

马尾松种源松脂组分的地理变异*

岳水林 荣文琛

关键词 马尾松、种源、松脂组分、地理变异

马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)是我国最主要的采脂树种,其松脂产量占我国总产脂量的95%以上。测定马尾松全分布区内种源的松脂化学组分,可为高经济价值组分、抗病虫害定向选择育种及种源类型区分提供依据。早在1936年,苏联有人首次按松脂单萜含量划分松树类型,同时表明不同单萜的定性组成对高产脂力松树选种有科学的实践意义^[1]。美国结合化学分类及抗病虫害特性方面,对松脂化学组分进行了很多分析研究,证明松脂的组分受强度的遗传控制^[1]。美国东南林业试验站经11a的调查研究,证明象鼻虫危害最轻的是 α -蒎烯含量高而 β -蒎烯含量低的松树。美国林产品研究所分析了中国马尾松松脂成份,提出中国马尾松至少有两个不同的变种^[1]。国内粟子安等分析了37个样点的马尾松松脂后认为,其中的 β -蒎烯含量一般是偏南地区的马尾松较高,偏东北地区较低^[2]。

马尾松种源间在生长、抗性、形态解剖、物候、结实等性状上存在极其明显的遗传变异^[3],本研究目的在于研究马尾松松脂组分的地理变化模式,并探讨用其鉴别、划分种源区的可能。

1 材料与方 法

试验采脂林分设在浙江富阳亚林所小坞坑的马尾松种源试验基因库。根据1979年全国马尾松种源试验协作组统一方案,从各产地优势林分采种,1980年于本所苗圃育苗,1981年造林。试验林地海拔约110m,年均温16.1℃,年降雨量1460mm,年日照1995h,无霜期231d,土壤属黄壤。据1987年底生长量观测,林分平均树高6.2m,最高种源达9.8m,平均胸径5.5cm,最大种源11.2cm。

1988年6月采样,在距基部50cm的树干部位,用V型钩式采脂刀割一长10cm、深0.5~1cm的割口,割口与水平成60°角,在割口下端插一导脂片,将流出的松脂引入样品瓶(10mL棕色玻璃瓶)。割后1h收瓶,尽快上盖并用蜡密封。当瓶内松脂不足0.2mL时,则重新换瓶采割。待测样品低温避光保存。

松脂的气相色谱分析采用一次进样法。从样品松脂中取0.5mL,用0.5mL乙醇溶解,加1滴酚酞指示剂,用2%四甲基氢氧化铵乙醇溶液滴至微红色,即用于色谱分析。分析使用四川分析仪器厂的SC-7型气相色谱仪,氢火焰离子检测器,毛细管柱,气化室温度305℃,程序升温:90℃至210℃(升温速度:4℃/min)。色谱数据处理机为上海计算技术研究所的CDMC-

1993-09-08 收稿。

岳水林助理研究员,荣文琛(中国林业科学研究院亚热带林业研究所 浙江富阳 311400)。

* 本文属于“七五”国家攻关专题“马尾松种源试验”研究内容。本所吴天林、徐晓春、周立红参加取样,福建省林科所马莉等承担松脂组分测试,特此致谢!

1B,一次进样,即可得到每个松脂样品的13个化学组分含量(包括: α -蒎烯、蒎烯、 β -蒎烯、香叶烯、长叶烯、石竹烯、海松酸、异海松酸、长叶松酸+左旋海松酸、去氢枞酸、枞酸、去氢去氢枞酸、新枞酸)^[4,5]。

采脂林分共含14省86个种源,考虑到采样工作量和分析费用,按地理分布随机取样,并在现场确定37个保存完整的代表性种源。其中四川因马尾松分布面积较大,故取样4个种源,江苏、河南、陕西因马尾松分布面积较小,各取样2个种源,云南属引种区,未取样,其余9省(区)各取3个种源。每种源随机测定5个单株的松脂组分含量,作种源间含量的方差分析。主要组分含量与产地地理气象因子(包括经纬度, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温和年降雨量)的简单、复相关分析。据13个化学组分含量,对37个参试种源作主分量、聚类分析,提出区划意见,并与以生长性状为主所作的区划结果作比较。

