

厚朴苗期性状及种源选择初步研究

于华会¹, 杨志玲^{1*}, 谭梓峰¹, 杨旭¹, 舒泉²

(中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400; 2. 云南农业大学, 昆明 650201)

摘要: 2008年6~10月,对试验区种植的18个1 a生厚朴(*Magnolia officinalis*)种源的苗高、地径等形态性状进行测量及分析,研究了厚朴不同种源苗高、地径的遗传变异、生长节律及与地理、环境因子的关系。结果表明:各种源的苗高、地径差异极显著,且有显著相关性;不同种源厚朴在6~7月生长缓慢,7月后加快,9月后生长缓慢;环境因子及地理因素对厚朴种源的遗传变异有显著影响,且以地理因素为主;依据种源间苗高、地径生长性状的二维非度量多维标度排序结果,18个种源被划分为5个种源区,根据种源苗期生长优劣,初步筛选出道县、桑植、安化3个优良种源。

关键词: 厚朴; 种源试验; 遗传变异; 非度量多维标度排序

中图分类号: Q948.11

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2010)02-0189-07

Studies on Growth Characteristics of *Magnolia officinalis* Seedlings and Provenance Selection

YU Hua-hui¹, YANG Zhi-ling^{1*}, TAN Zi-feng¹, YANG Xu¹, SHU Xiao²

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang 311400, China;

2. Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: The morphological traits, such as seedling height and basal diameter of 1-year-old seedlings of 18 provenances of *Magnolia officinalis*, were measured from June to October, 2008, and the genetic variation, growth rhythm and their relationships with environmental factors were studied. The results showed the extremely significant differences in seedling height and basal diameter among the 18 provenances, and also a significant correlation each other. For all of the provenances, the growth of seedlings was slower from June to July and after September, and more rapid from July to September. Furthermore, the environmental and geographical factors significantly affected on genetic variation of the *Magnolia officinalis* provenances, and the latter was more dominant. Moreover, the 18 provenances of *Magnolia officinalis* could be divided into 5 groups according to the two dimensional Non-metric Multidimensional Scaling in seedling height and basal diameter, and 3 superior provenances were screened out based on the merits of seedling growth, such as Daoxian, Sangzhi and Anhua.

Key words: *Magnolia officinalis*; Provenance test; Genetic variation; Non-metric multidimensional scaling

厚朴 (*Magnolia officinalis*) 为木兰科 (Magnoliaceae) 木兰属落叶乔木, 其树皮、根皮、花、果均可入药, 是我国特有的药用植物, 具有很高的经济价值和开发前景, 被列为国家二级保护濒危种^[1]。近年来, 受利益的驱使, 人们对厚朴资源的

乱砍滥伐日益严重, 致使目前仅在我国四川、陕西(南部)、贵州(北部和东北部)、湖北(西部)、湖南(西南、西北)、江西(北部)等省的高山地区现零散分布或块状分布的野生资源^[2], 厚朴种群生境呈现典型的片段化, 种源状况不容乐观。如何筛选和维持厚

收稿日期: 2009-06-25 接受日期: 2009-10-05

基金项目: 国家科技部公益性林业专项(200704022)资助

* 通讯作者 Corresponding author, email: zlyang0002@126.com

朴优质种源是目前面临的一大难题。

种源试验是一种重要的林木育种措施,它能够充分利用广泛的野生资源和栽培资源为遗传改良工作提供丰富的育种材料^[3],而且还可深入了解树种的地理变异格局、大小等规律,为种源造林选择提供试验依据,对于实现适地适种源及速生丰产具有重要意义^[4]。因此,为有效地利用种质资源,有必要对其进行全面系统的鉴定及研究^[5]。对一些树种,如福建柏(*Fokienia hodginsii*)^[6]、枫杨(*Pterocarya stenoptera*)^[7]、青榨槭(*Acer davidii*)^[8]、闽楠(*Phoebe bournei*)^[9]等已开展过相关研究,并取得了理想的成果,为种源区划、种子区划、优良种源的早期选择提供了重要参考。以往对厚朴多集中在栽培技术^[10]、厚朴酚^[11-12]及厚朴酚的药理作用^[13-15]等方面的研究,对其种源状况进行系统研究较少。斯金平等^[16]曾对 13 个厚朴种源的物候和生长规律进行了观测,探讨了厚朴种源地理生态的遗传变异规律,但对厚朴种源具体的性状差异以及季

