

中国马褂木不同种源苗期生长规律研究

李秋荔, 黄寿先*, 李志先, 张皓磊, 张睿婧

(广西大学 林学院 国家林业局中南速生材繁育重点实验室, 南宁 530004)

摘要: 对中国马褂木 6 个种源(云南金平、浙江安吉、福建武夷山、贵州黎平、广西全州、江西庐山)一年生实生苗的苗高生长规律进行研究。结果表明:(1)各种源在苗高生长上存在着极显著的差异。(2)利用 logistic 曲线拟合其苗高生长方程,发现各种源苗高生长均呈现明显的“慢—快—慢”的“S”型生长节律。(3)利用有序样本聚类分析将苗木生长划分为幼苗期、生长前期、速生期、生长后期 4 个阶段,福建武夷山种源最早进入速生期,且持续时间最长,江西庐山种源最晚进入速生期,且持续时间最短。速生期苗高净生长量占总生长量最大的是浙江安吉种源,达 56.05%;第二是福建武夷山;最小的是江西庐山种源,只有 34.29%。(4)依据苗高和地径两个性状的聚类分析把 6 个种源分成三大类,第一类是全州种源,苗高生长表现最好;第二类是金平、安吉、武夷山、黎平种源;第三类是庐山种源。

关键词: 中国马褂木; 种源; 苗期; 变异; 生长节律

中图分类号: S781.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2012)03-0355-07

Growth pattern of *Liriodendron chinense* seedlings from different provenances

LI Qiu-Li, HUANG Shou-Xian*, LI Zhi-Xian,
ZHANG Hao-Lei, ZHANG Rui-Jing

(College of Forestry, Guangxi University, Key Laboratory of Fast-growing Wood Breeding
in Central South China of State Forestry Administration, Nanning 530001, China)

Abstract: Annual growth rhythms of *Liriodendron chinense* Seedlings from 6 provenances (Jinping of Yunnan, Anji of Zhejiang, Wuyi Mountain of Fujian, Liping of Guizhou, Quanzhou of Guangxi, Lushan Mountain of Jiangxi) were studied. The results were as follows; (1) The variance analysis of different provenances showed that the differences between tree heights were significant. (2) The height growth of them was fitted by Logistic equation. The results showed that the growth patterns of height of different provenances were similar to 'S' curves. (3) The height growth process of annual seedling was analyzed by the Sequence Cluster Method. The results indicated that the growth process of the seedling height could be divided into four stages; juvenile stage; early growth stage; rapid growth stage and late growth stage. Wuyi Mountain provenance entered the rapid growth stage at first and lasted the longest time. Lushan Mountain provenance entered the rapid growth stage at lasted and last the shortest time. The height increment of Anji provenance in the rapid growth stage accounted for the largest proportion of the annual height increment, up to 56.05%, Wuyi Mountain provenance second, and Lushan Mountain provenance the lowest, only 34.29%. (4) 6 provenances were analyzed by hierarchical clustering, then were divided into 3 groups. The first group included Quanzhou provenance, which had the best height growth. The second group included Jinping, Anji, Wuyi Mountain,

* 收稿日期: 2011-11-16 修回日期: 2012-04-23

基金项目: 广西科技攻关项目(桂科攻 10100012-2); 广西“十一五”林业科技项目(林科学 2009[16])[Supported by Key Science and Technology Development Program of Guangxi(10100012-2); Forestry Science and Technology Project of “11th Five-year Plan” in Guangxi(2009[16])]

作者简介: 李秋荔(1986-), 女, 广西南宁市人, 硕士研究生, 研究方向为林木遗传改良, (E-mail) lili_19860808@163.com。

* 通讯作者: 黄寿先, 男, 教授, 研究方向为林木遗传育种学, (E-mail) huangshouxian@163.com。

Liping provenances. The last group included Lushan Mountain provenance.

Key words: *Liriodendron chinense*; provenance; seedling stage; variation; growth rhythm

