

马尾松优树群体特征分析*

白青松¹ 刘晚传² 覃冀² 潘庆优²
蓝燕群¹ 张谦¹ 何波祥¹

(1. 广东省森林培育与保护利用重点实验室 / 广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520; 2. 信宜市林业科学研究所, 广东 茂名 525300)

摘要 为进一步优化马尾松 (*Pinus massoniana*) 无性系并选育脂—材兼用马尾松良种, 以马尾松种子园的 54 个无性系为试验材料, 测量该群体树高、胸径、产脂量并计算材积和产脂力, 分析该群体特征。分析结果表明, 各性状群体变幅不大, 无性系间和试验误差的方差分量占比相当, 遗传因素和环境因素可能共同影响马尾松表型; 树高、胸径、材积、产脂量、产脂力的无性系重复力较大, 分别达到 0.693、0.792、0.793、0.873、0.836; 胸径和材积表型与产脂表型极显著相关; 根据材积和产脂力选出 PM1、PM6、PM9、PM10、PM22、PM24、PM33、PM34、PM36、PM37、PM38、PM39、PM42、PM44、PM53、PM321、PM336、PM338 等 18 个脂—材兼用无性系, 其材积和产脂力平均期望增益分别达到 26.19% 和 28.79%, 这些无性系有助于将来继续选育马尾松。

关键词 马尾松; 无性系; 方差分析; 重复力; 相关性分析

中图分类号: S722.5

文献标识码: A

文章编号: 2096-2053 (2018) 03-0023-05

Analysis on Population Characteristics of *Pinus massoniana* Superior Tree

BAI Qingsong¹ LIU Wanchuan² QIN Ji² PAN Qingyou²
LAN Yanqun¹ ZHANG Qian¹ HE Boxiang¹

(1. Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization / Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China; 2. Xinyi Forestry Research Institute, Maoming, Guangdong 525300, China)

Abstract In order to further optimize the *Pinus massoniana* clonal lines and select the improved seeds of resin-wood dual purpose lines, 54 clonal lines of *P. massoniana* at seed orchard were used as experimental materials to measure the height (HT), diameter at breast height (DBH), resin yield (RY) and calculate the volume of wood (VW) and resin-yielding capacity (RYC). Characters of *P. massoniana* population was analyzed. The results showed that there were limited changes in each trait among different lines. Variance components in clonal lines almost equaled to that in experiment error. Hence, *P. massoniana* phenotype may be influenced by both heredity and environment. Repeatability of HT, DBH, VW, RY and RYC reached to 0.693, 0.792, 0.793, 0.873, 0.836 respectively. Growth phenotypes DBH and VW were significantly correlated with resin related phenotypes. Eighteen resin-wood dual purpose lines such as PM1, PM6, PM9, PM10, PM22, PM24, PM33, PM34, PM36, PM37, PM38, PM39, PM42, PM44, PM53, PM321, PM336, PM338 have been selected according to VW and RYC. Average expected gains of these lines reached 26.19% and 28.79% respectively. These lines would make a positive contribution to *P. massoniana* breeding in the future.

Key words *Pinus massoniana*; clonal lines; variance analysis; repeatability; correlation analysis

* 基金项目: 国家重点研发计划子课题 (2017YFD0600303-5)。

第一作者: 白青松 (1988—), 男, 助理研究员, 主要从事马尾松和广东地区乡土阔叶树种遗传和选育研究工作, E-mail: baiqs@sinogaf.cn。

通信作者: 何波祥 (1966—), 男, 研究员, 主要从事马尾松和广东地区乡土阔叶树种遗传和选育研究工作, E-mail: heboxiang@163.com。

马尾松 (*Pinus massoniana*) 是我国重要的采脂树种, 其产生的松脂广泛应用于香料、医药、油墨等行业^[1]。提高马尾松产脂量的最根本方法是通过选育优良家系并推广种植, 马尾松在良种选育与产业化应用等领域取得系列重大研究成果^[2-3]。利用自由授粉家系分析证实马尾松不同家系间的产脂力具有明显差异, 此外, 家系遗传品质是影响马尾松产脂力的重要因素之一^[2]。树高、胸径、材积、产脂力在马尾松不同无性系间存在显著差异且重复力较高^[3]。自上世纪 80 年代高脂类型马尾松选育工作开始, 并建立了马尾松种子园^[4-5]。王肖颖等^[3]对该种子园 25 个无性系开展了产脂力测定工作, 认为通过对无性系选择可以获得一定的增益。本研究利用马尾松种子园的嫁接无性系开展生长和产脂测定, 通过重复力分析、表型相关性分析及优良无性系评选为马尾松选育研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料为广东省信宜市 (110° 56' E, 22° 21' N) 马尾松种子园种植的 54 个马尾松优树嫁接无性系。种子园采用水平梯带整地, 株行距 4 m × 7 m。1989 年 6 月用 1a 生嫁接苗造林, 完全随机区组设计。2010 年 7 月 25 日—9 月 30 日测定树高 (Height, HT)、胸径 (Diameter at breast height, DBH) 及产脂量 (Resin yield, RY), 并计算材积 (Volume of wood, VW) 和产脂力 (Resin-yielding capacity, RYC), 每个无性系测定 5~19 株。

