

丽江云杉硬枝扦插繁殖技术与生根特性研究

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 云南香格里拉县 林业局, 云南 香格里拉 674400)

[摘 要] 研究了丽江云杉植株个体、激素、采穗母株年龄、枝条类型、穗条长度和穗条着生方位等对穗条生根的影响。结果表明, 丽江云杉不同单株穗条生根能力存在较大差异, 其中以19号和12号生根率最高, 可达到98.8%; 插穗基部用200 mg/kg BA 浸泡5 h可促进丽江云杉硬枝插条生根, 生根率达到71.4%; 穗条生根率和平均生根数在母株年龄间差异显著, 随着年龄的增加生根率下降; 1年生枝条的穗条平均生根数和生根率均显著高于2年生枝条; 穗条生根率和平均生根数在3种穗条长度间差异极显著, 以5~10 cm的穗条生根率最高, 15~20 cm的穗条平均生根数最多; 从南、北2个方向采集的穗条在生根率、平均生根数和平均根长之间差异均不显著; 在云南香格里拉于秋季采用硬枝扦插繁殖丽江云杉, 插后35 d穗条已基本愈合, 插后55~65 d和75~85 d为生根高峰期。

[关键词] 丽江云杉; 硬枝扦插; 生根率

[中图分类号] S791.189.05

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2006)11-0097-05

丽江云杉(*Picea likiangensis* (Franch.) Pritz.)是我国西南地区重要的寒温性针叶树种, 其自然分布区主要在云南西北部及四川西南部。最低可分布于海拔2 300 m的阴坡, 最高可分布于海拔4 000 m的阳坡, 主要分布在海拔2 800~3 500 m的垂直带上, 组成大面积纯林或与其他针叶树种组成混交林。丽江云杉具有生长快、材质优良的特点, 在分布区被人们选为主要的造林树种, 也被作为庭园观赏树种普遍栽培^[1]。目前, 丽江云杉苗的生产主要是通过实生繁殖, 但丽江云杉实生苗前期生长缓慢, 结实亦较晚, 而且实生种子园由建园到生产出可用种子需时极长, 致使丽江云杉良种苗供不应求, 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, 在云杉无性系繁殖研究中受到广泛重视^[2]。国外研究了欧洲云杉不同母株年龄、不同分布部位插条以及对树枝进行去顶和捆绑处理所得二级侧枝插条的生根率, 找出了不同插条之间生根率的差异^[3-5]。据报道^[2], 现在世界上每年生产欧洲云杉(*Picea abies* (L.) Karst)扦插苗10 300万株, 黑云杉(*Picea mariana* (Mill.) Britton Sterns and Poggenberg)扦插苗410万株, 西加云杉(*Picea sitchensis* (Bongard) Carriere)扦插苗

380万株。近年来, 有学者研究了不同激素及其浓度与处理时间对云杉属植物扦插生根的影响^[6-9], 但对丽江云杉的扦插繁殖未见报道。

为了更有效地促进丽江云杉穗条生根, 本试验研究了植株个体、激素、采穗母株年龄、枝条类型、穗条长度、穗条着生方位对丽江云杉硬枝穗条生根的影响, 以为丽江云杉无性繁殖奠定基础。

1 材料与方法

1.1 穗条来源

试验所用穗条由云南迪庆州香格里拉县小中甸苗圃提供, 穗条是2004-08采自该苗圃周围造林地中7~8年生、9~13年生和18~22年生丽江云杉的1~2年生硬枝。穗条平均长度11.8 cm, 平均直径4.0 mm。穗条从采穗母株上剪取后, 迅速用利刃将基部削成楔形, 每14根捆成1捆, 然后将其基部浸入不同浓度激素组配的溶液中。扦插采用完全随机区组设计, 除单株试验外, 其他试验每处理3次重复, 每重复14株。

1.2 试验内容与方法

1.2.1 扦插生根时间变化趋势试验 从13年生丽江云杉母株上剪取1年生硬枝枝条, 硬枝穗条长

· [收稿日期] 2005-11-08

[基金项目] 国家“十五”科技攻关项目(2004BA515B0403); 国家“863”高新技术研究与发展计划项目(2001AA244061); 国家林业局重点项目(2003-027-L-27)

