

樟树种源/家系苗期性状变异分析*

姚小华¹⁾ 任华东¹⁾ 孙银祥²⁾ 张建忠²⁾

(1) 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 311400, 浙江富阳; 2) 浙江省余杭市长乐林场, 311100, 浙江余杭;
第一作者 37 岁, 男, 副研究员)

摘要 为了解樟树遗传变异的来源和规律, 进行了樟树苗期种源/家系两水平试验研究。结果表明, 樟树的遗传变异存在于种源和家系两个层次。樟树苗高、枝下高、冻害性状在种源层次的变异远大于家系层次的变异, 地径则相反。方差分析表明, 樟树苗期种源间在苗高、地径、枝下高、冻害性状上有极显著差异; 家系之间在苗高、地径、冻害性状上有极显著差异, 在枝下高性状上无显著差异。种源内大多数家系间各性状的差异达不到显著水平。苗高、枝下高、冻害各性状值, 高于富阳种源(Ck)的家系分别有 125、95、88、108 个, 低于富阳种源(Ck)的分别有 56、86、93、73 个。苗高与种源纬度显著负相关, 与年均温、1 月均温、绝对低温显著相关; 冻害与纬度极显著负相关, 与年均温、1 月均温、绝对低温显著相关; 枝下高与纬度显著相关, 与年均温、1 月均温、绝对低温显著负相关; 苗高与冻害极显著相关, 与地径显著相关。

关键词 樟树; 苗期生长; 种源/家系分析

分类号 S722.7

樟树(*Cinnamomum camphora* L.) 是我国特有的珍贵用材和经济树种, 同时也是重要的水源涵养、河堤防护等防护林树种。樟树是热带和亚热带常绿阔叶林的代表树种, 分布区域在 10° ~ 34°N, 88° ~ 122°E, 主要产于我国的海南、台湾、福建、江西、广东、广西、湖北、湖南、四川、重庆、云南、贵州、浙江等省市。樟树近年来被广泛应用于林区树种结构的调整, 河滩溪流水源涵养林和低丘水土保持林的营建, 丘陵、平原、城镇绿化等, 并利用初步选择的良种材料, 建立樟树矮林, 提取樟油、樟脑等工业产品。

樟树分布区广, 种质资源丰富, 但目前遗传改良水平极低。通过苗期种源/家系两水平联合试验, 有利于了解遗传变异的来源和变异的规律, 为制定樟树遗传改良策略提供一些依据。同时, 也有利于选择早期生长快、适应性强的优良种源和家系。

1 材料和方法

试验设在浙江省余杭市长乐林场西山苗圃, 地理位置为 22°21' N, 120°23' E, 海拔高度 18 m, 年均温 16.3 °C, 1 月均温 0 °C, 7 月均温为 32 °C, 极端最低温度为 -10.8 °C, 年雨量 1 313 mm。土壤为红黄壤, 苗圃因长期育苗土壤肥力较好。

1996 年 10 月至 1997 年 2 月, 采集樟树分布区种源/家系试验用种子(表 1), 每种源选择 10 株壮龄母树, 按株分别采种编号标记, 并分别进行种子处理和湿沙贮藏。少数种源的家系数少于或多于 10 个。参与本试验研究的种源 20 个、家系 181 个。各采种点种子全部收齐后, 各参试家系种子经分发后按不同区组进行湿沙贮藏。苗期试验于 1997 年 2 月进行, 苗床常规整