2 结果与分析

2.1 37个马尾松种源主要松脂组分含量

37个马尾松种源主要松脂组分的平均相对含量可见如下的趋势:①马尾松南方种源多数单萜类含量较高,尤其是蒎烯和 β -蒎烯含量最高,而北方种源倍半萜(尤其是长叶烯)含量较低。②单萜中以 α -蒎烯为主,占单萜总量的90.8%~97.6%;倍半萜中反式石竹烯和长叶烯含量均较高,分别占倍半萜总量的28.2%~75.8%和24.2%~71.8%,尤在中部种源中含量较高。③二萜中长叶松酸+左旋海松酸含量较高,占二萜总量的43.2%~58.4%,变幅相对稳定。④二萜含量在松脂组分中比重最大,占48.4%~75.1%;其次为单萜,占13.3%~35.8%;倍半萜仅占2.3%~8.7%。

2.2 松脂组分含量的种源差异

37个种源13种主要松脂组分含量、各类萜烯总量的方差分析结果见表1。由表1可见,种源间多数松脂组分含量存在显著差异,尤其是倍半萜总量(包括长叶烯、反式石竹烯含量)和二萜总量(主要是长叶松酸+左旋海松酸、新枞酸及异海松酸等组分),种源间差异均极其显著,说明不同地理区域的种源具有不同的化学组成及特性。

表1 马尾松种源松脂组分方差分析(F值)

α -蒎烯	蒎烯	β -蒎烯	香叶烯	单萜总量	长叶烯	反式石竹烯	倍半萜总量	海松酸	异海松酸	长叶松酸+左旋海松酸	去氢枞酸	去氢去氢枞酸	枞酸	新枞酸	二萜总量
1.18	0.87	1.94*	2.59**	1.36	14.4**	1.67*	3.21**	1.76*	4.99**	7.25**	0.98	1.25	1.93*	4.46**	2.09**

注: *表示显著水平, **表示极显著水平, $F_{0.05}(36,148)=1.64$, $F_{0.01}(36,148)=2.02$ 。

2.3 松脂组分含量的地理变异规律

为探索马尾松皮油树脂组分含量的地理变异规律,进行了单萜、倍半萜、二萜总量及其13种主要组分与产地主要地理、气象因子的相关分析,结果见表2。由表2可见,产地的地理、气象因子对马尾松种源松脂组分含量的综合影响不明显,复相关系数均未达到显著水平,可以认为,各组分的含量主要受种源本身的遗传基因控制。简单相关分析表明:①长叶烯、反式石竹烯含量及倍半萜总量,海松酸、异海松酸、长叶松酸+左旋海松酸含量及二萜总量,均与马尾松种

源的产地、纬度呈显著至极显著负相关,故南方种源倍半萜、二萜含量相对较高。② α -蒎烯、 β -蒎烯及单萜总量与产地经度呈显著正相关;新枞酸含量与产地年降雨量呈极显著负相关;长叶烯、海松酸均与产地 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温呈显著正相关。马尾松地理种群皮油树脂化学特性的变异,与其生长、抗性及其形态解剖特征变异的规律呈现极为相似的变化趋势,均表现出较明显的纬向渐变模式,表明在马尾松种源各表型性状与某些化合物含量间,有可能存在着一定的内在联系。

表 2 松脂组分含量与产地地理、气象因子相关分析

组 分	复相关系数	纬 度	经 度	年降雨量	$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温
α -蒎烯	0.375	-0.044	0.436*	0.102	0.058
埃 烯	0.319	-0.056	0.261	0.078	-0.053
β -蒎烯	0.412	-0.007	0.425**	0.098	-0.106
香 叶 烯	0.311	-0.203	0.221	0.010	0.032
单萜总量	0.352	-0.028	0.347*	0.080	-0.092
长 叶 烯	0.374	-0.435**	-0.265	0.221	0.463**
反式石竹烯	0.279	-0.353*	0.195	0.056	0.110
倍半萜总量	0.322	-0.375*	-0.101	0.154	0.279
海 松 酸	0.224	-0.588**	-0.182	0.047	0.406*
异海松酸	0.271	-0.389*	-0.213	-0.029	0.141
长叶松酸+左旋海松酸	0.339	-0.347*	-0.107	-0.023	-0.091
去氢枞酸	0.174	-0.267	-0.094	-0.096	-0.010
枞 酸	0.255	0.133	-0.172	-0.142	-0.015
去氢去氢枞酸	0.132	0.029	-0.001	-0.056	0.038
新 枞 酸	0.419	0.047	-0.159	-0.425**	-0.156
二萜总量	0.228	-0.343*	-0.113	-0.247	0.278