1.2 试验方法

对马尾松单株进行树高、胸径测定, 运用割面系统法进行割面宽、产脂量等产脂性状测定^[6]。

1.3 统计分析

根据树高和胸径计算单株材积, 根据采脂区域割面宽度、采脂区域树干围长等数据计算单株产脂力。

单株材积计算公式如下^[7]:

$$VW = 7.98524 \times 10^{-5} \times DBH^{1.74220} \times HT^{1.01198}$$

其中, VW 表示单株材积, DBH 表示单株测量胸径, HT 表示单株测量树高。

单株产脂力计算公式如下^[2]:

$$RYC = \frac{RY \times C}{d \times W_d}$$

其中, RYC 表示单株产脂力, RY 表示单株产脂量, d 表示单株采脂割刀数, W_d 表示单株采脂区域割面宽度, C 表示单株采脂区域树干围长。

采用 SAS 9.4 软件的 MEANS 程序计算无性系各性状的平均值、变异系数等统计特征值, 采用 MIX 程序估算方差分量和无性系重复力^[8]。

期望增益计算公式如下:

$$G = \frac{M_c - \mu}{\mu} \times 100\%$$

其中, G 表示无性系期望增益, M_c 表示无性系平均值, μ 表示群体平均值。

2 结果与分析

2.1 马尾松无性系特征分析

对马尾松 54 个无性系各性状统计结果如表 1 所示。各性状表型的变异系数变化范围为 12.80%~34.66%, 各性状表型在不同无性系间差异显著, 表明在同一立地条件下种植马尾松, 不同的基因型对表型具有显著影响。

表 2 为马尾松各性状方差分量估算结果。结果显示: 5 个性状的无性系间方差分量占比均略低于试验误差方差分量, 该结果表明遗传因素和环境因素均对马尾松生长和产脂变异产生影响。马尾松 5 个性状的重複力详见表 1, 其树高、胸径、材积、产脂量和产脂力的重複力分别达到 0.693、0.792、0.793、0.873、0.836, 表明可以针对该马尾松群体开展各无性系间的生长量和产脂力比较和评选并选育优良无性系。

2.2 马尾松表型相关性分析

利用 54 个马尾松无性系的表型数据进行各性状表型相关性分析 (表 3)。马尾松的生长表型与产脂表型呈极显著相关关系。其中, 胸径与产脂量及产脂力的相关系数分别为 0.652 和 0.735, 材积与产脂量及产脂力的相关系数分别为 0.625 和 0.716, 该结果预示着可以选择同时具有生长量大、产脂力高的马尾松无性系, 为脂—材兼用林的选育提供了理论依据。

2.3 马尾松优良无性系评选

根据各无性系和群体的材积与产脂力平均值, 将 54 个无性系分为脂用、材用、脂—材兼用和其它 4 个部分 (图 1), 图中央的纵线和横线分别表示群体材积和产脂力的平均值。如图所示, 材积和

表 1 马尾松无性系变异参数和重复力

Table 1 Variation parameter and repeatability of masson pine clonal lines

性状 Trait	平均值 Population average value	变异系数 Population variation coefficient/%	F 值	重复力 Repeatability	标准差 Standard deviation
树高 HT/m	11.43	12.80	3.203**	0.693	0.065
胸径 DBH/cm	25.17	15.54	4.898**	0.792	0.044
材积 VW/m ³	0.2729	34.66	4.996**	0.793	0.043
产脂量 RY/g	2235.51	27.58	7.679**	0.873	0.027
产脂力 RYC/(g · d ⁻¹)	170.26	32.83	5.785**	0.836	0.035

注：** 表示在 $\alpha = 0.01$ 水平差异显著。

Note: ** indicates significantly difference at $\alpha = 0.01$ level.