中国马褂木 (*Liriodendron chinense*), 木兰科鹅掌楸属落叶乔木, 又名鹅掌楸、双飘树等, 是国家二级珍稀濒危保护植物。中国马褂木生长快, 树体高大, 树干通直光滑, 叶形独特呈马褂状, 花大而秀丽, 其树皮可以入药, 木材可做家具、建筑用材, 植株可作为园林绿化树种等(王祥初, 2001; 李书华等, 2008)。天然中国马褂木星散分布在长江流域以南的亚热带中、低山地。分布区东到浙江青田, 西到云南金平, 南到越南北部, 北到陕西紫阳, 其中在广西的龙胜、灌阳、临桂、西林、资源等地均发现其天然分布。分布地域广, 分布区气候差异大, 说明中国马褂木适生范围很广, 年降雨量分布均匀、日照适中、土壤疏松、排水性良好的黄壤或黄棕壤地区均适宜种植(杨志成, 1988)。我国在 20 世纪 70 年代开始对其进行研究, 主要集中于其生物学特性、引种及种源试验、杂交育种、繁育技术等方面(杨志成, 1988; 郝日明等, 1997; 季孔庶等, 2001; 王齐瑞等, 2007; 骆羿等, 2007)。目前, 有关中国马褂木苗期试验的研究, 以苗期生长规律为主, 张文杰(2003)、廖明(2005)、卜付军(2006)、张琰(2007)、俞良亮(2008)等均做过相关试验, 由于试验地点、参试种源及数据处理方法不同等, 得出的苗期生长规律也有所差异: 南京试验地的庐山种源最早进入速生期且持续时间最长(俞良亮, 2008); 贵州试验地的黎平种源出苗最早(廖明, 2005); 河南大别山的马褂木生长期持续时间最长(卜付军, 2006)。本文在中国马褂木自然分布区选取了 6 个代表种源进行苗期对比试验, 揭示不同种源马褂木一年生苗木在中国马褂木分布区南缘广西的生长规律, 以期科学培育马褂木苗木和选育适合广西种植的优良种源提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设在南宁市广西大学林学院苗圃内, $108^{\circ}21' E$, $22^{\circ}49' N$, 属于亚热带典型的季风气候, 干湿季节明显, 夏长高温多雨, 冬短温暖干燥, 年平均气温 $21.6^{\circ}C$, 年均日照时数为 1 827 h, 年降水量为 1 304.2 mm, 降雨主要集中在 5~9 月, 降雨量占

全年的 70% 以上。

1.2 试验材料

试验参试材料共 6 个种源: 云南金平 ($103.24^{\circ} E$, $22.77^{\circ} N$)、浙江安吉 ($119.68^{\circ} E$, $30.68^{\circ} N$)、福建武夷山 ($117.72^{\circ} E$, $27.73^{\circ} N$)、贵州黎平 ($109.14^{\circ} E$, $26.24^{\circ} N$)、江西庐山 ($116.26^{\circ} E$, $29.42^{\circ} N$)、广西全州 ($111.06^{\circ} E$, $25.96^{\circ} N$)。

1.3 方法

种子于 2009 年 10 月采集, 沙藏保存, 2010 年 2 月下旬沙床催芽, 约 20 d 开始出苗。将 3~5 cm 高的小苗移入 $4\text{ cm} \times 4\text{ cm} \times 8\text{ cm}$ 的椰糠营养袋, 于 4 月 12 日定植到苗床, 株行距 $15\text{ cm} \times 15\text{ cm}$, 3 个重复。于 4 月 20 日起每月的 10、20、30 日对苗高进行测定, 每个种源每重复测定 10 株, 共 30 株, 苗高测定至年底其生长基本停止, 并在最后一次对地径进行测定。

采用双因素无交互作用线性模型(贾乃光, 1999)对小区平均值进行方差分析: $y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$, 式中 μ 为种源平均值、 α_i 为种源间效益、 β_j 为重复效益、 ε_{ij} 为剩余误差。

采用 Logistic 方程对苗高进行拟合(秦光华等, 2003; 程诗明等, 2006; 周永学等, 2007; 余诚棋等, 2009), 其模型为 $y = k / (1 + e^{-bt})$, 式中: y 为苗高累积生长量, t 为苗高生长时间, k 为生长结束时苗高的生长量, a 、 b 为待定系数。

利用有序样本聚类法(唐守正, 1984; 曹帮华, 1998; 徐国瑞, 2010)对苗高不同的生长阶段进行划分, 主要步骤: (1) 求出各类直径: $D(i, j) = \sum_{k=1}^j (x_k - x_{ij})^2$; (2) 计算最小误差函数值 $e[p_o(n, k)] = \min_{k \leq j \leq n} \{e[p(j-1)(k-1)] + D(j, n)\}$, 并对样品进行分类。

利用欧式距离聚类法(李大伟, 2010; 王玉山, 2011)对 6 个种源进行分类, 欧式距离计算公式为

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^m (x_{ik} - x_{jk})^2}。$$

2 结果与分析

2.1 不同种源苗期性状变异分析

不同种源中国马褂木一年生苗高和地径的生长量见表 1。一年生苗木高生长以广西全州种源表现

最优,其次是福建武夷山、贵州黎平、浙江安吉、云南金平种源,表现最差的是江西庐山种源;地径生长以福建武夷山种源最优,其次是贵州黎平、广西全州、

浙江安吉、江西庐山种源,地径生长最差为云南金平种源。方差分析结果显示,苗高在种源间存在极显著差异,而地径种源间差异不显著(表 2)。

表 1 马褂木不同地理种源一年生苗高、地径生长量

Table 1 Seedling height and base diameter increment of *Liriodendron chinense* seedlings from different provenances

