

# 采穗园母株生根性状遗传变异和选择效应\*

王笑山 郑先武 王建华 许传森 王有才 杨焕君

**摘要** 对3.5年生日本落叶松采穗园4个家系40株母株生根率、生根量和偏根率遗传变异,不同生根性状间表型相关研究表明,家系间生根率、生根量和偏根率差异尚达不到0.05的显著水平。但不同母株间上述差异均极显著。单株生根率、生根量等的遗传力大于家系,方差分量分别比家系大4~36倍。部分家系生根率与生根量、偏根率之间相关关系紧密程度不同,但生根量与偏根率之间各家系均呈极显著负相关。根据生根率、生根量综合评价结果,按50%入选率对采穗园进行淘汰,或用生根性状优异的母株扦插苗建第二轮采穗园,插穗生根率、生根量比总体利用水平可分别提高20.3%和29.8%,而又不致严重减少采穗园母株的遗传多样性。

**关键词** 日本落叶松、采穗园、生根率、遗传力

老龄化是影响树木扦插繁殖的主要障碍<sup>[1~4]</sup>。当前的林木育种界,提倡用遗传品质优良的幼龄实生苗做采穗母株,大量无性增殖利用,作为加速林木良种化的一项基本策略<sup>[2]</sup>。但即使是幼年(2~6.5年生)不同基因型的落叶松(*Larix* spp.)生根能力也存在着极大的变异<sup>[5~6]</sup>。因此,研究日本落叶松[*Larix kaempferi* (Lam.)Carr.]采穗园家系、母株间生根能力的遗传变异,并通过生根能力优异的株系选择对采穗园进行汰劣改造,或用生根能力优异的株系建第二轮采穗园,可大幅度提高采穗园穗材的扦插育苗效果,降低成本。同时也为探索生根性状的遗传控制和通过轮回选择,进一步改良日本落叶松的生根能力提供了可能性。

## 1 试材及研究方法

### 1.1 试材

7月初分别从辽宁省清原县大孤家林场3.5年生日本落叶松采穗园4个半同胞家系(日草78,日草85,日草10,日草82)40株母株上采集当年生枝,剪成长约10cm、带有顶梢的半木质化枝段做插穗。

### 1.2 插穗生根条件和试验设计

采用全光时控喷雾插床扦插。插壤为粗河沙,插前经灭菌处理。插穗(基部2~3cm)经浓度为0.01%IBA溶液浸泡处理30min后扦插。随机区组设计,每小区含10根插穗,3次重复。扦插深度3cm,密度1000根/m<sup>2</sup>。插后全面喷撒500倍多菌灵液进行插穗灭菌,以后每隔7~10d复喷一次。插前后20d晴天中午每2~3min喷雾一次,10时前和17时后每5~7min喷雾一次。此后相应地减少喷雾次数。20d后每7~10d喷0.2%尿素+0.3%磷酸二氢钾进行根外追肥。灭菌、根外追肥在傍晚停止喷雾后进行<sup>[7]</sup>。

1994-08-23收稿。

王笑山副研究员,郑先武,王建华,许传森(中国林业科学研究院林业研究所 北京 100091);王有才,杨焕君(辽宁省清原县大孤家林场)。

\* 本研究为1991~1995年世界银行贷款国家造林项目“落叶松丰产培育技术与推广”课题内容之一。本文承马常耕研究员审阅,特此致谢。

### 1.3 生根情况调查和数据处理

10 月下旬分区调查各家系、母株插穗生根情况,计算生根率、偏根率,并进行了方差和相关分析(百分率均经反正弦换算)。此外,还进行了选择性状遗传力计算和遗传增益评估,用 Булыгин 多性状综合评价数学模式<sup>[9]</sup>进行了母株插穗生根综合指数计算和排序评选。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同家系、母株间插穗生根能力差异

有大量的研究材料表明,落叶松不同家系、母株间插穗生根能力存在着遗传变异<sup>[3,5,6,8]</sup>。从表 1 可以看出,幼年日本落叶松采穗园(3.5 年生)4 个家系的半木质化插穗夏季扦插,平均生根率达 76.7%,平均生根量 4.8 条/穗。不同家系生根率变动在 66.8%~85.9%之间,不同母株(无性系)则变动在 3.3%~100%之间。每穗平均生根量家系间变异幅度为 3.7~5.8 条/