注:*示显著相关,**示极显著相关; $d_f(35)_{0.05}=0.325$, $d_f(35)_{0.01}=0.418$ 。

在进行松脂组分与产地地理、气象因子相关分析时,还进行了各组分含量之间的相关分析(先作数据转换: $\ln \sqrt{x+0.5}$),结果列于表 3,由表 3 可看出:①多数松脂组分之间相关不明显,说明各组分是受不同遗传机制所控制;②单萜类的各组分(α -蒎烯、埃烯、 β -蒎烯与香叶烯)间均呈极显著正相关,二萜类中有 6 对组分间呈显著或极显著相关(其中 4 对为正相关、2 对呈负相关),说明在同类萜烯化合物间存在不同程度的亲和或相斥现象;③松脂组分在相关程度上差异很大,如 α -蒎烯与 7 种组分(单萜或二萜)有极显著相关,且与单萜均为正相关,与二萜均为负相关;新枞酸、长叶松酸+左旋海松酸与 6 种组分均呈显著相关(与单萜、倍半萜均呈显著负相关);香叶烯与 5 种组分有极显著相关;而去氢枞酸及异海松酸仅与 1 种二萜其它组分呈显著或极显著正相关;长叶烯则与其它组分均不相关。以上说明不同松脂组分的化学特性及种源变异存在极大差别。④单萜总量及其 4 个组分间均呈极显著正相关,说明单萜类化合物的种源变异趋势具有较大一致性,倍半萜各组分均与倍半萜总量呈正相关,表明倍半萜各组分具相似的种源变异趋势;二萜总量与枞酸等 4 种二萜类组分呈显著相关,亦说明枞酸等部分二萜组分对二萜总量的种源变异具有较大的同质效应。⑤不同类萜烯总量之间,仅单萜与二萜呈极显著负相关,其余均不相关,说明马尾松松脂组分的种源变异中,单萜与二萜具有丰富的变异及明显的变异规律。综合以上分析可知,不同萜烯类化合物在遗传控制中具有某种共同效应。

表3 马尾松树脂组分相关分析

组 分	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1 α -蒎烯	0.427**	0.566**	0.516**	0.986**	-0.221	0.258	-0.049	0.115	-0.106	-0.723**	-0.239	-0.601**	-0.501**	-0.559**	-0.812**
2 莰烯		0.699**	0.754**	0.420**	-0.032	0.226	0.188	0.043	-0.174	-0.474**	-0.222	0.116	-0.153	-0.311	-0.436**
3 β -蒎烯			0.753**	0.578**	-0.182	0.409*	0.098	0.195	-0.083	-0.531**	-0.302	-0.305	-0.182	-0.450**	-0.576**
4 香叶烯				0.587**	-0.048	0.286	0.143	-0.233	-0.113	-0.634**	-0.285	-0.330	-0.194	-0.489**	-0.605**
5 单萜总量					-0.207	-0.267	-0.058	0.139	0.032	-0.756**	-0.303	-0.615**	-0.498**	-0.588**	-0.822**
6 长叶烯						0.102	0.869**	-0.084	-0.085	0.019	-0.153	0.014	-0.166	-0.052	-0.142
7 反式石竹烯							-0.614**	-0.248	-0.174	-0.493**	-0.073	-0.086	-0.074	-0.198	-0.472**
8 倍半萜总量								-0.288	-0.213	-0.262	-0.189	-0.042	-0.048	-0.132	-0.064
9 海松酸									0.500**	0.138	0.033	-0.376*	-0.085	-0.371*	-0.082
10 异海松酸										-0.075	0.085	-0.228	0.041	-0.140	0.142
11 长叶松酸十 左旋海松酸											0.141	0.306	0.207	0.510**	0.769**
12 去氢枞酸												0.091	0.342*	0.044	0.282
13 枞酸													0.126	0.532**	0.602**
14 去氢去氢枞酸														0.167	0.452**
15 新枞酸															0.688**
16 二萜总量															1.000

注: $r_{0.01} = 0.418, r_{0.05} = 0.325$.