* 本文为“九五”国家攻关专题(96-007-02-16)“香樟良种选育和培育技术研究”的部分研究内容。
1998-08-12 收稿。

理后按随机区组进行试验设计,重复4次,每小区1行,每行播50粒种子。苗床宽1m,行距30cm,苗床两端设立保护行。

表1 参试种源/家系采种点基本情况

种源	纬度	经度	海拔高度	参试家系数	种源	纬度	经度	海拔高度	参试家系数
	$/(^{\circ})N$	$/(^{\circ})E$	/m	/个		$/(^{\circ})N$	$/(^{\circ})E$	/m	/个
溧阳	32 00	118 48	8.9	10	怀化	28 00	110 00	283.0	10
富阳	30 06	119 54	24.0	12	涟源	27 34	111 35	315.0	10
金华	29 07	119 39	23.0	10	双牌	25 47	111 41	386.0	10
龙泉	28 12	119 12	639.0	10	新宁	26 24	110 48	525.0	7
淳安	29 36	119 02	294.0	10	郴州	25 45	112 59	501.0	10
井冈	26 35	114 13	299.0	10	仁化	25 07	113 40	397.0	11
吉安	27 05	114 55	120.0	3	梅县	24 18	116 07	201.0	10
遂川	26 15	114 20	499.0	10	苍梧	23 24	111 15	46.0	5
邵武	27 18	117 30	371.0	10	南丹	25 00	107 30	520.0	3
湘阴	28 40	112 49	11.0	10	铜仁	27 43	109 11	432.0	10

1998年1月对试验苗木进行调查,每小区选取10株,分别调查苗高、地径、枝下高、冻害。冻害共分6级,不同级别分别给定相应的冻害值:顶芽无冻害为0;顶芽受冻害为1;枝梢冻害达5cm为2;枝梢冻害>5cm至枝梢冻害为株高1/3之间为3;枝梢冻害在株高1/3~1/2为4;枝梢冻害大于株高1/2则冻害值为5。计算以小区平均值为单元,冻害值为非自然数,故未经转换。

分析中采用距长乐林场最近的富阳种源作为对照。采用方差分析、多重比较、相关分析等分析方法^[1]。因参试样本大,在统计分析检验参数时参考马尾松种源试验材料进行递推¹⁾。遗传统计分析模型^[2,3]如右表。

变异来源	自由度	均方组成
区组	$r - 1$	$\alpha_c^2 + pf \sigma_r^2$
产地	$p - 1$	$\alpha_c^2 + r\sigma_{(p)}^2 + rf \sigma_p^2$
家系/产地	$p(f - 1)$	$\sigma_c^2 + r\sigma_{(p)}^2$
机误		α_c^2

注:表中 σ_c^2 、 α_c^2 、 $\alpha_{(p)}^2$ 、 σ_p^2 分别表示机误、区组重复、家系间/种源、种源的方差分量, f 表示调和平均数。

2 结果和分析

2.1 种源/家系性状变异分析

从表2可见,苗高、地径、冻害3个性状在种源间及家系间均有极显著差异;枝下高在种源层次上有极显著差异,但在家系层次上无显著差异。群体遗传组成在不同层次上有较大差异:种源层次方差分量从4.47%(地径)~66.82%(冻害值);种源内家系层次方差分量从2.18%(枝下高)~17.32%(地径)。苗高、枝下高、冻害性状种源层次的方差分量大于家系层次的方差分量,在这3个性状上种源方差分量相应为家系方差分量的2.44、2.91和11.91倍。地径性状的种源方差分量却小于家系方差分量,种源方差分量约为家系层次方差分量的1/4(表2)。可见,不同性状在遗传组成上有不同的表现。

2.2 种源/家系生长、抗性分析

2.2.1 苗高性状 以小区平均值为单位,苗木高生长最小的为42.00cm,最大为128.50cm,总平均值为91.33cm。20个种源高生长从高到低秩次见表3。对种源进行差异显著性检验表

1) 全国马尾松地理种源试验协作组. 林木育种统计分析常用表, 1985-12.