表 1 家系、母株间插穗生根性状统计分析

项 目	生 根 率	平均生根量	偏 根 率
平 均	76.7%	4.7 条/穗	53.0%
极值(家系)	66.8%~85.9%	3.7~5.8 条/穗	46.7%~59.1%
极值(单株)	3.3%~100%	2.2~11.1 条/穗	11.1%~100%
变异系数(家系)	11.1%	16.5%	15.1%
变异系数(单株)	27.3%	46.8%	50.4%
F 值(家系)	2.62 <sup>NS</sup>	1.35 <sup>NS</sup>	1.21 <sup>NS</sup>
F 值(单株)	7.51 <sup>**</sup>	6.02 <sup>**</sup>	4.70 <sup>**</sup>
方差分量率(家系)	11.39%	2.55%	1.45%
方差分量率(单株)	60.78%	60.98%	54.41%
遗传力(家系)	0.62	0.258	0.174
遗传力(单株)	0.68	0.635 8	0.552 1

NS——差异不显著; \*\* ——极显著。

穗,母株间为 2.2~11.1 条/穗。不同母株间插穗生根率、生根量和偏根率差异极显著,家系间这些差异,尚达不到 0.05 的显著水平。不同母株生根性状上的差异,比家系间约大 3~6 倍。这一研究结果与一些学者在落叶松和松类等扦插试验所得的结论一致<sup>[3,5,10]</sup>。Farmer 等<sup>[5]</sup>对美洲落叶松 [*L. laricina* Du Roi (K. Koch)] 扦插生根的研究,认为无性系的生根率高度受遗传控制。日本落叶松采穗园母株生根率、生根量和偏根率的遗传力分别高于家系,各性状方差分量在总方差中所占的比率,前者要比后者大 4~36 倍,也表明了日本落叶松插穗生根性状的高度遗传制约性。同时也说明,在生根性状的总变异中,无性系间的变异居主导地位。尽管如此,家系间插穗生根率的遗传变异在利用中也不应当忽视。虽然家系间插穗生根率的差异达不到 0.05 的显著水平,但在 0.1 水平上差异还是显著的 ( $F=2.26 > F_{(3,36)0.1}=2.23$ )。

表 2 进一步说明了日本落叶松家系间插穗生根率的遗传变异。从总体来看,多数幼年日本落叶松母株插穗易于生根,有 50% 母株的插穗生根率在 81%~100% 之间。生根率低于 61% 的母株只占总株数的 17.5%。而不同家系中生根率不同的母株所占的比例却不相同,如家系日草 85(平均生根率 84.3%) 中 80% 的母株生根率大于 80%,而日草 78 仅有 20.0%。另外在平均生根率低的家系(如日草 78) 内,也有生根率超过 93.0% 的个体存在。这说明生根率既有

很高的一般配合力,特殊配合力也起着作用,因此,日本落叶松插穗生根能力的遗传改良,要实行家系选择和无性系选择兼顾的原则。

表2 各家系母株生根率频率分布

家系	平均生根率(%)	20%以下		21%~40%		41%~60%		61%~80%		81%~100%		合计(株)
		母株(株)	百分比(%)	母株(株)	百分比(%)	母株(株)	百分比(%)	母株(株)	百分比(%)	母株(株)	百分比(%)	
日草78	66.8	0	0	2	20.0	0	0	6	60.0	2	20.0	10
日草85	84.3	0	0	0	0	2	20.0	0	0	8	80.0	10
日草10	85.9	0	0	0	0	0	0	3	30.0	7	70.0	10
日草82	69.7	1	10.0	0	0	2	20.0	4	40.0	3	30.0	10
小计(株)		1		2		4		13		20		40