节差异没有进行深入研究。本研究对 8 个省的 18 个厚朴种源的苗期苗高、地径等生长性状进行研究,分析其与地理、环境因子之间的关系,并对最佳种源进行了筛选,以期对厚朴优质种源利用和遗传育种提供依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

2007 年 9 月下旬到 11 月上中旬,在对厚朴天然林和人工林实地踏查的基础上,选择厚朴分布区有代表性的 8 省份作为种源采种点。采种按一般种源试验要求进行,对个别种源进行了单株采种、单株处理。在 8 省(区)共采集到 18 个种源,种源的具体采集地理位置及生态因子见表 1。

1.2 试验地概况

试验地设在浙江省富阳市三桥镇中亚苗业基地内,位于 119°25'E,29°44'N,年均温 16.27℃,极

表 1 厚朴种源地理位置及生态因子

Table 1 Geographic position and ecology factors of *Magnolia officinalis* provenances

地点 Location	经度 Longitude (E)	纬度 Latitude (N)	海拔(m) Altitude	年温度(℃) Annual temperature	年降水(mm) Annual precipitation	年日照(h) Annual Sunshine	无霜期 Frost-free days per year
湖南江华 JH	24°97'	111°79'	920	18.1	1513	1366	308
安徽霍山 HS	31°38'	116°32'	1100	12.7	1329	1536	220
湖南安化 AH	28°38'	111°02'	1050	16.5	1706	1336	275
湖北利川 LC	30°03'	108°21'	1082	13.9	1350	1464	232
贵州习水 XS	28°33'	106°02'	1297	13.6	1142	1184	248
湖北建始 JS	30°05'	109°07'	1558	13.6	1359	1400	260
四川龙泉 LQ	28°10'	119°13'	1098	17.5	1320	1881	263
福建光泽 GZ	27°54'	117°34'	325	17.5	1878	1952	271
湖北鹤峰 HF	30°27'	110°23'	1553	15.8	1473	1392	260
安徽潜山 QS	30°62'	116°53'	600	16.3	1337	1235	242
江西铜鼓 TG	28°53'	114°37'	1208	16.2	1773	1497	265
江西庐山 LUS	29°41'	115°97'	1280	16.1	1917	1330	253
湖南道县 DX	25°52'	111°57'	850	18.6	1503	1600	309
广西龙胜 LSH	25°78'	110°02'	1320	18.1	1950	1544	317
广西融水 RS	25°07'	109°24'	958	20.6	2194	1380	320
湖北香党坪 XDP	30°02'	111°06'	1270	13.1	1588	1523	248
湖南洪江 HJ	27°71'	109°96'	1085	17.6	1485	1354	304
湖南桑植 SZ	29°38'	110°16'	1280	14.8	1310	1320	260

JH: Jianghua, Hunan; HS: Huoshan, Anhui; AH: Anhua, Hunan; LC: Lichuan, Hunan; XS: Xishui, Guizhou; JS: Jianshi, Hubei; LQ: Longquan, Sichuan; GZ: Guangze, Fujian; HF: Hefeng, Hubei; QS: Qianshan, Anhui; TG: Tonggu, Jiangxi; LUS: Lushan, Jiangxi; DX: Daoxian, Hunan; LSH: Longsheng, Guangxi; RS: Rongshui, Guangxi; XDP: Xiangdangping, Hunan; HJ: Hongjiang, Hunan; SZ: Sangzhi, Hunan. 下表、图同。The same as following Tables and Figures.