表 2 樟树各性状不同层次遗传变异

变异来源	自由度	苗 高			地 径		
		均方	方差	方差分量%	均方	方差	方差分量%
区 组	3	7 455.5	40.61	23.59	0.337 2	0.001 8	10.06
种 源	19	833.0**	19.25	11.18	0.054 8**	0.000 8	4.47
家系/种源	161	136.0**	7.9	4.59	0.024 6**	0.003 1	17.32
机 误	528	104.4	104.4	60.64	0.012 2	0.012 2	68.16

变异来源	自由度	枝 下 高			冻 害		
		均方	方差	方差分量%	均方	方差	方差分量%
区 组	3	4 705.74	25.641 1	25.96	4.775 2	0.024 8	2.19
种 源	19	299.96**	6.260 8	6.34	27.983**	0.758 0	66.82
家系/种源	161	73.32	2.155	2.18	0.542 5**	0.063 6	5.61
机 误	528	64.7	64.7	65.52	0.288 0	0.288 0	25.39

注: 表中有* * 者表示在 0.01 水平差异显著。

表 3 樟树苗期种源和种源内家系苗高生长量

cm

种源	家 系												平均值	超过 Ck 家系数及 占种源内家系数%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
梅县	99.5	84.2	<u>103.7</u>	<u>104.6</u>	<u>109.7</u>	<u>109.7</u>	<u>106.4</u>	99.2	100.7	102.0			102.0	9(90)
南丹		102.4		94.5		94.7							97.2	3(100)
苍梧	98.2	95.0	92.8	100.0		97.3							96.7	5(100)
遂川	<u>105.8</u>	87.7	96.4	86.5	85.6	<u>110.8</u>	95.1	100.3	92.2	97.2			95.7	8(80)
湘阴	98.1	94.9	100.6	101.3	91.0	100.0	99.9	89.9	89.1	92.4			95.7	10(100)
邵武	93.0	98.0	<u>107.2</u>	85.8	96.3	96.3	<u>80.4</u>	88.0	<u>111.5</u>	99.1			95.6	8(80)
双牌	97.1	101.0	100.0	97.5	84.8	91.5	96.2	93.7	100.3	93.5			95.5	9(90)
新宁	91.0	95.1	94.2				99.3	91.4	88.9	91.5			93.1	6(86)
郴州	<u>74.6</u>	97.1	97.6	101.0	89.0	95.3	99.5	97.2	84.9	85.4			92.2	7(70)
金华	93.8	93.1	84.6	90.4	89.5	86.5	94.8	90.9	92.7	92.2			90.8	8(80)
涟源	95.6	82.4	88.2	87.0	84.7	98.3	90.6	102.1	87.7	88.0			90.5	7(70)
仁化	89.3	81.7	87.2	92.1	91.5	92.4	<u>79.9</u>	93.5	89.8	97.3	89.4		89.5	9(73)
龙泉	91.0	89.5	90.0	88.3	85.4	92.6	94.5	87.1	86.3	88.2			89.3	7(70)
溧阳	85.2	88.9	88.5	88.6	91.8	87.1	89.9	89.9	85.5	93.2			88.8	7(70)
铜仁	84.7	82.7	85.2	89.5	86.0	93.1	86.5	101.1	87.4	90.6			88.7	5(50)
淳安	88.7	85.2	87.3	86.3	85.1	89.4	87.7	90.0	92.6	90.4			88.3	6(60)
吉安	87.5	89.7	87.4										88.2	2(67)
富阳	<u>78.8</u>	91.9	83.1	80.8	86.8	91.6	92.2	<u>103.3</u>	87.4	93.8	81.9	<u>77.5</u>	87.4	5(42)
怀化	85.5	97.6	83.0	84.2	86.4	93.2	82.4	83.4	<u>77.7</u>	80.9			85.4	3(30)
井冈	<u>71.1</u>	<u>80.7</u>	<u>77.2</u>	81.6	92.3	82.0	<u>77.6</u>	81.5	88.1	84.9			81.7	2(20)

注: 表中下标——者为生长量前 10 位家系, 下标——者为后 10 位家系。以下各表同。

明, 苗高最低的井冈山种源与苗高排序靠前的梅县、南丹等 7 个种源有极显著差异; 梅县种源与井冈、怀化、富阳、吉安、淳安种源有极显著差异; 其余种源间无显著差异。

种源内家系之间苗高生长量大多没有达到显著水平, 仅邵武种源内的邵武 9 号极显著高于邵武 7 号。从全部 181 个家系来看, 高生长从高到低排序后, 前 4 个家系生长量显著高于后

