

油松针叶萜类组分相对含量的地理变异

刘和平

张懿藻

(陕西省林业科学研究所, 杨陵 712100) (西北林学院, 杨陵 712100)

摘要 在油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)主要天然分布区晋、冀、陕、甘4省,选择12个种源36个林分(每个林分8株成年油松样木),利用气相色谱和气质联用技术,测定了油松针叶萜类相对含量,并分析了所含萜类总数在不同种源间、种源内不同林分间的差异。结果表明:(1)油松针叶萜类相对含量以随机变异为主;(2)有2种化合物(γ -古芸烯和一未知物)及化合物总数具有较强的生态型变异特点;(3)多数化合物的相对含量存在显著的种源间差异,部分存在种源内林分间差异,多数化合物的种源间差异大于种源内林分间差异。

关键词 油松;针叶;萜类;相对含量;地理变异

The geographical variation of relative contents of foliar volatile terpenes in *Pinus tabulaeformis* Carr. Liu He-Ping (Shaanxi Forestry Institute of Sciences, Yangling 712100), Zhang Yi-Zao (Northwestern Forestry College, Yangling 712100), *J. Plant Resour. & Environ.* 1996, 5(1): 30~34

The geographical variations of foliar volatile terpenes of *Pinus tabulaeformis* Carr. were determined. The needle samples were collected from 36 sampling stands at 12 sampling sites of native forest in 4 provinces (Shanxi, Hebei, Shaanxi and Gansu), and 8 sampling trees in each stand were collected. The results indicated that: (1) the geographical variations of relative contents of most foliar terpenes are irregular; (2) the relative content of compounds number 04 (unidentified) and 21 (γ -gurjunene) show ecological variations in a certain degree; (3) there are significant variations among provenances and among stands within provenance, and the variations among provenances are greater than those among stands within provenance.

Key words *Pinus tabulaeformis* Carr.; needle; relative content; geographical variation

油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)是我国特有树种,也是我国北方主要造林树种之一。具有自然分布广、种内变异大的特点^[3]。

根据针叶树萜类(基本结构是以异戊二烯为骨架连接起来的一类化合物,针叶树各器官所产生的含油树脂大部分成分为此类化合物)相对含量主要受遗传控制而很少受环境因子影响这一特点,国外已对部分针叶树种的地理种源变异、地理种群的划分作过研究^[5-7]。有关油松针叶萜类组分相对含量的种群划分、地理变异也有报道^[1,4]。

作者利用气相色谱分析技术,测定油松针叶所含萜类的相对含量,分离出28种萜类,鉴定了14种,并分析了它们在不同种源及不同林分间的差异。为油松的种群划分提供了根据。

收稿日期 1995-09-18

*“七·五”国家攻关课题。气相色谱与质谱分析得到中国林业科学研究院南京林产化工研究所陈友地、姜紫荣等同志的大力帮助,表示感谢。

1. 材料与方 法

1.1 样点的确定 样点的确定原则是:样品既能代表油松整个自然分布区,各样点之间又应存在一定的地理隔离,可代表各自所在的不同地理条件。在主要分布区陕西、山西、河北和甘肃 4 省共确定了 12 个样点。分别在各样点选择 3 个采样林分以测定林分间差异。12 个样点及 36 个林分所在地理位置及所属环境条件见表 1。

表 1 油松采样点的立地条件

Tab 1 The locations and conditions of sampling sites of *Pinus tabulaeformis* Carr.

样点 Sites	林分位置 Stand locations	经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔高度 Altitude (m)	所属植被带 Vegetation belts belonged
01. 陕西宁陕	旬阳坝林场	108°33'	33°33'	1360~1450	亚热带常绿阔叶林区 栎类林、巴山松、华山松林
02. 陕西黄陵	双龙林场 上畛子林场 腰坪林场	108°58'	35°40'	1023~1095	暖温带落叶阔叶林区 油松、辽东栎、槲栎林
03. 陕西华县	武坪林场	109°56'	34°14'	1220~1390	暖温带落叶阔叶林区 油松、栓皮栎、锐齿槲栎林
04. 甘肃天水	张家林场	106°34'	34°08'	1415~1480	暖温带落叶阔叶林区 油松、锐齿槲栎林
05. 甘肃迭部	白云林场	103°14'	34°03'	2500~2550	青藏高原高寒植被区 高寒灌丛、草甸
06. 甘肃永登	连城林场	102°50'	36°35'	2250~2405	温带草原区 黄土高原西部草原区
07. 甘肃靖远	哈思山林场	104°32'	37°00'	2480~2485	温带草原区 黄土高原西部荒漠草原区
08. 山西宁武	接官厅林场 杜家村林场	112°00'	38°34'	1600~1680	暖温带落叶阔叶林区 辽东栎、槲栎林
09. 山西沁源	赤石桥林场	112°19'	36°48'	1250~1457	暖温带落叶阔叶林区 油松、辽东栎、槲栎林
10. 山西沁水	中村林场	111°57'	35°33'	1480~1515	暖温带落叶阔叶林区 油松、栓皮栎、锐齿槲栎林
11. 河北平泉	大窝铺林场	118°31'	41°19'	950~1070	暖温带落叶阔叶林区 油松、辽东栎、槲栎林
12. 河北围场	燕格柏林场	117°20'	42°03'	1100~1150	温带草原区 内蒙古高原南部草原区

