

文章编号: 1001-1498(2000) 01-0080-06

樟树种源苗期生物量变异及其综合评价

任华东¹, 姚小华¹, 孙银祥², 张建忠², 曹建实²

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江富阳 311400;

2. 浙江省余杭市长乐林场, 浙江余杭 311100)

摘要: 1996年从我国樟树全分布区采集50个樟树种源种子, 1997年在浙江省余杭市长乐林场进行苗期试验。对1年生樟树苗生物量及相关性状进行调查观测, 通过方差分析、相关分析等方法, 分析樟树苗期生物量及组成生物量相关性状的种源间差异、苗期生物量与种源产地气候关系以及各性状间的相互关系。结果表明, 苗期生物量种源间差异显著; 包括苗高和地径在内的各性状之间存在着显著的表型和遗传相关; 与苗期单株生物量相关最为紧密的性状是地径($r_P = 0.847$, $r_G = 0.802$)。通过无约束指数选择法, 评定了各种源的综合表现, 并选出广东连州、江西井冈山、福建建瓯、浙江庆元、福建上杭5个苗期表现优良的种源。

关键词: 樟树; 种源; 苗期生物量; 综合选择

中图分类号: S722.7 **文献标识码:** A

樟树(*Cinnamomum comphora* (L.) Presl)是我国亚热带常绿阔叶林的主要组成树种之一, 是我国特产珍贵用材、经济树种和大宗园林绿化树种。在长江流域由于长期人为活动, 天然樟树林已近枯竭。近年来, 樟树被广泛用于山地丘陵造林, 江河源头和滩地周边绿化与城乡庭园及道路绿化。但目前为止樟树良种选育研究工作仍做得较少, 在种源选择上只做过一些局部试验。本文试图通过全分布区种源试验对樟树苗期生物量、地上部分和地下部分的性状相关以及对种源的综合评价, 为今后樟树栽培的良种选育做前期探索工作。

1 材料与方 法

试验地设在浙江省余杭市长乐林场西山苗圃, 地理位置 30°15' N, 119°58' E, 海拔 50 m, 位于太湖东苕溪流域, 属中亚热带东部季风气候区, 年降雨量 1 478 mm, 年均温 15.6℃, 无霜期 221 d。土壤类型为丘陵黄红壤, 专业苗圃地, 土层深厚, 土壤 pH 值 4.84, 有机质含量 18.8 g · kg⁻¹, 全氮 1.22 g · kg⁻¹, 水解氮 102.30 mg · kg⁻¹, 速效磷、钾分别为 3.62 mg · kg⁻¹ 和 44.06 mg · kg⁻¹。前茬培育木兰科树种苗木。

试验所用的 50 个樟树种源种子采自我国樟树全分布区(表 1)。圃地条播育苗, 苗床宽 1 m, 垂直苗床方向开播种行, 行间距 30 cm, 行宽 10 cm。采用随机区组设计, 4 次重复, 双行小区, 每行播种 50 粒, 苗床两端设保护行, 出苗后每行留苗 20 株。其中台北种源因出苗率低, 缺株严重, 未参与统计分析。每小区随机抽取 10 株观测苗高和地径, 其中 5 株用于测定生物量, 观测时间为当年生长停止后至次年萌动前的 2 个月。分别测定苗高, 地径, 全株枝干鲜、干质

收稿日期: 1999-04-22

基金项目: “九五”国家攻关专题(96-007-02-16)“樟树良种选育和培育技术研究”的部分研究内容

作者简介: 任华东(1963-), 男, 浙江永康人, 助理研究员。

量, 主根长, 侧根数, 地下部分鲜、干质量 8 个性状, 苗期单株生物量为地上地下两部分合计。由于部分种源受冻害, 调查时大量叶片已掉落, 故未测定叶量。用小区均值进行种源间差异分析, 分析各性状与产地地理、气候因子的相关性及性状间的表型和遗传相关关系^[2], 用无约束选择指数^[3, 4] 综合评定种源的苗期表现。