10个家系。最高的邵武9号达111.50 cm, 超过最低家系井冈1号56.76%。高生长前10个家系中, 来自梅县种源的就占一半; 高生长后10位中来自井冈种源的家系就占了4个。以距试验点最近的富阳种源作为对照, 所有家系高生长量与富阳种源无显著差异。在各种源内, 生长量超过对照的家系所占的比率与各种源苗高秩次趋势相近。

2.2.2 地径性状 以小区平均值为单位, 地径生长量最小为0.36 cm, 最大为1.35 cm, 总平均值为0.80 cm。20个种源地径生长从高到低秩次见表4。对种源间进行差异显著性检验表明, 在地径性状上只有吉安、怀化、井冈种源与邵武种源有极显著差异, 其它种源之间无显著差异。

表4 樟树苗期种源和种源内家系地径生长量

cm

种源	家系												平均值	超过 Ck 家系数及 占种源内家系数%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
邵武	0.77	0.81	<u>0.99</u>	0.80	0.92	<u>0.98</u>	0.81	0.72	<u>1.01</u>	<u>1.00</u>			0.88	8(80)
南丹		0.89		0.88		0.82							0.86	3(100)
苍梧	<u>0.95</u>	0.71	0.74	0.85		<u>0.97</u>							0.85	3(60)
仁化	0.83	0.87	0.84	0.78	0.83	0.83	0.79	0.81	0.89	0.84	<u>1.06</u>		0.85	9(82)
双牌	0.83	0.88	0.93	0.82	0.78	0.76	0.85	0.79	0.93	0.74			0.83	6(60)
涟源	0.87	0.87	0.76	0.80	<u>0.66</u>	0.90	0.72	<u>1.20</u>	0.77	0.79			0.83	5(50)
梅县	0.92	0.78	0.80	0.87	0.78	0.80	0.85	0.75	0.86	0.78			0.82	6(60)
遂川	0.82	0.74	0.79	0.69	0.72	<u>1.00</u>	0.85	0.90	0.79	0.89			0.82	5(50)
金华	0.83	0.81	0.86	0.77	0.81	0.78	0.86	0.81	0.82	0.87			0.82	8(80)
湘阴	0.84	0.79	0.84	0.84	0.78	0.88	0.84	0.74	0.76	0.74			0.81	5(50)
郴州	0.70	0.87	0.90	0.81	0.82	0.74	0.87	0.82	0.80	0.76			0.81	7(70)
新宁	0.80	0.77	0.86				0.85	0.79	0.79	0.74			0.80	4(57)
溧阳	0.76	0.75	0.91	0.76	0.83	0.77	0.82	0.74	0.73	0.85			0.79	4(40)
富阳	<u>0.65</u>	0.85	0.81	<u>0.68</u>	0.83	0.80	0.83	0.94	0.72	0.83	0.75	0.79	0.79	7(58)
龙泉	0.70	0.78	0.74	0.83	0.78	0.82	0.81	0.75	0.71	0.74			0.77	3(30)
铜仁	0.73	<u>0.62</u>	<u>0.66</u>	0.76	0.84	0.80	0.79	<u>0.96</u>	0.75	0.78			0.77	4(40)
井冈	<u>0.67</u>	0.75	0.87	0.70	0.83	0.70	0.78	0.72	0.75	0.70			0.75	2(20)
淳安	0.75	0.74	0.83	<u>0.68</u>	0.81	0.80	0.85	0.77	<u>0.67</u>	0.74			0.76	4(40)
怀化	0.88	0.95	0.72	0.75	0.70	0.74	0.70	0.72	<u>0.66</u>	<u>0.66</u>			0.75	2(20)
吉安	0.71	0.80	0.72										0.74	1(33)