种源 Provenance	平均高(cm) Mean height	与 6 种源平均比(%) Occupy of the average	平均地径(mm) Mean diameter	与 6 种源平均比(%) Occupy of the average
云南金平 Jinping of Yunnan	70.0	91.7	12.4	91.9
浙江安吉 Anji of Zhejiang	76.0	99.6	12.9	95.7
福建武夷山 Wuyi Mountain of Fujian	80.0	104.8	14.8	109.6
贵州黎平 Liping of Guizhou	79.0	103.5	14.6	108.5
江西庐山 Lushan Mountain of Jiangxi	49.0	64.2	12.7	94.1
广西全州 Quanzhou of Guangxi	103.6	135.8	13.5	100.3
平均 Average	76.3	100.0	13.5	100.0
变异系数 Variation coefficient(%)	24.11		9.50	

表 2 中国马褂木不同种源苗高与地径方差分析

Table 2 Variance analysis of seedling height and base diameter

性状 Traits	变异来源 Variation source	平方和 Square sum	自由度 Degree of freedom	均方 Mean square	F 值 F-value	P 值 P-value
苗高 Seedling height	种源间	4650.900	5	930.180	8.5970**	0.0022
	误差	1082.045	10	108.205		
地径 Base diameter	种源间	15.309	5	3.0617	1.4962	0.2744
	误差	20.463	10	2.046		

注: **表示在 0.01 水平下差异极显著。

Note: ** Difference is significant at the 0.01 level.

对不同种源的苗高、地径与经纬度作简单相关性分析,结果见表 3。各种源苗高、地径与种源地经纬度呈弱正相关关系,其随经纬度变化而变化的趋势较小。

表 3 不同种源生长性状与经纬度的相关性分析表

Table 3 Correlation analysis table for tree traits and Latitude and Longitude

项目 Item	经度 Longitude	纬度 Latitude
苗高 Seedling height	0.1056	0.0446
地径 Base diameter	0.3304	0.2315

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ 。相关系数临界值: $a = 0.05$ 时, $r = 0.9500$; $a = 0.01$ 时, $r = 0.9900$ 。

2.2 苗高年生长规律

不同种源苗高总生长量和旬净生长量见表 4。利用 Logistic 方程对观测数据进行分析,以便更好地了解不同种源中国马褂木一年生苗的生长节律。Logistic 方程多用于生态种群动态的模型拟合,也有许多学者利用 Logistic 方程对苗木的生长过程进行描述,探寻生长天数与苗高间的密切关系。利用 Logistic 曲线拟合建立各种源的苗高生长模型(表 5、图 2),方程的回归性均达到极显著水平,拟合方

程能很好表达 6 个种源苗高的年生长规律。结合各种源苗高动态生长曲线(图 1)和 Logistic 曲线分析结果,发现 6 个种源的苗高年生长过程均呈现明显的“慢—快—慢”的“S”型生长节律。

采用有序样本聚类法,6 个种源的苗高生长均可划分为幼苗期、生长前期、速生期和生长后期 4 个阶段,各阶段起始时间和生长量占总生长量的比重见表 6 和图 3。6 种源间各阶段的生长特点存在差异。各种源进入速生期的时间和速生期长短不同,但其 10 d 净生长量均在 8 月中旬达到高峰,苗高速生期结束的时间相同,都是 8 月 20 日。福建武夷山种源最早进入速生期(7 月 11 日),且持续时间最长(41 d);江西庐山种源最晚进入速生期(7 月 31 日),且持续时间最短(21 d);云南金平、浙江安吉、贵州黎平、广西全州 4 个种源均于 7 月 21 日进入速生期,持续时间为 31 d。除江西种源外,其它 5 个种源速生期净生长量明显高于其它生长阶段,其中速生期净生长量占总生长量比重最高的为浙江安吉种源,达到 56.05%;其次是福建武夷山和贵州黎平种源,分别达到 52.63% 和 51.01%;然后是云南金平和广西全州种源,分别达到 46.57% 和 44.02%;最

表 4 不同马褂木种源苗高生长过程定期观察结果

Table 4 Regularly observed results of height growth of *Liriodendron chinense* seedlings from different provenances

