

文章编号: 1000-5692(2007)06-0666-04

## 喜树叶用园的密度效应

吴家胜, 应叶青, 周国模

(浙江林学院 林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300)

**摘要:** 采用1年生喜树 *Camptotheca acuminata* 苗为材料建立喜树叶用园, 设置造林密度为1.0 m×1.0 m(处理A为1.00万株·hm<sup>-2</sup>), 0.5 m×1.0 m(处理B为2.00万株·hm<sup>-2</sup>), 0.5 m×0.5 m(处理C为4.00万株·hm<sup>-2</sup>), 0.3 m×0.5 m(处理D为6.67万株·hm<sup>-2</sup>), 0.3 m×0.3 m(处理E为11.11万株·hm<sup>-2</sup>)5个水平的密度试验, 分析不同密度对喜树个体高、径生长, 叶面积, 叶片数和叶生物量等指标的影响。结果表明: ①密度对苗高生长有一定影响, 但没有明显规律, 差异不显著( $P>0.05$ )。②平均地径、单株叶面积和单株叶产量均随密度的增加而递减, 不同密度间存在显著差异( $P<0.05$ )。③密度对叶用园单位面积叶产量有显著影响( $P<0.05$ ), 密度为1.00~4.00万株·hm<sup>-2</sup>范围内, 单位面积叶产量随密度的增加而逐渐增加。之后, 随密度的增加单位面积叶产量反而有所降低, 以密度为4.00万株·hm<sup>-2</sup>条件下的单位面积叶产量为最大。图4 表1 参8

**关键词:** 森林培育学; 喜树; 叶用园; 密度效应

**中图分类号:** S725 **文献标志码:** A

喜树 *Camptotheca acuminata* 为珙桐科 Nyssaceae 旱莲属 *Camptotheca* 落叶乔木, 作为一种抗癌药用植物, 极具开发价值<sup>[1-4]</sup>。随着大面积喜树叶用园的营建, 如何通过定向培育技术来提高喜树叶用园的产量和质量, 是当前喜树叶用园经营所必须解决的关键问题。密度控制是定向培育技术理论的重要组成部分, 也是影响速生丰产的关键技术之一。在一定条件下, 随着林分密度的变化, 林分个体和群体的高、径生长, 各部分的生物产量(如单株叶产量、单位面积叶产量)也随着发生变化。密度是否合理, 直接关系到培育目标能否实现, 也直接影响到经营者的经济效益。喜树体内喜树碱(CPT)以幼嫩的叶片内含量最高, 而且叶片喜树碱含量随树体年龄的增长迅速下降。2年生树上的叶片中CPT的含量是3年生树上叶片含量的2倍, 是4年生的16倍<sup>[5]</sup>。因此, 喜树叶用园的经营, 可采用截干方法保持枝条和叶片的幼龄状态, 并采用相对密植获得单位面积较高的叶产量。此项目旨在通过喜树叶用园密度效应研究, 揭示密度对叶用园喜树个体和群体高、径生长, 叶面积, 叶片数和各器官生物量的影响规律, 提出喜树叶用园的适宜密度, 为高产喜树叶用园经营提供理论依据。

### 1 材料与方 法

#### 1.1 试验地概况

试验于2002年在浙江林学院东湖校区的国家林业局林木良种基地内进行。圃地地处30°14' N,

收稿日期: 2007-03-15; 修回日期: 2007-06-04

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD18B0301)

作者简介: 吴家胜, 副教授, 博士研究生, 从事森林培育与数量遗传学研究。E-mail: wuj\_s@zjfc.edu.cn

119°42' E, 海拔为38.0 m, 年日照时数为1 920.0 h, 年平均气温为15.6 °C, 活动积温5 774.6 °C, 年降水量为1 284.0 mm, 年蒸发量1 163.8 mm, 年平均相对湿度82%。1 月气温最低, 极端最低气温为-17.0 °C, 冬季平均气温3.4 °C。7 月气温最高, 极端最高气温为40.0 °C, 夏季平均气温28.1 °C。无霜期234 d。