1.2 样品的采集与处理 每个林分选择 8 株样木,于 1985 年 7~9 月采集树冠南向下端外侧的 1 龄针叶。针叶样品采集后剪碎,用水汽蒸馏法提取挥发性油以测定所含萜类(提取过程中未加化学萃取溶剂)。

1.3 样品测试 各化合物的分离及相对含量的气相色谱条件及化合物鉴定的气-质联用分析条件同前^[2]。

1.4 数据分析 统计分析时,对化合物相对含量的百分比数据作反正弦转换: $x = \arcsin \sqrt{x'}$, 对化合物数量作平方根转换: $x = \sqrt{x'}$ 。用相关分析方法分析各化合物相对含量同经、纬度的相关关系,采用二级系统资料的方差分析方法分析各化合物相对含量在不同种源间、种源内不同林分间的差异以及种源间和种源内差异的对比。其线性模型为: $X_{ijk} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij} + \delta_{ijk}$ (μ - 全体平均, τ_i - 种源效应, ϵ_{ij} - 林分效应, δ_{ijk} - 随机误差)。

2. 结果与分析

2.1 仪器测定结果 气相色谱分析得到 34 个色谱峰, 经重复测定, 确认 28 个峰为化合物 (另有 6 个峰重复测定结果不好, 不能断定其确为化合物或由于仪器电讯号的“抖动”所造成)。经质谱分析, 最终鉴定出 14 个化合物 (见表 2)。28 个化合物中, 有 10 个 (峰号分别为 08,

表 2 油松针叶挥发油中化合物分析结果

Tab 2 Analytical results of the volatile oil of *P. tabulaeformis* Carr.

峰号 Peak No.	化合物名称 Compounds	峰号 Peak No.	化合物名称 Compounds	峰号 Peak No.	化合物名称 Compounds
01	三环烯 tricyclene	11	未知物 unidentification	20	γ -杜松烯 γ -cadinene
02	α -蒎烯 α -pinene	12	α -毕澄茄烯 α -cubebene	21	γ -古芸烯 γ -gurjunene
03	莰烯 camphene	13	α -古巴烯 α -copaene	22	未知物 unidentification
04	未知物 unidentification	14	β -榄香烯 β -elemene	23	β -毕澄茄烯 β -cubebene
05	β -蒎烯 β -pinene	15	未知物 unidentification	24	δ -杜松烯 δ -cadinene
06	香叶烯 geranene	16	未知物 unidentification	25	未知物 unidentification
07	柠檬烯 limonene	17	未知物 unidentification	26	未知物 unidentification
08	未知物 unidentification	18	未知物 unidentification	27	未知物 unidentification
09	未知物 unidentification	19	律草烯 humulene	28	未知物 unidentification
10	未知物 unidentification				

表 3 各样点 18 个化合物相对含量 (%) 及化合物数量的平均值

Tab 3 The average relative contents (%) of 18 terpenes and average compound amount of 12 sampling sites

