅析红松人工林透光抚育[J]. 黑龙江生态工程职业学院学报 2008 21(2) 21-22.
- [4] 胡启鹏, 郭志华, 李春燕, 等. 不同光环境下亚热带常绿阔叶树种和落叶阔叶树种幼苗的叶形态和光合生理特征[J]. 生态学报 2008 28(7) 3262-3270.
- [5] 陶建平, 钟章成. 光照对苦瓜形态可塑性及生物量配置的影响[J]. 应用生态学报 2003 14(3) 336-340.
- [6] 韦小丽. 不同光环境下香樟、猴樟苗木的生态适应[J]. 山地农业生物学报 2003 22(3) 208-213.
- [7] 陈学娟, 任晓博, 黄嫣, 等. 黔灵山观赏植物灯台树(*Cornus controversa*)生态特性调查[J]. 贵州科学 2006 24(3) :75-80.
- [8] 刘海隆, 王裕文. 重庆市三峡库区光能资源现状分析[J]. 四川气象 2001 21(3) 32-35.
- [9] 刘海隆, 王裕文. 重庆市三峡库区光能资源变化趋势研究[J]. 山区开发 2001(12) 3-8.
- [10] Cardillo E ,Bernal C J Morphological response and growth of cork oak (*Quercus Suber* L.) seedlings at different shade levels[J]. Forest Ecology and Management 2006 , 222 296-301.
- [11] 陈章和, 张德明. 南亚热带森林 24 种乔木的种子萌发和幼苗生长[J]. 热带亚热带植物学报 ,1999 ,7(1) 37-46.
- [12] 汤景明, 翟明普. 木荷幼苗在林窗不同生境中的形态响应与生物量分配[J]. 华中农业大学学报 2006 25(5) : 559-563.
- [13] 段宝利, 吕艳伟, 尹春英, 等. 高光和低光下木本植物形态和生理可塑性响应[J]. 应用与环境生物学报 2005 , 11(2) 238-245.
- [14] 霍常富, 王政权, 孙海龙, 等. 光照和氮交互作用对水曲柳幼苗生长、生物量和氮分配的影响[J]. 应用生态学报 2008 19(8) :1658-1664.
- [15] 郭晓荣, 曹坤芳, 许再富. 热带雨林不同生态习性树种幼苗光合作用和抗氧化酶对生长光环境的反应[J]. 应用生态学报 2004 15(3) 377-381.
- [16] 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.

Growth and Morphological Response to Different Light Regimes in Seedlings of Two Broad-leaved Tree Species in Three Gorges Reservoir Region

QIN Yin-lin¹ , FANG Xing² , TAO Jian-ping¹ , HUANG Ru¹ , WANG Lian¹ , ZUO Juan¹ , ZHANG Hai-tan¹

(1. Key Laboratory of Eco-environments in Three Gorges Reservoir Region (Ministry of Education) , Chongqing Key Laboratory of Plant Ecology and Resources Research in Three Gorges Reservoir Region , School of Life Science , Southwest University , Chongqing 400715 ; 2. Editorial Department of Journal of Chongqing Normal University (Natural Science) , Chongqing Normal University , Chongqing 400047 , China)

Abstract : Growth and morphology of young seedling of *Cinnamomum camphora* and *Bothrocaryum controversum* , two familiar species in Three Gorges Reservoir region , in relation to three light regimes (open land , gap and understory) are investigated here. We have measured relative indices of the young seedlings in three light regimes which have grown for two years. The results show as follows : in open land , the seedlings of *C. camphora* and *B. controversum* demonstrate that the absolute growth (main stem height , collar diameter , shoot biomass , root biomass , and total biomass) is higher than that in gap or understory , while that of the seedlings in open land is significantly higher than that in understory ($p < 0.05$). In respect of morphological characteristics , the root and shoot ratio of the seedlings of *C. camphora* are not significantly different in three light regimes , but that of the seedling of *B. controversum* in open land is significantly higher than that in gap or understory ($p < 0.05$) , which demonstrate that the seedlings of *B. controversum* in open land suffered photoinhibition to a certain extent. When the PPFD decreases , the slenderness coefficient and the leaf area ratio of the two species increases , while the total leaf area and the number of leaves decreases. The net assimilation rate and the relative growth rate of the two species both demonstrate that the seedlings in open land or gap land are significantly higher than that in understory ($p < 0.05$). However , the net assimilation rate and the relative growth rate between the two species demonstrated no significant differences at any light regime. These results indicate that the seedlings of *C. camphora* and *B. controversum* in open land accumulate the most biomass , and some suitable shelter can keep the seedlings from photoinhibition , which makes seedlings grow quickly.

Key words : Three Gorges Reservoir region ; *Cinnamomum camphora* ; *Bothrocaryum controversum* ; seedling ; growth ; morphology ; light regimes