

文章编号: 1000-5692(2006)03-0351-06

川西云杉硬枝扦插生根特性的研究

王军辉¹, 张建国¹, 张守攻¹, 许洋¹, 李汝杰², 齐秀兰², 侯晓柱²

(1. 中国林业科学研究院 林业研究所, 国家林业局 林木培育重点实验室, 北京 100091; 2. 云南省迪庆州香格里拉县林业局, 云南 香格里拉 674400)

摘要: 采用全光照自动间歇喷雾扦插繁殖方法对影响川西云杉 *Picea balfouriana* 插穗生根的内在因素进行了较为系统的研究, 分别就川西云杉植物生长调节物质处理、插穗类型、插穗长度、采穗母树坡位、采条方向、插穗切口处理方式和环割等对插穗生根的影响进行研究。结果表明: 200 mg[·]kg⁻¹ ABT 1 号生根粉处理插穗基部 3 h, 500 mg[·]kg⁻¹ ABT 1 号生根粉处理 1 h 和 1 000 mg[·]kg⁻¹ IBA 速蘸处理, 促进川西云杉硬枝插穗生根的效果较佳, 生根率分别达到 81.0%, 76.2% 和 78.6%。不带上 1 年生枝条的生根率显著大于带上 1 年生枝条的, 分别为 56.4%, 16.7% 和 14.3%。平均生根数和生根率在 3 种插穗长度间存在显著差异, 12~20 cm 插穗长度生根率分别比大于 20 cm 和小于 12 cm 的, 高出 83.2%。阴坡的生根率比阳坡高 23.8%。2 个采穗方向在平均生根数、平均根长和生根率之间差异不显著。4 种插穗切口处理方式间差异不显著。环割处理的插穗生根率显著低于不环割处理的生根率。表 3 参 18

关键词: 森林培育学; 川西云杉; 无性繁殖; 插穗生根率; ABT 1 号生根粉

中图分类号: S723.1 **文献标识码:** A

川西云杉 *Picea balfouriana* 为中国西南高山特有的森林类型, 广泛分布于四川西部, 西藏东部及南部, 青海南部, 分布区大致位于 29°30'~32°50'N, 93°45'~102°30'E, 是青藏高原上云杉属 *Picea* 植物分布北缘的树种。川西云杉垂直分布西部一般为 3 500~4 300 m, 东部一般为 2 600~3 900 m。川西云杉生长快, 材质优良, 长期以来被人们选为分布区的主要造林树种。在高原地带常形成块状森林, 对防止草原扩张和水源涵养有重要作用^[1]。目前川西云杉苗的生产主要是通过实生繁殖, 但川西云杉实生苗前期生长缓慢^[2], 结实亦较晚, 而且, 实生种子园由建园到生产可用种子需时极长, 致使川西云杉种苗供不应求, 远远不能满足造林需求。随着科学技术的发展, 扦插繁殖作为一种最典型、简便和经济实用的无性繁殖技术, 在云杉无性系林业研究中受到更广泛重视^[3]。国外对欧洲云杉 *Picea abies* 从不同年龄母株上采取的插条、分布于树冠上部和下部的不同种类的插条以及对树枝进行去顶和捆绑处理后所得的二级侧枝插条的生根率进行了研究, 找出了不同插条之间生根率的差异^[4,5]。自动间歇喷雾装置不仅大大缩短了扦插繁殖周期, 而且有效地促进了扦插技术的推广^[6]。Bentzer^[2]的调查材料显示现在世界上每年生产欧洲云杉扦插苗 1.03 亿株, 黑云杉 *Picea mariana* 扦插苗 410 万株, 西加云杉 *Picea sitchensis* 扦插苗 380 万株。近年来, 专家学者对不同植物生长调节物质类型、植物生

收稿日期: 2005-11-09; 修回日期: 2005-12-19

基金项目: “十五”国家科技攻关项目(2002BA515130403); 国家“863”项目(2001AA244061); 国家林业局重点资助项目(2003-027-127)