端最低温-14.4℃,极端最高温 40.2℃;平均相对湿度 68%,年均降雨量 1452.5 mm,平均日照时数 1899 h,年蒸发量 1235.3 mm,年无霜期 248 d,常年主导风向为东南风,无冻害等灾害性气候。圃地土层深厚,以泥炭与黄壤混合为主,肥力中等,浇灌方便,排水良好,交通便利。

1.3 种子处理与苗圃地准备

2007年12月10日进行播种育苗,播种前种子用0.4%的高锰酸钾溶液浸种消毒0.5 h。土壤用生石灰进行消毒,基肥用磷肥,圃地经犁耙翻垦后作成苗床,床面上铺一层过筛的黄心土。撒播育苗,种子播下后盖一层薄的火烧土,再盖上一层稻草。

1.4 试验设计与苗期管理

田间试验采用完全随机设计,种源随机排列,育苗措施相同,苗期管理关键技术是出苗前搭荫棚,苗床保持湿润,加强水肥管理,每月调查每个种源中35株苗木(第一次调查在2008年6月27日,以后每月27日调查)。为保持苗床的湿度,高温季节每天进行喷灌。厚朴苗期忌强光照,入夏后在苗床上盖上遮阳网进行遮荫,以防苗木被灼伤。每星

期定期为苗木除杂草和施肥。

1.5 数据分析

计算各形态性状在种源内的平均值、变异系数($CV = s/y \times 100\%$,其中 s 为标准差, y 为平均值);采用单因素方差分析(ANOVA-test)种源间苗高、地径差异;Pearson 检验分析苗高和地径的相关性;偏相关分析苗高、地径的地理变异模式;利用欧氏距离进行系统聚类(Hierarchical Cluster)及二维非度量多维标度排序(Non-metric Multidimensional Scaling, MDS)分析种源的生长状况差异;主成分分析性状差异与原产地地理、气象因子间的关系。

采用单样本 Kolmogorov-Smimov test 检验数据的正态性分布,对于不服从正态分布的数据,取倒数进行转换。

所涉及的数据处理及差异性分析均在软件 SPSS11.5 和 Excel 中进行, $P \leq 0.05$ 为差异显著, $P \leq 0.01$ 为差异极显著, $P > 0.05$ 为差异不显著。

2 结果和分析

2.1 种源间苗高、地径的比较

在试验区内18个种源的苗高和地径平均值都

表2 厚朴不同种源的苗高、地径平均值及变异系数

Table 2 Average height and basal diameter and coefficient of variation of different provenances

种源 Provenances	苗高 Height (cm)				地径 Basal diameter (mm)			
	M ± SE	SD	范围 Range	变异系数 CV (%)	M ± SE	SD	范围 Range	变异系数 CV (%)
江华 JH	18.83 ± 0.9637	12.749	1.71~43.5	67.71	4.62 ± 0.1190	1.5742	1.91~8.74	34.07
霍山 HS	10.41 ± 0.5201	6.8802	1.02~27.50	66.09	4.14 ± 0.1130	1.4943	1.83~7.42	36.09
安化 AH	18.66 ± 0.9750	12.8976	3.00~43.81	69.12	4.72 ± 0.1454	1.9241	1.17~8.81	40.76
利川 LC	15.32 ± 0.7551	9.8747	2.41~39.54	64.46	4.18 ± 0.0938	1.2261	2.02~6.85	29.33
习水 XS	11.72 ± 0.6123	7.9123	3.02~30.92	67.51	4.17 ± 0.1041	1.3453	2.13~8.96	32.26
建始 JS	8.25 ± 0.3246	4.2688	2.21~17.70	51.74	4.02 ± 0.0963	1.2660	1.35~6.95	31.49
龙泉 LQ	15.20 ± 0.8351	11.0473	2.52~39.20	72.68	4.61 ± 0.1209	1.5997	1.98~7.85	34.70
光泽 GZ	14.56 ± 0.7803	10.3226	2.00~38.01	70.90	4.52 ± 0.1157	1.5303	2.28~7.80	33.86
鹤峰 HF	18.28 ± 0.6798	8.9928	3.64~45.50	49.19	4.84 ± 0.1219	1.6124	1.45~8.76	33.31
潜山 QS	10.78 ± 0.5809	7.5518	2.02~37.51	70.05	4.70 ± 0.1252	1.6273	1.99~8.83	34.62
铜鼓 TG	12.15 ± 0.7017	9.2828	2.33~38.31	76.40	4.38 ± 0.1193	1.5781	1.49~7.58	36.03
庐山 LUS	7.81 ± 0.2859	3.7815	2.02~14.54	48.42	4.48 ± 0.1238	1.6372	1.93~7.98	36.54
道县 DX	24.40 ± 1.1615	15.2774	3.11~52.52	62.61	4.67 ± 0.1180	1.5524	2.01~8.95	33.24
龙胜 LSH	18.59 ± 0.8356	10.9902	3.60~45.50	59.12	4.63 ± 0.1277	1.6794	1.34~7.95	36.27
融水 RS	17.57 ± 1.0016	13.0971	3.02~49.31	74.54	4.48 ± 0.1397	1.8268	1.35~9.47	40.78
香党坪 XDP	15.00 ± 0.7164	9.4225	2.00~35.81	62.82	4.58 ± 0.1261	1.6592	2.06~8.21	36.23
洪江 HJ	18.18 ± 0.9187	12.153	3.30~60.31	66.85	4.24 ± 0.0862	1.1405	2.13~7.28	26.90
桑植 SZ	19.94 ± 1.0943	14.476	2.03~49.72	72.60	4.43 ± 0.1112	1.4711	1.92~8.73	33.21