日期 Date	云南金平 Jinping		浙江安吉 Anji		福建武夷山 Wuyi Mountain		贵州黎平 Liping		江西庐山 Lushan Mountain		广西全州 Quanzhou	
	总生长 量(cm)	旬净生长 量(cm)	总生长 量(cm)	旬净生长 量(cm)	总生长 量(cm)	旬净生长 量(cm)	总生长 量(cm)	旬净生长 量(cm)	总生长 量(cm)	旬净生长 量(cm)	总生长 量(cm)	旬净生长 量(cm)
4-20	1.7	—	1.4	—	1.7	—	1.3	—	1.6	—	2.0	—
4-30	2.1	0.4	1.7	0.4	2.1	0.4	1.9	0.5	2.2	0.6	2.4	0.4
5-10	2.6	0.4	2.1	0.3	2.8	0.7	2.3	0.5	2.5	0.3	3.0	0.6
5-20	3.1	0.5	2.8	0.7	3.7	1.0	3.1	0.8	3.1	0.6	3.9	0.9
5-30	4.2	1.1	4.0	1.2	5.0	1.3	4.6	1.5	3.9	0.8	5.5	1.6
6-10	6.6	2.5	6.6	2.7	8.8	3.8	8.3	3.7	5.8	1.9	8.8	3.3
6-20	8.8	2.2	8.9	2.3	14.7	6.0	13.0	4.7	8.9	3.2	12.4	3.6
6-30	12.7	3.9	12.8	4.0	20.3	5.5	16.1	3.1	11.1	2.2	20.6	8.2
7-10	16.2	3.5	16.9	4.1	25.6	5.4	21.0	4.9	13.7	2.5	27.5	6.9
7-20	19.5	3.4	23.6	6.7	32.8	7.2	27.4	6.5	15.5	1.9	34.2	6.7
7-30	26.8	7.3	34.0	10.5	43.1	10.2	39.3	11.9	19.3	3.8	45.8	11.6
8-10	40.2	13.4	51.6	17.5	60.1	17.0	58.9	19.6	27.8	8.4	65.9	20.2
8-20	52.1	11.8	66.2	14.7	67.7	7.7	67.7	8.8	36.1	8.3	79.8	13.8
8-30	57.4	5.3	69.5	3.3	71.2	3.5	69.6	1.9	39.0	2.9	84.9	5.1
9-10	61.8	4.4	72.1	2.6	74.8	3.5	73.2	3.6	42.0	3.1	91.8	6.9
9-20	64.3	2.5	73.4	1.3	76.4	1.6	74.8	1.6	43.7	1.7	95.0	3.2
9-30	66.3	2.1	74.6	1.2	77.8	1.4	76.1	1.4	44.8	1.0	99.0	4.0
10-10	67.7	1.4	75.0	0.4	78.5	0.7	77.1	0.9	46.1	1.4	101.2	2.2
10-20	68.3	0.5	75.2	0.2	78.8	0.3	77.5	0.5	46.7	0.6	102.1	0.9
10-30	68.6	0.4	75.3	0.1	79.0	0.2	77.8	0.2	47.1	0.4	102.5	0.4
11-10	68.8	0.2	75.4	0.1	79.2	0.3	78.1	0.3	47.4	0.3	102.8	0.3
11-20	69.0	0.2	75.5	0.1	79.4	0.1	78.2	0.2	47.6	0.2	103.0	0.1
11-30	69.3	0.2	75.5	0.0	79.5	0.1	78.3	0.0	47.7	0.2	103.1	0.1
12-10	69.5	0.2	75.6	0.1	79.8	0.3	78.5	0.3	47.8	0.1	103.2	0.1
12-20	69.7	0.2	75.7	0.1	79.9	0.1	78.7	0.2	48.8	1.0	103.4	0.1
12-30	70.0	0.3	76.0	0.3	80.0	0.1	79.0	0.3	49.0	0.2	103.6	0.2

表 5 不同种源中国马褂木一年生苗苗高年生长动态的 Logistic 方程拟合结果

Table 5 Logistic model fitting results of annual height growth dynamics of *Liriodendron chinense* seedlings from different provenances

种源 Provenance	Logistic 回归方程 Logistic model	R ² R ² -value
云南金平 Jinping of Yunnan	$Y = \frac{69.876}{1 + 1730.024e^{-0.052t}}$	0.996
浙江安吉 Anji of Zhejiang	$Y = \frac{76.052}{1 + 10136.739e^{-0.066t}}$	0.995
福建武夷山 Wuyi Mountain of Fujian	$Y = \frac{80.059}{1 + 1112.075e^{-0.053t}}$	0.997
贵州黎平 Liping of Guizhou	$Y = \frac{78.679}{1 + 2581.470e^{-0.058t}}$	0.995
江西庐山 Lushan Mountain of Jiangxi	$Y = \frac{48.672}{1 + 434.795e^{-0.043t}}$	0.995
广西全州 Quanzhou of Guangxi	$Y = \frac{103.675}{1 + 1305.164e^{-0.051t}}$	0.998

