

不同密度条件下樟树幼苗生长和幼苗重量分配格局

肖玲玲, 朱仕明, 胡继文, 薛立*, 何霞, 王欣朵

(华南农业大学林学院, 广州 510642)

摘要: 以1年生樟树 (*Cinnamomum camphora*) 实生苗为试验材料, 在美植袋中分别种植1、2、4和8株幼苗 (密度 I、II、III 和 IV), 研究密度对幼苗的生长和生物量的影响。结果表明, 樟树幼苗的地径随着密度增大而减小, 苗高为密度 III>IV>II>I。樟树幼苗单株幼苗各器官干重和幼苗单株干重均随密度增加而减少, 每盆幼苗的总生物量随密度增大而增加。樟树密度 I 的干重为根>叶>干>枝, 其余3个密度的干重为根>干>叶>枝。各密度的根冠比大于1。

关键词: 樟树; 幼苗; 密度; 生长; 干重

中图分类号: S792.23

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2015)03-0353-04

Growth and weight distribution pattern in *Cinnamomum camphora* seedlings with different densities

XIAO Lingling, ZHU Shiming, HU Jiwen, XUE Li, HE Xia, WANG Xinduo

(College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou 510642)

Abstract: One-year-old seedlings of *Cinnamomum camphora* were planted with four densities: 1, 2, 4, and 8 seedlings per bag (density I, II, III and IV). The effect of the planting density on the growth and weight distribution pattern of these seedlings were studied. The results showed that the mean ground diameter decreased with an increase of the density. The mean seedling height was in the order of III> IV> II> I density for *C. camphora* seedlings. The dry weight of roots, stems, branches, and leaves and the total tree dry weight of *C. camphora* seedlings decreased with increasing density. The dry weight of individual organs decreased in the order of roots > leaves > stems > branches in density I and roots > stems > leaves > branches in other density plantings. The root-shoot ratio of seedlings in all density treatments was >1.

Key words: *Cinnamomum camphora*; seedling; density; growth; dry weight

密度是植物在自然界中重要的选择压力之一^[1]。不同种植密度形成不同的群体结构, 影响植物生长和生物量^[2], 因而改变植物间的竞争^[3], 影响植物形态特征及生长特性^[4]和生物量分配格局^[5]。目前, 林分密度的研究集中在成熟林, 例如黄宝灵等^[6]研究了密度对尾叶桉人工林生物量的影响, 薛立等^[7]研究了杉木人工林竞争密度效应, Xue等^[8-10]用密度效应模型模拟了马尾松、杨树和桉树人工林的生长特性。有关幼苗密度效应的研究较少, 如 Cicek 等^[11]研究了苗床密度对窄叶白蜡 (*Fraxinus angustifolia*) 幼苗的影响, 安慧等^[12]报道了密度对

刺槐 (*Robinia pseudoacacia*) 幼苗生物量的作用, Woeste 等^[13]分析了不同密度下黑胡桃木 (*Juglans nigra*) 的生长规律, 陈芳清等^[14]报道了密度对疏花水柏枝 (*Myricaria laxiflora*) 幼苗存活与生长的影响, 闫兴富等^[15]阐述了密度对辽东栎 (*Quercus liaotungensis*) 幼苗存活和生长的效果。

樟树 (*Cinnamomum camphora*) 是热带亚热带地区的重要绿化造林树种, 前人对樟树的研究主要集中在林木生理^[16]、叶片特征^[17-19]及土壤性质^[20-23]方面, 但尚未见到密度对樟树幼苗生长和生物量影响的报道。密度对种群的影响是植物种群生态学研

收稿日期: 2014-07-07

基金项目: 广东省林业厅项目“林分改造优良乡土阔叶树种筛选”(F09054)资助。

作者简介: 肖玲玲, 硕士研究生。E-mail: 771581583@qq.com

* 通信作者: 薛立, 教授, 博士生导师。E-mail: forxue@scau.edu.cn

研究的重要内容。本研究以樟树幼苗为实验对象，开展种植密度对其幼苗生长与生物量影响的研究，为科学培育幼苗提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

幼苗盆栽密度试验地设在广州市华南农业大学跃进北苗圃，位于北纬 23°09′，东经 113°21′，属亚热带季风气候。全年平均气温为 21.9℃，平均相对湿度 77%，年均降雨量 1899.8 mm，集中在 4—10 月。