## 2.2 生根性状相关

研究插穗主要生根性状间的相关性,对了解生根性状的遗传控制,简化选择工作程序有重要的意义。Farmer等<sup>[5]</sup>、马常耕等<sup>[6]</sup>分别对美洲落叶松和日本落叶松插穗生根的研究表明,生根率和每穗平均生根量间呈中度至强度的正相关。这些报道是以单株(无性系)调查材料为基础所得的分析结果。从表3看到生根率与生根量和偏根率之间的相关紧密程度还有因家系而不同的倾向。多数家系插穗生根率与偏根率间呈显著一极显著的负相关。1/2的家系插穗生根率与生根量之间呈显著一极显著的正相关。如家系日草82、日草10插穗生根率与生根量、偏根率之间呈显著至极显著的正、负向相关。家系日草85上述两对性状间的相关关系均不显著。而插穗生根量与偏根率之间各家系则无一例外地呈极显著的负相关。为探讨生根性状间简单相关受遗传性控制的程度,以40株母株(无性系)生根表现为依据,计算了表型相关、环境相关和遗传型相关系数。结果表明,性状间的遗传相关系数大于表型相关和环境相关系数。说明了这些相关性状更多地受遗传性控制(表3)。不同家系生根率与生根量、偏根率之间的相关紧密程度表现不同,显示出家系间这些相关性状的差异。对于各项相关性状都达到显著或极显著水平的家系(如日草82),可按一种性状(如生根率)进行选择。而对于某些相关性状尚达不到显著水平的家系(如日草85),需要按综合性状进行选择。

表3 不同家系生根性状间简单相关及母株(无性系)相关型分析

项 目	家 系	简单相关系数	不同母株(无性系)扦插生根性状相关型分析		
			表型相关	遗传型相关	环境相关
生根率与生根量	日草78	0.2268 <sup>NS</sup>			
	日草85	0.3334 <sup>NS</sup>			
	日草10	0.4268*	0.4801	0.6573	0.0087
	日草82	0.6106**			
生根率与偏根率	日草78	-0.3998*			
	日草85	-0.2718 <sup>NS</sup>			
	日草10	-0.6810**	-0.3601	-0.5344	-0.0633
	日草82	-0.6202**			
生根量与偏根率	日草78	-0.5657**			
	日草85	-0.7438**			
	日草10	-0.6133**	-0.6708	-0.8944	-0.3237
	日草82	0.7511**			

NS——相关不显著; \*——相关显著; \*\*——相关极显著。

### 2.3 采穗园母株生根性状综合评价和选择

鉴于日本落叶松不同家系主要生根性状间相关关系紧密程度存在着不一致性,因此在进行采穗园生根性状优异的母株选择时,需用综合评价法进行,才能全面改善母株生根能力和扦插育苗效果。为简化计算程序和根据性状间相关紧密程度不同的差异,以重要而家系间相关紧密程度又不完全一致的生根率、生根量作为全面评价母株生根能力优劣的两项参量。用 Булыгин<sup>[9]</sup>综合评价数学模式计算了采穗园 40 株母株综合评价价值,并进行了排序。

根据综合指数值排序结果,按不同入选率(50%,25%,12.5%)分别进行了生根性状优异的母株选择。现仅将入选率为 50%时的结果列于表 4。从中看出,20 株中选母株分属于 4 个家系,但各家系入选的母株数量不同。家系日草 85、日草 10 分别有 8 株(80%)和 7 株(70%)母株入选,占总入选母株数量的 75%。选择强度增加,入选母株数量减少,以综合评价所表示的选择效应也随之相应增大(表 5)。40 株母株全部利用时综合评价平均值为 0.857 6。按 50%入选率选择后,综合评价平均值增加到 1.172 7。两者相比提高了 40%,母株数量由原来的 40 株减少至 20 株,

但家系数量并未减少。提高选择强度、降低入选率,生根性状综合选择效果(综合评价平均值)相应增加。当入选率进一步下降到 12.5%时,综合评价平均值增加到 1.613 4,只有 2 个家系(减少了 50%)和 5 个无性系(减少了 87.5%)入选。由此可见,提高选择强度、增加选择效果会严重减少采穗园遗传多样性。

