

文章编号: 10021498(2001)020060207

# 枫杨种源苗期生长及生物量地理变异研究\*

李纪元<sup>1</sup>, 饶龙兵<sup>1</sup>, 王惠雄<sup>1</sup>, 潘德寿<sup>2</sup>

(1. 中国林业科学研究院 亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400;

2. 浙江省安吉县林业局, 浙江 安吉 313300)

**摘要:** 对来自 15 个省区的 55 个枫杨种源种子在浙江安吉进行苗期试验。参试种源表现出明显的苗期生长差异, 苗高的极差达 163%, 地径极差达 180%, 生物量极差达 194%。种源苗高生长表现出明显的(南) 北纬向及垂直变异趋势, 枫杨南部分布区及低海拔种源的高生长一般优于北部分布区和高海拔地区的种源。枫杨在长江中下游亚区、江南丘陵及华南亚区、漓江(湘江) 洞庭湖水系、贵川陕西部亚区、北部亚区内表现出各自的亚区变异模式。根据苗高、地径及总生物量等主要性状, 构建综合选择指数函数  $I = 0.1167X_1(\text{总干质量/g}) + 0.0750X_2(\text{苗高/cm}) - 0.1231X_3(\text{地径/cm})$ , 并评选出 6 个苗期生长优良的种源, 即江西南部的信丰, 贵州东北部的思南, 陕西中部的汉中, 湖南洞庭湖的益阳, 重庆的涪陵以及福建东北部的福安种源。

**关键词:** 枫杨; 种源; 地理变异

中图分类号: S722.7

文献标识码: A

枫杨(*Pterocarya stanoptera* C. DC.) 广泛分布于我国亚热带和暖温带地区, 即 22°~ 40° N, 100°~ 120° E, 东起台湾、福建、浙江, 西至甘肃文县、四川、云南; 南起广东沿海, 北至河北遵化, 计约 23 个省区。辽宁省有人工引种栽培的枫杨林。枫杨垂直分布一般在海拔 500 m 以下, 但在湖北、云南、四川等省的山区, 则可达 1 000 m 以上, 秦岭山区可达 1 500 m, 中心栽培区在长江中下游地区<sup>[1]</sup>。

枫杨生长迅速, 10~ 15 a 可以成材, 材质优良, 用途广泛, 是我国亚热带平原地区重要的乡土造林树种和绿化树种。枫杨耐湿性强, 常见于低洼湿地、河岸及沟渠边; 主根明显, 侧根发达, 固土防洪能力较强, 对堤岸具有保护作用。枫杨叶因含没食子酸、槲皮素等成分而具有杀死钉螺的作用<sup>[2]</sup>, 因此是长江中下游地区江湖滩地兴林灭螺及综合开发的主要造林树种<sup>[3]</sup>。

近十多年来, 由于沟渠、道路和河堤的扩建或加固, 枫杨被大量砍伐, 且没有及时造林更新, 致使大量遗传种质资源逐渐丧失。加之国外速生欧美杨在河滩地大量发展, 枫杨在许多地方已被挤出其传统的栽培区。因此, 枫杨遗传资源的保护及优良耐湿材料的选育显得十分紧迫, 这对长江中下游地区防护林建设具有重要作用<sup>[4]</sup>。

## 1 材料与方法

### 1.1 种源收集

根据枫杨分布区地形、气候、水系及栽培历史等因素, 1996 年在 15 个省区随机均匀选择

收稿日期: 20020522

基金项目: 国家九五科技攻关专题/长江中下游防护林植物选育及培育技术研究(920020202)的部分内容

作者简介: 李纪元(1962), 男, 湖南湘阴人, 副研究员。

\* 本所龚榜初副研究员参加了部分数据调查, 陈利军参加了苗期播种试验, 谨致谢忱。

55 个采种县(市), 每个县采集 10 株母树, 树间距 100 m 以上, 树龄 20 a 以上。10 株母树的种子等量混合, 作为该种源的种子。参试种源及主要地理气候因子详见表 1。