1.2 试验材料

以广东省国森苗圃所提供的樟树 1 年生实生苗为试验材料。以 1:1 的腐殖质土与黄土为基质，在直径 35 cm，深 30 cm 无纺布美植袋内种植幼苗。本试验在美植袋中分别种植 1、2、4 和 8 株幼苗，即 4 个密度分别为 10、20、40 及 80 株·m⁻²（分别用密度 I、II、III 和 IV 表示），每个密度设置 15 个重复以上。试验时间为 2013 年 3 月至 2013 年 12 月，试验开始时幼苗的地径和苗高分别为

(4.2±0.6) mm 和 (42.4±4.1) cm。

1.3 试验方法

每个月测定 1 次幼苗的形态生长指标，包括地径和苗高。

在 2013 年 12 月实验结束时，测量樟树幼苗各密度的生物量。每个密度随机选取 15 株幼苗，移出美植袋，清洗干净后装入密封袋带回实验室。在室内将植株分解为根、茎、枝和叶后称重。放入烘箱中于 80 ℃ 烘 48 h，称量各器官干重。由器官干重（根、干、枝、叶）除以单株干重得出器官的干重分配比例。

1.4 数据处理

主要应用 Excel 软件和 SAS 9.3 软件对植物形态生长、植物生物量进行常规统计分析。

2 结果与分析

2.1 种植密度对樟树幼苗生长的影响

在试验周期内，樟树各月份的地径随着密度增大而减小，各密度间的地径差在 12 月份达到最大（图 1）。

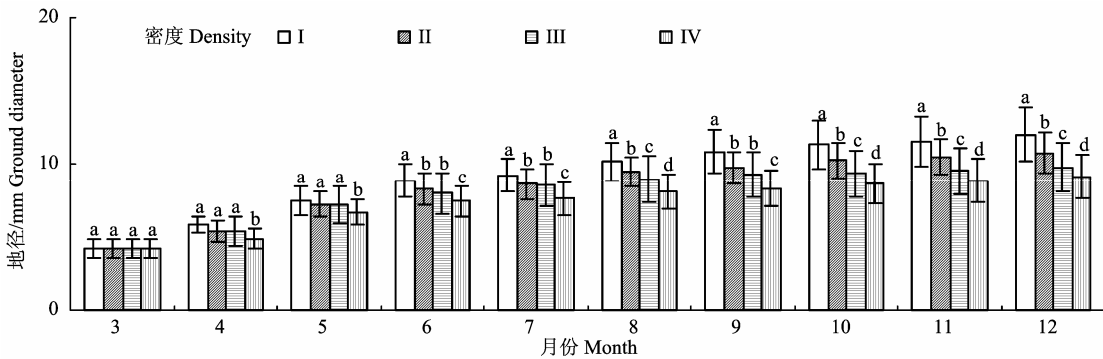


图 1 不同密度对幼苗地径生长的影响

Figure 1 Growth of ground diameter of the seedlings with different densities

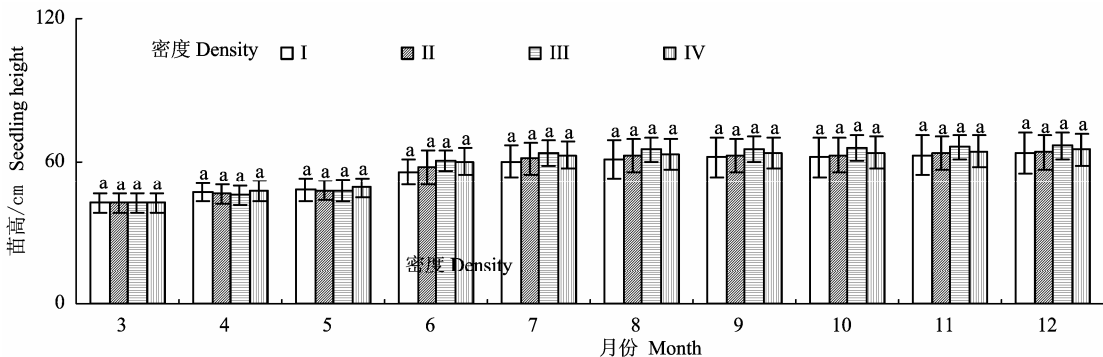


图 2 不同密度对幼苗苗高生长的影响

Figure 2 Growth of the seedling height with different densities

试验期间密度 I、II、III 和 IV 的地径净生长量分别为 7.8、6.5、5.5 和 4.9 mm，增长幅度分别为 184%、154%、131%和 116%。