表 1 樟树参试种源采种点的地理、气候概况

种 源	地理位置		海拔/m	年均温/		种 源	地理位置		海拔/m	年均温/	
	(°) N	(°) E					(°) N	(°) E			
江苏南京	32	00	118 48	8.9	15.3	湖北武汉	30	38	114 04	4.0	16.4
江苏溧阳	31	26	119 29	7.2	15.6	湖南汨罗	28	49	113 05	89.0	16.8
安徽黄山	30	31	117 02	44.0	16.4	湖南湘阴	28	40	112 49	11.0	17.2
浙江富阳	30	06	119 54	24.0	16.4	湖南怀化	28	00	110 00	283.0	16.3
浙江象山	29	12	121 57	1.0	16.9	湖南涟源	27	34	111 35	315.0	16.0
浙江金华	29	07	119 39	23.0	17.2	湖南慈利	29	24	111 12	420.0	15.1
浙江龙泉	28	12	119 12	639.0	15.0	湖南南岳	27	15	112 41	694.0	14.3
浙江永嘉	28	15	120 42	105.0	17.0	湖南双牌	25	47	111 41	386.0	17.1
浙江淳安	29	36	119 02	294.0	15.6	湖南新宁	26	24	110 48	525.0	15.7
浙江庆元	27	36	119 04	882.0	14.4	湖南郴州	25	45	112 59	501.0	16.7
江西分宜	27	43	114 35	351.0	16.2	广东连州	24	47	112 23	359.0	18.2
江西井冈山	26	35	114 13	299.0	17.2	广东仁化	25	07	113 40	397.0	17.9
江西上饶	28	29	117 56	407.0	16.2	广东梅县	24	18	116 07	201.0	20.1
江西遂川	26	15	114 20	499.0	16.5	广东湛江	21	13	110 24	1.0	22.9
福建浦城	27	55	118 32	339.0	16.9	海南海口	20	02	110 21	35.0	23.6
福建建瓯	27	04	118 24	274.0	17.9	广西全州	25	56	111 04	287.0	17.5
福建邵武	27	18	117 30	371.0	17.2	广西苍梧	23	24	111 15	46.0	21.1
福建南平	26	42	118 13	168.0	18.7	广西南丹	25	00	107 30	520.0	18.5
福建连城	25	41	116 45	456.0	17.8	四川泸州	28	52	105 25	374.0	17.6
福建上杭	25	03	116 25	352.0	18.7	四川宜宾	28	49	104 32	424.0	17.6
福建福州	26	05	119 17	41.0	19.6	贵州道真	28	53	107 36	1 008.0	13.6
福建莆田	25	00	118 54	5.0	20.3	贵州铜仁	27	43	109 11	432.0	16.0
台湾台北	25	02	121 31	22.0	21.0	贵州贵阳	26	35	106 43	843.0	16.1
湖北红安	31	18	114 40	257.0	14.8	云南元江	23	34	102 09	934.0	20.1
湖北宜昌	30	42	111 05	171.0	16.5	云南新平	24	04	101 58	1 685.0	16.3

2 结果与分析

2.1 种源间差异分析

对 49 个种源的苗高, 地径, 全株枝干鲜、干质量, 地下部分鲜、干质量, 主根长和侧根数 8 个观测指标进行方差分析(表 2), 结果表明, 上述性状在种源间的差异均达极显著水平; 在 49 个种源中, 来自南方的种源, 其生长量明显高于偏北种源, 多重比较表明, 海南、湛江、南丹、福州、新平、建瓯 6 个种源的苗高生长显著高于全部种源苗高均值, 6 个种源的平均高比全部种源的平均高大 17.1%。种源间苗高极差为 45.95 cm。与平均地径差异达显著水平的种源是连州、瑞安、海南、仁化、福州 5 个种源, 它们的平均地径比全部种源的总平均值高 17.5%, 种源间极差为 0.38 cm。单株生物量(地上、地下干质量合计, 下同)与所有种源平均单株生物量呈显著差异的种源有井冈山、道真、连州、建瓯、遂川、溧阳 6 个, 它们的平均单株生物量比总平均

值大42.7%。单株生物量表现较差的种源是上饶、象山、元江和永嘉种源。种源间生物量极差为42.34 g。

2.2 樟树苗期生长量和根系特征的地理、气候变异模式

生态防护林构建,不仅要考虑树木的生长量,同时要注重它的防护特性,防护树种的防护性能主要体现在树木的林冠截流和根系的网络固土和保土作用上,树木的根系特征

直接影响其对土壤的网络性能。对樟树49个种源苗期生长量及其根系特征与其产地地理、气候因素的相关分析(表3)表明,1年生樟树苗在生长量和根系特征上存在一定的地理、气候变异,樟树苗高生长与纬度呈极显著的负相关,与年均温及1月均温呈极显著正相关,这说明南方种源苗高生长普遍高于偏北种源。而地径和生物量却与经度、纬度、气温及雨量均不存在明显的相关关系,但他们与原产地的干燥指数却存在显著的负相关,这表明来自潮湿地区的樟树种源苗期生物量较高。另外,从樟树苗期的根系特征与其产地地理、气候的相关系数看,根系质量比和主根长度与纬度存在显著的正相关,主根长度还与年均温、1月均温及绝对低温呈显著的负相关,而侧根数却与经度呈显著的正相关,这些结果说明产地处于樟树分布区东北部的种源,其苗期根系特征似乎更符合防护树种特性。

