

黄皮树种源苗木性状遗传参数及其 相关选择效率研究*

傅大立¹⁾ 刘友全²⁾

(1) 国家林业局泡桐研究开发中心, 450003, 郑州; 2) 中南林学院环境与资源学院, 412006, 湖南株洲;
第一作者 33 岁, 男, 助理研究员)

摘要 对湖南省黄皮树 11 个种源 1 年生苗木 4 个性状组 20 个性状的遗传参数及其相关选择效率作了测定和分析。其结果表明: (1) 4 个性状组中, 17 个性状在种源间存在显著差异, 其中, 生产力性状组的性状表型及遗传变异系数较大, 而幼苗、复叶和地上生长性状组的表型及遗传变异较小; (2) 地上生长性状间、生产力性状间及其相互间具有显著的表型相关和遗传相关, 这为黄皮树地上与地下、生长与生产力性状间的相关选择提供了理论依据; (3) 幼苗、生长及复叶性状组的性状遗传力较高, 多在 0.5 以上, 而生产力性状的遗传力相对较低, 一般在 0.4 以下; (4) 用苗高、柄高及地径 3 个性状, 对苗皮质量和根总质量的间接选择效率高于直接选择。其中, 用苗高选择苗皮质量和根总质量的选择效率分别提高 16.1% 和 62.9%; 用地径选择苗皮质量和根总质量的选择效率则分别提高 24.5% 和 103.8%。苗高和地径可作为黄皮树生产力性状苗期选择的主要指标。

关键词 黄皮树; 种源; 苗木性状; 遗传参数; 相关选择; 选择效率
分类号 S718.46

黄皮树(*Phellodendron chinense* Schneid.) 俗称黄柏, 其树皮是我国久负盛誉的传统名贵中药材之一, 在川、陕、湘、黔广为栽培。随着近年来的快速发展, 黄皮树的良种培育与遗传改良工作已日益迫切。种源试验是种源选择的基础^[1~3], 是黄皮树良种化进程的首要任务。苗期性状遗传参数是开展早期性状遗传改良, 确定早期选择指标的理论基础。本文在湖南黄皮树种源苗期测定基础上^[4], 继续探讨了黄皮树苗期性状遗传变异, 遗传相关、遗传力与相关遗传力等遗传参数, 并比较了苗木生产力性状的相关选择效率, 为进一步开展其遗传改良与丰产栽培技术措施提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

试验材料及其性状测定, 参见文献[4]。

1.2 遗传方差与协方差的估算

试验统计模型为:

$$X_{ij} = \mu + g_i + r_j + e_{ij} \quad (1)$$

式中, X_{ij} 为第 i 种源、第 j 区组的小区均值, μ 为总体均值, g_i 为种源基因型效应, r_j 为区

* 本文为 1994 年四川省林业厅重点项目和 1996 年中南林学院基金项目“三木药材开发与利用研究”部分内容。
1997-10-10 收稿。

组效应, e_{ij} 为环境误差。

不同种源苗木各个性状的遗传方差和环境方差, 遗传协方差和环境协方差的计算分别采用方差分析法与协方差分析法, 其估量方法如表 1。

1.3 相关选择效率

以 y 代表直接选择的性状, x 代表间接选择的相关性状, 对性状 y 的直接选择响应 R_y 和间接选择响应 $R_{y \cdot x}$ 分别为:

$$R_y = i_y h_y^2 \delta_{p_y} \quad (2)$$

$$R_{y \cdot x} = i_x h_x r_{g_{xy}} h_y \delta_{p_y} \quad (3)$$

式中, i_x 、 i_y 分别为性状 x 和 y 的选择强度, h_x 、 h_y 分别为性状 x 、 y 的遗传力的平方根, δ_{p_y} 为性状 y 的表型标准差, $r_{g_{xy}}$ 为性状 x 与 y 的遗传相关系数。

相关选择效率 Q 为:

$$Q = \frac{R_{y \cdot x}}{R_x} = \frac{i_x}{i_y} \cdot \frac{h_x h_y r_{g_{xy}} \delta_{p_y}}{h_y^2 \delta_{p_y}} = \frac{i_x}{i_y} \cdot \frac{h_x h_y r_{g_{xy}}}{h_y^2} \quad (4)$$