表 2 马尾松各性状方差分量估算

Table 2 Variance components of masson pine traits

变异来源 Variation source	树高 HT		胸径 DBH		材积 VW		产脂量 RY		产脂力 RYC	
	方差分量 Variance com- ponent	占比 /%	方差分量 Variance com- ponent	占比 /%	方差分量 Variance com- ponent	占比 /%	方差分量 Variance com- ponent	占比 /%	方差分量 Variance com- ponent	占比 /%
无性系间 From lines	0.5232	45.53	7.0579	48.30	0.004094	47.90	307389.5827	48.61	1666.4701	46.25
误差 From error	0.6259	54.47	7.5535	51.70	0.004454	52.10	324960.0000	51.39	1936.5900	53.75

表 3 马尾松表型相关性分析

Table 3 Correlation analysis of masson pine traits

性状 Trait	树高 HT	胸径 DBH	材积 VW	产脂量 RY
胸径 DBH	0.533**			
材积 VW	0.747**	0.944**		
产脂量 RY	0.384**	0.652**	0.625**	
产脂力 RYC	0.442**	0.735**	0.716**	0.969**

注：** 表示在 $\alpha = 0.01$ 水平显著相关。

Note: ** indicates significantly correlate at $\alpha = 0.01$ level.

产脂力平均值高于群体平均值的无性系各有 24 个，其中脂用（产脂力平均值高于群体平均值而材积平均值低于群体平均值）的无性系有 6 个；材用（材积平均值高于群体平均值而产脂力平均值低于群体平均值）的无性系有 6 个；脂—材兼用（材积和产脂力平均值同时高于群体平均值）无性系如黑色方块所示，共 18 个。编号分别是 PM1、PM6、PM9、PM10、PM22、PM24、PM33、PM34、PM36、PM37、PM38、PM39、PM42、PM44、PM53、PM321、PM336、PM338，可用于脂—材兼用马尾松选育工作。

18 个脂—材兼用无性系各性状的期望增益如表 4。PM10、PM53、PM34、PM39 和 PM338 无性系的材积期望增益较高；PM53、PM321、PM42 和 PM39 无性系的产脂力期望增益明显高于其他

无性系。18 个脂—材兼用无性系，其材积和产脂力平均期望增益分别达到 26.19% 和 28.79%。表明在今后将这 18 个无性系作为核心育种种质继续选育脂—材兼用马尾松存在很大的潜力。

3 结论与讨论

对 54 个马尾松无性系进行特征分析发现，54 个马尾松无性系的材积和产脂力均有显著差异，并且表型差异主要由基因型差异导致，表明对 54 个优良无性系进行再选择，进而获得性状更优良的无性系是可能的。

种质资源的收集和保存是林木育种研究的重要组成部分。曾令海等^[9]利用高脂马尾松家系分析发现产脂力与胸径显著相关，在本研究相关性分析中，生长表型和产脂表型显著相关。使得在