表3 樟树苗高、地径、根系特征与产地地理、气候的相关系数

项目	纬度(N)	经度(E)	海拔	年均温	1月均温	7月均温	年雨量	绝对低温	干燥指数
苗高	-0.391**	-0.108	-0.114	0.386**	0.379**	0.094	0.034	0.277	-0.021
地径	-0.167	-0.027	0.050	0.016	0.025	0.046	0.217	0.026	-0.334*
生物量	0.032	0.110	-0.014	-0.164	-0.154	0.082	0.180	-0.140	-0.348*
根系质量比	0.299*	0.070	0.019	-0.264	-0.250	-0.085	-0.004	-0.159	-0.036
侧根数	0.267	0.306*	-0.098	-0.166	-0.250	0.209	0.003	-0.191	0.031
主根长	0.296*	0.168	-0.083	-0.309*	-0.317*	0.060	0.086	-0.311*	-0.277

注: $df=47$, $r_{0.05}=0.280$, $r_{0.01}=0.363$; 根系质量比为地下干质量占全株干质量百分比。

2.3 樟树苗期性状间的相互关系

表4列出了49个种源9个性状间的表型及遗传相关系数。由此表可见,苗期生物量与苗高、地径、主根长、侧根数间均存在显著的正相关,特别是地径与苗木生物量间的关系尤其紧密,两者间的表型相关系数达0.847,遗传相关系数为0.802,地径与地上、地下鲜质量间的相关系数分别为0.851和0.773,说明地径对樟树苗生物量有非常密切的正向效应。从苗高与生物量及生物量各组成部分间的关系看,苗高与总生物量存在显著相关,但与苗木地下部分生物量间的关系不很密切,苗高与地下部分的鲜质量的表型及遗传相关系数仅为0.062和-0.101,与地下部分干质量间的相关系数也只有0.227和0.216,这一现象可能与1年生樟树苗根系尚未定型有关,因为1年生樟树苗侧根少,而主根发达,与其成龄大树以侧根为主的根系完全不同。另外还可发现主根长度与侧根数的遗传、表型相关都表现出一定程度的负相关,但未达到显著水平。

表2 49个种源苗期性状方差分析

性状	平均值	CV/%	均方	F值	方差分量/%
苗高/cm	82.56	10.25	358.28	4.12**	40.64
地径/cm	0.81	8.74	268.21	3.59**	33.93
地上鲜质量/g	26.28	16.41	187.31	2.74**	29.29
地下鲜质量/g	21.16	9.44	142.03	1.93**	16.70
主根长/cm	41.97	9.53	63.42	1.98**	15.51
地上干质量/g	13.80	10.39	86.63	2.73**	29.71
地下干质量/g	17.31	18.49	85.03	2.46**	25.84
侧根数/条	6.0	16.98	6.69	2.33**	24.66

表 4 樟树苗期各性状表型及遗传相关系数

性 状	生物量	苗高	地径	地上鲜质量	地下鲜质量	侧根数	地上干质量	地下干质量	主根长
生物量		0.507**	0.847**	0.878**	0.928**	0.317**	0.950**	0.954**	0.533**
苗 高	0.485**		0.451**	0.404**	0.062	0.256*	0.443**	0.227	0.311*
地 径	0.802**	0.470**		0.851**	0.773**	0.413**	0.708**	0.901**	0.292*
地上鲜质量	0.934**	0.360*	0.910**		0.777**	0.325*	0.740**	0.928**	0.388**
地下鲜质量	0.996**	-0.101	0.706**	0.850**		0.352*	0.949**	0.819**	0.563**
侧根数	0.068	0.294*	0.306*	0.184	0.116		0.308*	0.296*	-0.004*
地上干质量	0.964**	0.188	0.621**	0.777**	0.991**	0.078		0.813*	0.623**
地下干质量	0.973**	0.216	0.911**	0.983**	0.999**	0.056	0.876**		0.395**
主根长	0.652**	0.130	0.202	0.417**	0.840**	-0.240	0.858**	0.435**	