作者简介: 王军辉, 副研究员, 博士, 从事落叶松和云杉等树种的遗传育种研究。E-mail: wangjh@forestry.ac.cn
?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

长调节物质质量分数以及植物生长调节物质的处理时间对云杉属植物扦插生根的影响做了一些研究^[7-10],但对川西云杉的扦插繁殖未见报道。为更有效地促进川西云杉插条生根,探讨不同植物生长调节物质质量分数和不同处理时间对插条生根的影响,系统研究川西云杉扦插繁殖技术对其良种繁育与扩大栽培面积有一定的指导与参考作用。该研究对川西云杉插条进行了不同植物生长调节物质处理,旨在找出扦插繁殖的最佳组合,以便为云杉无性系林业的发展开拓道路。

1 材料和方法

1.1 插穗来源

试验所用插穗由云南迪庆州香格里拉县小中甸苗圃提供,插穗是从小中甸周围的造林地中7~8年生和9~13年生苗木剪取的1年生硬枝。平均插穗长度为14.5 cm;平均插穗直径为6.2 mm。插穗从采穗母株上剪取后,迅速用利刃刀将基部削成楔形,每14根捆成1捆,然后因研究目的不同将它们基部浸入不同植物生长调节物质和不同质量分数组配的溶液中。扦插采用随机完全区组设计,3次重复,每一重复14株。

1.2 插穗试验处理

1.2.1 插穗类型试验 13年生母树上剪取硬枝条,分为带上1年生枝条(上留3个嫩枝侧枝),带上1年生枝条(上留1个嫩枝侧枝)和不带上1年生枝条3种类型。采用 $200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ IBA处理插穗基部4 h。

1.2.2 采穗母树的坡向 13年生母树上剪取硬枝插穗,分为阳坡和阴坡2种方位,采用 $500 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ IBA处理插穗基部4 h。

1.2.3 插穗在采穗母树上的方向 13年生母树上剪取硬枝插穗,分为南向和北向2种方向,采用 $500 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ IBA处理插穗基部2 h。

1.2.4 不同插穗长度的试验 13年生母树上剪取1年生硬枝插穗,分为大于20, 12~20和小于12 cm 3种插穗长度,采用 $500 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ABT 1号+IBA (1:1)处理插穗基部2 h。

1.2.5 插穗切口处理方式试验 13年生母树上剪取1年生硬枝插穗,分为平切、两边等长切、两边不等长切和单面切等4种处理,采用 $500 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ABT 1号+IBA (1:1)处理插穗基部3 h。

1.2.6 插穗环割试验 13年母树木上剪取1年生硬枝插穗,分为插穗环割和不环割2种处理,采用 $200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ IBA处理插穗基部3 h。

1.2.7 植物生长调节物质种类、质量分数和处理时间试验 利用13年生母树上剪取1年生下部1级侧枝,试验各处理详见表1。

1.3 扦插网袋容器的制作

该试验所用的网袋基质是用泥炭、云杉树皮和炭化稻壳按4:4:2的比例放入搅拌机中搅拌均匀,再加入复合肥 $3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 于基质中,再倒入灌装机中生成2 m长的基质肠。扦插前,基质先用质量分数为 $50 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的高锰酸钾溶液浸泡消毒后,再用全自动切割机将其切成长10~12 cm的短肠段,摆放于大小为 $58 \text{ cm} \times 23 \text{ cm}$ 的托盘中,放置于苗床上,等待扦插。

表1 川西云杉硬枝扦插的植物生长调节物质试验设计
Table 1 The hormone experiment designs of hardwood cutting of *Picea balfourian*

植物生长调节物质	质量分数/ $(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$	处理时间/h	试验代号
	1 000	30 s	A1
ABT 1号	500	1	A2
	200	3	A3
	1 000	30 s	B1
IBA	500	1	B2
	200	5	B3
	1 000	30 s	C1
NAA	500	1	C2
	200	3	C3
	NAA+IBA	200 (1:1)	2
4			BC2
ABT 1号+IBA	200 (1:1)	2	AB1
		4	AB2
ABT 1号+NAA	200 (1:1)	2	AC1
		4	AC2
	0	0	ck