从种源内各家系看, 铜仁种源中的铜仁8号家系显著高于铜仁2号; 涟源种源中的涟源8号显著高于涟源1号、涟源2号, 极显著高于涟源3、4、5、7、9、10号。其它种源内家系间无显著差异。从全部181个家系看, 地径生长量最大(涟源8号)为1.20 cm, 最低(铜仁2号)为0.62 cm, 最高家系为最低的1.94倍。各家系排序后, 经检验前8个家系地径生长量显著高于后5个家系。地径生长量前10个家系中来自邵武种源有4个, 来自苍梧种源有2个; 地径生长量后10个家系中, 淳安、富阳、怀化、铜仁种源各占2个, 没有相对集中。同样以富阳种源各家系的平均数作为对照来考虑全部181个家系, 涟源8号与富阳种源极显著差异, 其它家系与富阳种源无显著差异。

2.2.3 枝下高性状 以小区平均值为单位, 枝下高最低为 5.5 cm, 最高为 70.8 cm, 总平均值为 23.83 cm。20 个种源枝下高从高到低秩次见表 5。可以初步看出, 偏南种源枝下高有趋低现象。对种源间进行差异显著性检验表明, 仁化和井冈种源枝下高显著低于双牌种源, 其它种源之间无显著差异。

表 5 樟树苗期种源和种源内家系枝下高

种源	cm												平均值	超过 Ck 家系数及 占种源内家系数%
	家						系							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
双牌	25.9	30.3	25.0	<u>36.1</u>	30.3	22.5	27.9	29.4	25.4	<u>34.3</u>			28.7	9(90)
新宁	28.3	<u>32.9</u>	22.2				30.6	28.1	25.2	27.8			27.9	6(86)
溧阳	30.1	28.7	<u>16.3</u>	17.0	28.9	31.6	<u>31.7</u>	25.5	<u>38.4</u>	24.8			27.3	8(80)
湘阴	30.3	27.5	23.8	21.9	28.7	25.9	<u>34.4</u>	25.9	21.8	26.9			26.7	8(80)
铜仁	20.6	23.7	17.9	<u>36.1</u>	21.5	26.9	31.4	21.5	28.3	29.9			25.8	6(60)
怀化	25.1	26.9	26.4	22.6	30.6	29.3	19.1	22.4	20.5	22.7			24.6	5(50)
金华	21.9	28.4	22.2	27.2	21.7	25.7	22.2	21.8	24.7	27.0			24.3	5(50)
柳州	19.4	18.3	24.0	<u>34.9</u>	19.6	25.4	23.9	26.6	24.8	25.2			24.2	7(70)
淳安	22.1	27.7	25.7	25.2	21.8	24.3	20.9	19.5	29.4	25.2			24.2	6(60)
龙泉	24.3	27.8	23.1	22.0	23.8	21.7	27.5	22.8	24.8	24.1			24.2	6(60)
富阳	22.2	<u>27.9</u>	<u>16.4</u>	26.2	18.8	31.6	19.7	20.9	28.4	26.5	21.4	23.5	23.6	5(42)
遂川	24.9	27.2	26.1	22.2	19.3	21.9	25.2	16.9	22.0	26.1			23.2	5(50)
涟源	25.8	21.1	22.6	25.5	22.7	25.2	<u>32.6</u>	17.1	18.3	19.8			23.1	4(40)
邵武	31.0	28.4	21.1	22.7	22.6	20.9	19.1	20.6	23.5	20.1			23.0	2(20)
南丹		26.0		22.3		19.0						22.4	1(33)	
吉安	19.3	22.6	23.1										21.7	0(0)
梅县	21.7	17.0	17.3	16.9	17.5	18.5	17.1	25.7	27.0	20.0			19.9	2(20)
苍梧	<u>13.1</u>	21.9	23.5	21.6		<u>15.7</u>							19.1	0(0)
井冈	22.6	19.4	<u>13.8</u>	<u>12.8</u>	16.8	25.8	16.8	17.5	21.9	21.2			18.9	1(10)
仁化	<u>15.4</u>	<u>14.3</u>	20.2	23.3	18.8	18.0	17.1	28.2	27.6	<u>15.3</u>	<u>9.2</u>		18.9	2(18)