## 1.2 试验地概况及试验设计

试验地设于太湖西苕溪上游的浙江省安吉县天荒坪镇扇下村, 地理位置 30b38' N, 119b40' E, 海拔 18 m, 年降水量 1 379 mm, 年均温 15.6 °C, 无霜期 226 d, 10 °C 年活动积温 4 800~4 900 °C, 属中亚热带向北亚热带过渡的东部季风气候区。土壤类型为水稻土。播前 1 个月, 种子进行沙藏处理。种源种子采用条播, 播种沟长 1.2 m, 沟距 20 cm, 播前苗床施复合肥一次(施肥量 450 kg/hm<sup>2</sup>)。试验采用随机区组设计, 55 个参试种源, 4 次重复, 10 株小区。

## 1.3 数据收集与分析

在苗龄 12 个月时, 测定所有试验苗木的苗高、地径生长量; 按 3 个重复, 5 株小区设计取样, 测定各种源的根、茎的干、鲜生物量。采用南京林业大学遗传育种分析软件包 SPQG3.0, 对数据进行方差分析、遗传相关分析, 并构建选择指数<sup>[5,6]</sup>。

表 1 枫杨参试种源采种点地理位置及气候概况

采种地点	地理坐标		海拔/ m	年均温/ °C	年降水量/ mm	采种地点	地理坐标		海拔/ m	年均温/ °C	年降水量/ mm
	(b c)N	(b c)E					(b c)N	(b c)E			
广东曲江	24 41	113 36	60.0	20.4	1 471.4	浙江富阳	30 03	119 57	10.0	16.5	1 452.5
广东连州	24 47	112 23	98.0	19.5	1 512.0	浙江安吉	30 39	119 41	21.0	16.9	1 501.5
广西平乐	24 37	110 40	103.0	19.9	1 381.0	安徽安庆	30 32	117 03	20.0	16.5	1 389.1
广西灵川	25 25	110 19	169.0	18.7	1 956.5	安徽泾县	30 42	118 23	37.0	15.7	1 553.1
广西全州	25 56	111 04	196.0	18.0	1 474.6	安徽金寨	31 42	115 53	96.0	14.7	1 276.8
福建南靖	24 31	117 22	24.0	21.2	1 521.6	安徽蚌埠	32 57	117 22	21.0	15.1	905.4
福建明溪	26 24	117 09	400.0	18.0	1 775.3	湖北咸宁	29 44	114 16	64.0	16.8	1 515.1
福建福安	27 13	119 31	46.0	19.3	1 656.4	湖北松滋	30 11	111 46	70.0	16.5	1 204.0
福建邵武	27 20	117 28	192.0	17.7	1 783.1	湖北潜江	30 26	112 50	35.0	16.1	1 121.6
贵州平塘	25 50	107 19	750.0	17.0	1 219.1	湖北黄冈	30 27	114 53	38.0	16.9	1 232.9
贵州江口	27 42	108 51	370.0	16.2	1 395.7	湖北红安	31 17	114 33	62.0	15.7	1 116.1
贵州思南	27 57	108 15	417.0	17.2	1 191.6	江苏南京	32 00	118 48	9.0	15.3	1 031.3
江西信丰	25 24	114 56	165.0	19.5	1 500.9	江苏宝应	33 14	119 18	3.0	14.3	950.0
江西吉安	27 07	114 58	77.0	18.3	1 457.6	江苏新沂	34 22	118 21	29.0	13.7	904.4
江西分宜	27 49	114 41	94.0	17.5	1 590.9	重庆涪陵	29 45	107 25	273.0	18.5	1 074.6
江西进贤	28 23	116 16	34.0	17.7	1 580.5	四川古蔺	28 08	105 50	610.0	17.4	748.4
江西德兴	28 57	117 35	57.0	17.1	1 853.0	四川武胜	30 18	106 13	316.0	17.8	1 017.2
江西武宁	29 17	115 06	79.0	16.4	1 438.4	四川达县	31 20	107 28	310.0	17.4	1 148.0
湖南双牌	25 58	111 39	168.0	17.6	1 296.4	河南信阳	32 07	114 03	115.0	15.1	1 134.6
湖南株洲	27 43	113 09	73.0	17.5	1 404.6	河南西峡	33 18	110 30	251.0	15.1	899.0
湖南益阳	28 34	112 23	47.0	16.9	1 414.8	陕西太白	34 02	107 19	544.0	7.5	756.8
湖南湘阴	28 41	112 53	54.0	17.0	1 383.3	陕西汉中	33 04	107 04	500.0	14.3	903.8
湖南汨罗	28 48	113 04	46.0	16.9	1 353.7	陕西南宁	33 19	108 19	800.0	12.4	939.1
湖南石门	29 35	111 22	117.0	16.8	1 359.1	山东沂水	35 48	118 42	107.0	12.1	873.0
浙江龙泉	28 05	119 08	198.0	17.6	1 699.4	山东青岛	36 04	120 20	76.0	12.2	775.7
浙江黄岩	28 38	121 25	2.0	17.0	1 519.8	山东泰安	36 10	117 09	129.0	12.8	722.5
浙江建德	29 29	119 16	89.0	17.0	1 315.4	山东海阳	36 46	121 10	66.0	11.4	833.8
浙江鄞县	29 52	121 34	5.0	16.2	1 374.5						