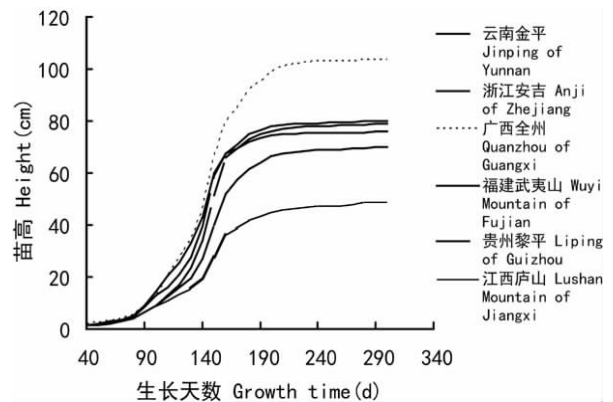


图 1 不同种源中国马褂木苗高累积生长量
Fig. 1 The variation of seedling height among different provenances of *Liriodendron chinense*

低的是江西庐山种源,只有 34.29%,比其生长前期的净生长量所占比重(36.12%)小,是唯一一个生长前期净生长量占总生长量比重大于速生期生长量所占比重的种源。

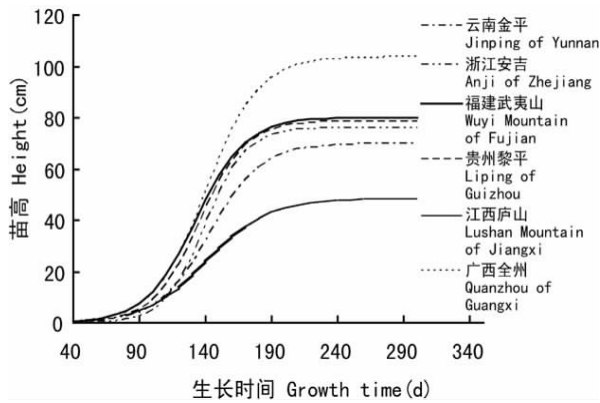


图 2 不同种源中国马褂木苗高 logistic 拟合曲线

Fig. 2 Logistic model curve of annual height growth of *Liriodendron chinense* seedlings from different provenances

2.3 聚类分析

中国马褂木各种源一年生苗高生长存在极显著性差异,为将各种源进行分类,现采用欧式距离的最小距离法,对 6 个种源苗高和地径进行聚类分析(图 4)。由图 4 可知,广西全州种源单独为一类,这类种源的苗高生长长势最好,表现最优良;云南金平、浙江安吉、福建武夷山、贵州黎平为第二类种源,生长长势较差于广西全州;江西庐山单独为第三类种源,这类种源苗高、地径性状表现最差。

3 结论与讨论

(1)利用 Logistic 方程拟合中国马褂木各种源

表 6 中国马褂木不同种源苗高生长阶段划分表

Table 6 Division for growth stages of *Liriodendron chinense* seedlings from different provenances

生长期 Growth stage	种源 Provenance	日期 Date	持续天数(d) Sustainable time	净生长量(cm) Net growth	占总生长量百分数(%) Occupy of total growth
幼苗期 Juvenile stage	云南金平	3-12-4-20	40	1.7	2.43
	浙江安吉	3-12-4-20	40	1.4	1.84
	福建武夷山	3-12-4-20	40	1.7	2.13
	贵州黎平	3-12-4-20	40	1.3	1.65
	江西庐山	3-12-4-20	40	1.6	3.27
	广西全州	3-12-4-20	40	2.0	1.93
生长前期 Early growth stage	云南金平	4-21-7-20	91	17.8	25.43
	浙江安吉	4-21-7-20	91	22.2	29.21
	福建武夷山	4-21-7-10	81	23.9	29.88
	贵州黎平	4-21-7-20	91	26.1	33.04
	江西庐山	4-21-7-30	101	17.7	36.12
	广西全州	4-21-7-20	91	32.2	31.08
速生期 Rapid growth stage	云南金平	7-21-8-20	31	32.6	46.57
	浙江安吉	7-21-8-20	31	42.6	56.05
	福建武夷山	7-11-8-20	41	42.1	52.63
	贵州黎平	7-21-8-20	31	40.3	51.01
	江西庐山	7-31-8-20	21	16.8	34.29
	广西全州	7-21-8-20	31	45.6	44.02
生长后期 Late growth stage	云南金平	8-21-12-30	132	17.9	25.57
	浙江安吉	8-21-12-30	132	9.8	12.89
	福建武夷山	8-21-12-30	132	12.3	15.38
	贵州黎平	8-21-12-30	132	11.3	14.30
	江西庐山	8-21-12-30	132	12.9	26.33
	广西全州	8-21-12-30	132	23.8	22.97