存在差异(表 2),其中,种源间苗高平均值差异相对较大,苗期表现最优的是道县种源(24.40 cm),最劣的为建始种源(8.25 cm),两者相差 2.96 倍;不同种源地径平均值都较为接近,集中在 4 mm 左右,最高为鹤峰种源(4.84 mm),最低同样为建始种源(4.02 mm),两者相差仅 0.82 mm。

由表 2 可以看出,各种源的苗高、地径变异系数也存在差异,并且苗高变异系数大于地径变异系数。苗高变异系数变化较大,最低的是庐山种源(48.42%),最高为铜鼓种源(76.40%),平均 65.16%,变化幅度达 27.98%;种源间地径变异系数变化幅度较小,在 29.33%(利川种源)~40.78%(融水种源)

之间,平均为 34.43%。

对厚朴 18 个种源的苗高、地径进行单因素方差分析(表 3),可以看出不同种源间有极显著差异($F_{(17,3102)} = 30.792, P < 0.01$; $F_{(17,3102)} = 3.885, P < 0.01$),表明种源因素对苗高和地径的影响显著。但总体来看,种源间地径的均值及变异系数变化相对较小,对种源选择的贡献较小,因此在厚朴苗木种源选择上应以苗高作为种源选择的主要参数。

对苗高和地径均值进行 Pearson 相关性检验(表 3)表明,18 个种源苗高和地径的均值呈显著正相关($R = 0.536, P < 0.05$)。说明各种源的苗高与地径具有极高的相关性,两者具有相同的变化趋势。

表 3 种源苗高、地径的方差分析及 Pearson 检验

Table 3 ANOVA analysis of height and diameter and Pearson test between different provenances

	差异源 Source	自由度 df	平方和 SS	均方 MS	F	P	Pearson 检验 Pearson test
苗高 Height	组间 Intergroup	17	58048.021	3414.589	30.792	0.000**	$R = 0.508,$ $n = 18,$ $P = 0.031^*$
	组内 Intragroup	3102	343988.573	110.893			
	总计 Total	3119	402036.595				
地径 Basal diameter	组间 Intergroup	17	159.427	9.378	3.885	0.000**	
	组内 Intragroup	3102	7488.568	2.414			
	总计 Total	3119	7647.995				

** : $P \leq 0.01$, 下表同。The same as following tables.

2.2 苗期生长节律

为更直观展示厚朴种源苗期的生长状况,以 18 个种源的苗高性状为参数,采用欧式距离法进行系统聚类(图 1),然后在不同种源区中各选取 1 个具有代表性的种源,绘制厚朴种源苗高月生长曲线。由图 1 可知,18 个厚朴种源在阈值为 10 时,可以分为 4 大类,道县种源单独为一类;融水和桑植种源聚为一类;建始、庐山、霍山、习水、潜山及铜鼓种源聚为一类,其余种源聚为一类。

结合表 2,选取铜鼓、鹤峰、桑植、道县作为代表性种源绘制苗高月生长曲线(图 2)。可见,4 个种源的厚朴幼苗在 6~7 月生长缓慢,7 月后加快,7~9 月是厚朴苗木生长的高峰期,9 月以后生长减慢,9~10 月苗高无明显变化。其他种源的苗期生长也遵循此规律。