1.4 试验插床及生根条件设置

扦插工作于 2004 年 8 月上旬, 在云南省香格里拉县金江乡扦插繁殖试验基地内进行。扦插后基质温度早晚平均保持在 10~17℃; 用全自动间歇喷雾来保持湿度; 白天平均气温为 20℃, 日最高气温不超过 32℃, 夜晚平均气温为 10℃, 最低气温不低于 2℃。扦插 2 周后开始每周 1 次用 800 倍多菌灵喷洒, 进行消毒灭菌。生根后每周 1 次用质量分数为 2 g·kg⁻¹ 的尿素进行叶面追肥。

1.5 生根性状及调查统计方法

插后 3 个月调查计算插穗的生根性状, 包括平均生根数、平均根长和生根率等 3 个指标。

按照方差分析要求, 百分率数据用反正弦转换, 按统计随机模型进行方差分析。线性统计模型为: $y_{ij} = \mu + a_i + b_j + e_{ij}$ 。其中: y_{ij} 为 j 区组 i 处理的性状测定值; μ 为总体平均值; a_i 表示 i 处理效应; b_j 表示区组效应; e_{ij} 表示随机误差。

数据处理与分析采用 SAS 统计软件^[11]。

由于川西云杉硬枝扦插后, 不用任何试剂处理也会自然生根, 为了比较各种植物生长调节物质处理对促进插穗生根行为的有效性, 特统计一组以对照组为尺度, 各处理的测量指标的相对增量百分率^[12]。

相对增量百分率 = [(处理组的测量指标 - 对照组的测量指标) / 对照组相应测量指标] × 100%。

2 结果与分析

2.1 植物生长调节物质对硬枝扦插生根的影响

植物扦插繁殖的成败, 关键在于器官的再生能力。而器官的再生是植物遗传潜在能力的表现, 它是基于细胞分裂开始的, 除了要求一定的温度、湿度、空气和营养物质外, 还需要一些微量的生理活性物质(如植物生长调节物质)。扦插过程中插穗内植物生长调节物质的分布将发生变化, 基部生长素质量分数增加, 顶端细胞分裂素水平的提高, 为不定根和不定芽的形成提供了物质基础^[13]。川西云杉硬枝扦插植物生长调节物质效应方差分析见表 2。平均根长、平均生根数和生根率植物生长调节物质处理之间差异极显著。多重比较结果见表 3。200 mg·kg⁻¹ ABT 1 号处理插穗基部 3 h, 500 mg·kg⁻¹ 处理插穗基部 1 h 和 1 000 mg·kg⁻¹ IBA 速蘸处理插穗基部, 促进川西云杉硬枝插条生根的效果最佳, 生根率分别达到 81.0%, 76.2% 和 78.6%, 其生根率均与对照处理存在显著差异。其相对增量分别为 143.2%, 136.0% 和 128.8%。对照生根率为 33.3%。NAA 所有处理的生根率都比对照差, 其相对增量分别为 -14.1% ~ -57.1%。

表 2 川西云杉硬枝扦插生根性状的方差分析

Table 2 Variance analysis of rooting characters of hardwood cuttings of *Picea balfouriana*

试验处理	平均生根数		平均根长		生根率	
	F	P	F	P	F	P
植物生长调节物质处理	2.55*	0.0143	4.32**	0.0003	6.02**	0.0001
插穗类型	2.83	0.1713	3.74	0.1215	10.33*	0.0263
插穗长度	13.37*	0.0169	1.87	0.2666	14.37*	0.0149
采穗母树坡向	1.05	0.4132	1.64	0.3291	86.87*	0.0113
插穗在采穗母树上的方向	0.80	0.4646	0.00	0.9654	0.24	0.6701
插穗切口方式	0.80	0.5362	1.19	0.3890	1.60	0.2862
插穗是否环割	1.27	0.3773	0.47	0.5640	107.02**	0.0092

