

## 欧洲云杉的扦插基质选择和穗条效应研究

马建伟<sup>1</sup>, 安三平<sup>1</sup>, 杨 炜<sup>1</sup>, 王美琴<sup>1</sup>, 张宋智<sup>1</sup>, 王军辉<sup>2\*</sup>

(1. 甘肃省小陇山林业科学研究所, 甘肃 天水 741022; 2. 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)

**摘 要:** 以欧洲云杉 6 年生母树为采穗母株, 系统研究了不同插穗条件对生根和幼苗生长的响应, 同时观测了网袋容器基质配比对扦插幼苗生长的影响。结果表明: 扦插后 20 d 愈伤组织开始形成, 37 d 时根尖开始出现, 50~65 d 是生根的高峰期和根系发育期, 65 d 时扦插苗根系基本形成。不同基质对欧洲云杉插穗生根率影响达到极显著水平, 1 份泥炭+2 份炭化稻壳是进行欧洲云杉扦插的理想基质。插穗条件对生根成苗影响显著, 一级侧枝的生根率高达 100%, 带顶芽的插穗的生根率显著高于不带顶芽的插穗, 5~10 cm 长的插穗是扦插的适宜插穗长度。插穗年龄和位置效应明显, 1、2 龄插穗和母树中部的插穗, 扦插成活率高, 成活苗根系发达、健壮。不同插穗条件欧洲云杉扦插苗经过 1 年培育, 它们的生长量变化较大, 这与插穗自身健康状况有关。

**关键词:** 欧洲云杉; 插穗条件; 基质; 生根进程; 生根率

**中图分类号:** Q94-3; S723.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2011)04-0479-06

## Research on media selection and cutting effects in the cuttage of *Picea abies*

MA Jian-Wei<sup>1</sup>, AN San-Ping<sup>1</sup>, YANG Wei<sup>1</sup>, WANG Mei-Qin<sup>1</sup>,  
ZHANG Song-Zhi<sup>1</sup>, WANG Jun-Hui<sup>2\*</sup>

(1. *Research Institute of Forestry of Xiaolongshan, Tianshui 741022, China;* 2. *Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Key laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, Beijing 100091, China*)

**Abstract:** Using six-year-old *Picea abies* as ortets, a systematic study was conducted on the response of different cutting conditions to rooting and growth of cutting, the effect of media in degradable containers on the cutting growth was observed at the same time. The results showed that the formation of callosity was started to form at 20 d after propagated, the root tip was appeared at 37 d, the time between 50-65 d was the fatigue of rooting and the development period of root system, the root system was formed basically when 65 d. There was extremely significant differences of rooting rates among different media, peat+ char rice husk (1:2) was the ideal medium for *P. abies* cutting propagation. The cutting conditions had significant effect on the formation of root and seedling, the rooting rate of the primary lateral branch could reach 100%. The rooting rate of the cuttings with top bud was higher than that of the cuttings without top bud. The optimum cutting length was 5-10 cm. The cutting age and position effect were distinct, the cuttings of one or two-year-old from mother tree middle part had high cutting survival rate and the roots of survival seedlings were upgrowth and haleness. The cutting seedlings propagated from different cutting conditions were cultivated for one year, and they exhibited great variations in mass growth, which was related with the cuttings health.

**Key words:** *Picea abies*; cutting conditions; medium; rooting course; rooting rates

收稿日期: 2010-08-07 修回日期: 2010-12-30

基金项目: 国家级推广计划项目[2009]5号; 国家农业科技成果转化基金(2010GB24320611)[Forestry Extension Plan Projects to Promote National Scientific and Technological Achievements[2009]5; Agricultural Science Technology Achievements Transformation Fund(2010GB24320611)]

作者简介: 马建伟(1963-), 男, 甘肃镇原人, 高级工程师, 从事林木遗传育种研究, (E-mail) lksmajianwei@sina.com.

\* 通讯作者: 王军辉, 男, 研究员, 主要从事云杉、榧树遗传种研究, (E-mail) wangjh808@sina.com.