的苗高生长曲线,各种源方程的回归性均达到极显著水平,说明 Logistic 曲线能很好的描述出不同种源的苗高生长趋势。各种源苗高生长均呈现明显的“慢—快—慢”的“S”型生长节律,与在河南大别山(张可银等,2004;张琰,2007)所做的马褂木实生苗试验结果相似。

(2)一些研究(秦光华等,2003;程诗明等,2006;

周永学等,2007;余诚棋等,2009)是根据 Logistic 拟合方程求导所得的拐点对苗木进行生长过程划分的,但一般只能机械的分为 3 个阶段,有一定的局限性。本文运用有序样本聚类分析方法进行分析,并结合苗木的生长特性,对不同种源中国马褂木苗高生长期进行划分,对科学育苗有重要意义。从划分结果中发现各种源苗高年生长节律基本相同,均分

为幼苗期、生长前期、速生期、生长后期。除福建、江西种源外,其它 4 个种源各阶段持续时间相同。福建武夷山种源最早进入速生期(7 月 11 日),且持续时间最长(41 d);江西庐山种源最晚进入速生期(7 月 31 日),且持续时间最短(21 d);其它 4 种源均于 7 月 21 日进入速生期,持续时间为 31 d。在速生期内,广西种源的净生长量最大,浙江种源的净生长量占总生长量的比重最大,而江西种源净生长量及其所占总生长量的比重均最小。与河南大别山(张琰,2007)及贵州大学林学院(廖明等,2005)的苗期试验相比较,3 地马褂木幼苗进入速生期的时间基本相同,但广西的总生长时间较长,速生期持续时间却比贵州与河南的速生期短,这可能与三地的气候条件的差异有关。有研究(王继志等,1993;王小平等,1997;邵金平等,2003)表明,一些树种随气候因子的

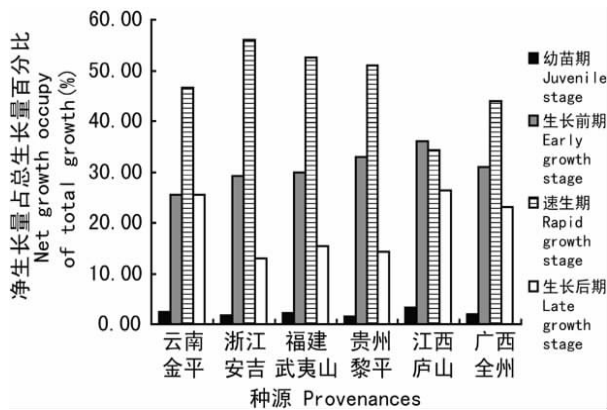


图 3 不同种源中国马褂木一年生苗苗高各生长期生长量分布

Fig. 3 Seedling height increment distribution of growth stages of *Liriodendron chinense* seedlings from different provenances

变化,生长规律也发生一定的变化。

(3)6 个种源一年生苗苗高生长量分析表明:广西全州种源最好,福建武夷山、贵州黎平、浙江安吉、云南金平种源次之,江西庐山种源最差,苗高年生长量分别为 103.6、80.0、79.0、76.0、70.0、49.0 cm。经方差分析得出 6 种源一年生苗苗高生长存在极显著差异。对 6 种源苗高、地径与种源地经纬度进行简单相关分析,得出 6 种源苗高、地径与种源地经纬度呈弱正相关关系。对 6 种源的苗高与地径进行聚类分析,将它们分成三大类,第一类是广西种源,生长长势最好;第二类是云南、浙江、福建、贵州种源;第三类是江西种源。广西全州种源苗高生长表现较为优良,可能是因为广西种源能较好地适应本地的

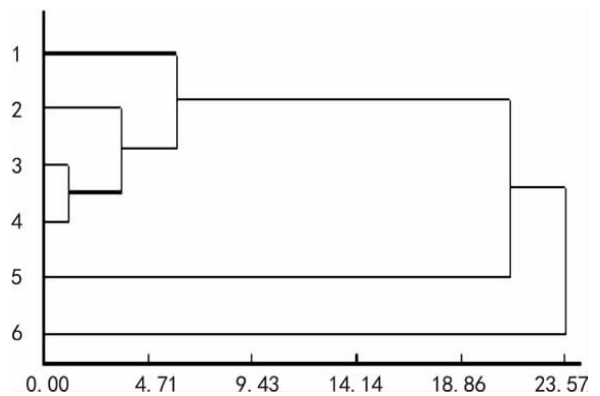


图 4 6 个种源中国马褂木聚类分析图

Fig. 4 Hierarchical cluster analysis of *Liriodendron chinense* from 6 provenances

6 个种源:1. 云南金平; 2. 浙江安吉; 3. 福建武夷山; 4. 贵州黎平; 5. 江西庐山; 6. 广西全州。

1. Jinping of Yunnan; 2. Anji of Zhejiang; 3. Wuyi Mountain of Fujian; 4. Liping of Guizhou; 5. Lushan Mountain of Jiangxi; 6. Quanzhou of Guangxi.