试验初期，樟树各密度的苗高差异不明显（图 2）。6 月份后，樟树密度 III 和 IV 的各月份的苗高均较高，密度 I 和 II 较低。在试验期内，樟树密度

I、II、III 和 IV 的平均苗高净生长量分别为 21.25、21.49、24.25 和 22.48 cm, 生长率分别为 50%、51%、57%和 53%, 呈现密度 III> IV> II> I 的规律。密度 III 的苗高分别是密度 I、II、IV 的 1.14、1.13 和 1.08 倍, 可见密度对樟树幼苗的苗高生长影响不大。

2.2 各密度樟树幼苗的单株生物量及其分配

樟树单株幼苗各器官干重(根、干、枝、叶)和单株干重均随密度增加而减少(图 3)。不同密度樟树器官的干重分配均为根的干重比例最大(达

57%~62%)(表 1), 密度 I 的干重分配比例为根>叶>干>枝, 其余 3 个密度的分配比例为根>干>叶>枝。每盆樟树总生物量随密度增大而增加, 分别为 72.8、116.8、202.0 和 261.7 g/盆。樟树根冠比随密度增大先增后减, 密度 III 最大, 密度 I 最小, 各密度根冠比均大于 1。密度 I 的单株干重分别是密度 II、III 和 IV 的 1.3、2.2 和 3.6 倍, 可见密度对樟树幼苗的生物量影响较大。

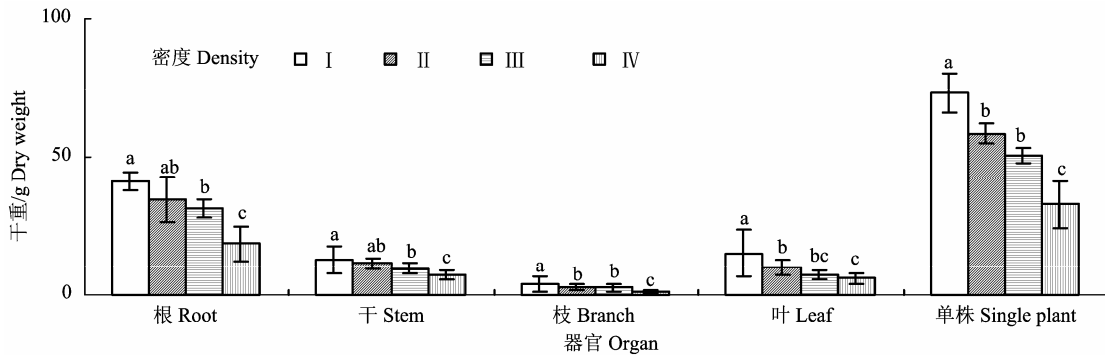


图 3 不同密度单株器官干重和总干量

Figure 3 Organ weight and tree weight of the single plant with different densities

表 1 不同密度樟树苗的单株生物量分配及根冠比

Table 1 Biomass distribution and root-shoot ratio of *Cinnamomum camphora* seedlings with different densities

密度 Density	根/g Root	干/g Stem	枝/g Branch	叶/g Leaf	合计 Total	根冠比 Root- shoot ratio
I	41.17(57%)	12.78(18%)	3.88(5%)	15.00(20%)	72.83(100%)	1.33
II	34.50(59%)	11.32(19%)	2.69(5%)	9.89(17%)	58.41(100%)	1.44
III	31.42(62%)	9.40(19%)	2.56(5%)	7.11(14%)	50.49(100%)	1.63
IV	18.66(57%)	7.19(22%)	1.08(3%)	5.77(18%)	32.71(100%)	1.33

注: 括号内为器官干重占幼苗干重的百分比。

Note: The data in the parentheses are the percentage of organ dry weight to the seedling dry weight.