各种源内家系间枝下高均无显著差异。对全部参试 181 个家系进行分析, 枝下高最高溧阳 9 号为 38.43 cm, 最低仁化 11 号为 9.17 cm, 最高家系为最低的 4.19 倍。经检验枝下高前 3 个家系生长量显著高于后 3 个家系, 溧阳 9 号显著高于后 5 个家系。对所有家系枝下高从高到低排序, 前 10 个家系多属于中北部种源; 后 10 个家系多数属于南部种源, 其中仁化种源有 4 个家系, 苍梧种源 2 个家系, 少数家系属于中部和北部种源。与富阳种源比较, 没有一个家系与富阳种源之间有显著差异。在各种源内, 枝下高超过对照种源的家系数占的比率与各种源枝下高秩次趋势近似。

2.2.4 冻害性状 以小区平均值为单位, 冻害值最低为 0, 最高为 5.00, 总平均值为 1.43。20 个种源冻害值从高到低秩次见表 6。可见南部种源冻害明显高于北部种源, 而且许多种源之间存在显著或极显著差异(表 6)。以富阳种源作为对照, 极显著高于富阳的种源有梅县、苍梧、南丹、仁化、新宁, 可见南端分布区种源苗木在浙北越冬有一定困难。冻害值低于富阳的种源有龙泉、吉安、溧阳、金华、铜仁、涟源、井冈、淳安, 但与富阳种源的差异没有达到显著水平。

表6 樟树苗期种源和种源内家系冻害值

种源	家系												差异显著性检验		超过 Ck 家系数及 占种源内家系数%	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均值	0.05		0.01
梅县	4.43	4.55	4.55	4.38	4.60	4.65	4.53	2.30	3.41	3.55			4.09	a	A	10(100)
苍梧	3.48	3.04	3.23	3.23		3.85							3.36	b	B	5(100)
南丹		3.78		1.83		2.93							2.84	bc	BC	3(100)
仁化	1.93	2.08	2.83	2.25	2.13	2.68	1.90	2.53	1.42	1.98	2.69		2.22	cd	CD	11(100)
新宁	1.78	1.68	1.50				1.90	2.85	2.35	1.78			1.98	de	DE	7(100)
遂川	1.13	1.50	1.40	2.13	1.48	1.55	1.55	1.50	1.45	1.50			1.52	ef	DEF	10(100)
怀化	2.03	2.58	1.53	1.50	1.05	1.23	1.45	1.28	1.25	0.70			1.46	ef	EFG	9(90)
双牌	1.40	1.38	1.28	1.40	1.18	1.55	1.18	1.45	1.80	1.83			1.44	ef	EFGH	10(100)
郴州	0.93	1.38	1.86	1.00	1.15	1.00	0.95	1.25	1.59	1.23			1.23	fg	FGHI	7(70)
湘阴	1.10	1.48	1.00	1.45	1.33	1.08	0.85	1.10	1.13	1.40			1.19	fg	FGHI	8(80)
邵武	1.03	1.15	1.26	1.43	1.35	0.91	0.96	1.10	0.83	1.25			1.13	fg	FGHI	7(70)
富阳	1.00	1.20	0.88	1.45	0.75	1.30	1.00	0.43	0.70	1.40	1.05	1.05	1.02	fg	FGHI	6(55)
龙泉	1.08	1.60	0.98	0.78	1.18	0.95	0.52	1.25	0.83	0.95			1.01	fg	FGHI	4(40)
吉安	0.83	1.08	1.03										0.98	fg	FGHI	2(67)
溧阳	1.63	0.95	1.04	0.85	0.80	0.90	0.88	1.03	0.93	0.72			0.97	fg	FGHI	2(20)
金华	1.00	0.95	0.78	1.00	0.93	0.70	0.70	0.90	0.93	1.25			0.91	fg	FGHI	1(10)
铜仁	0.88	0.65	0.65	0.83	0.80	0.65	1.10	0.75	0.98	1.63			0.89	fg	FGHI	2(20)
涟源	0.89	1.00	0.70	0.56	0.95	0.69	0.96	1.03	1.20	0.81			0.77	g	GHI	1(10)
井冈	0.56	0.56	1.57	0.63	0.75	1.03	1.01	0.28	0.40	0.58			0.74	g	HI	2(20)
淳安	1.08	0.68	0.38	0.88	0.70	0.53	0.65	0.80	0.65	0.83			0.72	g	I	1(10)