注: $df = 47, r_{0.01} = 0.364, r_{0.05} = 0.282$; 上三角为表型相关, 下三角为遗传相关。

2.4 樟树种源苗期的综合评定

防护林树种的选择有着与其它林种不同的特性, 不仅要考虑树木的生长特性, 同时要注重它的防护特性, 其防护特性主要表现在地上枝叶对雨水的截流和树木根系对土壤的网络作用上, 从表 4 各性状的表型和遗传相关中可知, 生长性状(生物量、苗高、地径)间及生长与主根长、侧根数间均存在较强的正相关, 性状间的选择具有正效应, 因此在樟树防护型种源苗期选择时, 根据防护树种的特性, 选取苗木单株生物量、苗高、地径、主根长、侧根数 5 个性状, 采用无约束指数选择法进行种源评定。分别建立等权(1 1 1 1 1)、强调生长(生长权重扩大 100 倍)及强调根系情况(主根长、侧根数权重扩大 100 倍)3 套综合指数, 获得的指数遗传力均在 0.6 以上(表 5)。

表 5 各种无约束指数选择遗传参数

项 目	各性状相对经济权重					各性状期望遗传增益 ΔG					指数遗传力 h^2_i
	m	h	d	l	n	m	h	d	l	n	
等权重	1	1	1	1	1	3.10	3.43	0.027	1.24	-0.29	0.609
强调生长	100	100	100	1	1	2.46	4.35	0.028	0.73	-0.36	0.628
强调根系	1	1	1	100	100	3.08	-1.72	0.007	2.03	0.12	0.648

注: m —— 生物量/g, h —— 苗高/cm, d —— 地径/cm, l —— 主根长/cm, n —— 侧根数。

按等权重建立的非约束选择指数, 可产生 3.10 g 的生物量增益, 3.43 cm 的树高增益, 地径提高 0.027 cm, 主根长提高 1.24 cm, 而侧根数则有所减少; 如果强调生长, 树高的增益与等权重时相比有所提高, 但地径、生物量等性状的增益基本无变化或有所下降; 强调根系时, 主根长和侧根数的增益明显提高, 而生长性状的增益却大大下降, 苗高甚至为负向增益。因此, 无论强调生长量或根系性状都是不可取的。以等权重建立的如下选择指数函数式是比较适当的:

$$I = 1.198 m + 0.521 h - 61.457 d - 0.054 l - 2.726 n$$

按该式计算各种源的选择指数见表 6。据表 6 求得所有种源的平均指数 I 为 11.81, 标准差 σ 为 7.52。 I 值超过 $I + \sigma$ 的有连州、井冈山、建瓯、庆元、上杭种源, 可认为是苗期综合表现最好的种源, 而选择指数小于 $I - \sigma$ 的种源是龙泉、南平、浦城、邵武及元江种源。5 个优选种源选择效果分析表明(表 7), 其平均生物量是所有种源平均值的 1.38 倍, 比对照富阳种源大 31.2%。这充分说明樟树种源在苗期的选择效果是极其明显的。

表6 樟树各种源的选择指数

种源	I 值	种源	I 值	种源	I 值	种源	I 值	种源	I 值	种源	I 值
苍梧	16.94	福州	6.88	怀化	4.71	连城	12.47	南丹	17.05	庆元	<u>19.97</u>
郴州	15.87	富阳	17.95	黄山	11.66	连州	<u>28.80</u>	南京	6.68	全州	12.59
淳安	5.49	汨罗	5.16	建瓯	<u>20.13</u>	涟源	18.53	南平	2.47	仁化	16.11
慈利	7.62	贵阳	9.63	金华	7.41	龙泉	1.11	南岳	12.24	上杭	<u>19.71*</u>
道真	18.34	海南	17.56	井冈山	<u>23.12</u>	泸州	10.92	莆田	17.80	上饶	7.74
分宜	13.17	红安	7.79	溧阳	17.64	梅县	9.80	浦城	1.07	邵武	4.22
新宁	14.23	新平	16.59	宜昌	13.50	永嘉	6.30	元江	-17.30	湛江	18.38
双牌	13.36	遂川	16.75	铜仁	11.79	武汉	5.50	湘阴	15.98	象山	5.14