化合物序号 Compounds No.	样点 Site											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
01	0.50	0.87	1.04	0.59	1.09	1.35	0.79	0.96	1.01	1.01	1.03	1.58
02	28.76	25.77	27.32	22.01	24.47	27.48	18.11	21.35	21.93	21.61	19.57	21.80
03	2.37	3.04	3.51	2.20	3.87	4.55	2.86	3.08	3.45	3.85	3.16	4.45
04	0.61	1.00	1.44	0.47	0.84	0.64	0.61	1.09	0.98	1.09	1.67	2.15
05	18.87	11.34	11.88	11.98	7.18	11.80	10.48	12.80	12.06	9.95	9.96	7.41
06	2.18	3.24	4.68	4.57	5.14	6.35	3.46	2.47	2.76	2.99	3.43	3.54
07	2.62	2.22	2.62	2.28	3.96	3.73	3.18	2.76	3.08	2.94	3.21	4.46
09	0.62	1.77	2.36	1.07	2.09	1.40	1.85	0.68	0.77	0.67	1.49	2.00
11	3.11	9.06	7.08	7.23	13.78	10.96	7.44	7.78	7.38	7.83	5.83	8.24
15	16.81	18.17	15.47	22.96	13.66	11.97	18.64	20.07	20.27	20.81	19.32	18.09
18	2.63	3.51	3.11	3.98	2.44	2.16	3.42	3.07	3.01	3.15	3.71	3.21
21	5.36	3.79	4.94	3.66	6.20	4.09	8.15	2.64	1.93	2.65	2.41	2.85
22	2.67	3.62	3.40	3.42	3.37	2.29	3.44	2.17	2.31	2.87	2.68	2.69
23	1.15	1.02	0.70	1.19	0.87	0.59	1.15	1.85	1.82	1.87	1.71	1.46
24	1.72	2.13	1.74	2.18	1.98	1.13	2.16	1.68	1.79	1.87	1.68	1.59
26	3.15	2.97	3.03	3.27	3.13	2.55	3.49	3.44	2.96	3.81	4.63	3.70
27	0.92	1.22	0.94	1.74	1.11	0.77	1.32	1.16	1.10	1.29	1.50	1.44
28	0.77	0.96	0.59	1.22	1.02	0.76	1.25	0.88	0.87	0.98	0.58	0.50
合计 Total	94.82	95.70	95.85	95.79	96.20	94.57	91.80	89.93	89.48	91.24	87.57	91.16
化合物总数 Amount	22.21	25.88	23.29	24.13	22.96	22.13	23.54	26.92	27.71	27.00	27.25	26.67

10, 12, 13, 14, 16, 17, 19, 20, 25) 相对含量低于 0.1% (仪器测定误差), 故以下对相对含量大于 0.1% 的 18 个化合物进行统计分析。12 个样点的平均测定值以及化合物数量见表 3。

2.2 萜类组分相对含量同地理因子的相关关系 表 4 列出 18 个萜类相对含量同经度、纬度和海拔高度的相关系数。

表 4 18 个萜类组分相对含量及化合物总数同经度、纬度和海拔高度的相关系数

Tab 4 The correlation coefficients of relative contents of 18 terpenes and compound amount to longitude, latitude and altitude

化合物序号 Compound No.	经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔高度 Altitude	化合物序号 Compound No.	经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔高度 Altitude
01	0.31820	0.59405*	-0.00769	18	0.43061	0.25792	-0.49957
02	0.37427	-0.57214*	-0.06305	21	-0.69111**	-0.43626	0.02504
03	0.09538	0.37647	-0.16545	22	-0.35835	-0.43626	0.05533
04	0.83529**	0.74893**	-0.62256*	23	-0.70099**	0.48002	-0.36342
05	-0.14651	-0.44280	-0.16917	24	-0.16541	-0.35621	0.00895
06	-0.54041	-0.17038	0.48795	26	-0.71796**	0.62232*	-0.36989
07	0.11534	0.51406	0.33218	27	0.39253	0.35115	-0.25386
09	-0.12337	0.12381	0.06636	28	-0.63372**	-0.50774	0.57943*
11	-0.46153	-0.06878	0.56762*	化合物总数 Amount	0.79828*	0.63137*	-0.55620*
15	0.46020	0.16947	-0.40356				

* 相关显著 correlated significantly; ** 相关极显著 correlated very significantly

相关分析结果表明, 18 个萜类中, 有 5 个化合物(04, 21, 23, 26, 28)的相对含量同经度以及 4 个化合物(01, 02, 04, 26)的相对含量同纬度存在着显著或极显著的相关关系。2 个化合物(04, 26)及化合物总数同经度和纬度的相关均达显著。同经度相关显著的 5 个化合物相对含量及化合物总数中, 除化合物 26 为负相关外, 均为正相关。同纬度相关显著的 4 种化合物及化合物总数中, 除化合物 02 为负相关外, 均为正相关。由此可得出, 化合物 21, 23 和 28 的相对含量由东向西逐渐变低, 南北方向变异无明显规律; 化合物 01 的相对含量由南向北逐渐增加, 02 逐渐减低, 东西方向变异无明显规律; 化合物 04 的相对含量及针叶所含化合物总数大体呈由东北向西南, 化合物 26 的相对含量由西北向东南逐渐减低的变异趋势。化合物 04, 11 和 28 的相对含量以及化合物总数同海拔高度之间的显著的相关关系表明, 随着海拔高度的增加, 化合物 04 的相对含量降低, 化合物 11 和 28 的相对含量提高, 化合物总数减少。