## 1.2 试验材料

选用江西南昌种源1 年生苗作为营建叶用园材料。苗木规格基本一致, 平均地径为1.16 cm, 平均苗高为118.6 cm。栽植时随机抽取苗木。为了提高苗木成活率, 统一齐地面截去苗木地上部分。

## 1.3 试验设计

采用随机区组设计, 安排3 个区组, 5 种密度处理, 即1.0 m×1.0 m (A, 1.00 万株·hm<sup>-2</sup>), 0.50 m×1.00 m (B, 2.00 万株·hm<sup>-2</sup>), 0.5 m×0.5 m (C, 4.00 万株·hm<sup>-2</sup>), 0.3 m×0.5 m (D, 6.67 万株·hm<sup>-2</sup>), 0.3 m×0.3 m (E, 11.11 万株·hm<sup>-2</sup>), 共15 个小区。试验小区为长方形, 每个小区面积200 m<sup>2</sup>。每个小区的四周设置4 行相同密度的保护带。

## 1.4 测定项目与数据分析

试验结束时, 测定喜树苗高、地径、单株叶片数、单叶面积、单株叶面积和单株叶片生物量等指标。数据应用SAS 软件进行分析<sup>[6,7]</sup>。

# 2 结果与分析

## 2.1 不同密度对苗木高生长的影响

从国内外密度试验资料看, 由于树种、年龄、立地条件和密度范围等不同, 树高是否受密度的影响, 结论不完全一致。此试验研究结果表明(表1), 不同密度喜树的高生长存在一定的差异, 但没有明显的规律, 平均苗高在不同密度间的差异不显著( $P>0.05$ ), 说明密度对苗高的影响不大。这与吕士行等<sup>[8]</sup>人在杨树人工林密度效应研究中的结果相一致, 也进一步证明了树高生长主要受立地条件的制约, 与造林密度关系不甚密切。

## 2.2 不同密度对苗木径生长的影响

图1 表明, 造林密度对喜树的径生长有明显的影响。随着造林密度的加大, 地径逐渐减小, 以A 密度下的喜树的地径为最大, E 密度下的地径最小, 最大的是最小的157.4%。不同密度间的径生长差异达到显著水平。经多重比较 $q$  检验, 除C 与D, D 与E 间差异不显著外, 其他密度间差异均为显著( $P<0.05$ )。由此可见, 造林密度对喜树的径生长影响较大。

## 2.3 不同密度对苗木单叶及单株叶面积的影响

叶片是植物光合作用接受光能的主要器官。单株叶面积越大, 则能接受越多的光照, 光合产物也将积累越多。从图2 可以看出, 单株叶面积受造林密度影响很大, 随密度的增大, 单株叶面积逐渐减小。方差分析和多重比较表明, 除C, D, E 等3 种密度间单株叶面积差异不显著外, 其余密度间均存在显著差异( $P<0.05$ )。从A 密度到C 密度, 单株叶面积下降最快, 其后, 单株叶面积下降较为缓慢。平均单叶面积在5 种密度间差异不显著( $P>0.05$ )。这说明, 随密度增大, 造成单株叶面积下降的主要原因不在于单叶面积的减小, 而是由于叶片数的减少所致(图3)。

## 2.4 不同密度对苗木单株叶产量和单位面积叶产量的影响

叶产量是喜树叶用园通过光合作用固定太阳能生产有机物的结果, 随叶用园密度的不同而发生变化。作为喜树叶用园, 如何获得高产优质叶片是其生产经营的主要目的。从图4 可以看出, 喜树单株叶产量随密度的增加而逐渐减小。经方差分析, 不同密度间的单株叶产量存在显著差异( $P<0.05$ ), A 密度下的单株叶产量是E 密度下单株叶产量的386.0%。从图4 中还可以看出, 密度对喜树叶用园

表1 不同密度喜树高生长情况

Table 1 Seedling heights under different densities

密度代号	苗高 cm			
	I	II	III	平均
A	101.7	120.3	164.7	128.9 a
B	104.3	131.0	155.0	130.1 a
C	113.7	129.7	146.0	129.8 a
D	112.3	120.0	146.0	126.1 a
E	147.3	124.7	140.7	137.6 a