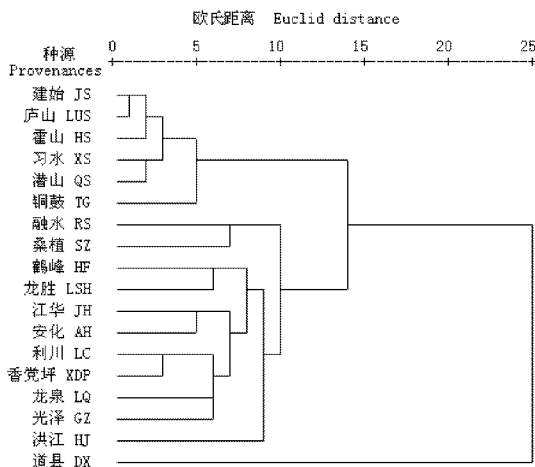


图 1 苗高生长状况聚类图

Fig. 1 Cluster of height growth by Euclidean distance

2.3 苗高、地径的地理变异模式

环境因子是影响物种变异的重要因素之一^[17]。

为研究厚朴形态变异与环境因子之间的关系,对厚朴 18 个种源的苗高、地径与经度、纬度、海拔、年温度、年降水、年日照以及无霜期等环境因子进行偏相关分析(表 4)。可以看出,苗高与纬度和经度成显著负相关($P < 0.05$),与无霜期成显著正相关($P < 0.05$),说明随着经、纬度的增加,逐渐不利于苗木高度的增加,苗高有显著减小的趋势,体现了苗高性状对地理经纬度的变异,同时苗高与海拔和年降水成负相关,也体现了厚朴苗期生长受海拔限制和具有一定的耐旱性;地径仅与纬度显著正相关($P < 0.05$)以及与海拔负相关,与其他环境因子的偏相关系数为正值,且无显著相关性,表明地径受环境因

子的影响较小。

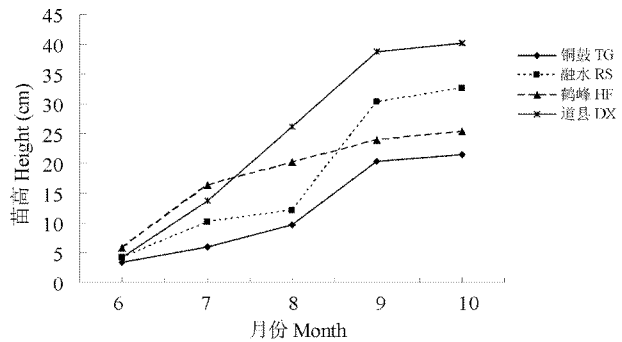


图 2 4 个代表性种源苗高月生长曲线

Fig. 2 Month growth curve of seedling height of four represented provenances

表 4 苗高、地径与环境因子间的偏相关分析

Table 4 Partial correlation analysis between seedling height, diameter and environmental factors

		经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔 Altitude	年温度 Annual temperature	年降水 Annual precipitation	年日照 Annual sunshine	无霜期 Frost-free day per year
苗高 Height	R	-0.552	-0.533	-0.027	0.362	-0.603	0.063	0.587
	P	0.022*	0.028*	0.918	0.154	0.818	0.809	0.013*
地径 Basal diameter	R	0.018	0.525	-0.200	0.342	0.304	0.098	0.021
	P	0.947	0.031*	0.443	0.180	0.236	0.708	0.935

2.4 不同种源环境因子的主成分分析

对经纬度、海拔、年温度等 7 项环境因子进行主成分分析(表 5)。可以看出,前 3 个主成分所解释的变异分别为 48.18%、27.49% 和 9.58%, 积累贡献率达 85.26%, 说明前 3 个主成分基本包含了全部指标具有的信息。第 1 主成分中负荷量最高的

是年温度、经度和无霜期,说明这几个环境因素对厚朴苗木的生长因素影响最明显;第 2 主成分中负荷量较高的是纬度、日照时数;第 3 主成分中负荷量较高的是海拔、年降水,可见水分因子是造成其种源分化的因素之一。总体来看,厚朴种源受地理位置的影响最明显,其次是温度和水分。

