

矮生杉木的解剖特性

陈奋学, 黄华宏, 童再康, 朱玉球, 何福基

(浙江林学院 林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 为揭示杉木 *Cunninghamia lanceolata* 矮生的原因, 以矮生杉木和正常杉木为材料, 对其生长特性、枝条和叶片解剖结构进行了比较研究。结果表明: 矮生杉木在枝条年生长量方面极显著低于正常杉木, 其中矮生杉木主干、主枝年伸长量均值分别为 25.54 和 24.59 cm, 正常杉木相应均值分别为 89.61 和 57.52 cm; 在枝皮率方面, 矮生杉木和正常杉木的均值分别为 76.50% 和 37.70%, 差异极显著; 在管胞平均面积方面, 矮生杉木($241.9016 \mu\text{m}^2$)极显著小于正常杉木($308.8946 \mu\text{m}^2$), 然而, 矮生杉木的平均管胞密度($3375 \text{ 个} \cdot \text{mm}^{-2}$)却极显著高于正常杉木($2456 \text{ 个} \cdot \text{mm}^{-2}$); 矮生杉木的枝条单位长度的叶片数量(主干为 $14 \text{ 片} \cdot \text{cm}^{-1}$, 主枝为 $10 \text{ 片} \cdot \text{cm}^{-1}$)极显著多于正常杉木(主干和主枝均为 $7 \text{ 片} \cdot \text{cm}^{-1}$); 但两者在栅海比(衡量植物生长势的一个指标)方面无明显差异。图 2 表 3 参 13

关键词: 植物学; 杉木; 矮生机制; 解剖特性

中图分类号: S718.3 文献标志码: A 文章编号: 1000-5692(2008)05-0619-05

Anatomical characteristics of dwarf *Cunninghamia lanceolata*

CHEN Fen-xue, HUANG Hua-hong, TONG Zai-kang, ZHU Yu-qiu, HE Fu-ji

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

Abstract: To reveal how dwarfing occurs with *Cunninghamia lanceolata* (Chinese fir), and clarify the internal structure of both branch and leaf, the anatomical characteristics of a dwarf and a control (a normal tree) were compared with the method of manufacture slice in 2007 and using t-test. Results revealed that the average growth of the trunk (25.54 cm) and branches (24.59 cm) of the dwarf were significantly ($P < 0.01$) lower than the control (trunk: 89.61 cm and branches: 57.52 cm). Furthermore, for the bark, the dwarf average was 76.50%, and the control was 37.70% ($P < 0.01$). The average mean area of a tracheid cell for the dwarf ($241.9016 \mu\text{m}^2$) was significantly ($P < 0.01$) lower than the control ($308.8946 \mu\text{m}^2$), however, the average dwarf tracheid density was $3375 \text{ cells} \cdot \text{mm}^{-2}$, whereas the control was significantly ($P < 0.01$) lower at $2456 \text{ cells} \cdot \text{mm}^{-2}$. For leaf unit length, the dwarf average (trunk: $14 \text{ leaves} \cdot \text{cm}^{-1}$ and branches: $10 \text{ leaves} \cdot \text{cm}^{-1}$) were significantly ($P < 0.01$) greater than the control (trunk or branches: $7 \text{ leaves} \cdot \text{cm}^{-1}$); however, there were no difference in the proportion of palisade tissue and spongy tissue. [Ch, 2 fig. 3 tab. 13 ref.]

Key words: botany; *Cunninghamia lanceolata* (Chinese fir); dwarfism; anatomical characteristics

杉木 *Cunninghamia lanceolata* 是我国特有的重要速生用材树种, 现有面积在 1 000 万 hm^2 以上, 遍布南方 17 个省区^[1]。矮生杉木是杉木的自然变异个体, 经多年栽培与调查, 发现其树冠类似于球体, 且生长缓慢, 无顶端优势, 可作为研究杉木生长机制的理想材料。植物的矮化与其解剖结构有密切关系。陈静等^[2]研究了苹果 *Malus pumila* 枝条解剖特征与生长势的相关性, 发现导管密度大, 所占

收稿日期: 2008-04-14; 修回日期: 2008-06-02

基金项目: 浙江省科学技术攻关项目(2004C12022)

