

水杉的无性系选育*

马常耕

程长元

(中国林业科学研究院林业研究所)

(湖北省黄冈地区林业科学研究所)

摘要 本文报道了在湖北省黄冈地区种植的被誉活化石树种——水杉无性系选择12a的结果。研究表明,水杉个体间遗传差异极大,为无性系选择提供了可能,但在散生大树中开展选优,效果差,而以实生人工幼林为对象选优,效果很好。说明选种群体的生境一致有科学选种的基础。统计分析表明,水杉生长量早一晚龄相关十分密切,甚至一年生时,就表现出优良的特性直到12~13年生时仍处领先地位,如仅用生长性状作无性系选择可在较早龄进行,不必等到1/3个轮伐期。

关键词 水杉 优树 无性系测验 早一晚龄生长相关

水杉(*Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng)是第四纪孑遗树种,近代分布只局限于我国川—鄂—湘毗邻山区。从1948年被发现以来,江南水乡广泛引种,已成为城乡绿化和民用材常见树种。为进行遗传改良,1973年湖北省有关单位开展了优树选择和建立种子园研究,由于实生树和接株始实期均晚,选种进度缓慢,因此,借鉴了许多观赏树木采用的嫩枝—砧木撕皮嫁接法,对所选优树进行了以嫁接苗为对象的无性系鉴定试验,以求短期内筛选出优良无性系投入生产。迄今为止试验林龄已达12~13年生,树高14.4 m,胸径17.0 cm,达到了决选的可能年龄。

1 材料和方法

1.1 材料

1976年引入各地入选优树接穗,在黄冈地区林业科学研究所建立收集圃,共26个株号,①从利川县散生的36~180年生大树中选出14株,编号利1~14;②从武汉市早期引入的绿化树中选2株,编号893和895;③从潜江县12~17年生片林和行道树中选10株,编号潜101~111(缺110);④从新洲县和黄冈县5~7年生丰产林中选12株。由于后者直接从入选株上采穗嫁接,当年成活率低,用于造林试验的仅有新131和134、冈23、冈8和冈2-3共5个号。

1978年用切接法以2年生实生苗为砧木嫁接;1979年用撕皮接法以2年生实生苗为砧木。每小区4或10株,5次重复,做苗期测定。对照是从该苗圃10株2年生高大实生苗上采穗嫁接而成。

1991—09—24收稿。

*参加本研究的还有谢慧、王建华同志,八里湖农场技术科给以大力支持。

1.2 试验林营造

由于1978年嫁接成活率低，得苗很少，1979年用单株小区，8次重复用1年生嫁接苗在黄冈地区林科所内营造试验林(I)。1981年以2年生苗在蕲春县八里湖农场，用5株小区，3次重复营造试验林(II)。两片试验林均为随机完全区组设计，周围有1~2行保护行。

1.3 测量和统计处理

试验林I于树龄(从嫁接算起)5、7、8、10和13年生，试验林II于4、6、8、10和12年生测量全株树高，并分别于7、8、11和13及6、8、10和12年测量胸径。本文以试验林II 1990年(12年生)所测数据为主体进行各无性系间树高、胸径和单株材积方差分析，由于试验林I株数少，只在讨论时才引用其表现。以两片试验林的10和11年生的树高和胸径做为历年间生长的年一年自相关，及性状间的相关。用最后一年数据计算两试验林间各无性系的树高，胸径和材积计算相关。

2 结果和分析

2.1 试验林生长达12年生时树高、胸径和单株材积差异(表1)

表1 各生长因子的方差分析(试验林I)

项 目	树 高		胸 径		材 积	
	无性系间	机 误	无性系间	机 误	无性系间	机 误
自 由 度	31	62	31	62	31	62
平 方 和	217.68	70.55	567.52	86.24	67 910.4	16 155.3
均 方	7.022	1.138	18.307	1.39	2 190.66	260.57
均 方 比	6.17		13.17		8.41	
$F_{0.01}$ 值						
遗传力(H^2)	0.72		0.86		0.79	