## 2 结果与分析

### 2.1 枫杨苗高与地径生长变异

枫杨苗期生长迅速, 1 年生枫杨苗平均苗高达 125.8 cm, 变幅为 152.85~58.08 cm, 优、劣

种源相差 163%；平均地径 1.04 cm, 变幅为 1.57~ 0.56 cm, 优、劣种源相差 180%。从表 2 可以看出, 苗高、地径生长及苗高/地径比的种源间差异极为显著, 这表明枫杨优良种源的苗期选择具有较大的潜力。

苗期速生的种源有湖北红安、福建南靖、四川涪陵、湖南益阳、贵州思南、江苏新沂、江西信丰、湖北潜江、四川达县、陕西汉中、福建明溪和安徽蚌埠等, 平均高生长在 135 cm 以上。生长较差的种源有太白、青岛、西峡、鄞县、泰安、海阳、沂水、黄岩、株洲、黄冈等, 平均高生长低于 120 cm。

## 2.2 生物量变异

1 年生枫杨平均单株总干质量 14.93 g, 变幅 26.35~ 8.96 g, 优、劣种源间相差 194%。无论是根、幼茎及单株总干质量, 还是 3 个指标的鲜质量, 种源间均达到显著或极显著差异水平(见表 2)。这与种源的苗高与地径生长差异是一致的。

枫杨是一种对环境条件适应性极强的生态防护型树种, 在低洼湿地、沟渠及河滩地生长良好。因此, 选用苗木根系干、鲜质量比(即根系的干、鲜质量分别与苗木单株总干、鲜质量之比)来反映这一特性, 比值越大, 根系质量越大, 意味着根系越发达, 其适应逆境的能力越强。从 55 个种源看, 无论是根系干质量比, 还是鲜质量比, 这种差异都是十分明显的(表 2)。这也说明, 根系发育状况和根系生物量可作为评价枫杨抗逆境, 特别是耐湿能力的一种形质指标。