作者简介: 陈奋学, 硕士研究生, 从事林木遗传育种研究。E-mail: cfxchina@126.com。通信作者: 童再康, 教授, 博士, 从事林木遗传育种研究。E-mail: zktong@zjfc.edu.cn

木质部百分比高的品种，生长势强于导管密度小，所占木质部百分比低的品种。赵大中等^[3]以31种柑橘 *Citrus* 砧木为试材，对根皮率、栅海比、叶片气孔密度等9个矮化预选指标进行了测定，并利用聚类等数学方法进行分析，得出了评价矮化程度的综合预选体系。王成霞等^[4]对桃树 *Prunus persica* 枝条的解剖结构与树体矮化的相关性进行了研究，发现韧皮部面积、枝皮率与生长势呈负相关，导管密度、面积以及木质部占横断面的面积比值与生长势呈正相关。矮生杉木自20世纪70年代发现以来，仅对其蛋白质组作过初步探索^[5]。鉴于此，本研究以同一生境条件下的矮生杉木和正常杉木为材料，分别对它们的生长特性、枝条和叶片的解剖特征进行测定和比较分析，为进一步揭示杉木矮化变异的原因奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

研究所用的矮生和正常杉木均为栽植在浙江林学院试验林场的2年生嫁接苗。2005年3月嫁接，砧木为正常杉木，且生长势基本一致。

1.2 方法

1.2.1 枝条生长量的测定 枝条年生长量：于2007年3月，实地测量矮生和正常杉木1年生主干和主枝的长度和粗度(矮生杉木由于没有明显主干，由近中部、生长势最强的枝条代替，以下均相同)。2种类型杉木各随机选取10株，每株取当年生主干及其基部着生的主枝测量。新梢生长曲线：从2007年5月23日至9月11日，每隔15 d左右测量1次新梢的长度，绘制相应的生长曲线。测量时选取树体中上部、发育良好的外围新梢，2种类型杉木各随机选取10株，每株测量5根枝条。

1.2.2 枝皮率的测定 以矮生和正常杉木1年生主干为试材，各随机选取10株，在主干基部用游标卡尺测量，先在彼此垂直的2个方向测得枝条的直径A和B，然后在同一部位环状剥皮，同样测得木质部的直径a和b，枝条横截面面积为 $(AB)/4$ ，木质部横截面面积为 $(ab)/4$ ，枝皮率 = (枝条横截面面积 - 木质部横截面面积)/枝条横截面面积，即枝皮率 = $(1 - ab/AB) \times 100\%$ 。

1.2.3 管胞的密度、平均面积和壁腔比测定 以矮生和正常杉木1年生主干为试材，经软化，切片，制成永久制片，于Leica正置生物显微镜(DM LB2)下观测。结合配套软件Image-Pro Plus计算管胞密度、平均面积及壁腔比(双壁厚/腔径)。2种类型杉木各随机选取5个主干，每主干做5张切片，每切片取5个视野观测。其中，测定管胞面积的样本数各为1 000个。

1.2.4 单位长度叶片数量 以矮生和正常杉木1年生主干及主枝为试材，随机各选取10株，每株取10根枝条测量枝条的长度，数出着生的叶片数，则单位长度叶片数量 = 枝条叶片数/枝条长度^[7]。

1.2.5 叶片栅海比的测定 以矮生和正常杉木1年生主干及主枝上生长良好的叶片为试材，采用徒手切片法切取叶片的横切面，装片后于Leica正置生物显微镜(DM LB2)下镜检、拍照，并用其配套软件(Image-Pro Plus)测量叶片栅栏组织和海绵组织厚度，计算栅海比。2种类型杉木各随机选取10片叶，每片叶取10个视野。