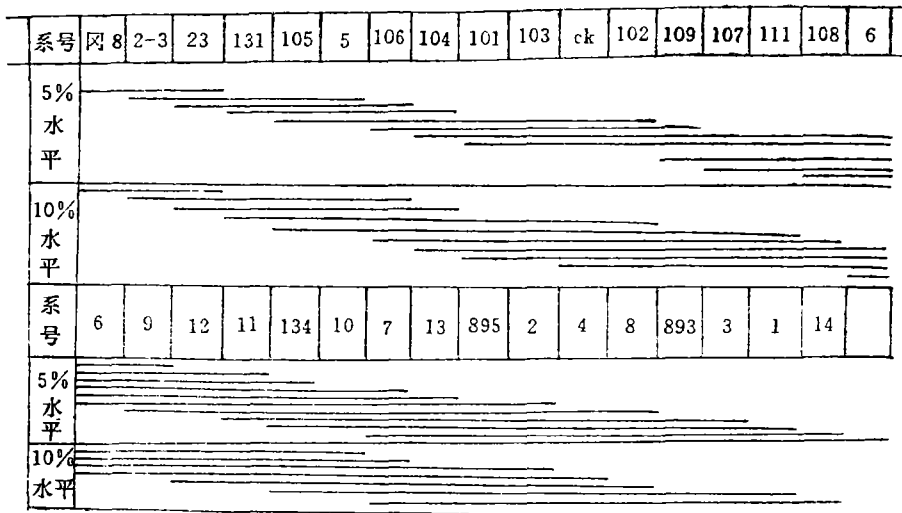


图1 试验林II(12龄)单株材积差异比较

从统计分析看到, 供试各无性系间生长差异极显著, 如试验林总平均树高9.9 m, 其中最优秀无性系为12.0 m, 最差的4.9 m。林分总平均胸径为11.4 cm, 其中最优秀无性系为15.1 cm, 最差为8.8 cm。林分总平均单株材积54.7 dm³, 其中最优秀无性系为116.4 dm³, 最差的仅5.1 dm³。说明水杉个体间的遗传差异是极为显著的, 同时也为选择优良无性系提供了极大可能性, 走个体选择道路是正确的。以材积相比较, 对照的位次在32个对比材料中居第11位, 如入选6个无性系(占总试验数的1/5), 材积表型增益比对照大47.5%, 如入选三个无性系(1/10), 比对照增产62.3%。按试验林遗传力0.79计算, 遗传增益相应为37.5%和49.2%。如此高的选种效果, 只有无性系育种才能达到。

从图1数值清楚看到: ①由丰产片林中选出的优树普遍表现比由利川县散生大树中选出的效果为好, 前者单株材积为后者的2.1倍。②由利川选出的优树个体间的差异比由片林选出的大, 如前者14个无性系的平均单株材积在5.1~85.0 dm³间, 平均35.8 dm³。由潜江和黄冈选出的优树间差异小, 在40.3~116.83 dm³, 平均75.4 dm³。这就向人们提出了一个原产地散生树选优和新引种区片林选优效果不同的原因是什么的问题。

2.2 各生长因子间的年一年自相关

国际上普遍把年一年生长自相关做为进行早期选择的参考年限, 对水杉树高和胸径各龄累计生长量相关计算的结果如表2、3。

表2 试验林 I 的计算结果①

树龄(a)	1	5	7	8	11
5	0.5315				
7	0.5130	0.9471		0.9456	0.9191
8	0.4376	0.9140	0.9392		0.9574
11	0.4891	0.9125	0.9287	0.9149	1.0000

① 对角线上侧为胸径数值, 对角线下侧为树高间数值(下表同)。 $r_{0.05} = 0.3494$; $r_{0.01} = 0.4487$ 。

表3 试验林 I 的计算结果①

树龄(a)	1	2	4	6	8	10
2	0.7812					
4	0.7134	0.9109				
6	0.7323	0.8698	0.9572		0.9591	0.9584
8	0.6894	0.7726	0.8805	0.9223		0.9847
10	0.7099	0.7515	0.8956	0.9301	0.9665	1.0000

① 同表2。

从表2、3清楚看到, 除试验林 I 的1年生嫁接苗高与8年生幼树相关只达显著水平外, 水杉生长的早一晚龄间相关, 年一年间均极显著, 而且1年生嫁接苗高与10或11年生时紧密相关, 这就为早期淘汰不良供试材料、减少大田比较工作量、缩小试验地面积、降低试验成本提供了可能信息。从中还看到试验林 I 早期生长量的自相关表现稍弱, 但从5年生开始两片试验林与后期生长的相关水平已接近一致。似乎参试株数多和多株小区比单株小区计算的结果更为可靠些, 因试验林 I 各无性系仅8株, 试验林 II 的为15~18株。分析(表5)还看到, 4年生树高生长居前5位的无性系到12年时依然居同样位次。生长落后的依然落后, 只有中