而性状 x 与 y 的相关遗传力 h_{xy} 为:

$$h_{xy} = \frac{cov_{g_{xy}}}{\delta_{p_x} \delta_{p_y}} = h_x h_y r_{g_{xy}} \quad (5)$$

因此,

$$Q = \frac{i_x}{i_y} \cdot \frac{h_{xy}}{h_y^2} \quad (6)$$

当对性状 x 和性状 y 的选择强度一致时, 即 $i_x = i_y$, 则:

$$Q = \frac{h_{xy}}{h_y^2} \quad (7)$$

2 结果与分析

2.1 性状表型变异与遗传变异

对湖南省内 11 个黄皮树种源苗木的 20 个性状值测定分析表明(表 2), 黄皮树幼苗性状组的性状变异相对较稳定, 表型变异系数为 14% ~ 23%, 基因型变异系数为 12% ~ 21%, 但种源间差异均达极显著水平。

生长性状变异幅度有一定差异, 以节间数的变异系数最小, 表型为 16.1%, 基因型为 6%, 苗高、地径和第 5 柄高的表型变异在 15% 左右, 基因型为 10% ~ 13%。方差分析表明, 地上生长性状由种源引起的变异均有显著性差异。

复叶性状组性状变异最小, 表型变异系数均在 14% 以下, 基因型变异系数最高为 9.1%。其中柄角、小叶数、第 1 小叶长和宽等 4 个性状的变异, 种源间达显著性水平; 而柄长、复叶长的变异, 种源间不显著。

生产力性状组的性状变异幅度大, 且很不稳定。其中, 苗皮质量的变异系数相对较小, 表型为 25%, 基因型为 15.8%, 但种源间存在着显著差异; 第 1、2、3 根层质量的变异系数较高, 种源间也存在着显著差异, 而根总质量种源间差异不显著。这一方面说明黄皮树种源苗木根系

表 1 黄皮树种源苗木性状的方差分析与协方差分析

变异来源	自由度	均方期望	协方差期望
区组	$r - 1$		
种源	$v - 1$	$\delta_g^2 + r\delta_g^2$	$COV_e + rCOV_g$
误差	$(r - 1)(v - 1)$	δ_e^2	COV_e

表2 黄皮树苗木性状变异分析

性状组	性状	均值	变异系数%		F值	显著性	性状组	性状	均值	变异系数%		F值	显著性
			表型	基因型						表型	基因型		
幼苗性状	幼苗根长/cm	24.82	15.8	11.8	4.43	**	复叶性状	柄角(°)	78.43	11.9	7.9	3.18	*
	幼苗高/cm	16.14	15.7	15.6	51.73	**		柄长/cm	4.81	12.1	6.1	1.96	
	子叶出土高/cm	4.95	14.4	14.2	30.41	**		复叶长/cm	16.10	14.0	7.3	2.05	
	第1节间长/mm	2.12	23.1	21.4	15.61	**		小叶数/个	10.00	7.9	6.4	6.21	**
生长性状	苗高/cm	59.98	17.0	13.1	4.79	**	生产力性状	第1小叶长/mm	5.19	10.9	9.1	6.69	**
	地径/cm	0.60	15.8	10.6	3.87	**		第1小叶宽/mm	2.36	12.0	8.2	3.27	*
	节间数/个	12.46	16.1	6.0	5.06	**		0~5 cm 根质量/g	2.37	35.5	23.0	3.00	*
	第5柄高/cm	21.54	13.4	10.3	4.69	**		6~10 cm 根质量/g	1.39	32.3	22.8	3.74	**
								11~15 cm 根质量/g	0.91	68.9	42.9	2.82	*
						根总质量/g	5.15	32.7	16.3	1.93			
						苗干质量/g	6.08	29.4	19.8	3.26	*		
						苗皮质量/g	2.46	24.8	15.8	2.87	*		

注: * 为 $\alpha = 0.05$ 差异显著, ** 为 $\alpha = 0.01$ 差异显著。

对环境反应的不同,另一方面也说明了根系生长易受土壤环境的影响。

2.2 性状的表型相关和遗传相关

表3为黄皮树11个种源的苗木性状表型相关系数和遗传相关系数阵,可以看出,黄皮树种源苗木不同性状之间的表型相关系数差异较大,其中幼苗性状组的4个性状主要为相互间有显著相关,与其它性状基本上没有显著的相关关系。复叶性状组的柄角、柄长、第1小叶长、第1小叶宽4个性状也有类似表现。而生长性状组以及生产力性状组的性状,相互间基本上都具有显著的正相关关系。