2 结果与分析

2.1 2种生长型杉木的生长特性

2.1.1 枝条生长量 表1所示为2种类型杉木的枝条年生长量数据。对于1年生枝条的生长量，矮生杉木显著小于正常杉木，其中矮生杉木1年生主干的长度变幅为12.50~41.30 cm，均值为25.54 cm，主枝长度变幅13.60~43.57 cm，均值24.59 cm；而正常杉木1年生主干的长度变幅53.40~122.40 cm，均值89.61 cm，主枝长度变幅43.10~69.23 cm，均值57.52 cm。此外，经t检验发现，正常杉木的主干长度显著大于其主枝，而矮生杉木主干与主枝的长度差异不大，这符合矮生杉木主干、主枝难以区分的形态特征。对于1年生枝条的粗度，矮生杉木亦显著小于正常杉木，其1年生主干的粗度为0.646~1.309 cm，均值为0.873 cm，主枝粗度为0.553~0.997 cm，均值为0.671 cm。

表 1 矮生和正常杉木枝条生长量及差异性检验

Table 1 Branch growth and t-test of two types of Chinese fir

生长型	主干		主枝	
	长度/cm	直径/cm	长度/cm	直径/cm
矮生杉木	25.54 ± 7.16	0.873 ± 0.166	24.59 ± 8.08	0.671 ± 0.113
正常杉木	89.61 ± 20.80	1.785 ± 0.393	57.52 ± 8.94	0.780 ± 0.131
t 检验结果	N = 10, P = 0.000 0	N = 10, P = 0.000 0	N = 30, P = 0.000 0	N = 30, P = 0.038 4

说明: N 为 t 检验样本数, P 为无显著差异的概率。

2.1.2 新梢生长曲线 在生长期, 定期测量矮生和正常杉木新稍生长长度, 综合平均绘制成生长曲线(图 1)。从图中可看出, 在测量期间, 矮生杉木生长缓慢, 且明显低于正常杉木。

2.2 2 种生长型杉木的枝条特性

2.2.1 枝皮率 枝皮率的高低在一定程度上能反应特定植株生长势的高低, 且两者呈负相关。本试验 2 种类型杉木的枝皮率及 t 检验结果如表 2 所示, 矮生杉木的枝皮率明显大于正常杉木。其中矮生杉木的枝皮率变幅为 70.5% ~ 91.0%, 均值为 76.5%; 而正常杉木的枝皮率变幅为 32.9% ~ 44.2%, 均值为 37.7%。

表 2 矮生和正常杉木枝条解剖结构及显著性检验

Table 2 Branch anatomical construction and t-test of two types of Chinese fir

生长型	枝皮率/%	管胞平均面积/ μm^2	管胞密度/(个· mm^{-2})	壁腔比
矮生杉木	76.50 ± 8.27	241.901 6 ± 87.032 6	3375 ± 302	0.462 ± 0.168
正常杉木	37.70 ± 3.81	308.894 6 ± 108.352 9	2456 ± 211	0.318 ± 0.128
t 检验结果	N = 10, P = 0.000 0	N = 1 000, P = 0.000 0	N = 125, P = 0.000 1	N = 100, P = 0.000 0

说明: N 为 t 检验样本数, P 为无显著差异的概率。

2.2.2 管胞平均面积、密度及壁腔比 国外学者曾提出以被子植物导管面积作为一项重要的矮化评价指标, 认为矮化植株皮层发达, 而相应的导管面积小, 限制了水分的吸收和运输, 以致植株生长缓慢^[8]。本项研究中 2 种生长型杉木 1 年生管胞如图 2 所示, 可以看出两者存在一定差异。同时, 对 2 种生长

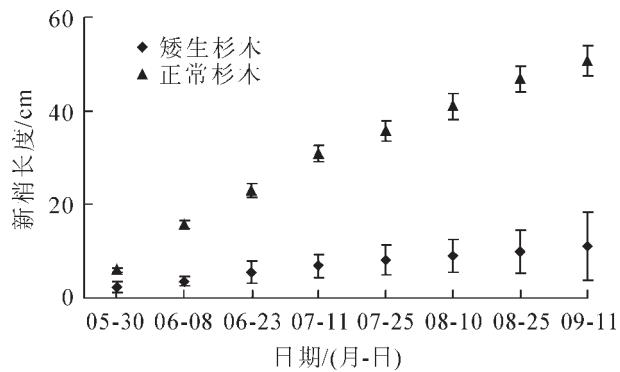
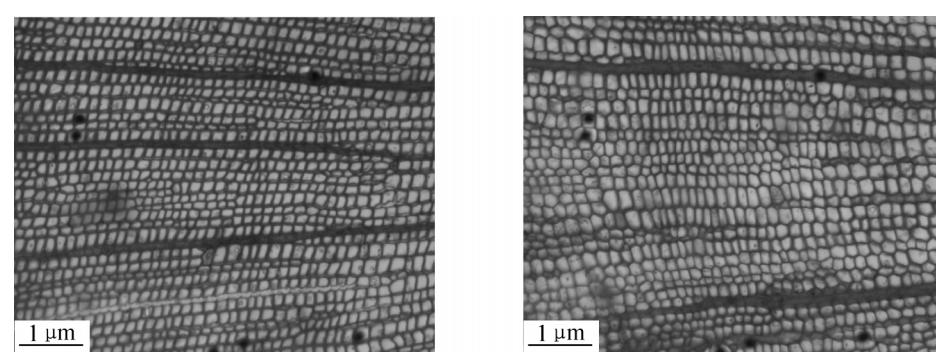