表 5 各主成分因子指标负荷量

Table 5 The index load of principal component factors

主成分 Component	特征值 Value	贡献率 Variance (%)	累计贡献率 Cumulative (%)	因子 Factors						
				经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔 Altitude	年温度 Annual temperature	年降水 Annual precipitation	年日照 Annual sunshine	无霜期 Frost-free day per year
1	3.372	48.178	48.178	-0.902	0.115	-0.478	0.949	0.718	0.342	0.886
2	1.925	27.494	75.672	0.273	0.903	-0.602	-0.032	-0.017	0.719	-0.393
3	0.671	9.583	85.255	0.141	0.110	0.542	-0.072	0.522	0.259	-0.024
4	0.568	8.120	93.375	-0.206	-0.150	0.222	-0.076	-0.404	0.516	0.140
5	0.329	4.703	98.078	0.004	0.357	0.255	0.218	-0.219	-0.173	0.107
6	0.087	1.246	99.325	0.209	-0.096	-0.013	0.171	-0.026	0.057	0.034

2.5 优良种源初步筛选

以厚朴苗高、地径为原始数据,基于种源间欧氏距离原理通过 SPSS11.5 软件进行组间非度量多维标度(MDS)排序的二维排序分析(图 3)(S 值为

0.01805, $S < 0.05$ 说明图形吻合极好)。由图 3 可以看出,按照种源的生长状况指标,18 个厚朴种源被分为 5 类,道县(IV)和潜山(V)种源各自为一类,建始、庐山、霍山、习水及铜鼓为一类(I),利川、光泽、

香党坪、龙泉为一类(II),其余为一类(III)。结合表 2 中苗高、地径均值,他们的生长状况依次为 IV > III > II > I 和 V,因此,初步把平均苗高和地径都

较高的道县、安化、桑植种源作为最佳种源,建始为最差种源。

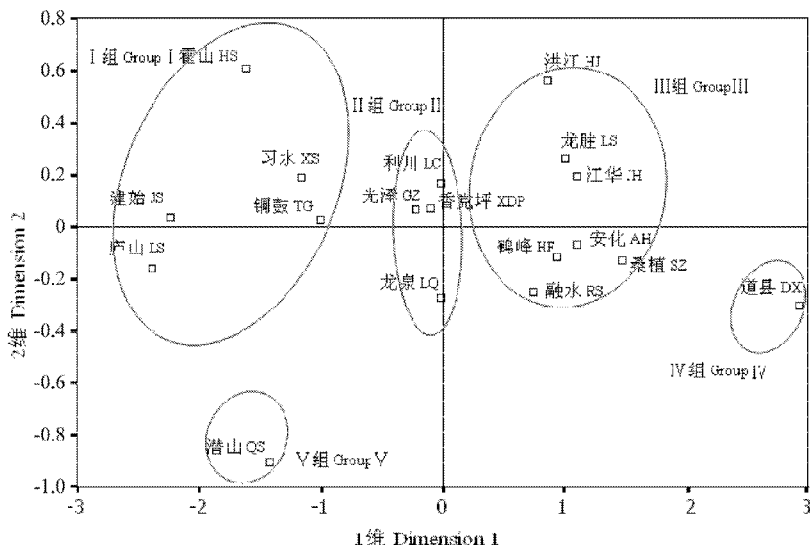


图 3 不同种源多度排序二维分析图

Fig. 3 The two-dimensional MDS ordinal configuration of the different provenances

$S = 0.01805$

3 讨论

3.1 苗期种源的生长性状及生长节律

种源的苗期生长性状是植物生长快慢的一种体现,是判断苗木质量好坏的重要指标。对厚朴 18 个种源的苗高、地径研究表明,不同种源间苗高、地径均呈极显著差异($P < 0.01$),且具有显著相关性($P < 0.05$),说明可利用苗高、地径指标对厚朴种源进行初步选择。这与刘宝等^[9]对闽楠(*Phoebe bournei*)种源苗期的研究结果相同。但不同种源的苗高、地径的变化幅度不同,苗高变幅远大于地径,可能因为各种源都是 1 a 生苗,地径生长还没有充分表现出来,这说明苗高对于种源间差异的灵敏度明显大于地径,因此相对地径指标而言,对苗高进行选择更有效。从各种源内单株间差异看,10 月单株苗高最高达 60.31 cm(洪江种源),比最低的庐山种源(14.54 cm)高 45.77 cm,可见在种源选择的基础上开展单株选择也存在一定的潜力。