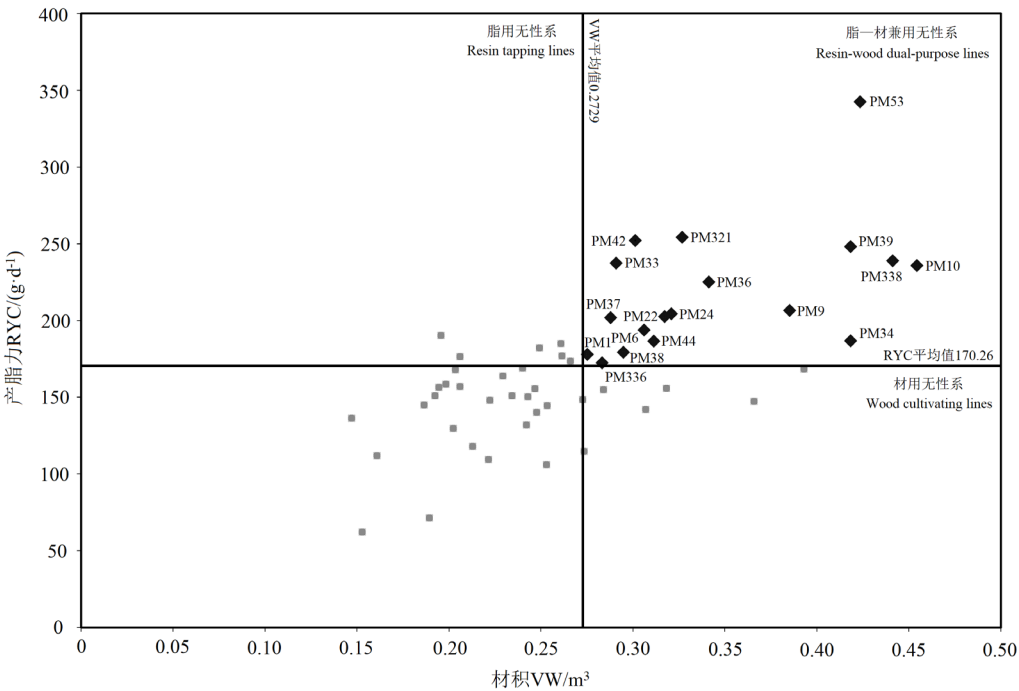


图 1 马尾松无性系分类
Fig. 1 Classification of masson pine clonal lines

表 4 马尾松脂—材兼用无性系期望增益
Table 4 Expected gains of resin-wood dual-purpose masson pine clonal lines %

无性系编号 Clonal line number	树高期望增益 Expected gain of HT	胸径期望增益 Expected gain of DBH	材积期望增益 Expected gain of VW	产脂量期望增益 Expected gain of RY	产脂力期望增益 Expected gain of RYC
PM1	-3.29	4.22	0.86	7.04	4.51
PM6	1.17	2.65	12.17	11.64	13.84
PM9	7.23	20.40	41.16	19.53	21.33
PM10	20.85	23.28	66.52	33.28	38.52
PM22	3.58	7.86	16.26	16.12	18.99
PM24	1.08	11.29	17.60	20.70	20.06
PM33	6.53	1.53	6.60	41.36	39.45
PM34	12.69	21.57	53.32	1.37	9.71
PM36	2.99	14.94	25.07	33.11	32.23
PM37	-10.09	2.76	5.51	15.59	18.58
PM38	16.18	-2.11	8.05	1.95	5.33
PM39	11.20	21.57	53.31	39.77	45.77
PM42	6.02	4.00	10.41	51.92	48.11
PM44	11.19	3.61	14.10	13.62	9.59
PM53	13.18	20.48	55.21	92.26	101.20
PM321	8.26	7.91	19.75	54.43	49.34
PM336	-4.66	6.89	3.81	-4.62	1.28
PM338	12.83	25.89	61.70	29.59	40.36
平均值	6.50	11.04	26.19	26.59	28.79

收集种质资源时可以通过选择材积和产脂力兼备的优树从而简化马尾松选育过程。本研究中该群体树高、胸径、材积、产脂量、产脂力的无性系重复力较大，表明可以针对该群体开展无性系选择。在选育高产脂马尾松的基础上结合 54 个无性系的材积评选出 18 个材积和产脂力高于群体均值的脂—材兼用优良无性系，为开展马尾松的品系优化提供依据。

参考文献

- [1] LEE H J, RAVN M M, COATES R M. Synthesis and characterization of abietadiene, levopimaradiene, palustradiene, and neoabietadiene: hydrocarbon precursors of the abietane diterpene resin acids[J]. *Tetrahedron*, 2001, 57(29): 6155-6167.
- [2] 张谦, 曾令海, 何波祥, 等. 马尾松自由授粉家系产脂力的年度变化及遗传分析[J]. *林业科学*, 2013, 49(1): 48-52.
- [3] 王肖颖, 罗敏, 覃冀, 等. 高脂马尾松优树无性系生长量及产脂力测定[J]. *广东农业科学*, 2016, 43(8): 58-62.
- [4] 广东省高脂松研究协作组. 马尾松高产脂力类型选育之研究[J]. *广东林业科技*, 1988(6): 14-19.
- [5] 曾令海, 王以珊. 马尾松后建式种子园的营建和管理技术[J]. *广东林业科技*, 1993(4): 25-28.
- [6] COPPEN J J W, HONE G A. Non-wood forest products 2. Gum naval stores: Turpentine and rosin from pine resin[M]. *Natural Resources Institute, Rome: FAO ix*, 1995.
- [7] 曾令海, 岳水林. 马尾松产脂力与树木性状相关性的测定[J]. *亚林科技*, 1984(1): 59-61.
- [8] 段安安, 张存旭, 毕春霞. 树木无性系测验中重复力估算方法的探讨[J]. *西北林学院学报*, 1995(3): 21-24.
- [9] 曾令海, 王以珊, 阮梓材, 等. 高脂马尾松优良家系的多性状综合选择[J]. *广东林业科技*, 1998, 14(4): 1-8.