表 2 各性状方差分析结果

变异来源	苗高/ cm	地径/ cm	苗高/ 地径比	茎干 质量/g	茎鲜 质量/g	根干 质量/g	根鲜 质量/g	根干 质量比	根鲜 质量比	单株总 干质量/g	单株总 鲜质量/g
均 值	125.83	1.04	126.01	11.29	28.10	3.64	11.46	0.25	0.29	14.93	39.56
变 幅	58.08	0.56	101.99	6.45	16.26	2.14	5.96	0.18	0.23	8.96	23.99
	~ 152.85	~ 1.57	~ 153.07	~ 21.03	~ 50.98	~ 5.49	~ 20.19	~ 0.34	~ 0.38	~ 26.35	~ 66.77
变异系数/%	8.75	10.08	10.39	24.39	17.79	29.97	25.43	24.33	18.21	22.54	16.55
处理均方	735.35	0.077	329.37	23.89	152.43	2.82	24.84	0.0073	0.0049	33.07	274.71
误差均方	121.11	0.011	171.45	7.58	24.99	1.19	8.49	0.0037	0.0027	11.32	42.84
F 值	6.07* *	7.07* *	1.92* *	3.15* *	6.10* *	2.37* *	2.93*	1.98* *	1.82* *	2.92* *	6.41* *

注: \* \*、\* 分别表示差异极显著水平( $\alpha = 0.01$ )和显著水平( $\alpha = 0.05$ )。

## 2.3 种源的耐寒性

调查表明, 由于暖冬影响(1997 年冬), 种源间抗寒性差异并未完全表现出来。除福建南靖种源有轻微稍冻外, 其余种源均没有明显的冻害现象。南靖种源是 55 个参试种源中最南端的一个种源, 该点的年均温比试验点高出 3 e, 极端低温为- 2.1 e, 而试验点则达到- 17.4 e, 因而其生长期较其它种源长。在纬向北移 6 度后, 由于日照时间的延长, 封顶期较晚, 故其木质化程度较低的梢部容易出现稍冻。

但在 3 月中下旬的一次严重的倒春寒中(平均气温由 20 e 急剧下降到 10 e), 所有种源的嫩芽、新叶均遭严重冻害。枫杨为落叶阔叶树种, 它在北亚热带安吉点的落叶期从 10 月下旬开始, 10 月底落叶基本结束。这样较早的落叶和休眠, 使其具有较强的御寒自我保护机制。但枫杨在北亚热带地区的早春萌动期比本地区其它阔叶树种平均提早一个星期以上, 与柳树(*Salix babylonica* L.)相当, 这样就极易受到早春寒流的侵袭, 导致早春低温寒害。因此, 可以认为, 枫杨耐寒能力的强弱更大程度上表现在与早春的萌动期有关, 其次才是冬季的休眠

期。

## 2.4 苗期生长性状的遗传力及性状相关

从表 3 可看出, 根、茎和单株干、鲜质量均与种源的苗高、地径生长呈现极显著的表型相关及遗传相关。因此, 可采用苗高、地径及单株质量 3 个性状单独或构建综合指数, 来评定苗期的优良种源。从表中的广义遗传力来看, 枫杨的生物量及生长性状的遗传力一般较高: 苗高与地径的遗传力在 0.80 以上, 为高度遗传; 单株总干、鲜质量的遗传力为 0.66~0.84, 为中等以上遗传。因此, 枫杨苗期生长性状的变异主要是由遗传因素所控制, 这也预示着苗期优良种源的早期选择具有较好的可靠性。