从种源内家系间比较,怀化10号冻害值极显著高于怀化2号,梅县8号家系冻害值极显著低于梅县1~7号,南丹4号家系冻害值极显著低于南丹2号,其它种源内家系间无显著差异。对于全部181个参试家系来说,冻害最重的梅县6号冻害值为4.65,冻害最轻的井冈8号为0.275,两者相差极大。冻害值排序前10个家系中,梅县种源就占8个,且最严重的前7个家系均属梅县种源。冻害值小的10个家系多属中北部种源。因家系数量大,经排序后冻害值大的前25个家系冻害程度显著高于冻害值小的后25个家系($D_{0.01}=1.6319$, $D_{0.05}=1.5239$)。以富阳种源作为对照,多重比较表明,冻害值显著高于富阳种源的有21个家系;极显著高于富阳种源的有20个家系,其中梅县9个,苍梧5个(该种源全部参试家系),仁化3个,南丹2个,新宁1个家系。分析可见梅县、苍梧、南丹、仁化、遂川、双牌6个种源中所有家系冻害值高于富阳种源各家系平均值;怀化、湘阴、新宁、郴州、邵武、吉安种源中的大部分家系冻害值高于富阳平均值;龙泉、铜仁、井冈、溧阳、金华、涟源、淳安种源中的大部分家系冻害值低于富阳平均值。

2.3 樟树苗木性状和地理、气候因子的相关分析

对苗木性状(苗高、地径、枝下高、冻害)、地理因子(北纬、东经、海拔高度)和气候因子(年均温、1月均温、7月均温、年雨量、绝对低温、干季月数、干燥指数)进行相关分析,分析结果见表7。从取样点的地理和气候因子看,纬度主要影响温度因子,尤其是低温因子,纬度和年均

温、1月均温、绝对低温之间具极显著负相关; 东经与绝对低温和干季月数间呈极显著相关; 海拔高度与年雨量间极显著相关, 与7月均温和干燥度之间极显著负相关。

苗高和冻害值与地理纬度间呈极显著负相关, 枝下高与纬度显著相关, 地径与纬度无显著相关; 苗高、地径、枝下高、冻害与经度和海拔高度无显著相关。从气候因子看, 苗高和年均温、1月均温和绝对低温之间显著相关, 地径与所有考虑的气候因子无显著相关; 枝下高和苗高一样, 也主要受温度因子的影响, 枝下高与年均温、1月均温、绝对低温之间呈极显著负相关。与苗高相比, 枝下高与温度因子更为密切。冻害与年均温、1月均温、绝对低温和干季月数间极显著相关。可见, 地理位置和种源苗木生长性状的关系, 主要是温度因子的作用, 其次才是湿度因子。从苗木本身性状看, 苗木冻害与苗高呈极显著相关, 苗高与地径显著相关, 其余苗木性状之间无显著相关。

表7 樟树苗期性状与地理、气候因子的相关系数(r 值)