不同种源幼苗都表现出 6~7 月生长缓慢,7 月后加快,9 月以后生长缓慢的节律。但一些种源在 7~9 月,尤其 8~9 月有明显差异。以鹤峰与桑植种源为例,6~8 月鹤峰种源的苗高均值高于桑植种源,且 7 月两者相差 8.08 cm(鹤峰 16.27 cm,桑植 8.19 cm),而至 9 月,鹤峰的为 23.85 cm,桑植

则达 34.12 cm,相差 10.27 cm。可见,7~9 月是厚朴生长的重要时期,应加强厚朴的苗木管理工作,增加水分及养分的供给,以维持其最佳生长状态。

3.2 苗期种源与环境因子的关系

研究生物与环境因子之间的相互作用,不但可了解环境因子对生物成长过程的影响,也能反映生物自身对环境的适应。近年来,已有关于不同种源植物生长性状的地理变异及其与环境因子的相互作用的研究,并用于筛选优良种源。罗建勋等^[18]对云杉(*Picea asperata*)种源苗期性状地理变异研究表明,云杉苗期地径生长量与年降水量呈极显著负相关,说明云杉具有一定的耐干旱性,为云杉种植地的扩展提供依据;李清河等^[9]对白刺(*Nitraria tangutorum*) 5 个种源的幼苗进行水分梯度试验,表明水分梯度显著影响白刺幼苗的净光合速率、蒸腾速率、气孔限制值等,并影响植株的苗高和最大新枝长等生长指标,且各种源对不同水分环境的响应存在差异。本文研究表明,环境因子及地理因素对厚朴种源的变异有显著影响。厚朴各种源的苗高、地径生长与经纬度呈显著相关,并且其高生长与枫杨等^[20]植物的变化规律相同,呈现出明显的“南北”变异模式;偏相关分析也表明温度、海拔、水分等因素对其成长有影响,以地理位置的影响为主,

地理位置的不同反映了主要气候因子的变化。

3.3 种源筛选

优良种源的筛选是进行种源试验的最终目的。本文通过对厚朴苗期相关性状的研究表明,18个种源按生长状况可分为5类,且具有明显的优劣表现。其中道县种源苗期各项生长指标明显优于其他种源,被列为最佳种源;与之相反,建始种源各项生长指标均不理想,为最差种源。在地理区系上,安徽、江西以及贵州的种源表现最差,湖南的种源表现最好(所选的5个湖南种源表现均较理想,尤其道县、桑植、安化种源苗高、地径均值均较高),优良种源的地理分布也与其性状的地理变异趋势相符,说明了试验结果具有可信度。

由于种源试验是在苗期,时间上受到限制,某些种源的适应性以及对极端气候的响应能力没有完全表现出来,还有待于进行长期的观测,找出它们在新生境条件下受压制的主导因子,通过栽培技术措施或选育的方法,提高或改良其对不利因子的适应能力。

参考文献

- [1] Fu L G(傅立国). China Plant Red Data Book — Rare and Endangered Plants [M]. Beijing: Science Press, 1991: 285–287.(in Chinese)
- [2] 郭承则, 马培珍, 郭大祝. 观赏兼药用的珍贵花木厚朴 [J]. 中国花卉盆景, 2004(10): 18–19.
- [3] Pinyopusarerk K, Williams E R. Range-wide provenance variation in growth and morphological characteristics of *Casuarina equisetifolia* groen in northern Australia [J]. For Ecol Manag, 2000, 13(5): 1–3.
- [4] Xu H C(徐化成). Tree Seed Zoning [M]. Beijing: Chinese Forestry Press, 1990: 16–27.(in Chinese)
- [5] Cao W B(曹文伯). A survey of characterization and utilization for Chinese sweet sorghum [J]. J Plant Gen Resour(植物遗传资源学报), 2001, 2(1): 58–62.(in Chinese)
- [6] Yang Z W(杨宗武), Zheng R H(郑仁华), Xiao Y X(肖祥希), et al. A study on the genetic variations of seedling growth and root traits among provenances of *Fokienia hodginsii* [J]. J Nanjing For Univ(南京林业大学学报), 2001, 25(3): 26–30.(in Chinese)
- [7] Li J Y(李纪元), Rao L B(饶龙兵), Wang H X(王惠雄), et al. Geographic variations of seedlings growth and biomass in Chinese wingnut (*Pterocarya stenoptera*) provenance [J]. For Res(林业科学研究), 2001, 14(1): 60–66.(in Chinese)
- [8] Zhang L(张露), Hu S Z(胡松竹), Yuan S G(袁生贵), et al.