[作者简介] 王军辉(1972-), 男, 河南郑县人, 副研究员, 博士, 主要从事落叶松、云杉、楸树遗传育种和转基因林木安全评估研究。E-mail: wangjh@forestry.ac.cn

5~10 cm, 穗条基部用 200 mg/kg BA (吲哚丁酸) 浸泡 4 h。分别于扦插后的 35, 45, 55, 65, 75, 85, 95 和 105 d 调查穗条的腐烂数、愈合数、膨大数、生根数和生根率。

1.2.2 不同单株试验 采用 30 个 13 年生丽江云杉单株的 1 年生硬枝, 穗条基部用 500 mg/kg BA 浸泡 2 h。扦插采用完全随机区组设计, 6 次重复, 每重复 14 株。

1.2.3 BA 浓度及其处理时间试验 从 7~8 年生丽江云杉上剪取下部 1 年生 1 级侧枝, 穗条基部用不同浓度的 BA 浸泡不同时间, 处理方案见表 1。

表1 BA 浓度及其处理时间对丽江云杉硬枝扦插影响的试验设计

Table 1 Experiment designs of effects of different BA concentrations and treatment time on hardwood cutting of *Picea likiangensis*

BA 浓度/(mg · kg ⁻¹) Hormone concentration	处理时间 Treatment time
200	0.5 min
200	5 h
200	12 h
500	0.5 min
500	1 h
500	5 h
1 000	0.5 min
1 000	1 h
1 000	3 h
0 (CK)	0 h

1.2.4 采穗母株年龄试验 将采穗母株分为 7~8, 9~13 和 18~22 年 3 个年龄段, 均剪取 1 年生硬枝枝条, 穗条基部用 200 mg/kg BA 浸泡 3 h。

1.2.5 枝条类型试验 从 13 年生丽江云杉母株上剪取硬枝枝条, 分为留 3 个侧枝的 2 年生枝条、留 1 个侧枝的 2 年生枝条和 1 年生枝条 3 种类型, 穗条基部用 200 mg/kg BA 浸泡 4 h。

1.2.6 穗条长度试验 从 13 年生丽江云杉母株上剪取 1 年生硬枝枝条, 按穗条长度分为 15~20, 10~15 和 5~10 cm 3 种, 穗条基部用等量的 500 mg/kg ABT₁

(生根粉)+ 500 mg/kg BA 浸泡 2 h。
1.2.7 穗条着生方位试验 从 13 年生丽江云杉母株上分别剪取位于南向和北向的 1 年生硬枝枝条, 穗条基部用 500 mg/kg BA 浸泡 2 h。

1.3 扦插网袋容器的制作

本试验所用的网袋基质是用泥炭、云杉树皮和炭化稻壳按体积比 4:4:2 混合而成的。首先将上述组分放入搅拌机中搅拌均匀, 再加入复合肥 3 kg/m³ 于基质中, 然后倒入灌装机中生成 2 m 长的基质肠。扦插前, 基质先用 5 g/L 的高锰酸钾溶液浸泡消毒后, 用全自动切割机将其切成长 10~12 cm 的肠段, 然后摆放于大小为 58 cm × 23 cm 的托盘中并放置于苗床上, 用于扦插。

1.4 扦插后的管理

扦插于 2004-08 月上旬在云南香格里拉县金江乡扦插繁殖试验基地进行。扦插后基质早晚温度平均保持在 10~17 °C, 用全自动间歇喷雾保持湿度, 白天平均气温为 20 °C, 日最高气温不超过 32 °C, 夜晚平均温度为 10 °C, 最低温度不低于 2 °C。扦插 2 周后开始用 800 倍多菌灵喷洒进行消毒灭菌, 每周 1 次, 生根后用 0.2 g/L 尿素进行叶面追肥, 每周 1 次。