说明: 密度代号 A, B, C, D, E 见1.3 试验设计部分。

单位面积叶产量有显著影响。从密度A 到密度C 范围内，喜树单位面积叶产量随密度的增加而逐渐增加 ( $P < 0.05$ )，之后，随密度的增加单位面积叶产量反而有所降低，以密度C 条件下的单位面积叶产量为最大。由此可见，选择适宜的密度范围，对喜树叶用园单位面积上叶产量有重要的影响。因此，在喜树叶用园的培育过程中，必须注重造林密度的调控，妥善处理好速生与丰产的关系。既不能只注意个体，不问群体；也不能只强调群体，而不管个体的生长发育。

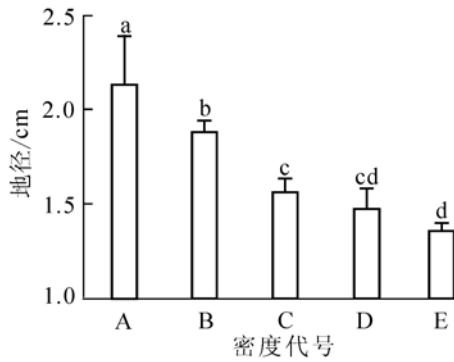


图1 不同密度对喜树地径生长的影响  
Figure 1 Effects of density on seedling diameter at the base

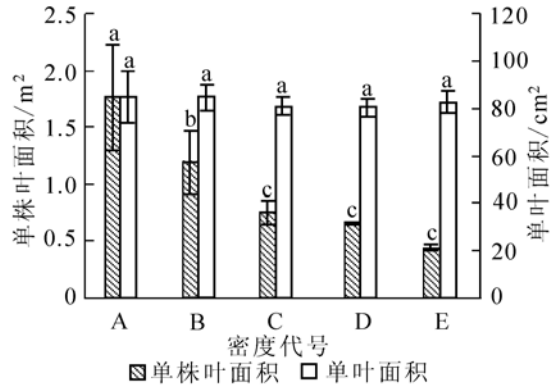


图2 不同密度对喜树单叶面积和单株叶面积的影响  
Figure 2 Effects of density on per-leaf area and per-seedling area

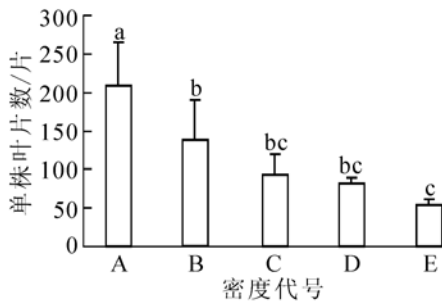


图3 不同密度对喜树单株叶片数的影响  
Figure 3 Effects of density on the number of leaves in per-seedling

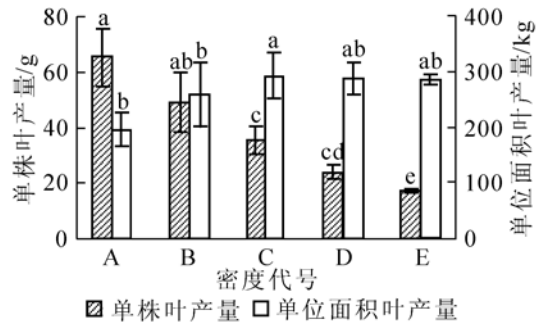


图4 不同密度对喜树单株叶产量及单位面积叶产量的影响  
Figure 4 Effects of density on leaf yield in per-seedling and in per-unit area