间状态的一些无性系生长位次波动较大, 所以根据早期选优和淘汰都不会有太大误选率。

表4 前5位无性系历年位次变化

年 份	1	2	3	4	5
1979 (1)①	潜 105	潜 101	潜 103	新 134	冈 2—3
1980 (2)	冈 8	冈 23	冈 2—3	潜 105	新 131
1982 (4)	冈 8	冈 2—3	冈 23	新 131	潜 105
1984 (6)	冈 8	冈 2—3	冈 23	新 131	潜 105
1986 (8)	冈 8	冈 2—3	冈 23	新 131	潜 105
1988 (10)	冈 8	冈 2—3	冈 23	新 131	潜 105
1990 (12)	冈 8	冈 2—3	冈 23	新 131	潜 105

① 括号内数字为树龄。

从表4看到, 嫁接当年苗木的高度不能做为判断无性系未来生长量的依据。假如从中选出5个生长最快的无性系, 到12年生时有3个都落选了, 误选率达60%。同时无性系与后期表现的差距也很大, 如潜105由第一位降到第5位, 冈2—3由第5位升到第2位, 潜101由第2位降到第8位, 潜103由第3位降到第14位, 新134由第4位降到第22位。也就是说嫁接技术、穗条性质不同可以掩盖基因型差异。令人惊奇的是从苗圃第二年起, 生长居前5位的无性系就一直保持其优势地位直达本报告截止的12年生时, 尽管其间位次曾有所变化。从造林后第二年(即嫁接后第4年), 前5位无性系位次已经恒定, 为早期选择提供了可能。出现如此早而密切的生长量早—晚期相关, 是水杉生长的特性还是偶然, 应由更多的试验去证明。

2.3 生长性状间的相关

研究性状间的相关, 对从个性状预测另个性状, 既减少测量工作量, 又不影响比较效果有重要意义。表6列出试验林II树高、胸径、材积三者间的相关。

表5 各年树高、胸径、材积间的相关①

(试验林II)

树龄(a)	树 高						胸 径			
	1	2	4	6	8	10	6	8	10	
胸 径	6	0.7004	0.7977	0.8840	0.9455	0.8792	0.8948			
	8	0.7235	0.8046	0.8833	0.9391	0.9548	0.9439			
	10	0.7044	0.7831	0.8854	0.9316	0.9308	0.9547			
材 积	6	0.6506	0.8281	0.9013	0.9520	0.8803	0.8620	0.9518	0.9285	0.9117
	8	0.6346	0.8119	0.8990	0.9361	0.9409	0.9174	0.9317	0.9634	0.9492
	10	0.6351	0.7950	0.9012	0.9289	0.9212	0.9345	0.9323	0.9533	0.9671

① $r_{0.05} = 0.3494$, $r_{0.01} = 0.4487$ 。

从表5看到, 各年间相关系数均达极显著水平, 从4年生起, 树高与胸径、与单株材积相关已稳定在相近的极紧密水平。用6年生胸径预测10年生材积的可靠性已在90%以上。4年生时树高居前5位的无性系, 其材积到10年生时依然最高, 只测量胸径就可达到比较的目的。

2.4 两试点间无性系生长的相关

由于试验点相距较近, 同属一个气候类型, 只土壤性质稍有不同, 对各无性系表现不会发生显著影响, 为分析用嫁接法进行无性系比较的可信性, 试验还计算了两片试验林各无性系最近一年相同生长因子绝对值之间的相关。结果看到, 两者树高间相关系数是, $r =$

0.830 0**，胸径的为 $r = 0.868 0^{**}$ ，单株材积的为 $r = 0.735 0^{**}$ 。同时也计算了无性系间相应性状的位次相关，结果为树高间 $r = 0.825 0^{**}$ ，胸径的 $r = 0.855 0^{*}$ ，单株材积间为 $r = 0.816 0^{*}$ 。相关系数均达极显著水平，它说明，二块试验林揭示的无性系间生长差异基本一致，用嫁接法进行无性系比较可以得到相对无误的结果。同时也说明，用具体生长数值计算的相关和位次相关一致。在一般情况下不必采用较麻烦的位次相关计算。与计算最近一年两片试验林中各无性系生长量相关的同时，还计算了1979年和1980年连续两年用嫁接法进行的两次苗期试验间各无性系生长表现的相关，结果是 $r = 0.664 5^{**}$ ，($r_{0.01} = 0.456 0$)。显示在两年间气候、砧木条件、嫁接技术和管理水平都不可能一致的情况下，无性系生长量的表现仍基本一致，也就是说环境条件的差异不能掩盖各无性系基因型决定的生长量差异的外观，这再次说明用嫁接法进行水杉无性系测验是可信的。