- Provenance test of *Acer davidii* in seedling stage [J]. Acta Agri Univ Jiangxi(江西农业大学学报), 2004, 26(5): 670–674.(in Chinese)
- [9] Liu B(刘宝), Chen C J(陈存及), Chen S J(陈少杰), et al. Preliminary study on the provenance test of *Phoebe bournei* at seedling stage [J]. J Fujian Coll For(福建林学院学报), 2007, 27(3): 213–216.(in Chinese)
- [10] 何世龙, 何世文, 李家容. 厚朴速生丰产栽培技术 [J]. 中国林业, 2007(19): 40.(in Chinese)
- [11] Feng Y Q(冯雅琪), Wu G J(吴国江), Hao Q H(郝庆红), et al. Identity of magnolol antioxidant activity for lipid [J]. J Hebei Univ (Nat Sci)(河北大学学报: 自然科学版), 2005, 25(1): 52–54.(in Chinese)
- [12] Park E J, Zhao Y Z, Na M, et al. Protective effects of honokiol and magnolol on tertiary butyl hydroperoxide-or D-galactosamine-induced toxicity in rat primary hepatocytes [J]. Planta Med, 2003, 69(1): 33–37.
- [13] Park J, Lee J, Jung E. *In vitro* antibacterial and anti-inflammatory effects of honokiol and magnolol against *Propionibacterium* sp. [J]. Eur J Pharmacol, 2004, 496(1–3): 189–195.
- [14] Wang T, Chen F, Chen Z, et al. Honokiol induces apoptosis through P53 independent pathway in human colorectal cell line PKO [J]. World J Gastroenterol, 2004, 10(15): 2205–2208.
- [15] Gu W(顾伟), Fan X J(范昕建), Wu J(吴疆), et al. Effects of honokiol on proliferation and apoptosis in HepG2 cells [J]. Chin J Cell Mol Immunol(细胞与分子免疫学杂志), 2008, 24(6): 620–622.(in Chinese)
- [16] Si J P(斯金平), Liu R(刘饶), Pan X P(潘心平), et al. Preliminary studies on heteromorphosis of *Magnolia officinalis* from different provenances [J]. J Zhejiang For Sci Techn(浙江林业科技), 1998, 18(3):13–16.(in Chinese)
- [17] Li L(李立), Li K(李昆), Cui K(崔凯). Phenotypic variation of geographic provenance in *Tsuga dumosa* [J]. For Res(林业科学研究), 2008, 21(1): 31–36.(in Chinese)
- [18] Luo J X(罗建勋), Sun P(孙鹏), Wang L H(王乐辉), et al. Growth trait variation of *Picea asperata* at seedling stage and provenance selection [J]. J SW For Coll(西南林学院学报), 2006, 26(4): 14–18.(in Chinese)
- [19] Li Q H(李清河), Zhang J B(张景波), Li H Q(李慧卿), et al. Responses of different provenances of *Nitraria tangutorum* seedlings in photosynthetic physiological and growth characteristics to water gradients [J]. Sci Sil Sin(林业科学), 2008, 44(1): 52–56.(in Chinese)
- [20] Liu G Z(刘光正), Yue J W(岳军伟), Pan J P(潘江平). Growth traits in *Pterocarya stenoptera* provenance at seedling stage [J]. Acta Agri Univ Jiangxi(江西农业大学学报), 2008, 30(6): 1085–1110.(in Chinese)