

## 湿地松产脂量与生长、材性和形质性状的相关性研究

徐永勤<sup>1</sup>, 沈凤强<sup>1</sup>, 徐卢雨<sup>1</sup>, 吴家旅<sup>1</sup>, 栾启福<sup>2</sup>

(1. 浙江物产长乐实业有限公司, 浙江 杭州 311123; 2. 中国林业科学研究院 亚热带林业研究所, 浙江 杭州 311400)

**摘要:** 2014-2016年每年8月、9月和10月, 对1994年造林的33个湿地松 *Pinus elliottii* 自由授粉家系林进行单株的生长、材性和形质性状调查, 并模拟生产性采脂计算单株年产脂量。相关分析结果表明, 弹性模量和分枝角与产脂性状间为负相关, 产脂性状与基本密度间为弱相关; 不同年份产脂量之间相关性最强; 产脂力(单位割面产脂量)和生长指标(胸径、树高、材积和分枝大小等)与产脂量之间相关性中等。因此选择高产脂品系, 除了与弹性模量性状有负相关以外, 其余均可同步选择。

**关键词:** 湿地松; 产脂量; 生长; 材性; 形质; 相关性

**中图分类号:** S794.4      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1001-3776(2020)01-0037-04

## Correlation of Resin Yield with Growth, Form and Wood Property of *Pinus elliottii*

XU Yong-qin<sup>1</sup>, SHEN Feng-qiang<sup>1</sup>, XU Lu-yu<sup>1</sup>, WU Jia-lv<sup>1</sup>, LUAN Qi-fu<sup>2</sup>

(1. Changle Industrial Limited Company of Zhejiang Materials Industry, Hangzhou 311123, China; 2. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Hangzhou 311400, China)

**Abstract:** In 1994, 33 families of 1-year bare-rooted *Pinus elliottii* seedlings were planted in Hangzhou, Zhejiang province. In August, September and October of 2014-2016, resin tapping was carried out and investigations were made on growth traits of single tree, wood properties and tree form traits. The result demonstrated that resin yield had negative correlation with modulus of elasticity and branching angel, and weak correlation with wood basic density. There was strong correlation of annual resin yield among different years. The resin yield had medium correlation with tree growth traits and unit resin yield. The experiment concluded that selection of high resin yield families without wood modulus of elasticity.

**Key words:** *Pinus elliottii*; resin yield; growth; wood property; tree form; correlation

湿地松 *Pinus elliottii* 是我国重要的材用、脂用造林树种, 能在南方瘠薄的低丘、平原酸性红壤立地快速成林, 产生良好的生态、社会和经济效益, 深受种植户的喜爱<sup>[1]</sup>。湿地松在采伐收获前可以连续多年采收松脂, 可获得松脂和木材的双重收获, 因此在选育湿地松良种时需要综合考虑生长、产脂及材性性状。已有研究仅限于生长和分枝性状与产脂量的相关性研究<sup>[2-5]</sup>, 尚无全面的基本密度和弹性模量等材性性状与产脂量的相关性研究。因此本研究借助基本密度和弹性模量的无损检测工具<sup>[6-7]</sup>, 同时调查单株的产脂量和材性性状, 研究各性状间的相互关系, 为速生、优质湿地松高产脂良种选育奠定基础。

收稿日期: 2019-04-28; 修回日期: 2019-10-25

基金项目: 浙江省农业(林木)新品种选育(2016C02056-4), 国家自然科学基金(31470635, 31570668)

作者简介: 徐永勤, 工程师, 从事林木育种研究; E-mail: xuyq@zjmi.com。通信作者: 栾启福, 博士, 副研究员, 从事林木育种研究; E-mail: qifu.luan@caf.ac.cn。

# 1 材料与方法

## 1.1 试验地概况

试验地点设在浙江省杭州市余杭区国营长乐林场黄湖林区, 30°20' N, 119°50' E, 海拔 50 ~ 150 m, 坡度 5 ~ 10°, 坡位中, 坡向西南, 土壤为酸性红壤, 年平均气温 15.6 ~ 16.2℃, 年均降水量 1 390 mm。