### 3 结论

不同密度喜树的高生长存在一定的差异，但没有明显的规律，平均苗高在不同密度间的差异不显著。造林密度对喜树的径生长有显著的影响，随着造林密度的加大，地径逐渐减小，最大地径是最小的157.4%。单株叶面积受造林密度影响也很大，随密度的增大，单株叶面积逐渐减小，密度从1.00 万株  $\text{hm}^{-2}$  (1.0 m  $\times$  1.0 m) 到4.00 万株  $\text{hm}^{-2}$  (0.5 m  $\times$  0.5 m) 单株叶面积下降最快，差异显著。其后，随密度下降，单株叶面积下降较为缓慢，差异不显著。单叶面积在5 种密度间差异不显著。这说明，随密度增大造成单株叶面积下降的主要原因不在于单叶面积的减小，而是由于叶片数的减少。喜树单株叶产量随密度的增加而逐渐减小，不同密度间的单株叶产量存在显著差异，1.00 万株  $\text{hm}^{-2}$  密度下的单株叶产量是4.00 万株  $\text{hm}^{-2}$  密度下单株叶产量的386.0%。密度对喜树叶用园单位面积叶产量有显著影响。从密度1.00 万株  $\text{hm}^{-2}$  到密度4.00 万株  $\text{hm}^{-2}$  范围内，喜树单位面积叶产量随密度的

增加而逐渐增加，之后，随密度的增加单位面积叶产量反而有所降低，以密度4.00 万株  $\text{hm}^{-2}$  条件下的单位面积叶产量为最大。由此可见，确定适宜的建园密度，对喜树叶用园单位面积上叶产量有重要的影响。

#### 参考文献：

- [1] 冯建灿, 张玉洁, 谭运德, 等. 喜树与喜树碱开发利用进展[J]. 林业科学, 2000, **36** (5) : 100 – 108 .
- [2] 崔岚, 王平全. 抗肿瘤药物喜树碱衍生物的研究现状及前景[J]. 中国药房, 2000, **11** (1) : 42 – 44 .
- [3] 石柏林, 周国模, 应叶青, 等. 喜树不同种源菌生长规律的初步研究[J]. 浙江林学院学报, 1999, **16** (3) : 353 – 357 .
- [4] 周国模, 李孝青, 储家森, 等. 喜树幼树和萌芽条生长规律及性状相关[J]. 浙江林学院学报, 2000, **17** (3) : 355 – 357 .
- [5] LIU Z, CARENTER S B, BOURGEOIS WJ, *et al.* Variations in the secondary metabolite camptothecin in relation to tissue age and season in *Camptotheca acuminata* [J]. *Tree Physiol*, 1998, **18** : 265 – 270 .
- [6] 彭昭英. 世界统计分析全才SAS 系统应用指南：上、下册[M]. 北京：北京希望电子出版社, 2000 .
- [7] 惠大丰, 姜长鉴. 统计分析系统SAS 软件实用教程[M]. 北京：北京航空航天大学出版社, 1996 .
- [8] 吕士行, 徐锡增, 王明麻, 等. 南方型无性系工业人工林造林密度的研究[M] // 曹福亮. 黑杨派南方型无性系速生丰产技术论文集. 北京：学术书刊出版社, 1989 : 72 – 79 .

## Leaf production versus density for seedlings of *Camptotheca acuminata*

WU Jia-sheng , YING Ye-qing , ZHOU Guo-mo

(School of Forestry and Biotechnology , Zhejiang Forestry College , Lin'an 311300 , Zhejiang , China)

**Abstract :** A leaf-producing plantation of one-year old *Camptotheca acuminata* seedlings was established at five density levels : (A) 1.0 m × 1.0 m , (B) 0.5 m × 1.0 m , (C) 0.5 m × 0.5 m , (D) 0.3 m × 0.5 m , and (E) 0.3 m × 0.3 m with three replication , to study the effects of density on seedling height , seedling diameter , leaf yield per unit area , leaf number per seedling , and leaf biomass per seedling . The trial did in 2002 . Results of the trial showed that (1) density produced no significant differences for average height growth . Also , (2) with increasing density , seedling diameter , per-seedling leaf area , and per-seedling leaf biomass significantly decreased ( $P < 0.05$ ) (yield of A < B < C < D < E) . In addition , (3) as density increased from A to C , leaf yield per unit area increased ( $P < 0.05$ ) (leaf yield of A < B < C) , while as density further increased from C to E , leaf yield decreased (leaf yield of C > D > E) . Thus , for one-year old seedlings of *C. acuminata* in this trial , the highest leaf yield per unit area could be expected when density E (0.3 m × 0.3 m) is used . [Ch , 4 fig . 1 tab . 8 ref . ]

**Key words :** silviculture ; *Camptotheca acuminata* ; leaf-producing seedling plantation ; density effects