1.5 生根性状调查与统计方法

扦插 3 个月 after 调查并计算 1.2.2~1.2.7 试验穗条的生根性状, 包括平均生根数、平均根长和生根率 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。数据处理与分析均采用 SAS 统计软件^[10]。

2 结果与分析

2.1 丽江云杉硬枝穗条生根随时间的变化趋势

丽江云杉硬枝穗条生根情况随时间的变化趋势见表 2。

表2 丽江云杉硬枝穗条生根情况随时间的变化趋势

Table 2 Change of rooting ability of cuttings with different time during hardwood cutting of *Picea likiangensis*

抽样次数 Sample time	插后时间/d Time after cutting	抽样数 Number	腐烂数 Rotting number	愈合数 Healing number	膨大数 Swelling number	生根数 Rooting number	生根率/% Rooting rate
1	35	200	15	50	125	10	5.0
2	45	200	13	42	125	30	15.0
3	55	200	9	33	106	50	25.0
4	65	200	9	27	64	100	50.0
5	75	200	8	19	73	100	50.0
6	85	200	3	15	22	160	80.0
7	95	200	3	12	5	180	90.0
8	105	200	0	0	10	190	95.0

由表2可见,扦插35 d后,除少量穗条基部腐烂外,绝大多数穗条的切口均已愈合,且有50%的穗条已生根;扦插45 d后,生根数较10 d前提高了66.7%;扦插65 d后,生根率迅速提高到50.0%,比20 d前提高了约3倍;扦插85 d后,生根率达到80.0%;扦插95 d后的生根率仅比扦插85 d后提高10.0%;扦插105 d后的生根率达到95.0%。由此可知,穗条生根有2个高峰期,一个是在扦插55~65 d后,另一个在扦插75~85 d后。