	北纬 1	东经 2	海拔高 3	年均温 4	1月均 温5	7月均 温6	年雨量 7	绝对低 温8	干季月 数9	干燥度 10	苗高 11	地径 12	枝下高 13	冻害值 14
1	1													
2	0.59	1												
3	-0.36	-0.36	1											
4	-0.73	-0.25	-0.32	1										
5	-0.84	-0.43	-0.06	0.94	1									
6	0.15	0.21	-0.81	0.38	0.1	1								
7	-0.39	0.16	0.57	0.09	0.15	-0.23	1							
8	-0.87	-0.45	0.07	0.89	0.96	0	0.24	1						
9	-0.37	-0.47	-0.01	0.52	0.66	-0.21	-0.23	0.66	1					
10	0.21	0.27	-0.79	0.34	0.16	0.49	-0.69	0.02	0.18	1				
11	-0.53	0.20	0.06	0.55	0.56	-0.09	0.25	0.54	0.38	0.04	1			
12	-0.34	-0.20	0.07	0.29	0.28	-0.02	0.19	0.26	0.10	-0.14	0.55	1		
13	0.52	-0.02	0.07	-0.63	-0.63	-0.23	-0.33	-0.59	-0.20	-0.03	0.02	-0.13	1	
14	-0.75	-0.33	-0.01	0.80	0.88	-0.11	0.14	0.84	0.65	0.17	0.71	0.29	-0.42	1

注: $r_{0.05} = 0.44$, $r_{0.01} = 0.56$ 。

3 结 论

樟树苗期种源间在苗高、地径、枝下高、冻害性状上有极显著差异; 家系/种源在苗高、地径、冻害性状上有极显著差异, 而在枝下高上无显著差异。樟树苗高、枝下高、冻害性状在种源层次上的变异远大于家系层次, 尤其是冻害性状种源方差分量为家系方差分量的10多倍。地径性状与苗高、枝下高、冻害性状相反, 家系方差分量大于种源方差分量。地径的分析数据可能会受到密度影响而产生一定的误差。

种源内家系间在各性状上差异大多不显著, 仅少数种源内家系间达到显著或极显著差异。从地理、气候、苗木性状间相关来看, 种源地理因子是以温度因子为主、湿度因子为次对种源的生长特性起作用的。此外, 苗高与地径显著相关, 苗高与冻害极显著相关; 其余苗木性状之间无显著相关, 故枝下高为相对独立的生长性状。

参 考 文 献

- 1 北京林学院. 数理统计, 北京: 中国林业出版社, 1980.
- 2 陈益泰, 吕本树, 郑水明, 等. 杉木生长的遗传变异初步研究. 亚林科技, 1985, (2): 1~8.
- 3 沈熙环编著. 林木育种学. 北京: 中国林业出版社, 1990.

The Analysis on Genetic Variance for Provenance/ Families Test at Seedling Stage of *Cinnamomum camphora* in Northern Zhejiang Province

Yao Xiaohua¹⁾ Ren Huadon¹⁾ Shun Yinxiang²⁾ Zhang Jianzhong²⁾

(1) The Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, 311400, Fuyang, Zhejiang, China;

2) Changle Forest Farm of Yuhang City, Zhejiang Province, 311300, Yuhang, Zhejiang, China)

Abstract The research on provenance/family test of *Cinnamomum camphora* is carried out at seedling stage in order to learn the source and law of genetic variation of camphor tree. The result shows that there is genetic variation on provenance level and family level. The genetic variation of seedling height, branching height, freeze injury value is much greater on provenance level than that on family level, and the contrary for ground diameter trait on family level. The variance analysis shows there is extreme significant difference in seedling height, ground diameter, branching height, freeze injury value among provenances; there is significant difference in seedling height, ground diameter and freeze injury value and no significant difference in branching height among families, and there is no significant difference for many traits among families within provenance. There are 128, 95, 88, 108 families with higher value and 56, 86, 93, 73 families with lower value compared to Fuyang provenance in seedling height, ground diameter, branching height, freeze injury. Seedling height has significant negative relationship with latitude and significant relationship with annual mean temperature, Jan. mean temperature and extreme lowest temperature; freeze injury value has extreme significant negative relationship with latitude and significant relationship with annual mean temperature, Jan. mean temperature and extreme lowest temperature; branching height has significant relationship with latitude and negative significant relationship with annual mean temperature, Jan. mean temperature and extreme lowest temperature. Seedling height has extreme significant relationship with freeze injury value and significant relationship with ground diameter.

Key words *Cinnamomum camphora*; growth at seedling stage; analysis for provenance/family test