表 3 生物量与生长性状间的表型及遗传相关及其与地理、主要气候因子的相关系数

性状	单株 干质量	苗高	地径	苗高/ 地径比	茎干 质量	根干 质量	根干 质量比	根鲜 质量	茎鲜 质量	单株 鲜质量	根鲜 质量比
单株干质量		0.576 2**	0.566 2**	20.071 7	0.982 5**	0.721 8**	20.341 3*	0.910 5**	0.950 3**	0.958 9**	20.551 4**
苗高	0.682 0**		0.798 1**	0.073 4	0.559 9**	0.438 5*	20.206 4	0.620 7**	0.609 6**	0.624 6**	20.327 7*
地径	0.678 5**	0.861 4**		20.455 4**	0.557 6**	0.402 2**	0.049 0	0.557 1**	0.586 5**	0.590 6**	20.354 9**
高/径比	20.197 0	20.132 7	20.524 6**		20.065 0	20.070 6	20.467 8**	20.025 7	20.046 2	20.041 8	0.013 9
茎干质量	0.996 1**	0.643 5**	0.641 9**	20.158 0		0.580 5**	20.448 7**	0.877 3**	0.971 6**	0.966 5**	20.689 5**
根干质量	0.874 4**	0.791 9**	0.776 4**	20.378 2**	0.828 1**		0.174 1	0.721 8**	0.544 9**	0.601 6**	0.002 9
根干质量比	20.460 0**	20.219 9	0.157 5	20.897 8**	20.473 3**	20.322 7*		20.327 6*	20.445 7**	20.423 9**	0.435 0**
根鲜质量	0.939 7**	0.809 1**	0.743 0**	20.156 2	0.906 6**	0.984 0**	20.414 4**		0.888 2**	0.942 4**	20.322 8*
茎鲜质量	0.994 2**	0.724 9**	0.697 6**	20.140 0	0.986 8**	0.888 3*	20.395 1**	0.935 6**		0.993 5**	20.697 5**
单株鲜质量	0.992 8**	0.753 9**	0.716 8**	20.145 5	0.979 2**	0.921 9**	20.404 4**	0.962 2**	0.996 4**		20.614 2**
根鲜质量比	20.816 7**	20.421 7**	20.446 7**	0.041 4	20.843 2**	20.550 2**	0.177 0	20.589 9**	20.842 1**	20.791 3**	
广义遗传力(h <sup>2</sup> )	0.66	0.84	0.86	0.48	0.68	0.58	0.50	0.66	0.84	0.84	0.17
经度	20.21	20.15	20.26	0.13	20.23	20.03	0.36**	20.21	20.33*	20.31*	0.16
纬度	20.28*	20.36**	20.05	20.39*	20.32*	20.06	0.24	20.17	20.17	20.18	0.06
海拔	20.06	20.38**	20.16	20.25	20.02	20.18	20.13	0.01	0.02	0.02	20.02
年均温	0.28*	0.60**	0.27	0.41**	0.31*	0.21	20.20	0.25	0.22	0.24	20.02
年降水量	0.16	0.24	20.03	0.35*	0.17	0.05	20.21	0.07	0.09	0.09	20.09
年日照时数	20.35*	20.37**	20.28*	20.16	20.37**	20.12	0.34*	20.27	20.32*	20.32*	0.09

注: P(55, 0.01) = 0.354 1, P(55, 0.05) = 0.273 2, 上三角内数据为表型相关系数, 下三角数据为遗传相关系数。

## 2.5 枫杨苗期生长性状的地理变异模式

枫杨分布范围极广, 种源生长及生物量的变异表现出明显的地理变异规律性。从表 3 可看出, 55 个种源的高生长与种源采种地的纬度、海拔均呈极显著负相关, 这说明, 枫杨高生长变异主要表现为南)北变异和垂直变异模式, 即南部分布区种源的高生长普遍优于北部分布区种源, 低海拔种源一般好于高海拔种源。这与薛贤杰等<sup>[7]</sup>的试验结果一致: 31 个枫杨种源 5 年生的树高、胸径和材积与纬度均呈负相关, 相关系数为 -0.21~ -0.24, 而与经度的相关性极弱。枫杨这种地理变异模式还与亚热带地区其它重要造林树种, 如马尾松(Pinus massoniana

Lamb.)、杉木[*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.]、檫树(*Sassafras tzumu* Hemsl.)、香椿[*Toona sinensis* (A. Juss.) Roem.]等树种的种群地理变异模式类似<sup>[8-11]</sup>。枫杨单株干质量、茎干质量以及苗高/地径比也具有明显的负纬向变异趋势。枫杨种源的根干质量比、茎鲜质量以及单株鲜质量性状则表现出显著或极显著的负经向变异趋势,这说明东部湿润区的种源根系生物量及单株净生物量积累不如西部亚湿润或半干旱区的种源快。