气候特点和土壤条件。南宁试验点马褂木一年生苗的苗高生长数据比贵州贵阳(廖明等,2005)、湖北京山(董纯,1996)、江苏南京(俞良亮,2008)试验点相同参试种源的苗高生长数据大,广西南宁地处北热带和南亚热带交界处,气候特点与其它 3 试验点差别明显,年均温、年降水量、年日照时数、无霜期均高于其它 3 个试验点,是造成其苗高生长数据大于其它 3 个试验点的原因之一,其它立影响因子还有待探讨。由于苗期性状发育还不稳定,各种源间的差异还有待于进一步的造林对比试验研究,本文的研究结果只能作为优良种源早期选择的参考。

(4)结合马褂木苗期不同生长阶段不同特点及试验过程中的发现对苗期管理给出以下建议:在生长初期,幼苗喜荫且易受病虫害,应对其进行适当的遮阴处理,防止其被强烈的阳光灼伤,同时要注意适度的施肥及病虫害的防治,可每隔 3~5 d 用 1/1000 浓度的多菌灵或甲基托布津配合 1/1000 浓度的尿素喷洒叶面,切记要定期除草,防治杂草影响幼苗生长;在速生期幼苗的生长量积累最快,但持续时间又较短,应在这时期加强对幼苗的田间管理及营养管护,注意水肥光热的合理调节,争取延长幼苗的速生期并且使苗木的累积生长量达到最大;生长后期应停止施肥,并减少灌溉,以促进苗木根系的生长及枝干木质化。

参考文献:

王玉山. 2011. 侧柏种源遗传多样性与地理变异规律研究[D].