3 问题讨论

(1) 水杉的无性系选种潜力巨大。无性系间12年生时树高相差可达2.5倍，胸径相差达3.2倍，单株材积相差达22.9倍。对水杉推行无性系选种是快速而高效的选种途径。

(2) 用嫁接法进行无性系选择是可行的。本世纪50年代国外曾有学者考虑，不同的砧木可能为无性系比较带来不利影响，建议采用同系砧木。试验认为：①即使有所影响，但不同砧木的影响可为正或负向，但不影响比较结果的可靠性；②正是由于接穗与砧木间有互作，同系砧木反而比随机砧木更不利于比较研究，因为同系砧木对某一无性系接穗普遍影响不良，比较结果就会有较大偏差。Melchior^[1]在挪威云杉上的嫁接研究证明了用同质砧木进行无性系比较的不利性论点。果树选种中用实生砧木已是常规作法。两块试验林中的各无性系间生长相关极密切，无性系内个体间差异比系间小得多，都充分证明了用嫁接法进行无性系比较的可行性。

(3) 只有在生境一致条件下选优才有好的效果，树龄高低不是选优可靠性的决定因素，因为在条件一致时，对比材料的表现基本上反映出它们之间的遗传性差异。优树选择是根据个体表现作出的，在复杂生境中选优，其表现型的遗传代表性很差。在利川县选出的14株老龄优树经无性系测验，只有一株基因型最优，在黄冈县幼龄片林中初选3株优树经无性系测验均表现良好，证明了上述论点。

(4) 有试验证明了根据早期生长表现进行选择的可能性^[2]，最新的材料还证明在最适宜的人工气候室条件下，138 d的幼苗生长表现与同一家系在大田测验林的表现极为一致^[3]。在水杉无性系比较林中看到，二年苗期表现与12或13年生时也一致。4年生时5个表现最优的无性系到12或13年时依然位居前列，证明了无性系选择可在早期进行，这不仅大大降低试验成本，还加快了选种成果向生产中转化。

(5) 通过12年的比较试验，最后选出了我国第一批水杉优良无性系，它们是冈8、冈2-3、冈23、潜105、新131和利5等。在单株材积上它们比对照大15.1%~39.6%，在一般条件下，12年生树高达12 m，胸径达12~15 cm。由于水杉多为散生或四旁植树，试验林中的单株表现基本是其现实表现，可广泛向生产中推广，不会出现太大的增益估测上的偏差。

(6) 由于胸径生长量与材积的相关比树高与材积的相关更为密切，当试验林年龄逐渐增大，树高难以测量的情况下，只做胸径测量不仅能可靠地进行参试各无性系生长量的比较和选择，而且还减轻测树的工作量。

(7) 由于两个试验林间相同无性系的生长表现十分相近，所以在进行无性系选择试验时，减少无性系的参试株数，也可达到比较好的试验结果。

参 考 文 献

- 1 Melchior G H. The influence of defined rootstocks on grafts Norway spruce (*Picea abies* (L) Karst). *Silvae Genet.*, 1984, 33 (1):28~32.
- 2 马常耕, 田志和. 白榆种源试验中选择年龄的探索. *林业科学*, 1991, 27(2):111~116.
- 3 Pharis R P. Superior growth potential in trees: What is its basis and can it be tested for at an early age? *Can. J. of Forest Res.* 1991, 21 (3):368~374.

Clonal Selection of Metasequoia glyptostroboides.

Ma Changgeng

(The Research Institute of Forestry CAF)

Cheng Changyuan

(The Research Institute of Forestry of Huanggang Region)

Abstract 31 clones of *Metasequoia glyptostroboides* have been tested at two sites in Huanggang Region, Hubei Province for 12 years. The main trial consists of three randomized complete block with row plot. The results of variance analysis at the age of 12 year-old showed that there are significant differences in growth traits and crown shape among clones and the clones of inherent rapid growth could be characterized at early stage in field by planting grafts. Correlated responses to selection suggested that the fourth or fifth year would be the appropriate time to select according to the height growth. The tree breeders have embraced testing and selection at early ages in clonal breeding.

Key words *Metasequoia glyptostroboides* plus tree clonal test
juvenile-maturity correlation