图 1 矮生和正常杉木新梢生长曲线

Figure 1 Curve of new shoot growth of two types of Chinese fir

说明: N 为 t 检验样本数, P 为无显著差异的概率。

图 2 矮生和正常杉木的管胞($\times 100$ 倍)Figure 2 The tracheid of two type of Chinese fir($\times 100$ times)

型杉木管胞平均面积、管胞密度以及壁腔比进行了测定，所得数据及t检验结果见表2。其中矮生杉木的管胞面积平均为 $241.901\text{6 }\mu\text{m}^2$ ；正常杉木的管胞面积平均为 $308.894\text{6 }\mu\text{m}^2$ ，矮生杉木显著低于正常杉木。但对于管胞密度、壁腔比2个指标，矮生杉木均显著大于正常杉木。其中矮生杉木较高的管胞密度有别于被子植物矮化个体导管密度稀、较疏松的特点^[6]，而矮生型较高的壁腔比可能与其材质特性有关^[9]。

2.3 2种生长型杉木的叶片特性

2.3.1 单位长度枝条叶片数量 对被子植物单位长度枝条叶片数量的研究认为，矮化植株存在节间长度缩短，单位长度枝条叶片数量增加的特点。表3结果显示，矮生杉木在单位长度叶片数量上显著多于正常杉木。其中，矮生杉木1年生主干叶片数量为 $13\sim17\text{片}\cdot\text{cm}^{-1}$ ，平均值为 $14\text{片}\cdot\text{cm}^{-1}$ ，其主枝叶片量为 $9\sim14\text{片}\cdot\text{cm}^{-1}$ ，平均为 $10\text{片}\cdot\text{cm}^{-1}$ ；正常杉木1年生主干叶片数量在 $6\sim9\text{片}\cdot\text{cm}^{-1}$ ，平均值为 $7\text{片}\cdot\text{cm}^{-1}$ ，其主枝叶片量为 $6\sim8\text{片}\cdot\text{cm}^{-1}$ ，平均为 $7\text{片}\cdot\text{cm}^{-1}$ 。

表3 矮生和正常杉木叶片特征比较及差异性检验

Table 3 Leaf anatomical characters and t-test of two types of Chinese fir

生长型	单位长度叶片数量/(片·cm ⁻¹)		叶片栅海比	
	主干	主枝	主干	主枝
矮生杉木	14 ±2	10 ±1	0.43 ±0.11	0.41 ±0.09
正常杉木	7 ±1	7 ±1	0.37 ±0.06	0.38 ±0.10
t检验结果	N = 10, P = 0.000 0	N = 100, P = 0.000 0	N = 100, P = 0.208 9	N = 100, P = 0.492 6

说明：N为t检验样本数，P为无显著差异的概率。

2.3.2 栅海比 栅海比是植物叶片栅栏组织与海绵组织的比例，它的大小在一定程度上可以衡量植物的生长势。从表3所列数据看，矮生杉木主干叶片的栅海比变幅为 $0.28\sim0.61$ ，均值为0.43，主枝叶片的栅海比变幅为 $0.25\sim0.57$ ，均值为0.41；正常杉木主干叶片的栅海比变动于 $0.27\sim0.46$ ，均值为0.37，主枝叶片的栅海比变动于 $0.22\sim0.56$ ，均值为0.38。从表型平均看，矮生杉木叶片的栅海比略大于正常杉木，但经t检验知，两者差异未达显著水平。