### 2.4 采穗园生根性状选择预期遗传增益

根据采穗园各母株插穗生根能力的研究和综合评价结果,伐除生根能力差的母株,可大幅度提高采穗园插穗的生根能力,改善扦插苗根系发育状况。按 50%的入选率对采穗园进行疏伐,或仅从中选的 20 株母株上采条扦插,当代生根率的遗传增益( $\Delta G$ )为 0.139 2,生根量为 0.179 0。按 25%入选率利用时,生根率和生根量的遗传增益可进一步提高到 0.181 5 和 0.365 8。与第一次选择相比,生根率、生根量遗传增益可分别提高 30.4%,104.4%。图 1 清楚地显示出在 40 株母株不同入选率的条件下生根率频率变化。

从图 1 可以看出,随着选择强度增加,母株间插穗生根率差异逐渐缩小,频率分布相对集中,采穗园穗材的总体生根率逐步提高。未经选择之前,采穗园原有群体插穗的生根率只有

表 4 入选母株来源和综合评价得分值

家系号	母株号	综合评价计算值	排序结果
日草 82	266	1.934 5	1
	265	1.399 7	5
	262	1.087 4	10
日草 10	256	1.673 3	2
	255	1.620 9	3
	261	1.438 8	4
	257	1.223 4	6
	259	1.012 7	14
	254	0.980 5	15
	258	0.945 0	16
	244	1.215 6	7
日草 85	251	1.167 6	8
	247	1.088 2	9
	246	1.049 9	11
	249	1.046 6	12
	245	0.927 3	17
	250	0.914 0	18
	248	0.809 5	20
日草 78	239	1.039 4	13
	234	0.881 1	19

表 5 母株入选率与选择效应

入选率 (%)	综合评价平均值	比全部利用时综合评价值增长 (%)	入选家系数数量 (个)	入选母株数量 (株)
100.0	0.837 6	0	4	40
50.0	1.172 7	40.0	4	20
25.0	1.384 9	65.0	3	10
12.5	1.613 4	93.0	2	5

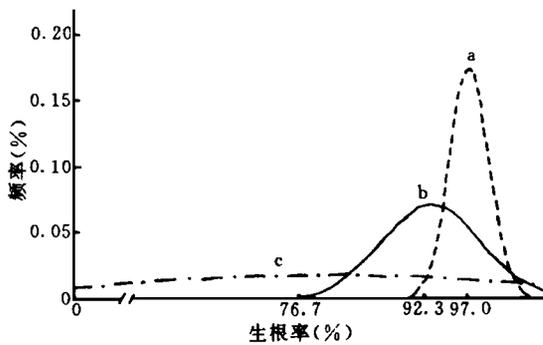


图1 不同入选率采穗园插穗生根率频率分布  
a. 入选率 25%; b. 入选率 50%; c. 原有群体

76.7%。按 50% 入选率进行选择后,生根率可提高到 92.3%,比全部母株利用时提高 20.3%。其结果与 Foster<sup>[10]</sup>对火炬松(*Pinus taeda* L.)无性系按 10% 入选率进行选择时,生根率比原始群体提高 26% 相接近。入选率下降为 25% 时,插穗生根率进一步提高到 97.0%。经两次逐级选择,平均生根量也相应地由 4.7 条/穗提高到 6.1 条/穗和 7.4 条/穗。

### 3 结论和讨论

早在 70 年代,我国就已开始进行了落叶松

插穗生根试验。有关落叶松采穗园营建、经营管理和扦插繁殖材料生产的系统研究,90 年代初期才刚刚开始。有许多问题尚待进行深入研究。本试验研究了日本落叶松采穗园不同母株间插穗生根力的遗传变异,并从遗传改良的角度对如何提高采穗园穗材的生根能力进行了探讨。因试验规模小,试材又是从采穗园中随机选出的有一定的局限性。但说明了用家系播种苗组建的采穗园,母株插穗生根能力存在着较大的遗传变异,以及为提高采穗园插穗扦插育苗效果所应采取的措施,归纳起来如下:

(1) 日本落叶松半同胞家系播种苗组建的采穗园,家系、母株间插穗生根能力存在着较大的遗传变异。母株间插穗生根能力的差异,大于家系间的差异。因此,为改善采穗园插穗的总体生根水平,要实行无性系选择和家系选择相结合的原则。