2.2 丽江云杉单株的硬枝穗条生根能力比较

对30个丽江云杉单株硬枝穗条生根率的方差

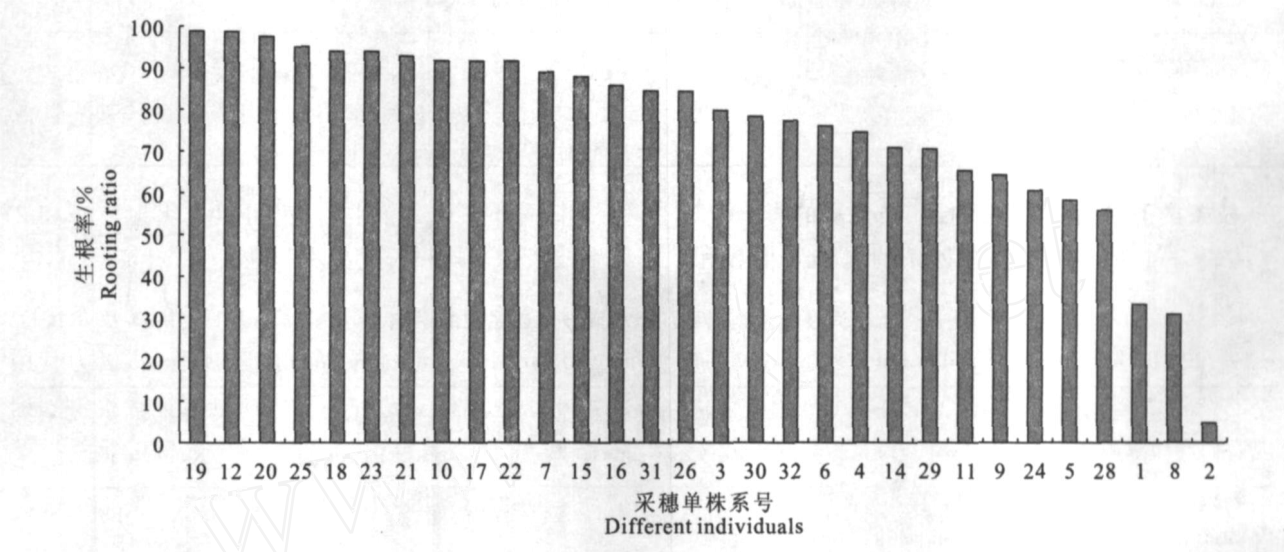


图1 丽江云杉不同单株硬枝穗条的生根率

Fig. 1 Rooting ratio of different individuals

2.3 BA 浓度及其处理时间对丽江云杉硬枝穗条生根的影响

由表3可知,用200 mg/kg BA 浸泡插穗基部5 h 对促进丽江云杉硬枝穗条生根的效果最佳,生根

分析结果表明,单株之间生根率具有显著差异($F=8.72, P=0.0001$),表明丽江云杉不同个体间穗条的生根能力存在较大差异。从生根率这一性状考虑,不可忽视采穗母株的选择。

图1是30个丽江云杉单株硬枝穗条的生根率排序图。由图1可知,19和12号单株的穗条生根率均最高(98.8%),2号单株穗条生根率最低(小于5%),表明开展无性系母株选择对提高丽江云杉穗条生根率具有一定潜力。

率可达71.4%;用1 000 mg/kg BA 速蘸(穗条基部在BA 溶液中浸泡0.5 min)处理的效果最差,其生根率仅为28.6%,稍高于对照(24.6%)。

表3 BA 浓度及其处理时间对丽江云杉硬枝穗条生根的影响

Table 3 Effects of different BA concentrations and treatment time on rooting characters of cuttings of *Picea likiangensis*

BA 浓度/(mg · kg ⁻¹) Hormone concentration	处理时间 Treatment time	平均生根数 Mean root number	平均根长/cm Mean root length	生根率/% Rooting rate
200	0.5 min	9.4 a	7.2 a	35.7 b
200	5 h	10.8 a	7.5 a	71.4 a
200	12 h	7.5 a	7.8 a	54.8 ab
500	0.5 min	11.0 a	6.7 a	35.7 b
500	1 h	9.1 a	9.1 a	42.9 ab
500	5 h	10.2 a	9.0 a	54.8 ab
1 000	0.5 min	10.9 a	7.5 a	28.6 b
1 000	1 h	7.7 a	8.2 a	52.4 ab
1 000	3 h	10.8 a	6.8 a	42.9 ab
0 (CK)	0 h	6.1 a	4.3 a	24.6 b

注: 同列数据后标不同小写字母者表示显著差异($P < 0.05$)。表4和表5同。

Note: The same column data with different letter are significant different at $P < 0.05$. Table 4 and Table 5 are the same.

在速蘸条件下,BA 浓度过大时,丽江云杉硬枝穗条生根率会降低。当BA 浓度过大时,长时间浸泡也会使穗条的生根率下降(表3)。因此,当BA 溶液浓度较高时,不宜对丽江云杉硬枝穗条进行长时间的浸泡,而且高浓度长时间浸泡穗条还会导致基部药害而使穗条枯死率提高。

2 4 母株年龄对丽江云杉硬枝穗条生根的影响

不同母株年龄对丽江云杉硬枝穗条生根的影响

表4 不同母株年龄对丽江云杉硬枝穗条生根的影响

Table 4 Effects of different ages on rooting characters of cuttings of *Picea likiangensis*

母株年龄/年 Age of the ortets	平均生根数 Mean root-number	平均根长/cm Mean root length	生根率/% Rooting rate
18~ 22	9.9 b	7.2 a	90.5 ab
9~ 13	9.3 b	7.6 a	81.0 b
7~ 8	20.3 a	6.9 a	100.0 a

2 5 枝条类型对丽江云杉硬枝穗条生根的影响

从表5 可知,1 年生枝条穗条的平均生根数和生

见表4。由表4 可知,9~ 13 年生和18~ 22 年生丽江云杉与7~ 8 年生丽江云杉的平均生根数差异显著,7~ 8 年生丽江云杉与9~ 13 年生丽江云杉的穗条生根率差异显著,而不同母株年龄处理的平均根长差异不显著。母株年龄从7~ 8 年到18~ 22 年,平均生根数从20.3 降低到9.9,而生根率从100.0% 降低到90.5%,降低幅度不大,这与红皮云杉^[8]和欧洲云杉^[5]扦插繁殖中的年龄效应结果一致。