## 1.2 材料和方法

造林材料为我国湖南、广东和浙江营造的 1 代湿地松种子园自由授粉家系, 其中来自湖南桃林 1 代湿地松种子园家系 12 个, 广东台山湿地松 1 代种子园家系 11 个, 浙江长乐湿地松种子园家系 10 个, 合计 33 个家系。上述 33 个家系种子于 1993 年春季开始在长乐林场苗圃培育裸根苗, 1994 年春季用培育的 1 年生裸根苗在黄湖林区造林, 造林设计为随机区组设计, 每个家系设置 6 个小区(重复), 每个小区单行 6 株, 株行距 2.0 m×3.0 m。

## 1.3 统计分析方法

2014–2016 年每年 8 月、9 月和 10 月开展采脂工作, 割脂采用下降式保护性割脂方法<sup>[8]</sup>, 每月收获单株产脂量, 3 个月产量之和作为该株松脂年产量。同时利用松脂收集器测量每株的产脂力( $T$ )<sup>[9]</sup>, 即实验用单位面积产脂量。2015 年 12 月用围尺、测杆等对胸径( $DBH$ )、树高( $H$ )、枝下高( $HB$ )等主要生长性状进行每木调查, 单株材积( $V$ )按  $V = 0.375 H \times DBH^2$  估算<sup>[10]</sup>。基本密度( $P$ )和弹性模量( $MOE$ )的无损检测利用 Pilodyn 等设备<sup>[6]</sup>。各性状及其缩写编号见表 1。

表 1 不同性状的平均值  
Table 1 Average values of different traits

性状	平均值	性状	平均值
2014 年 8 月产脂量( $R201408$ )/kg	0.576	胸径( $DBH$ )/cm	20.89
2014 年 9 月产脂量( $R201409$ )/kg	0.823	树高( $H$ )/m	16.72
2014 年 10 月产脂量( $R201410$ )/kg	0.408	材积( $V$ )/m <sup>3</sup>	0.292 5
2014 年产脂量( $R2014$ )/kg	1.803	枝下高( $HB$ )/m	9.38
2015 年 8 月产脂量( $R201508$ )/kg	0.610	东西冠幅( $C_1$ )/m	2.92
2015 年 9 月产脂量( $R201509$ )/kg	0.517	南北冠幅( $C_2$ )/m	3.01
2015 年 10 月产脂量( $R201510$ )/kg	0.175	平均冠幅( $C$ )/m	2.97
2015 年产脂量( $R2015$ )/kg	1.300	分枝大小相对值( $BZ$ )	1.95
2016 年 8 月产脂量( $R201607$ )/kg	0.482	分枝角相对值( $BA$ )	2.75
2016 年 9 月产脂量( $R201609$ )/kg	0.613	北向木材密度相对值( $PN$ )	19.55
2016 年 10 月产脂量( $R201610$ )/kg	0.641	南向木材密度相对值( $PS$ )	20.32
2016 年产脂量( $R2016$ )/kg	1.734	木材密度平均相对值( $P$ )	19.94
2015 年产脂力( $T201510$ )/g	1.300	弹性模量相对值( $MOE$ )	2.95
2014 年产脂力( $T201410$ )/g	1.470		

相关分析和作图利用多元分析软件 Unscrambler® (VAMO Software, Inc., NJ, USA) 进行。采用了 Pearson 相关系数和 PLS (偏最小二乘回归的方法) 统计不同性状间的相对关系。