表3 黄皮树苗木性状的表型相关系数与遗传相关系数

性状	代码	R1	Hs	Hc	Hl	H	D	N	H5	B	B1	L1	ln	l1	lw	w1	w2	w3	wr	ws	wb	
幼苗根长	R1	++	+	++	-			+	--			--	--									
幼苗高	Hs	++		++	++			++	++			-	--				--	--	--			
子叶出土高	Hc		++		++			++	++			--	--					--	--			
第1节间长	Hl	++	++	++				+	++	+		-	--				--	--	--			-
苗高	H						++	++	++	++		++	++	--		++	++	++	++	++	++	++
地径	D					++		++	++		+	++	+		++	++	++	++	++	++	++	++
节间数	N		+	+	++	+		++	++	++	++	++		-	+	++			++	++	++	++
第5柄高	H5				++	+		+				++	++				++	++	++	++	++	++
柄角	B		++	++		++	+	++	+					--	--	-						
柄长	B1												+		++	++			+	+		
复叶长	L1					++	++	+	+	+	++		++			+	++	++	++	++	++	++
小叶数	ln	--	--	-	--	+	+		++			++		--	-	++	++	++	++	++	++	++
第1小叶长	l1										++	+	-		++							-
第1小叶宽	lw										++	++		++								
0~5 cm 根质量	w1					+	++		+											++	++	++
6~10 cm 根质量	w2					+	+					+	+					++	++	++	++	++
11~15 cm 根质量	w3		-	-	-	++	++	+			++	++					++		++	++	++	++
根总质量	wr					++	++	+	+		++	+			++	++	++			++	++	++
苗干质量	ws					++	++	++	++	+		++	+		+	++	++	++	++	++	++	++
苗皮质量	wb					++	++	++	++	+	+	++	++		++	++	++	++	++	++	++	++

注:上三角阵为遗传相关系数,下三角阵为表型相关系数;+ 为显著正相关,- 为显著负相关,++ 为极显著正相关,-- 为极显著负相关。

关。

大部分性状的遗传相关与表型相关一致, 如幼苗性状组的 4 个性状间有显著相关, 复叶性状组的性状间, 地上生长性状组以及生产力性状组的性状相互间, 大多具有显著的正相关关系。但也有少部分性状的遗传相关与表型相关有所不同。例如: 幼苗性状组与其它性状组不再是全无显著的相关性, 相反, 这 4 个性状与第 2 根层质量、第 3 根层质量及苗高、柄高等性状间有显著的遗传负相关。这说明, 幼苗性状值大的黄皮树种源并不具有潜在的遗传竞争优势, 相反, 其地下生长量要弱于幼苗性状值相对较小的种源。

地上生长与生产力性状间具有显著的表型和遗传正相关, 这为地上生长性状与生产力性状间的相关选择以及地上部分与地下部分的相关选择提供了理论依据。

2.3 性状的遗传力与相关遗传力

遗传力是反映性状遗传给后代能力的指标, 为最基本、最重要的遗传育种参数之一。在决定性状的选择方式与效率、育种群体大小等方面有重要的作用。相关遗传力是遗传力在两个性状上的推广^[5], 在相关选择中具有重要意义。

从黄皮树苗木 4 个性状组 20 个性状的遗传力(对角线) 和相关遗传力(如表 4) 可以看出, 幼苗性状组、生长性状组及复叶性状组的性状遗传力较高, 多在 0.5 以上, 而作为目标性状的生产力性状的遗传力相对较低, 一般在 0.4 以下。

从表 4 还可以看出, 性状的相关遗传力一般较小, 其绝对值通常小于性状的遗传力。但部分生产力性状如苗皮质量、苗干质量和根总质量与生长性状的相关遗传力却大于其遗传力, 这为黄皮树生产力性状的相关遗传选择提供了理论依据。