尽管枫杨种源生长性状主要受遗传因素所控制,但环境的饰变作用不能低估。枫杨种源地理变异的生态学基础是枫杨分布区 55 个产地的主要气候因子同样表现出的明显的南)北地理差异,其中采种点纬度与其年均温、年降雨量以及年日照时数的相关系数分别达到 - 0.88、- 0.75 和 0.66;而东)西方向的气候差异主要表现在年日照时数上,经度与上述 3 个主要气候因子的相关系数为 - 0.11、0.19 和 0.72。从表 3 可知,年均气温是引起枫杨地理变异的主导环境因子,其次是年日照时数和降雨量。浙江安吉试验点位于枫杨分布区的东南部,因此安吉以南的种源因日照时间的相对延长和封顶期较晚,而能更好地发挥其生长潜力;安吉以北的种源因年日照时数的相对缩短和封顶期较早,其生长潜力受到一定抑制。这样试验点的地点效应起到了强化南)北地理变异趋势的作用。来自安吉以西的种源因东部年日照时间的相对延长,其生长潜力也能得到更好的发挥,因此,在一定程度上缩小了与东部种源的生长差异,最终使东)西方向的地理差异不甚明显。

枫杨种源的生长既有南)北为主地理变异模式,也存在局部地区的地理变异特点。了解局部地区或亚区内的变异特点对枫杨今后种源区划分及进一步的遗传改良工作具有重要意义。根据枫杨分布区的地形、水系、气候及栽培特点,可将其粗略分为几个亚区,即(1)长江中下游亚区(包括宜昌以下及淮河以南的长江水系内的 22 个种源);(2)江南丘陵及华南亚区(18 个种源);(3)漓江-湘江-洞庭湖水系亚区;(4)北部亚区(包括淮河以北的 8 个种源);(5)西部亚区(包括四川、重庆、贵州及陕西的 10 个种源)。

在长江中下游亚区,苗高生长与经度呈弱负相关( $r = - 0.38$ )。该区是枫杨的主要栽培区,大多数枫杨种源均经过长期的栽培选择,现存的大多数种源有可能是通过选择、调种或引种而形成的次生种源,由于遗传漂变和选择的作用,在一定程度上缩小了该区内种源的产地差异。该区内枫杨的根干质量比与纬度呈极显著正相关( $r = 0.52$ ),也即北部种源的根系因干旱等环境因素的长期饰变而具有较强的生长潜能,其对逆境(尤其是干旱)的适应能力在一定程度上要强于南部种源。根干质量和单株干质量分别与纬度呈极显著相关( $r_{\text{根}} = 0.55$ ,  $r_{\text{株}} = 0.53$ ),这表明来自较高海拔的丘陵区种源要比来自低湿地的种源具有更好的根系发育能力和更多的净干物质积累量。

在江南丘陵及华南亚区,因南北气温差异较大,枫杨种源苗高、地径均表现出显著的随纬度变化趋势( $r_{\text{苗高}} = - 0.54$ ,  $r_{\text{地径}} = - 0.50$ )。根据枫杨在南方大多生于水沟、河滩等低湿地的特性,不难推测枫杨的迁移及变异还可能受水系的影响,其变异表现出随水系走向的变化趋势。在枫杨采种分布区内的 55 个种源中,有漓江2湘江2洞庭湖水系的 9 个种源。结果表明,该区种源的地径表现为显著的负向垂直地理变异( $r = - 0.72$ ),处于湘江下游的洞庭湖的周边种源要比湘江源头的种源生长得更粗壮一些。