# 2 结果与分析

## 2.1 各性状平均值

由表 1 显示, 2015 年产脂量最少, 单株平均产量为 1.3 kg, 2014 年和 2016 年产脂量分别为 1.8 kg 和 1.7 kg, 差异不大; 不同年度间产脂量差异可能和各年度的气候条件差异有关; 总的来看, 9 月份产脂量最高, 仅 2015 年 9 月比 8 月略少; 产脂力为单位面积产脂量, 2015 年和 2014 年两年产脂力的平均值分别为 1.30 g 和 1.47 g, 差异不大。从生长情况来看, 胸径为每年约 1 cm 的增幅, 树龄 21 年  $DBH$  约 21 cm。

## 2.2 各性状相关分析

以 2015 年产脂量( $R_{2015}$ )为纵坐标( $X$ 轴), 2016 年产脂量( $R_{2016}$ )为横坐标( $Y$ 轴), 以其它各性状对  $R_{2015}$  和  $R_{2016}$  的 Person 相关系数作为坐标值作图(图 1)。图中根据相关系数大小可分为 8 个小的聚群(图中标注为 I-VIII), 其中 VIII 聚群为  $MOE$  和分枝角( $BA$ ), 与产脂量之间为负相关; 聚群 VII 为基本密度( $P$ ), 与产脂量之间为弱相关, 相关系数为 0.2 左右; 聚群 VI 为冠幅( $C$ ), 与产脂量的相关系数在 0.3 左右; 聚群 IV 为产脂力( $T$ )相关性性状, 与产脂量的相关系数在 0.4 左右; 聚群 V 为材积和胸径两个生长性状, 与产脂量相关系数为 0.6 左右; 聚群 I, II 和 III 是不同年份产脂量, 与 2015, 2016 年产脂量间的相关性最强, 相关系数在 0.7~1.0 之间。其余 3 个性状, 枝下高( $HB$ )与产脂量的相关性较低, 为 0~0.2; 分枝大小( $BZ$ )和树高( $H$ )与产脂量的相关性为中等相关, 约为 0.4。

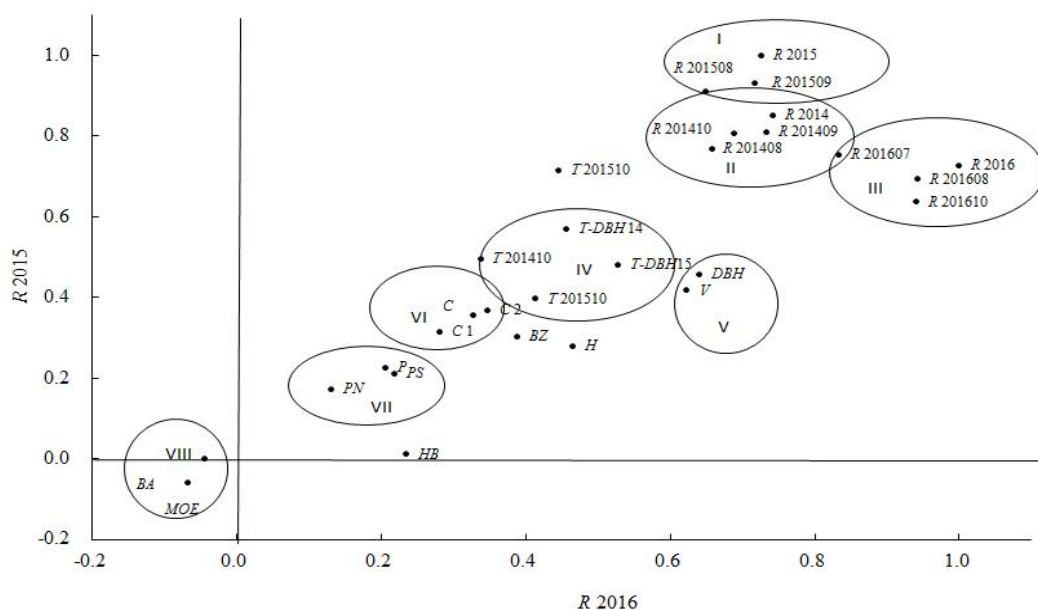


图 1 产脂量与产脂力、生长量和材性等性状相关性示意图

Figure 1 Correlation of resin yield with unit resin yield, tree growth and wood properties