根率显著高于2 年生的枝条,但1 年生枝条和2 年生枝条的平均根长差异不显著。

表5 不同枝条类型对丽江云杉硬枝穗条生根的影响

Table 5 Effects of different cutting types on rooting characters of cuttings of *Picea likiangensis*

枝条类型 Cutting type	平均生根数 Mean root-number	平均根长/cm Mean root length	生根率/% Rooting rate
留3 个侧枝的2 年生枝条 Two years cutting with three lateral branches	5.7 b	6.0 a	19.0 b
留1 个侧枝的2 年生枝条 Two years cutting with one lateral branches	7.0 b	3.7 a	14.3 b
1 年生枝条 One years cutting	11.0 a	7.1 a	84.8 a

2 6 穗条长度对丽江云杉穗条生根的影响

表6 表明,采自13 年生母株上的3 种穗条的平 均生根数和生根率间存在极显著差异,而平均根长

在3 种穗条长度间无显著差异,其中以5~ 10 cm 穗条的生根率最高,长度为15~ 20 cm 穗条的生根率最低,前者是后者的3.3 倍。

表6 不同穗条长度对丽江云杉硬枝穗条生根的影响

Table 6 Effects of different cutting lengths on rooting characters of cuttings of *Picea likiangensis*

穗条长度/cm Cutting length	平均生根数 Mean root-number	平均根长/cm Mean root length	生根率/% Rooting rate
15~ 20	15.3 A	9.3 A	14.3 B
10~ 15	13.2 A	7.9 A	47.6 A
5~ 10	2.7 B	5.1 A	61.9 A

注:同列数据后标不同大写字母者表示极显著差异($P < 0.01$)。表7 同。

Note: The data in the same colum with different letters indicate significant difference at $P < 0.01$. Table 7 is the same

2 7 穗条着生方位对丽江云杉穗条生根的影响

由表7 可知,穗条在采穗母株上的着生方位对

穗条生根的影响不显著,2 个采穗方向在穗条平均生根数、平均根长和生根率之间的差异均不显著。

表 7 不同插穗着生方位对丽江云杉硬枝穗条生根的影响

Table 7 Effects of different cutting orientations in the ortets on rooting characters of cuttings of *Picea likiangensis*

穗条着生方位 Cutting orientation in the ortets	平均生根数 Mean root number	平均根长/cm Mean root length	生根率/% Rooting rate
南向 South	12.0 A	8.8 A	81.0 A
北向 North	11.4 A	7.9 A	85.7 A

3 结论与讨论

1) 丽江云杉不同单株穗条生根能力存在较大差异。Skroppa 等^[11]发现, 云杉穗条生根变异 41%~50% 是由基因引起的。因此, 在开展丽江云杉无性系育林过程中, 要注重母株的选择, 同时还应强调生根性状与其他经济性状的联合选择。

2) 用 200 mg/kg BA 处理插穗 5 h 促进丽江云杉硬枝插穗生根的效果最佳, 生根率可达到 71.4%。

3) 丽江云杉生根率、平均生根数在母株年龄间差异显著。欧洲云杉随着年龄的增加生根力下降^[12-14], 青海云杉(*Picea crassifolia* Kom) 母株年龄越大生根率越低^[7]。综合考虑扦插苗质量, 剪取 7~8 年生丽江云杉母株枝条作穗条扦插繁殖效果最

佳。

4) 丽江云杉穗条的生根情况与其枝条本身的健康状况、属性有很大关系。丽江云杉硬枝扦插还存在位置效应, 不同类型枝条扦插生根差异显著。1 年生枝条的穗条平均生根数和生根率均显著高于 2 年生枝条。

5) 本研究中, 丽江云杉插穗生根过程存在 2 个关键时期: 即愈合期和生根高峰期。愈合期为插后 35 d, 生根高峰期分为 2 个时间段: 分别为插后 55~65 d 和插后 75~85 d。在管理扦插苗时, 要加强扦插环境内的病菌控制和水分管理, 创造合适的环境条件促使插穗切口愈合。在扦插 55 d 内, 要及时补充营养元素, 促进生根苗木的生长, 缩短苗木出圃时间^[15]。

致谢: 本文承蒙中国林业科学院林业所的马常耕研究员审阅并提出修改意见, 特此一并致谢!