表 4 黄皮树苗木性状的遗传力与相关遗传力

性 状	R1	Hs	Hc	Hl	H	D	N	H5	B	B1	L1	1n	1l	1w	w1	w2	w3	wr	ws	wb	
幼苗根长	0.53																				
幼苗高	0.50	0.94																			
子叶出土高	0.30	0.85	0.91																		
第 1 节间长	0.48	0.83	0.68	0.83																	
苗高	-0.19	0.01	0.08	-0.14	0.56																
地径	-0.02	-0.18	-0.22	-0.19	0.38	0.49															
节间数	0.20	0.40	0.35	0.30	0.41	0.29	0.58														
第 5 柄高	-0.28	-0.03	0.07	-0.17	0.56	0.27	0.34	0.55													
柄角	0.16	0.41	0.37	0.27	0.23	-0.06	0.52	0.15	0.42												
柄长	-0.03	0.04	-0.03	0.18	-0.01	0.14	0.17	-0.02	-0.03	0.24											
复叶长	-0.20	-0.22	-0.22	-0.19	0.33	0.29	0.25	0.33	0.02	0.10	0.26										
小叶数	-0.51	-0.49	-0.41	-0.57	0.48	0.24	0.12	0.46	-0.01	-0.02	0.33	0.64									
第 1 小叶长	0.02	-0.12	-0.08	0.04	-0.30	-0.02	-0.26	-0.23	-0.39	0.21	-0.01	-0.32	0.66								
第 1 小叶宽	0.05	-0.04	-0.01	0.05	-0.05	0.15	-0.04	-0.01	-0.26	0.19	0.05	-0.21	0.50	0.43							
0~5 cm 根质量	0.08	0.08	0.02	0.05	0.23	0.33	0.18	0.13	-0.15	0.03	0.12	0.06	0	0.11	0.40						
6~10 cm 根质量	-0.19	-0.32	-0.28	-0.29	0.35	0.45	0.26	0.35	0.12	0.11	0.23	0.34	-0.16	0.05	-0.03	0.48					
11~15 cm 根质量	-0.31	-0.46	-0.35	-0.45	0.37	0.38	0.11	0.33	-0.11	0.10	0.28	0.35	-0.03	0.11	0.06	0.38	0.38				
根总质量	-0.10	-0.23	-0.22	-0.23	0.39	0.48	0.23	0.33	-0.03	0.10	0.27	0.32	-0.11	0.10	0.21	0.25	0.26	0.24			
苗干质量	-0.08	-0.11	-0.09	-0.18	0.46	0.46	0.30	0.42	0.04	-0.02	0.25	0.34	-0.18	0.03	0.34	0.25	0.28	0.33	0.43		
苗皮质量	-0.11	-0.15	-0.12	-0.21	0.45	0.48	0.25	0.44	-0.01	-0.03	0.18	0.33	-0.19	0.03	0.33	0.29	0.29	0.34	0.40	0.38	

2.4 相关选择效率

根据公式(7),当选择强度相等时,间接选择遗传进展的大小取决于相关遗传力的大小,若相关遗传力大于直接选择性的遗传力,则间接选择的效果也好于直接选择。苗皮质量和根总质量是黄皮树选择的目标性状,要提高这两个性状的选择效率,有必要采用相关遗传选择。符合上述要求的相关性状有 3 个,分别是:苗高、地径和柄高,这 3 个性状与 2 个目标性状的相关遗传力均大于两个目标性状的遗传力,而且,3 个选择性状较目标性状更易测定和评价,因此,可选定这 3 个性状作为选择性状进行间接选择,其相关选择效率如图 1。

从图 1 可以看出,利用苗高、柄高及地径 3 个性状,对苗皮质量和根总质量进行间接选择,其选择效率要高于直接选择。用苗高对苗皮质量和根总质量作相关选择,其相关选择效率比直接选择分别提高 16.1% 和 62.9%;用柄高作相关选择,其选择效率分别提高 13.8% 和 40.1%;用地径作相关选择,其选择效率分别提高 24.5% 和 103.8%。可见,从遗传角度分析,用苗高和地径相关选择苗皮质量与根总质量,选择效率较高,因此,苗高和地径可作为黄皮树苗期生产力性状选择的主要指标。