说明: 表中 * 表示在 0.01 < P < 0.05 水平上差异显著; ** 表示在 0.001 < P < 0.01 水平上差异显著; 无 * 表示 P > 0.05, 差异不显著。

2.2 不同枝条类型对插穗生根的影响

用 13 年生母树的带上 1 年生枝条(上留 3 个嫩枝侧枝), 带上 1 年生枝条(上留 1 个嫩枝侧枝)和不带

上1年生枝条进行试验,对不同类型枝条扦插生根性状进行方差分析(表2)。3种类型枝条的生根率存在显著差异。不带上1年生枝条的生根率显著大于带上1年生枝条,分别为56.4%,16.7%和14.3%。

2.3 不同插穗长度对生根的影响

树种不同,生根对插穗长度的反应不同。13年生母树上大于20,12~20和小于12 cm等3种枝条长度进行试验,结果列入表2和表3。13年生母树枝条的平均根数和生根率在3种插穗长度间存在显著差异。而平均根长在3种插穗长度间没有显著差异。多重比较表明13年生母树12~20 cm插穗长度生根率分别比大于20 cm和小于12 cm的高出83.2%。

表3 不同植物生长调节物质处理、母树年龄和枝条部位对川西云杉硬枝插穗生根的影响

Table 3 Effects of different hormone treatment, age effect and cutting position on rooting characters of hardwood cuttings of *Picea balfouriana*

项目	试验处理	平均生根数/根	平均根长/cm	生根率/%	生根率相对增量/%	
	A1	9.4 ABCDE	10.61 A	57.1 ABCD	71.5	
	A2	11.0 ABCD	9.42 ABC	76.2 AB	128.8	
	A3	8.3 BCDE	7.11 EFG	81.0 A	143.2	
	B1	7.1 CDE	9.17 ABCD	78.6 A	136.0	
	B2	13.2 A	9.55 ABC	56.3 ABCD	69.1	
	B3	10.4 ABCDE	7.33 DEFG	57.1 ABCD	71.5	
植物生长调节物质处理	C1	7.8 BCDE	9.33 ABCD	14.3 E	-57.1	
	C2	6.6 E	6.69 FG	19.0 E	-42.9	
	C3	10.6 ABCDE	8.94 ABCDE	28.6 DE	-14.1	
	BC1	11.1 ABC	8.84 ABCDE	59.5 ABC	78.7	
	BC2	7.7 BCDE	7.72 CDEFG	59.5 ABC	78.7	
	AB1	7.0 DE	6.40 G	73.8 AB	121.6	
	AB2	8.9 BCDE	7.91 CDEFG	73.3 AB	120.1	
	AC1	8.5 BCDE	7.98 CDEFG	61.9 ABC	85.9	
	AC2	8.2 BCDE	8.46 CDEF	47.6 BCD	42.9	
	ck		11.6 AB	10.30 AB	33.3 CDE	0
	插穗类型	带上1年生枝条(上留3个嫩枝侧枝)	17.6 A	12.2 A	16.7 B	
		带上1年生枝条(上留1个嫩枝侧枝)	8.8 A	10.2 A	14.3 B	
不带上1年生枝条		11.1 A	8.4 A	52.4 A		
插穗长度	> 20 cm	16.1 A	9.2 A	42.9 B		
	12~20 cm	9.4 B	8.0 A	78.6 A		
	< 12 cm	4.5 B	8.2 A	42.9 B		
采穗母树坡向	阳坡	8.3 A	7.0 A	50.0 B		
	阴坡	9.8 A	8.0 A	73.8 A		
插穗在采穗母树上的方向	南向	9.0 A	7.4 A	59.5 A		
	北向	8.3 A	7.5 A	66.7 A		
插穗切口方式	平切	8.4 A	9.6 A	50.0 A		
	两边等长切	8.8 A	8.4 A	33.3 A		
	两边不等长切	7.4 A	8.4 A	50.0 A		
	单面切	10.5 A	9.3 A	57.1 A		
插穗环割	刻伤	10.4 A	8.8 A	26.2 B		
	不刻伤	6.4 A	8.3 A	69.0 A		