[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] 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

[3] Hannerz M, Almqvist C, Ekberg I. Rooting success of cutting from young *Picea abies* in transition to flowering competent phase[J]. Scand J For Res, 1999, 14: 498-504

[4] Bengt G B. Rooting and early shoot characteristics of *Picea abies* (L.) Karst cutting originating from shoots with enforced vertical growth[J]. Scand J For Res, 1988, 3: 481-491

[5] 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(4): 64-69

[6] 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

[7] 王军辉, 张建国, 张守攻, 等. 吡啶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

[8] 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

[9] 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

[10] 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

[11] 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

[12] Bengt B. Large scale propagation of norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) by cuttings[R]. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences, 1981

[13] Domling I, Kellerström H. Rooting and rejuvenation in propagation Norway spruce cutting[R]. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences, 1981

[14] Kleinschmidt J, Schmidt J. Experiences with *Picea abies* cutting propagation in Germany and problems connected with large scale application[J]. Silvae Genetica, 1997, 26: 5-6

[15] 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

(下转第 105 页)

[5] 袁志发, 周静芊. 多元统计分析[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 98-109.

[6] 美)Gregory Mankiw N. 经济学原理: 上册[M]. 梁小民, 译. 北京: 机械工业出版社, 2003: 224-226.

Study about a model of three-level supply chain

L IU Q ian-n ing, L IU Ya-x iang, SHAN Q ing-song

(College of L ife Science, N orthwest A & F U niversity, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract Under the context of game theory, a model of bilevel supply chain will be extended to three-level in this paper. And as an application, the pricing decision of a three class supply chain with a single businessman of pannage, hogger and consumer will be dealt with. A utility function of consumers about the price of pork and the demand quantity of it are developed and discussed. Then, the model of the pricing decision problem with Stackelberg type game is reformulated. Under the condition of saturation, the pricing of pannage is discussed. Finally, the function of the government is discussed in the process of leading the businessman of pannage and hogger to decide the price for themselves efficiently, to maximize the interests for themselves and satisfy the consumer's demand better.

Key words: supply chain; pricing decision; consumer utility; stackelberg game; implicit cost

(上接第 101 页)

Abstract ID: 1671-9387(2006)11-0097-CA

Study on technology and rooting capability of hardwood cutting propagation of *Picea likiangensis*

WANG Jun-hui¹, ZHANG Jian-guo¹, ZHANG Shou-gong¹,

XU Yang¹, L I Ru-jie², Q I Xin-Lan², HOU Xiao-zhu²

(1 Research Institute of Forestry, Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation,

State Forestry Administration, CAF, Beijing 100091, China;

2 Forestry Bureau of Xianggelila County, Xianggelila, Yunnan 674400, China)

Abstract The purpose of the study was to investigate the rooting ability of individual plant, plant hormones, ortet ages, cutting types, cutting positions, cutting lengths and cutting orientations. The results obtained by the experiment indicated that there were differences in rooting ratio among different individuals. The highest rooting ratio occurred in 19 and 12 individuals, whose rooting ratios were 98.8%. The rooting ratio of hardwood was increased by plant hormone treatment, especially when treated by BA 200 mg/kg 5 h, the rooting ratio reached 71.4%. The rooting ratio and average rooting number of young individuals were larger than those of mature individuals. The rooting number and the rooting ratio of one year cutting was greater than that of two year cutting. Differences existed in rooting ratio among different cutting lengths. The highest rooting ratio appeared in 5-10 cm cutting and the most rooting number in 15-20 cm cutting. There were no differences in rooting ratio between south and north cutting orientation in the ortets. At Xianggelila of Yunnan Province, cuttings were all healed in 35 d after cutting. Higher rooting period occurred in 55-65, 75-85 d after cutting.

Key words: *Picea likiangensis*; hardwood cutting; rooting ratio