总的来说, 材性相关性状与产脂量为弱相关, 这可能是因为产脂量大小与松脂道数目和大小有关<sup>[11]</sup>, 产脂量大, 树脂道面积大, 木材相对疏松, 材性性状相对较差; 生长量与产脂量的关系为较强的正相关, 特别是胸径和材积与产脂量之间的相关性达到 0.6 以上, 这是因为胸径大, 生长势强, 割脂面也较大, 产脂量相对较多。分枝( $BZ$ )较大, 其产脂量也相对较多, 这与王正喜<sup>[3]</sup>研究认为的高产脂树形较一致。

### 2.3 各性状对产脂量性状的相对重要性

以 3 a 的产脂量平均值作为  $Y$  值(因变量), 以生长、材性等性状作为  $X$  值(自变量), 开展主成分回归分析, 各自变量相对于产脂量的相对重要性见图 2。由图 2 显示, 生长、材性等性状中, 弹性模量( $MOE$ )对产脂量贡献最小, 在各主成分堆积图中处于最上方, 所占比例最小; 当达到 7 个主成分(PC-7)时各性状对产脂量的贡献大小依次(从小到大)是:  $MOE < P < PS < PN < BA < BZ < C < C_2 < C_1 < HB < V < H < DBH$ , 这显示生长性状对产脂量贡献较大, 冠幅( $C$ )和分枝性状( $BA$ 和 $BZ$ )贡献居中, 材性( $P$ 和 $MOE$ )对产脂量贡献最小, 这个分析与上一节的相关性分析较类似。

## 3 结论与讨论

湿地松是优良的脂用、材用造林树种, 产脂量多少受多种因子影响。遗传因素是重要的内在因子, 具有较高的遗传力<sup>[5,9]</sup>, 因此遗传选择是非常有效的。然而在选择高产脂性状的同时要关注生长和材性等性状的同步选择, 特别是弹性模量等影响湿地松倒伏的机械力学性状, 否则在雨雪冰冻天气采脂湿地松会大量折断<sup>[12]</sup>。本研

究显示,湿地松产脂性状与生长性状之间具有较强的正相关性,相关性强弱依次为  $DBH > H > V$ ; 产脂性状与形质性状具有中等的正相关性,相关性强弱依次为  $HB > C_1 > C_2 > C > BZ$ , 显示产脂性状可以与这些生长、形质