- 博士论文. 泰安: 山东农业大学
- 李大伟. 2010. 山桐子主要性状变异及优株选择研究[D]. 硕士学位论文. 北京: 中国林业科学研究院
- 贾乃光. 1999. 数理统计[M]. 北京: 中国林业出版社: 176
- 唐守正. 1984. 多元统计分析方法[M]. 北京: 中国林业出版社: 84-89
- Bu FJ(卜付军), Guo JC(郭进才), Liu H(刘红). 2006. Study on the grow regulation in seedling period and cultivation technology of *Liriodendron chinense* in south Henan(豫南大别山中国马褂木苗期生长规律及培育技术研究)[J]. *J Xinyang Agric Coll* (信阳农业高等专科学校学报), 16(3): 99-101
- Cao BH(曹帮华). 1998. The application of sequence cluster analysis and mathematical model on studies of the annual growth rhythm of black locust seedlings(有序聚类法和数学模拟法在刺槐苗年生长规律研究中的应用)[J]. *J Shandong Agric Univ* (山东农业大学学报), 29(4): 487-494
- Cheng SM(程诗明), Gu WC(顾万春). 2006. Studies on filial generation seedling growth rhythm of different *Melia azedarach* populations(苦楝聚群子代苗期生长节律研究)[J]. *Zhejiang Fore Sci Tech* (浙江林业科技), 26(2): 1-4
- Dong C(董纯), Tan DR(谭德仁), Wang CJ(汪长江), et al. 1996. The report on the test which is seedling and plantlet growth of geological Germ Plasm resources in *Liriodendron chinense*(马褂木地理种源试验苗期及幼林生长测定报告)[J]. *Hubei Fore Sci Tech* (湖北林业科技), (2): 6-16
- Hao RM(郝日明), Liu YL(刘友良), Cai XL(蔡小龙), et al. 1997. Adaptability comparison of seedling growth of *Liriodendron chinense* provenances(不同地理种源鹅掌楸幼苗生长适应性比较)[J]. *Jiangsu Fore Sci Tech* (江苏林业科技), 24(1): 35-36, 48
- Ji KS(季孔庶), Wang ZR(王章荣). 2001. Current advances on *Liriodendron* and their breeding strategies(鹅掌楸属植物研究进展及其繁育策略)[J]. *World Fore Res* (世界林业研究) 14(1): 8-14
- Li SH(李书华), Chen FZ(陈封政), Li ZF(李仲芳), et al. 2008. Antibacterial activities of extracts from *Liriodendron* bark(鹅掌楸树皮提取物的抑菌作用)[J]. *Jiangsu Agric Sci* (江苏农业科学), (3): 114-115
- Liao M(廖明), Wei XL(韦小丽), Zhu ZR(朱忠荣), et al. 2005. Study on growth regularity and cultivation technology of *Liriodendron chinense* seedlings(鹅掌楸播种苗生长发育规律及育苗技术研究)[J]. *Guizhou Fore Sci Tech* (贵州林业科技), 33(1): 20-23
- Luo Y(骆羿), Wang RH(王瑞辉), Li XQ(李锡泉). 2007. Study on the provenance selection of *Liriodendron* pulp forest in mountain and hill areas of Hunan(湖南低山丘陵区鹅掌楸纸浆林种源选择研究)[J]. *Hunan Fore Sci Tech* (湖南林业科技), 34(2): 25-28
- Qin Gh(秦光华), Jiang YZ(姜岳忠), Wang WD(王卫东), et al. 2003. Growth rhythm of new poplar clones at juvenile stage(杨树新品种造林当年年生长节律研究)[J]. *Hebei Fore Orch Res* (河北林果研究), 18(4): 331-335
- Shao JP(邵金平), Geng YF(耿云芬), Zuo XD(左显东), et al. 2003. Study of phenophase and growth rhythm of *Sequoia sempervirens* of different provenances(不同种源北美红杉幼树的物候及年生长节律研究)[J]. *Yunnan Fore Sci Tech* (云南林业科技), (3): 15-20
- She CQ(余诚棋), Yang WX(杨万霞), Lan CL(兰传亮), et al. 2009. Height growth rhythm of *Cyclocarya paliurus* one-year-old seedlings(青钱柳一年生实生苗的年生长节律)[J]. *Chin Fore Sci Tech* (林业科技开发), (2): 45-47
- Wang JZ(王继志), Tian JD(田俊德), Ye YP(叶燕萍), et al. 1993. Study on the geographical variation of *Larix olgensis* and its Ecoclimatic bases(长白落叶松地理变异及其生态气候基础的研究)[J]. *J Jilin Fore Univ* (吉林林学院学报), 9(2): 40-48
- Wang QR(王齐瑞), Yang HQ(杨海青), Zhao H(赵辉), et al. 2007. Study on softwood cutting techniques of hybrid tulip tree under full full-sunlight spraying(杂种马褂木嫩枝全光照喷雾扦插技术初探)[J]. *Henan Fore Sci Tech* (河南林业科技), 27(4): 4-6
- Wang XC(王祥初). 2001. Rare tree——*Liriodendron chinense* (珍稀树种马褂木)[J]. *Garden* (园林), (12): 41
- Wang XP(王小平), Yao XL(姚秀林), Lin JL(刘晶岚), et al. 1997. Quantitative selection of advanced clones and related analysis between the provenance growth and geographical and climatic factors of *White poplar*(毛白杨优良无性系的选择模式及生长与地理气候因子关联分析)[J]. *Acta Agric Univ Gansu* (甘肃农业大学学报), 36(2): 171-176
- Xv GR(徐国瑞), Liu JM(刘济明), He X(何绪), et al. 2010. Annual growth dynamics of *Juglans regia* saplings with one-year age(罗甸小米核桃一年生播种苗的年生长规律)[J]. *Guizhou Agric Sci* (贵州农业科学), (11): 207-211
- Yang ZC(杨志成). 1988. A primary study on Chinese Tulip tree and its young plantation in China(马褂木的习性、分布与造林初探)[J]. *Fore Res* (林业科学研究), 1(3): 334-339
- Yu LL(俞良亮), Ji KS(季孔庶), Wang ZR(王章荣). 2008. Annual growth dynamics of *Liriodendron chinense* seedlings from different provenances(不同种源鹅掌楸一年生播种苗的年生长规律)[J]. *Chin Fore Sci Tech* (林业科技开发), 22(3): 23-26
- Zhang KY(张可银), Xiong XY(熊修勇), Lu WB(卢文斌), et al. 2004. Study on growth pattern of *Liriodendron chinense* seedlings(中国马褂木实生苗生长规律研究)[J]. *Fore Sci Tech* (林业实用技术), (3): 9-10
- Zhang Y(张璇). 2007. Study on growth pattern of *Liriodendron chinense* seedlings(鹅掌楸实生苗生长规律研究)[J]. *Fujian Fore Sci Tech* (福建林业科技), 34(2): 155-158
- Zhang WJ(张文杰), Dai HT(戴惠堂), Guo BS(郭保生), et al. 2003. Preliminary study on the growth patterns of *Liriodendron* in Henan Jigongshan Mountain(河南鸡公山引栽鹅掌楸属树种生长规律的初步研究)[J]. *Henan Fore Sci Tech* (河南林业科技), 23(3): 33-34
- Zhou YX(周永学), Gao JS(高建社), Fan JF(樊军锋). 2007. Annual growth law and disease resistance of aigeiros clone cutting(黑杨无性系苗木年生长规律及抗病性比较)[J]. *J Cent South Fore Tech Univ* (中南林业科技大学学报), 27(4): 81-84