在北部亚区,种源的高、径生长均表现出一定的负纬向和负垂直变异趋势,这可能与该区内较大的气温变异有关。在西部亚区,枫杨种源的生长及生物量性状均表现极显著的负垂直

方向变异模式( $r = -0.74 \sim -0.90$ ), 该区的显著特点是山地多, 海拔差异变化大。这种巨大的垂直差异必然引起了微气候的很大差异, 并且最终反映在种源的变化上。该区内高海拔的陕西及贵州种源因长期年均温低和雨水少, 而逐渐形成适应这种气候条件的生态型。

## 2.6 枫杨苗期优良种源的初步划分

综合指数分析是多性状评价的有效方法。本文用苗高、地径及单株干质量 3 个主要性状构建指数选择函数为:  $I = 0.1167X_1(\text{单株干质量/g}) + 0.0750X_2(\text{苗高/cm}) - 0.1231X_3(\text{地径/cm})$ 。设定选择强度等于 1 时, 选择指数的标准差为 0.4502, 选择指数中各性状的遗传增益(DG)为 0.2214, 聚合基因型的增益(DH)为 6.6641, 选择指数的遗传力( $h^2$ )为 0.5520。

根据综合指数大小, 对 55 个种源进行排序, 结果如表 4。按照 10% 优良种源入选率, 则综合指数在 3.0 以上的种源入选。这些优良种源有江西南部的信丰, 贵州东北部的思南, 陕西中部的汉中, 湖南洞庭湖的益阳, 重庆的涪陵以及福建东北部的福安 6 个种源。从选择结果看, 优良种源分别来自 3 个不同的亚区, 其中属西部亚区的有 3 个, 长江中下游亚区有 1 个, 江南丘陵亚区有 2 个, 淮河以北的北部亚区则无一种源入选。西部的四川、陕西、云南是我国枫杨属的起源中心<sup>[12]</sup>, 微环境的急剧变化导致枫杨种群的巨大差异, 因此从中选择优良种源具有较大的潜力; 长江中下游地区是枫杨的主要栽培区, 在长期广泛的人工栽培、频繁引种以及其它遗传漂变因素的影响下, 不同产地间的差异在逐渐缩小, 从中选择出优良种源的潜力不如上述两个亚区的大。因此, 今后枫杨试验及优良种源选择要特别关注西部亚区和江南丘陵亚区。

表 4 参试种源综合选择指数 I

种源	I 值	种源	I 值	种源	I 值	种源	I 值	种源	I 值
信丰	3.71	潜江	2.81	安庆	2.61	汨罗	2.43	宝应	2.01
思南	3.36	建德	2.78	平乐	2.60	平塘	2.42	株洲	2.00
汉中	3.22	新沂	2.75	灵川	2.59	明溪	2.42	西峡	1.99
益阳	3.10	宁陕	2.75	古蔺	2.58	富阳	2.36	青岛	1.90
涪陵	3.07	石门	2.74	信阳	2.58	吉安	2.35	黄冈	1.87
福安	3.01	达县	2.67	曲江	2.53	安吉	2.33	双牌	1.84
蚌埠	2.97	武胜	2.66	武宁	2.48	全州	2.30	泰安	1.78
红安	2.94	松滋	2.63	南京	2.47	湘阴	2.25	黄岩	1.78
江口	2.87	南靖	2.62	连州	2.45	龙泉	2.20	海阳	1.74
金寨	2.85	进贤	2.61	德兴	2.44	邵武	2.19	鄞县	1.69
分宜	2.83	咸宁	2.61	泾县	2.44	沂水	2.01	太白	1.41

## 3 小 结

(1) 参试枫杨种源表现出明显的苗期生长差异, 如苗高、地径与生物量的种源间极差达 163%~194%, 这表明枫杨苗期优良种源的早期选择具有较大的潜力。

(2) 参试种源的苗期高生长表现明显的纬向及垂直变异趋势, 枫杨南部分布区及低海拔地区的种源的高生长一般优于北部分布区和高海拔的种源。枫杨的生长变异在气候、水系、土壤及长期栽培等因素的强烈影响下, 它在长江中下游亚区、漓江、湘江、洞庭湖水系、江南丘陵及华南亚区、贵川陕西部亚区、北部亚区等表现出各自的亚区内变异模式。