说明:相同的字母表示无显著差异。

2.4 采穗母树坡向和插穗在采穗母树上的方向对生根的影响

采穗母树坡向和插穗在采穗母树上的方向对插穗生根影响试验结果列入表2和表3。2个坡向之间生根率差异显著,而平均生根数和平均根长在坡向间差异不显著。阴坡的生根率比阳坡高23.8%。2个采穗方向(南向和北向)在平均生根数、平均根长和生根率之间差异不显著(表2),但北向稍比南

向高,这也符合阴坡的生根率比阳坡高的规律。

2.5 插穗切口处理方式和插穗环割对生根的影响

插穗切口处理方式和插穗环割对生根影响各性状方差分析结果见表 2。生根率、平均生根数和平均根长 4 种插穗切口处理方式间差异不显著。单面切稍微高些(55.7%),同时单面切操作比较简单,因此,大规模扩繁种采用单面切。

插穗环割对生根率的影响显著。环割处理的生根率显著低于不环割处理。

3 结论与讨论

川西云杉硬枝扦插在得到一定的管理下,可以自然生根。不过,需时较长,要 3 个月以上,而且生根率较低,为 30%左右。在扦插过程中插穗虽然都会有死亡,但是较大的死亡率时出现在 3 个月以后,也是在部分插穗已开始生根的时间。由于在扦插前期,插穗主要是依靠消耗体内养分和通过切口部位的水分吸收以维持存活,在经历较长时间而又未能成功生根的那部分插穗,因水分及养分的消耗无法再维持下去便会死亡^[12]。当使用合适的植物生长调节物质处理插穗时,可以提高生根率,其中以 200 mg·kg⁻¹ ABT 1 号生根粉处理插穗基部 3 h, 500 mg·kg⁻¹ 处理插穗基部 1 h 和 1 000 mg·kg⁻¹ IBA 速蘸处理插穗基部,促进川西云杉硬枝插条生根的效果较佳,生根率分别达到 81.0%, 76.2% 和 78.6%。从与对照组生根率比较而得到的相对有效增量百分率来看,这 3 种处理对插穗再生根率有显著的促进作用,相对有效增量百分率达到 143.2%, 136.0% 和 128.8%。

川西云杉的生根情况与其插穗本身的健康状况和插穗本身的属性有很大的关系^[14-16]。川西云杉硬枝扦插存在位置效应,不同类型插穗扦插生根差异显著。不带上 1 年生枝条的生根率显著大于带上 1 年生枝条的,分别为 56.4%, 16.7% 和 14.3%。

13 年生母树插穗的平均生根数和生根率在 3 种插穗长度间存在显著差异。而平均根长在 3 种插穗长度间没有显著差异。12~20 cm 插穗长度生根率分别比大于 20 cm 和小于 12 cm 的高出 83.2%。

2 个坡向之间生根率有显著差异,而平均生根数和平均根长在坡向间差异不显著。阴坡的生根率比阳坡高 23.8%。2 个采穗方向在平均生根数、平均根长和生根率之间差异不显著。

生根率、平均生根数和平均根长 4 种插穗切口处理方式间差异不显著^[17, 18]。单面切稍微高些(55.7%),同时单面切操作比较简单,因此,大规模扩繁种采用单面切。插穗环割对生根率的影响显著。环割处理的生根率显著低于不环割处理。

致谢: 本文承蒙中国林业科学研究院林业研究所马常耕研究员审阅,并提出修改意见,特此致谢。

参考文献:

- [1] 中国森林编辑委员会. 中国森林: 第 2 卷针叶林[M]. 北京: 中国林业出版社, 1999: 731-743.
- [2] 王军辉, 张守攻, 马常耕, 等. 云杉强化育苗技术的研究现状和展望[J]. 浙江林学院学报, 2005, 22(3): 350-354.
- [3] 马常耕. 世界云杉无性系林业发展现状[J]. 世界林业研究, 1993(6): 24-31.
- [4] MATS H, CURT A, INGER E. Rooting success of cutting from young *Picea abies* in transition to flowering competent phase[J]. *Scand J For Res*, 1999, 14: 498-504.
- [5] BENG T B. Rooting and early shoot characteristics of *Picea abies* Karst. cutting originating from shoots with enforced vertical growth[J]. *Scand J For Res*, 1988, 3: 481-491.
- [6] 郭素娟. 林木扦插生根的解剖学及生理学研究进展[J]. 北京林业大学学报, 1997, 19(1): 64-69.
- [7] 周显昌, 张含国, 潘本立. 红皮云杉嫩枝扦插繁殖技术的研究[J]. 林业科技, 1995, 20(5): 1-4.
- [8] 王军辉, 张建国, 张守攻, 等. 吲哚丁酸对青海云杉硬枝扦插生根效应的影响[J]. 林业科学研究, 2005, 18(6): 692-698.
- [9] 赵丽惠, 张兴祥, 彭冬梅, 等. 红皮云杉扦插繁殖技术[J]. 东北林业大学学报, 1997, 25(1): 15-18.
- [10] 任建中, 赵健康, 郑智礼. 云杉扦插试验研究[J]. 东北林业大学学报, 1997, 25(3): 68-70.

- [11] 高惠旋. SAS 系统 SAS/STAT 软件使用手册[M]. 北京: 中国统计出版社, 1997.
- [12] 张志权, 廖文波, 陈志明, 等. 南方红豆杉嫩枝扦插生根特性研究[J]. 林业科学研究, 1999, 12(5): 539-543.
- [13] 曹兵, 高捍东. 希蒙得木的扦插繁殖技术[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2003, 27(4): 62-66.
- [14] BENG B. Large scale propagation of Norway spruce (*Picea abies*.) by cuttings [J]. *Uppsala Res Notes*, 1981, 32: 33-56.
- [15] DORMLING I, KELLERSTRAM H. Rooting and rejuvenation in propagation Norway spruce cutting [J]. *Uppsala Res Notes*, 1981, 32: 65-72.
- [16] KLEINSCHMIT J, SCHMIDT J. Experiences with *Picea abies* cutting propagation in Germany and problems connected with large scale application [J]. *Sil Genet*, 1997, 26: 5-6.
- [17] SKROPPA T, DIETRICHSON J. Genetic variation and ortet/ramet relationship in clonal test with *Picea abies* [J]. *Scand J For Res*, 1986, 1: 323-332.
- [18] 张应中, 赵奋成, 钟岁英, 等. 湿地松×加勒比松杂种松扦插繁殖技术研究[J]. 林业科学研究, 2002, 15(4): 437-443.

Rooting ability of hardwood cutting of *Picea balfouriana*

WANG Jun-hui¹, ZHANG Jian-guo¹, ZHANG Shou-gong¹, XU Yang¹,
LI Ru-jie², QI Xiu-lan², HOU Xiao-zhu²

(1. Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation of State Forestry Administration, Research Institute of Forestry, the Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China; 2. Forest Enterprise of Shangrila County, Shangrila 674400, Yunnan, China)

Abstract: With the method of full-light and auto-interval mist cutting, the internal factors affecting rooting of cutting hardwood of *Picea balfouriana* were studied systematically. The effects of the hormone, wood types, wood length, direction of cutting, cut treatment and ring cutting on the rooting ability of cutting wood of *Picea balfouriana* were studied respectively. The results showed that applying the cutting wood with 200 mg·kg⁻¹ ABT No. 1 rooting powder for 3 hours or 500 mg·kg⁻¹ ABT No. 1 rooting powder for 1 hour or dipping them with 1 000 mg·kg⁻¹ IBA quickly had good effects on the cutting, the rooting rates being 81.0%, 76.2% and 78.6% respectively. The best cutting length was between 12 cm and 20 cm. There was no difference in rooting ratio among different wood directions and four wood cut treatments. The rooting ratio of cutting wood treated by ringing was lower than those without ringing. [Ch, 3 tab. 18 ref.]

Key words: silviculture; *Picea balfouriana*; vegetative propagation; cutting rooting ratio; ABT No. 1 rooting powder