注:下划横线者为大于1倍标准差的种源。

表7 樟树苗期指数选择效果

性 状	种 源						参 试 总平均	CK (富 阳)	
	建瓯	井冈山	连州	庆元	上杭	平均			
生物量	数 值/g	42.25	52.17	50.57	34.19	32.72	42.38	30.61	32.3
	与对照比/%	131	162	157	106	101	131		100
	比总平均/%	138	170	165	112	107	138	100	
苗 高	数 值/cm	89.2	80.1	89.5	91.8	89.85	88.09	82.53	89.55
	与对照比/%	100	89	100	103	100	98		100
	比总平均/%	108	97	108	111	109	107	100	
地 径	数 值/cm	0.901	0.92	0.966	0.819	0.798	0.881	0.802	0.779
	与对照比/%	116	118	124	105	102	113		100
	比总平均/%	112	115	120	102	100	110	100	
主根长	数 值/cm	47.8	45.35	46.35	41.7	38.4	43.92	41.86	45.2
	与对照比/%	106	100	103	92	85	97		100
	比总平均/%	114	108	111	100	92	105	100	
侧根数	数 值/条	6.95	8.1	6.05	5.95	5.55	6.52	5.974	6.25
	与对照比/%	111	130	97	95	89	104		100
	比总平均/%	116	136	101	100	93	109	100	

3 结 论

(1) 对1年生樟树苗各性状的种源差异分析表明,樟树苗期在生物量、苗高、地径、主根长等性状上种源间存在极显著差异。种源间生物量极差为42.3 g,苗高极差达35.9 cm,地径极差为0.36 cm。

(2) 樟树苗高生长与产地纬度及产地年均温、1月均温间存在极显著的正相关关系,低纬度种源苗高生长高于高纬度种源,这与南方种源生长季节普遍比偏北种源长有关;地径及苗期生物量与产地的干燥指数呈显著的正相关。

(3) 对樟树苗期生物量及组成生物量的各性状间的相互关系的分析表明,苗期生物量与苗高、地径等性状存在显著正相关。其中地径与生物量的关系尤为密切。苗高与苗木地下部分的生物量相关不显著,两者在1年生樟树苗上表现出一定的独立性。苗木的主根长度与苗木的侧根数量表现出一定的负相关,即主根越长,侧根越少。苗木生物量与苗高、地径间的相关关系各种源有不同的表现。

(4) 用生物量、苗高、地径、主根长度、侧根数 5 个性状相等经济权重建立的无约束选择指数, 选出 5 个苗期生长快、主根长、侧根数较多的水土防护型种源, 它们是广东连州、江西井冈山、福建建瓯、浙江庆元、福建上杭种源, 这些种源的苗期生物量是平均生物量的 1.38 倍, 比对照(富阳)种源大 31%。这一选择结果仅是 1 年生苗期选择结果, 它们的最终表现有待在造林试验中作进一步验证。

参考文献:

- [1] 卢义山, 张金池, 宋万平, 等. 海堤林带树木根系对堤防安全影响的探讨[A]. 见: 林业部科技司. 林业部青年学术讨论会论文集[C]. 北京: 中国林业出版社, 1997. 254 ~ 259.
- [2] 唐守正. 多元统计分析[M]. 北京: 中国林业出版社, 1986.
- [3] Williams E R, Matheson A C. Experimental design and analysis for use in tree improvement[M]. Canberra: CSIRO Cataloguing in Publication Entry, 1994. 93 ~ 116.
- [4] 马育华. 植物育种的数量遗传学基础[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1982.

Study on the Biomass Variance and Comprehensive Evaluation at the Seedling Stage of *Cinnamomum comphora* Provenances

REN Hua-dong¹, YAO Xiao-hua¹, SUN Yin-xiang²,
ZHANG Jian-zhong², CHAO Jian-shi²

(1. The Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, Zhejiang, China;
2. Changle Forest Farm of Yuhang City, Zhejiang Province, Yuhang 311100, Zhejiang, China)

Abstract: The provenance test at seedling stage was carried out at the nursery of Changle Forestry Farm in Yuhang City, Zhejiang Province in 1997 with the 50 provenance seeds collected from the distribution area of *C. comphora* (L.) Presl in 1996. Seedling biomass and relative traits were observed and the relationship among traits was analyzed with variance analysis, relationship analysis and comprehensive index selection. The results show that there is extreme significant difference on the seedling biomass among provenances and extreme significant relationship among 9 traits including seedling height and seedling ground diameter, in which the ground diameter is a leading factor related to the seedling total biomass. Also, five superior provenances were selected with the comprehensive index selection, they are Lianzhou (Guangdong), Jinganshan (Jiangxi), Jianou (Fujian), Qingyuan (Zhejiang) and Shanhang (Fujian) provenances.

Key words: *Cinnamomum comphora*; provenance; seedling biomass; comprehensive selection