2.3 不同种源间、种源内林分间差异的方差分析 对 18 个油松针叶萜类相对含量以及化合物数量在不同种源间以及种源内不同林分间差异所作的方差分析结果见表 5。

方差分析结果表明, 除 22, 24 和 27 外的其它 15 个化合物相对含量及针叶所含化合物数量均存在着显著或极显著的种源间变异。8 种化合物(03, 07, 09, 18, 22, 23, 24, 26)相对含量存在着显著或极显著和种源内林分间差异。从表 5 方差组成列可看出, 除化合物 22, 24 相对含量的林分间差异大于种源间差异外, 其它 16 种化合物的相对含量以及化合物总数的差异均为种源间大于种源内林分间。

结合表 4 的结果, 得出如下结论: (1) 油松针叶萜类相对含量以随机性地理变异为主; (2) 化合物 04(未知物)、21(γ -古芸烯)以及针叶所含化合物总数具有较强的生态型变异特点。根据相对含量, 化合物 04 可划分为两个区, 东北部区(包括河北平泉、围场、山西宁武、沁源、沁水、陕西黄陵、华县)较高(1~2.15%), 西南部区(包括陕西南宁、甘肃天水、迭部、永登、靖

表5 油松种源、林分萜类相对含量、化合物数量方差分析结果

Tab 5 Variance analysis of relative contents of 18 terpenes and amount of compounds in *P. tabulaeformis* among provenances and stands within provenance

化合物序号 Compound No.	均方 Mean square			均方比 Mean square ratio		方差组成 Ratio of square	
	种源 Provenance fd=11	林分 Stand fd=24	误差 Error fd=252	种源 Provenance	林分 Stand	种源 Provenance	林分 Stand
01	22.09	3.94	2.99	5.61**	1.32	0.76	0.12
02	130.95	49.50	36.50	2.61*	1.36	3.39	1.63
03	35.37	10.10	4.54	3.50**	2.22**	1.05	0.70
04	48.51	5.79	6.55	8.38**	0.88	1.78	0.10
05	154.01	69.03	52.66	2.23*	1.31	3.54	2.05
06	86.95	14.07	16.37	6.18*	0.86	3.04	0.29
07	24.81	8.47	4.71	2.93*	1.80*	0.68	0.47
09	76.65	10.48	5.97	7.31**	1.76*	2.76	0.56
11	171.04	15.44	14.00	11.08**	1.10	6.48	0.18
15	94.11	19.69	14.98	4.78**	1.31	3.10	0.59
18	18.77	4.49	2.27	4.18**	1.97**	0.60	0.28
21	156.09	13.34	12.44	11.70**	1.07	5.86	0.07
22	21.48	9.93	4.45	2.16	2.23**	0.48	0.69
23	34.30	4.78	2.36	7.17**	2.02**	1.23	0.30
24	11.26	6.65	2.56	1.71	2.56**	0.20	0.50
26	30.02	10.57	5.68	2.84*	1.86*	0.81	0.61
27	14.79	6.83	4.83	2.16	1.41	0.33	0.25
28	15.84	4.54	4.03	3.49**	1.13	0.47	0.06
化合物总数	1.35	0.08	0.07	16.88**	1.11	1.27	0.00

种源: $F(11, 24) = 2.22_{0.05}, 3.09_{0.01}$ 林分: $F(24, 252) 1.56_{0.05}, 1.87_{0.01}$

远)较低(0.4~0.8%)。化合物21可分为三个区,东部区(包括河北平泉、围场、山西宁武、沁源、沁水)最低(1.93~2.85%),中西部区(包括陕西黄陵、华县、宁陕、甘肃天水、迭部、永登)较高(3.19~6.56%),油松自然分布相对隔离的哈思山区(甘肃靖远)最高(8.15%)。化合物总数可分为两个区,东部区(包括河北平泉、围场、山西宁武、沁源、沁水)较高(26.67~28.71),西部区(包括陕西宁陕、华县、黄陵、甘肃天水、迭部、永登、靖远)较低(22.13~25.88)。

参 考 文 献

- 1 刘和平. 1988: 内蒙古林学院学报 2:35~41.
- 2 刘和平, 张懿藻. 1995: 植物资源与环境 4(3):45~48.
- 3 徐化成, 唐 谦. 1984: 北京林学院学报 (2):57~72.
- 4 徐化成, 唐 谦. 1991: 油松地理变异和种源选择, 中国林业出版社, 北京. 83~92.
- 5 Forrest G L. 1980: *Biochem. Yst. Ecol.* 8: 343~359.
- 6 Wilkinson R C. 1970: *For. Ci.* 17: 83~90.
- 7 Zavarin E. 1965: *Biochem.* 5: 91~96.

(责任编辑:赵逐春)