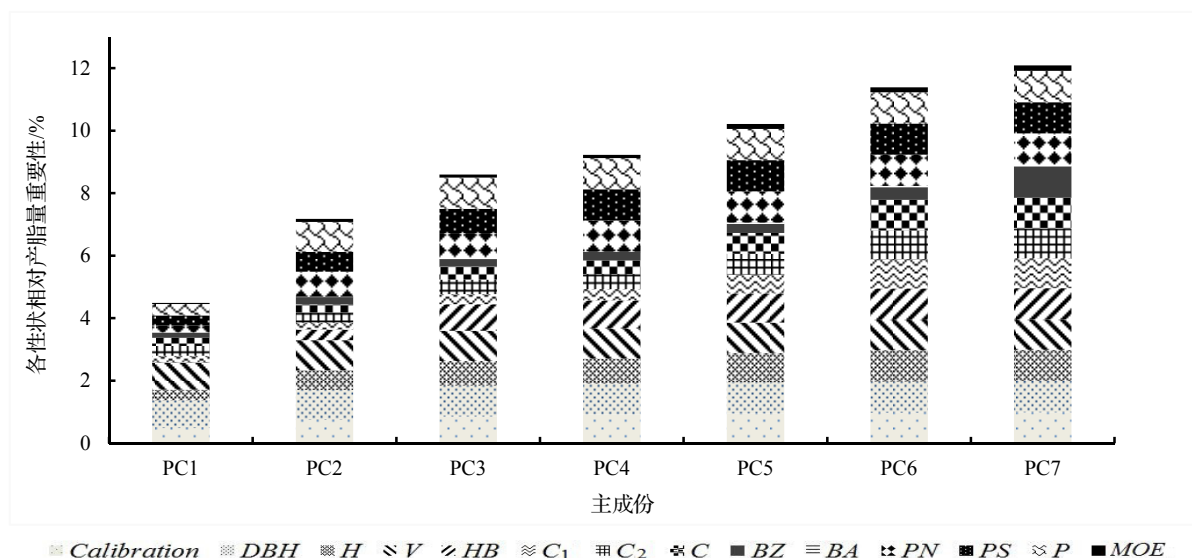


图2 各表型性状对产脂量的相对重要性

Figure 2 Importance of phenotypic traits on resin yield

性状同步选择;然而湿地松产脂量与弹性模量之间具有弱负相关关系,如果不注重弹性模量等抗压能力性状选择而单一选择高产脂湿地松遗传材料,将会加大恶劣天气下倒伏风险。另外基本密度与产脂量之间具有极弱的正相关关系,亦需要在高产脂湿地松遗传材料选择时注意密度等材性性状的选择,因为相关研究显示,密度越小,其在恶劣雨雪天气情况下越容易折断<sup>[12]</sup>。

总的来说,材性相关性状(基本密度和弹性模量等)与产脂量之间为弱相关,这可能是因为产脂量大小与树脂道数目和大小有关<sup>[11]</sup>,产脂量大,树脂道面积大,木材相对疏松,材性性状相对较差。生长量与产脂量之间为较强的正相关,这可能是因为生长量大,生长势强,割脂面也较大,产脂量相对较多。

#### 参考文献:

- [1] 朱志淞,丁衍畴. 湿地松[M]. 广州: 广东科技出版社, 1993.
- [2] 庄伟瑛, 张玉英, 邹元熹. 高产脂湿地松选择和相关因子的分析[J]. 江西农业大学学报, 2007, 29(1): 55-60.
- [3] 王正喜, 刘大椿, 韩旅莎, 等. 湿地松高产脂力单株和类型选择及松脂成分的研究[J]. 林产化学与工业, 1983(3): 2-11.
- [4] 李艳. 湿地松家系生长特性及产脂规律研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2016.
- [5] 张建忠, 沈凤强, 姜景民, 等. 湿地松高产脂家系产脂量和生长量的遗传力估算及协方差分析[J]. 浙江农林大学学报, 2010, 27(3): 367-373.
- [6] 张帅楠, 姜景民, 徐永勤, 等. 湿地松活立木弹性模量无损评估技术研究[J]. 林业科学研究, 2017, 30(1): 75-80.
- [7] 张帅楠, 栾启福, 姜景民. 基于无损检测技术的湿地松生长及材性性状遗传变异分析[J]. 林业科学, 2017, 53(6): 30-36.
- [8] 刘大椿, 周日巍, 雷海, 等. 湿地松割面痊愈愈合采脂技术的研究[J]. 南方林业科学, 2015(3): 57-59.
- [9] 李彦杰, 姜景民, 栾启福. 湿地松家系产脂力、树脂密度和松节油含量的测定与遗传分析[J]. 北京林业大学学报, 2012, 34(4): 48-51.
- [10] 栾启福, 姜景民, 张建忠, 等. 火炬松×加勒比松 F1 代生长、树干通直度和基本密度遗传和配合力分析[J]. 林业科学, 2011, 47(3): 178-183.
- [11] 魏永成, 刘青华, 周志春, 等. 不同产脂量马尾松无性系木质部树脂道结构差异[J]. 林业科学, 2016, 52(7): 38-45.
- [12] 栾启福, 卢萍, 肖复明, 等. 雨雪冰冻重灾区湿地松受害情况调查及其原因初步分析[J]. 林业科学, 2008, 44(11): 50-54.