3 小结与讨论

3.1 密度对幼苗生长的影响

在本研究中, 樟树幼苗的地径随着密度的增加而减少。密度影响着植物生长可利用的环境空间, 密度越大, 对光线、水分及营养的吸收利用越受到限制^[24], 而密度小的林分个体的枝干可以有足够的伸展空间和光照条件, 树冠得到迅速发展, 使得树冠的体积增大, 枝叶量增加, 林木的营养面积大, 林木随之制造的营养物质多, 因而林木胸径生长快。

本研究中, 樟树幼苗的高生长对密度的响应规律不一致, 其幼苗的高生长呈现密度 III> IV> II> I。据 Shujaiddin 等^[25]报道, 在密度较高的情况下高度生长会增加。这种生长反应的解释是较高的“树冠竞争压力”, 它使树木在密度较大的情况下增加高

度生长。

3.2 密度对幼苗的生物量及其分配影响

最优化分配理论预测, 植物响应环境条件的变化是通过调节各器官的生物量分配, 以最大化地获取光、养分和水等受限资源^[26]。当光资源受限时, 植物分配更多的资源供给茎和叶生长, 而养分受限时, 植物往往增加根的产量^[27]。本研究中, 樟树低密度(小于 40 株·m⁻²)时, 植物器官的生物量为根>叶>干>枝, 但随着密度增加分配比例发生变化, 为根>干>叶>枝。樟树的根干重所占比例随着密度增大达到最大值(密度 III 最大), 然后减小, 而叶干重所占比例和根的规律相反。这些结果表明, 密度会改变樟树幼苗的生物量分配格局。1~4 株·盆⁻¹密度范围内, 根干重所占比例增加, 叶器官的减小, 表明幼苗对地下资源的竞争较对激烈, 密度会导致

植物增加对根生长的投入。但密度增加到8株/盆时,樟树根比例减小,而叶增加,可能是由于密度过大,植株水平生长拥挤,对光资源的获取受到限制,所以增加对叶器官生物量的投入。密度会改变植物生物量的分配比例,即随着密度增加从根>叶>干>枝转变为根>干>叶>枝。

植物地下部分和地上部分生物量的大小反映了植物对土壤养分或光照的需求和竞争能力^[28]。地下与地上生物量之比大于1,说明植物对养分的需求和竞争能力强;反之其比值小于1,说明植株对光照的需求和竞争能力强^[29]。本研究中,樟树地下与地上生物量之比(根冠比)大于1,说明樟树幼苗对土壤水分和养分的需求大和竞争激烈。

本研究显示樟树一年生幼苗阶段的竞争十分激烈,幼苗生长1个月后(4月份),80株·m⁻²幼苗的地径显著小于其他密度,3个月后(6月份)20和40株·m⁻²幼苗的地径显著小于10株·m⁻²的。试验结束时,密度I的单株干重显著大于其他密度,分别是密度II、III和IV的1.3、2.2和3.6倍。因此在一年生幼苗的管理阶段应该根据培育目标控制幼苗的密度,如果培育大苗采用10~20株·m⁻²(密度I和密度II)为宜。

参考文献:

- [1] Japhet W, Zhou D W, Zhang H X, et al. Evidence of phenotypic plasticity in the response of *Fagopyrum esculentum* to population density and sowing date[J]. *Journal of Plant Biology*, 2009, 52: 303-311.
- [2] 薛立, 傅静丹. 影响植物竞争的因子[J]. *中南林业科技大学学报*, 2012, 32(2): 6-15.
- [3] 陈伟, 薛立. 根系间的相互作用—竞争与互利[J]. *生态学报*, 2004, 24(6): 1243-1251.
- [4] Müller I, Schmid B, Weiner J. The effect of nutrient availability on biomass allocation patterns in 27 species of herbaceous plants[J]. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 2000(3): 115-127.
- [5] 黎磊, 周道玮, 盛连喜. 密度制约决定的植物生物量分配格局[J]. *生态学杂志*, 2011, 30(8): 1579-1589.
- [6] 黄宝灵, 吕成群, 蒙钰钗, 等. 尾叶桉人工林种群密度的研究[J]. *应用生态学报*, 2000, 11(1): 31-33.
- [7] 薛立, 萩原秋男. 杉木竞争密度效果分析[J]. *应用生态学报*, 2001, 12(2): 171-174.
- [8] Xue L, Hagihara A. Growth analysis on the C-D effect in self-thinning Masson pine (*Pinus massoniana*) stands[J]. *Forest Ecology and Management*, 2002, 165: 249-256.
- [9] Xue L, Hagihara A. Competition-density effect in *Populus×euramericana* plantations[J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2003, 39(5): 61-66.
- [10] Xue L, Pan L, Zhang R, et al. Density effects on the growth of self-thinning *Eucalyptus urophylla* stands[J]. *Trees*, 2011, 25(6): 1021-1031.
- [11] Cicek E, Cicek N, Bilir N. Effects of seedbed density on one-year-old *Fraxinus angustifolia* seedling characteristics and out planting performance[J]. *New Forests*, 2007, 33: 81-91.
- [12] 安慧, 上官周平. 密度对刺槐幼苗生物量及异速生长模式的影响[J]. *林业科学*, 2008, 44(3): 151-155.
- [13] Woeste K E, Jacobs D F, McKenna J R. Half-sib seed source and nursery sowing density affect black walnut (*Juglans nigra*) growth after 5 years[J]. *New Forests*, 2011, 41: 235-245.
- [14] 陈芳清, 熊高明, 谢宗强. 密度对濒危物种疏花水柏枝幼苗存活与生长的影响[J]. *生物多样性*, 2005, 13(4): 332-338.
- [15] 闫兴富, 周立彪, 张靠稳, 等. 不同密度下辽东栎幼苗子叶丢失及其对幼苗存活和生长的影响[J]. *植物生态学报*, 2012, 36(8): 831-840.
- [16] 郭淑红, 薛立, 杨振意, 等. 水淹胁迫对4种幼苗气体交换参数的影响[J]. *华南农业大学学报*, 2013, 34(4): 548-552.
- [17] 郭淑红, 薛立, 张柔, 等. 华南地区四种林分改造树种的叶片养分季节动态[J]. *华南农业大学学报*, 2011, 32(3): 77-81.
- [18] 薛立, 张柔, 奚如春, 等. 华南地区6种阔叶幼苗叶片形态特征的季节变化[J]. *生态学报*, 2012, 32(1): 123-134.
- [19] 许松葵, 薛立. 6种阔叶树种幼林的叶性状特征[J]. *西北林学院学报*, 2012, 27(6): 20-25.
- [20] 王光军, 田大伦, 闫文德, 等. 去除和添加凋落物对枫香(*Liquidambar formosana*)和樟树(*Cinnamomum camphora*)林土壤呼吸的影响[J]. *生态学报*, 2009, 29(2): 643-652.
- [21] 田大伦, 尹刚强, 方晰, 等. 湖南会同不同退耕还林模式初期碳密度、碳储量及其空间分布特征[J]. *生态学报*, 2010, 30(22): 6297-6308.
- [22] 许松葵, 薛立. 6种阔叶树种幼林的林地土壤特性[J]. *华南农业大学学报*, 2010, 31(4): 76-81.
- [23] 许松葵, 薛立. 6种阔叶树种幼林的凋落物持水特性研究[J]. *水土保持通报*, 2010, 30(1): 59-62.
- [24] 黄丽铭, 薛立, 王相娥, 等. 不同密度下大叶相思幼林的生长和生物量分配格局[J]. *华南农业大学学报*, 2008, 29(3): 52-55.
- [25] Shujaiddin N, Kumar B M. Ailanthus triphysa at different densities and fertiliser regimes in Kerala, India: growth, yield, nutrient use efficiency and nutrient export through harvest [J]. *Forest Ecology and Management*, 2003, 180: 135-151.
- [26] Aikio S, Markkola A M. Optimality and phenotypic plasticity of shoot-to-root ratio under variable light and nutrient availability[J]. *Evolution Ecology*, 2002, 16: 67-76.
- [27] Bloom R G, Mallik A U. Indirect effects of black spruce (*Picea mariana*) cover on community structure and function in sheep laurel (*Kalmia angustifolia*) dominated heath of eastern Canada[J]. *Plant and Soil*, 2004, 265: 279-293.
- [28] Aikio S, Rämö K K, Mannin S. Dynamics of biomass partitioning in two competing meadow plant species[J]. *Plant Ecology*, 2009, 205: 129-137.
- [29] 张莹. 不同育苗密度对千年桐幼苗养分吸收利用和生物量分配的影响[D]. 福州: 福建农林大学, 2011.