(2) 我国目前落叶松扦插育苗和造林,以混系利用为主。在对各母株进行一次生根性状测定后,按一定入选率选留生根性状优异的母株,或用其扦插苗建第二轮采穗园,可大幅度提高扦插育苗效果,而又不严重减少母株的遗传多样性。对于家系、无性系数量较少的采穗园,可按 50% 的入选率选留母株。过高的入选强度,会使今后所造林分的遗传可塑性降低,增加经营风险。

(3) 落叶松插穗各生根性状间的相关性受遗传性控制。家系间生根率与生根量,生根率与偏根率之间的相关紧密程度不同。因此,除经测定证实各生根性状都呈显著相关的家系,可按单项生根指标进行选择外,均应按生根综合性状(生根率、生根量)进行生根能力优异的母株(无性系)选择。这样才能全面地提高采穗园所产插穗的扦插育苗效果。

### 参 考 文 献

- 1 Thompson D G. Clonal reforestation: Forests of the future? Seedling physiology and reforestation success. Printed in The Netherlands, 1984. 3~21.
- 2 Libby W J. The Clonal option. Norwegian Forest Research Institute. Norway. 1983.
- 3 Morgenstern E K. Methods for rooting of larch cuttings and application in clonal selection, 1987, 63(3):174~178.
- 4 王笑山,胡新生,王有才,等. 母株年龄和插穗基部无削方式对日本落叶松生根的影响. 林业科学研究, 1993, 6(6):627~632.
- 5 Farmer JR R E, Durst J T, Shaotang D, et al. Effect of clones, primary ramets, and age of stock plants on tamarack

- rooting. *Silvae Genetica*, 1992, 41(1): 22~24.
- 6 马常耕, 王笑山, 王建华, 等. 日本落叶松插穗生根力的变异和选择效应. *林业科学*, 1994, 30(2): 97~103.
- 7 王笑山, 黄钦才, 马常耕. 日本落叶松扦插育苗配套实用技术. *林业科技通讯*, 1993, (5): 13~16.
- 8 三上進. カラマツの材質育種に関する研究. *林木育種場研究报告*, 第 6 号别刷, 1988.
- 9 Бульгин Ю. Е. Улучшенная Математическая модель комплексной оценки 3 типов древесных пород, лесное хозяйство, 1985, (11): 41~45.
- 10 Foster G S. Genetic control of rooting ability of stem cuttings from loblolly pine. *Can. J. For. Res.*, 1990, 20: 1361~1368.

## Variation in Rooting Ability of Cuttings and Selective Effects among Ortets in A Japanese Larch Cutting Garden —— A Case Study

Wang Xiaoshan Zheng Xianwu Wang Jianhua Xu Chuansen  
Wang Youcai Yang Huanjun

**Abstract** Variation of rooting percentage, number of root per cutting, one side rooting percentage and correlativities of phenotypes between different rooting characters of cuttings collected from 3. 5-year-old ortets were studied in a Japanese larch [*Larix kaempferi* (Lamb.) Carr.] hedged cutting garden, which was established by planting seedlings of half-sib families. Selection of ortets with superior rooting ability were also done based on the combined value of rooting percentage and number of roots per cutting in average. The research showed that there was wide range of variation in different rooting parameters among cuttings taken from the different families and ortets, but significant variations can only be found among cuttings taken from different ortets. The heritability of ortets was more important than that of the family in rooting percentage, average number of roots per cutting and the rate of one side rooting. The significances of correlativity of rooting parameters varied among different families. Significant negative correlativity was found between the rooting number per cutting and one-side rooting percentage. However, significance of correlativity between rooting percentage, number of root per cutting, and one-side rooting percentage varied among some families. According to the results of the combined selection, routing out 50% of ortets which showed lower rooting ability from the garden, or forming new second circle garden by using rooted cuttings of 50% selected ortets, rooting percentage and root numbers would increase 20% and 28.6% respectively without obviously reducing genetic diversity of the hedged garden.

**Key words** *Larix kaempferi*, hedged cutting garden, rooting percentage, heritability

---

Wang Xiaoshan, Associate Professor, Zheng Xianwu, Wang Jianhua, Xu Chuansen (The Research Institute of Forestry CAF Beijing 100091); Wang Youcai, Yang Huanjun (Dagujia Forest Farm of Qingyuan County, Liaoning Province).