2.4 松脂组分含量的聚类分析

据 37 个种源 13 个松脂组分含量作主分量分析,并对贡献率达 85% 以上的 7 个主分量作类平均法聚类,结果见图 1。据此,可将整个马尾松分布区由南向北划分为四个区。南区,含两广为主的热带及部分南亚热带地区。此区包括范围不大,在松脂组分上是一个特殊类型,单萜组分(尤其是埃烯和 β -蒎烯)含量很高,且二萜含量亦较高。中东区,由中部、东部种源组成,形成中东区,包括湖南、贵州、浙江、福建,从组分含量上来看,该区特点是单萜组分的含量较南区为低,而倍半萜烯组分(即反式石竹烯与长叶烯)含量最高。北区,范围最大,包括江西、安徽、江苏、湖北、河南及陕西等。该区内萜烯类组分的含量均较低,特别是倍半萜烯中的长叶烯与二萜中的海松酸、异海松酸等组分明显低于另外两个区。四川种源在生长性状分类中自成一体,形成一独立亚区^[3]。在以松脂组分含量所作分类中,四川种源跨度大,并同时出现于南北两区,据此,把四川种源作为一个特殊的多变群体划出,单独划为四川区。

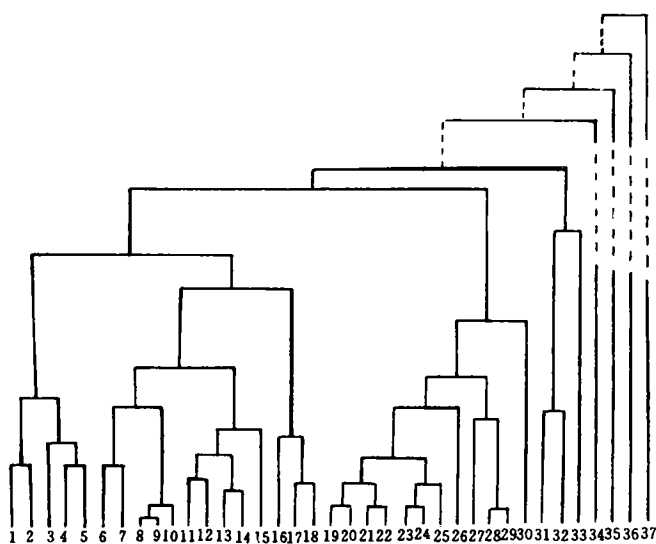


图 1 松脂组分种源区划聚类图

1. 四川蒲江;2. 广东英德;3. 广西忻城;4. 浙江遂昌;5. 贵州德江;6. 湖北远安;7. 广西宁明;8. 江苏江浦;9. 贵州开阳;10. 湖南临湘;11. 河南信阳;12. 浙江富阳;13. 安徽屯溪;14. 陕西平利;15. 福建邵武;16. 广东高州;17. 安徽霍山;18. 湖南安化;19. 安徽泾县;20. 江苏句容;21. 江西余江;22. 四川涪陵;23. 湖北红安;24. 河南固始;25. 湖南常宁;26. 浙江临海;27. 福建南安;28. 江西吉安;29. 贵州黎平;30. 广东南雄;31. 湖北恩施;32. 江西安远;33. 广西百色;34. 陕西城固;35. 四川万县;36. 福建长汀;37. 四川南江。

参 考 文 献

- 1 孙侠凤. 美国和苏联的高产脂力松树选种概况. 林化科技通讯, 1982, (6): 199~203.
- 2 粟子安, 翟其骅, 梁志勤, 等. 十九种松树树脂化学组成与树种、松干蚧危害的关系. 林产化学与工业, 1981, 1(3): 1~11.
- 3 全国马尾松地理种源试验协作组. 马尾松种源变异及种源区划分的研究. 亚热带林业科技, 1987, 15(2): 81~89.
- 4 梁志勤, 姜紫荣. 松脂主要化学组成的毛细管气相色谱分析. 林产化学与工业, 1982, 2(3): 13~21.
- 5 马莉. 马尾松生理树脂的毛细管气相色谱分析. 福建林学院学报, 1987, 7(1): 72~76.

Geographical Variation of Resin Components between Masson Pine Provenances

Yue Shuilin Rong Wenchen

Abstract Resin samples of 37 provenances were collected from masson pine genepool in Fuyang County, Zhejiang Province, and 13 chemical components were analysed. It was measured that there were evident negative geographical variation pattern among provenance latitude and longifolene, trans-caryophyllene, sesquiterpene, pimaric acid, isopiramic acid, palustric acid + levopimaric acid and diterpene contents, significant correlation between monoterpene content and provenance longitude, negative correlation between neoabietic acid content and provenance yearly precipitation, and correlation between longifolene, pimaric acid contents and provenance cumulative temperature. According to the main component and cluster analyses from 13 resin components it showed that China's masson pine provenances could be divided into three geographical categories: the southern, middle-eastern and northern geographical patterns.

Key words masson pine, provenance, resin, geographical variation

Yue Shuilin, Assistant Professor, Rong Wenchen (The Research Institute of Subtropical Forestry, CAF Fuyang, Zhejiang 311400).