(3) 根据苗高、地径及总生物量的综合指数构建指数选择函数, 并评选出 6 个苗期生长优良种源, 即信丰、思南、汉中、益阳、涪陵以及福安种源。优良种源大多来自西部亚区及江南丘

陵亚区, 因此, 今后种源试验及选育研究要特别重视这两个亚区的种源。

### 参考文献:

- [1] 郑万钧. 中国主要树种造林技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 1978. 709~ 718.
- [2] 彭镇华, 江泽慧. 中国新林种抑螺防病林研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995.
- [3] 彭旦明, 周光雄, 马珠, 等. 枫杨、乌桕对钉螺毒性的研究[A]. 见: 江泽慧主编. 兴林灭螺论文集[C]. 北京: 中国林业出版社, 1995. 84~ 89.
- [4] 李纪元, 饶龙兵, 潘德寿, 等. 人工胁迫条件下枫杨种源MDA含量的地理变异[J]. 浙江林业科技, 1999, 19(4): 22~ 27.
- [5] 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, 1984.
- [6] 戴群惕, 王身立. 遗传分析方法[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1989.
- [7] 薛贤杰, 王仁滋. 枫杨种源试验报告[J]. 山东林业科技, 1991, (2): 27~ 30.
- [8] 洪菊生, 吴士侠. 杉木种子区划[A]. 见: 徐化成主编. 林木种子区划[M]. 北京: 中国林业出版社, 1990. 253~ 283.
- [9] 全国马尾松种源试验协作组. 马尾松种源变异及种源区划分的研究[J]. 亚林科技, 1986, (2): 1~ 12.
- [10] 孙鸿有, 方炳法, 王鹏飞. 香椿地理变异与种源选择[J]. 浙江林学院学报, 1992, 9(3): 237~ 245.
- [11] 肖国华, 罗勤初, 罗中甫. 湖南檫树种源选择的研究[J]. 湖南林业科技, 1992, (4): 10~ 15.
- [12] 郑万钧. 中国树木志 第2卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 1985. 2367~ 2373.

## Geographic Variations of Seedlings Growth and Biomass in Chinese Wingnut (*Pterocarya stenoptera*) Provenance

LI Jiyuan<sup>1</sup>, RAO Longzbing<sup>1</sup>, WANG HuiXiong<sup>1</sup>, PAN DeZhou<sup>2</sup>

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

2. Forestry Bureau of Anji County, Anji 313300, Zhejiang, China)

**Abstract:** The Chinese wingnut seedling provenance trial containing 55 seedlots collected from its full distribution zone was conducted in Anji, northern Zhejiang Province. The provenances showed significant differences in growth traits, such as difference up to 163% for height, 180% for ground diameter and 194% for dry biomass between the best and worst seedlot. The results showed that seedling height was closely related to latitude and altitude of the seedlots, which means that southern seedlots or those from lower altitude are generally better than northern ones or those from higher altitude. It is found that the different geographic variation patterns existed in the middle and lower reaches of Yangtze River valley sub2zone, southern hilly sub2zone, Lijiang River2Xiangjiang River2Dongtinghu Lake system, Guizhou2Sichuan2Shanxi western sub2zone, north sub2zone. The comprehensive selection index was constructed as below:  $I = 0.1167X_1(\text{total dry biomass}) + 0.0750X_2(\text{seedling height}) - 0.1231X_3(\text{ground diameter})$ , and 6 superior provenances were screened out based on the index, i. e., Xingfeng in southern Jiangxi, Sinan in north eastern Guizhou, Hanzhong in central Shanxi, Yiyang in Dongtinghu Lake area, Fuling of Chongqing as well as Fuan in north eastern Fujian.

**Key words:** Chinese wingnut (*Pterocarya stenoptera*); provenance; geographic variation