3 讨论

迄今为止，已发现了许多木本植物矮生个体，尤其是苹果 *Malus pumila*、柑橘 *Citrus spp.* 和梨 *Pyrus spp.* 等果树，而且它们的矮化特性被逐一揭示。其中，枝皮率是反映矮化特性的重要指标，它与树体生长势具有显著负相关，比值越大，树体越趋于矮化^[10]。本项研究发现，2种类型杉木的枝皮率差异显著，表现为矮生型杉木大于正常型，由此反映出矮生杉木较低的生长势。

植物体内养分和水分的运转主要是靠维管束进行，其中导管和管胞输导水分，且把随水分运输的矿质营养传输到各个营养器官。以往对被子植物的研究认为，枝条导管的密度和平均面积与树体的矮化性状密切相关，表现为乔化高于矮化^[6, 11]。本研究结果发现，矮生型杉木的管胞平均面积显著小于正常型，这在一定程度上反映了矮生型杉木的管胞直径小，不利于水分吸收，导致植株生长缓慢。此外，矮生型杉木的管胞密度却显著大于正常型，这有别于被子植物中导管密度和生长势呈正相关的结论^[6, 7, 12]，该结果也可能与针叶树种木质部中只含管胞有关。

单位长度枝条的叶片数量和栅海比也是衡量植物生长势的重要指标。本研究发现，矮生型杉木单位长度枝条的叶片数量显著高于正常型，在一定程度上反映出矮生杉木枝条节间缩短的现象。但对于栅海比，矮生型与正常型无显著差异。该结果有别于被子植物中栅海比与生长势呈显著负相关的结论^[13]，可能与矮生型杉木具有较厚的海绵组织有关。

参考文献：

- [1] 俞新妥. 中国杉木90年代的研究进展——杉木研究的特点及有关基础研究的综述[J]. 福建林学院学报, 2000, 20

- (1): 86 - 95.
- [2] 陈静, 陈培珠. 苹果树枝条解剖结构与生长势的关系[J]. 中国农学通报, 1998, 14 (3): 46 - 47.
- [3] 赵大中, 陈民, 罗先实, 等. 柑橘砧木矮化特性分类研究[J]. 西北植物学报, 1999, 19 (1): 46 - 50.
- [4] 王成霞, 李培环, 王永章, 等. 桃树枝条的解剖结构与树体矮化的相关性研究[J]. 莱阳农学院学报: 自然科学版, 2006, 23 (3): 185 - 188.
- [5] 黄华宏, 童再康, 朱玉球, 等. 矮化杉木蛋白质组的差异凝胶电泳分析[J]. 浙江林学院学报, 2006, 23 (3): 265 - 269.
- [6] 王宏伟. 甜樱桃矮化砧木矮化机理研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2004.
- [7] 刘彦红. 早实核桃矮化特性及机理的研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2002.
- [8] BEAKBANE A B, THOMPSON E C. Anatomical studies of stems and roots of hardy fruit trees[J]. J Pomol Hort Sci, 1939, 17: 141 - 149.
- [9] 辜云杰, 罗建勋, 曹小军, 等. 中华南方常绿杨木材纤维形态特征及径向变异规律[J]. 东北林业大学学报, 2007, 35 (4): 31 - 33.
- [10] JAUMINE F, FAUST M. Stem anatomical structure of delicious and golden delicious apple hybrids with various growth dynamics[J]. Acta Hort, 1984, 146: 69 - 79.
- [11] 赵燕, 洪亚辉, 刘清波, 等. 菊花辐射后代部分器官维管束与气孔的解剖观察[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2003, 29 (6): 468 - 470.
- [12] 赵大中, 罗先实, 鲁俊良, 等. 柑桔砧木矮化预选指标的解剖学研究[J]. 果树科学, 1995, 12 (4): 219 - 223.
- [13] 张玉兰, 杨焕之. 枝叶解剖构造、过氧化物酶活性与山楂属种、株型生长势关系[J]. 内蒙古农牧学院学报, 1999, 20 (1): 46 - 51.