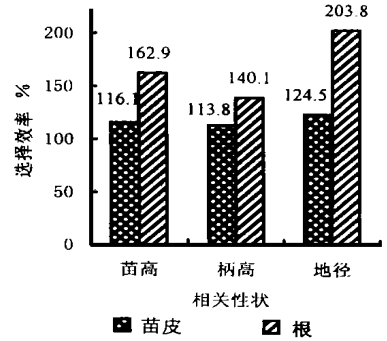


图 1 黄皮树苗皮、根总质量的相关选择效率

3 结 论

黄皮树不同性状组的性状变异不同,幼苗性状组的性状变异相对较稳定,表型变异系数为 14% ~ 23%,基因型变异系数为 12% ~ 21%,种源间差异均达极显著水平;生长性状变异幅度有一定差异,以节间数的变异系数最小,表型为 16.1%,基因型为 6%,苗高、地径和第 5 柄高的表型变异在 15% 左右,基因型为 10% ~ 13%,种源间的变异均达显著水平;复叶性状组性状变异最小,表型变异系数均在 14% 以下,基因型变异系数最高为 9.1%。其中柄角、小叶数、第 1 小叶长和宽 4 个性状的变异,种源间达显著性水平,而柄长、复叶长的变异,种源间不显著;生产力性状组的性状变异幅度大,且很不稳定。其中,苗皮质量的变异系数相对较小,表型为 25%,基因型为 15.8%,其余性状的变异系数较大,苗皮质量、苗干质量和第 1、2、3 根层质量 5 个性状,种源间也存在着显著差异,而根总质量种源间差异不显著。

大部分性状的遗传相关与表型相关一致,如幼苗性状组的 4 个性状间有显著相关,复叶性状组的性状间,生长性状组以及生产力性状组的性状相互间,大多具有显著的正相关关系,生长与生产力性状间具有显著的表型和遗传正相关,为生长性状与生产力性状间的相关选择以及地上部分与地下部分的相关选择提供了理论依据。

黄皮树苗木幼苗性状组、生长性状组及复叶性状组的性状遗传力较高,多在 0.5 以上,而作为目标性状的生产力性状的遗传力相对较低,一般在 0.4 以下。用苗高、柄高及地径 3 个性状,对苗皮质量和根总质量进行间接选择,其选择效率要高于直接选择。其中,用苗高对苗皮质量和根总质量作相关选择,其相关选择效率比直接选择分别提高 16.1% 和 62.9%;用地径作相关选择,其选择效率分别提高 24.5% 和 103.8%。苗高和地径可作为黄皮树生产力性状苗期选择的主要指标。

参 考 文 献

- 1 Batnes B V. Phenotypic variation of Chinese aspens and their relationships to similar taxa in Europe and North America. *Can. J. Bot.*, 1993, 71(6): 799~815.
- 2 Aradhya K M. Genetic variability in fourteen provenances of *Eucalyptus* species in Hawaii. *Silvae Genetica*, 1993, 42(1): 9~15.
- 3 宫浦富保. 关东育种基本区のスギ地域差検定林 10 年次データの解析. 林木の育种, 1994, 170(1): 8~12.
- 4 傅大立. 湖南黄皮树种源试验苗期测定. 林业科学研究, 1997, 10(5): 525~530.
- 5 戴君惕. 相关遗传力及其在育种上的应用. 遗传学报, 1983, 10(5): 375~383.

Genetic Parameters of the Characters of the Provenance Seedling of *Phellodendron chinense* from Hunan Province and the Efficiency of Correlative Selection Using Those Parameters

Fu Dali¹⁾ Liu Youquan²⁾

(1) Paulownia Research and Development Center of China, 450003, Zhengzhou, China;

2) College of Environment and Resources, Central South Forestry University, 412006, Zhuzhou, Hunan, China)

Abstract The genetic parameters of 20 characters were analyzed for 11 provenances of one-year-old *Phellodendron chinense* seedlings from Hunan Province, and the efficiency of correlative selection was assessed. The genetic characters are grouped into 4 types: young seedling, compound leaf, above-ground growth and productivity. Analysis shows that the variations of 17 characters among different provenances are significant, and that the variations of the productivity characters are higher than those of the other 3 types of characters. The heritabilities of the young seedling, compound leaf, above-ground growth generally were over 0.5, and were greater than that of productivity characters. The phenotypic and genetic correlations among the above-ground growth or productivity characters, and between them are significant, which have provided a theoretical basis for correlative selection for the production growth and productivity for *P. chinense* seedlings. The efficiencies of selection for the biomass of bark and roots using the seedling height increased by 16.1% and 62.9%, respectively; and the efficiencies of selection for the biomass of bark and roots using the diameter of the stem base increased by 24.5% and 103.8%, respectively. The efficiencies of selection for the biomass of seedling bark and roots using the height of seedling or the diameter of the stem base are higher than that of direction selection.

Key words *Phellodendron chinense*; provenance; seedling-character; genetic parameter; correlative selection; selective efficiency