世界云杉属(*Picea*)约有40多个种,它们单位面积年蓄积量高、材质好、用途广,早已成为西欧、北欧、波罗的海沿岸国家及俄罗斯和加拿大的重要工业用材树种。欧洲云杉(*Picea abies*)广泛分布于欧洲中部和北部,垂直分布海拔2 000 m,年降水量500~1 000 mm。20世纪80年代开始,我国先后从欧洲8个国家引种,在我国温带不同生态区域的20个试验点开展了广泛的点对比试验,研究结果表明,欧洲云杉喜凉爽湿润气候,但也耐大气干旱,对气温和土壤的适应范围广,在我国扩大引种潜力很大,而且既可作速生用材林培育,又是城市绿化优良树种,是目前国外云杉中在国内适生区表现最好的树种(王豁然等,1998)。由于云杉实生苗期生长缓慢,培育周期在5~7年之间,难以满足造林苗木的需求,同时由于它是外来树种,国内不具备种子生产能力,而进口种子又受到价格、数量等诸多因素的影响,难以满足需求,因此,欧洲云杉无性繁殖技术的滞后,成为发展这一优良速生树种的瓶颈,而且实生种子园由建园到生产种子需时极长,致使欧洲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广泛重视。许多研究证明,扦插苗的前期生长速度则明显高于实生苗(马常耕,1994)。20世纪50年代,德国、丹麦和挪威学者就开始了欧洲云杉无性系选择和利用的研究,早期普遍以老龄优树为扦插对象,未获可用结果。直至德国的Kleinschmit以优良种源的超级苗为利用对象,才为无性系利用开拓了新的实用道路(Bentzer,1999)。加拿大BC省林木遗传研究所已开始大量生产由抗象鼻虫双亲产生的西加云杉优良无性系苗。国外对欧洲云杉的扦插育苗试验表明,不同种类插条的生根力不同且随着年龄的增加,欧洲云杉硬枝插条生根力逐渐下降(Bengt,1981)。近年来,我国对不同激素及其浓度和处理时间在川西云杉(王军辉等,2006)、天山云杉(陈因欣等,1999)和黑云杉(崔文山等,2002)扦插繁殖过程中的作用也作了一些研究,但尚不够系统和深入。国内对欧洲云杉的扦插育苗技术研究,特别是穗条效应对生根的响应、网袋容器基质配比及扦插生根进程的研究还没有报道。为了更有效地促进欧洲云杉无性系苗在生产实际中的广泛使用,作者于2007~2009年对欧洲云杉扦插的基质和插穗条件进行了系统研究,旨在寻找促进欧洲云杉

插条更易生根的扦插基质和采穗枝龄、枝条类型、枝条着生部位,同时对不同处理的1年生扦插成活苗后效进行研究,以便找到更好的插穗插前处理技术,为欧洲云杉优良无性系的选择开拓道路。

## 1 材料与方法

### 1.1 插穗来源

试验插穗来自甘肃小陇山林业科学研究所采穗圃5~6年生欧洲云杉。从采穗母株上剪下插穗后,迅速用利刃刀将基部削成楔形,每30根扎成1捆,扦插试验采用完全随机区组设计,每处理3次重复,每重复30个插穗。

### 1.2 轻基质网袋容器的制作

将水份不超过35%的炭化稻壳和泥炭土2种基质按比例放到轻基质搅拌筛分机的料筒里,充分搅拌,通过筛分机筛除粒径大于8 mm的杂物。然后经基质网袋容器机生产出直径40~50 mm的轻基质网袋容器。用3‰的高锰酸钾溶液浸泡1 h左右,然后切断。每个容器长10 cm,摆放到透水性较好的筛网状育苗托盘里,每托盘装65个容器。然后将托盘放于架空的插床上,以待扦插。

### 1.3 试验地概况和插床设置

试验地设在甘肃小陇山林业科学研究所苗圃(105°54'37" E, 34°28'50" N),海拔1 160 m。年降雨量600~800 mm,蒸发量1 290.0 mm,平均气温10.7 °C,≥10 °C积温3 359.0 °C。4~9月份晴天日平均光照时数13~14 d,夏季日最高光照强度为2 500 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>。插床采用悬臂转动式全光自动喷雾装置,为直径12 m,高60 cm的圆形架空插床。在轻基质网袋容器中进行扦插试验。

### 1.4 试验设计

1.4.1 欧洲云杉扦插生根进程试验 用采穗母树中部一级侧枝顶梢为穗条,制成8~10 cm长插穗,在200 mg/L的IBA中浸泡1 h,扦插在网袋容器基质(泥炭:炭化稻壳=1:1)中,共处理500株插穗。6月22日开始扦插,从扦插后10 d开始,每7 d观测1次,共调查13次,调查愈伤组织形成过程和根系发育情况,进行插穗生根进程研究。

1.4.2 不同基质配比的对比试验 选择当地较易收集的泥炭、稻壳为基质原料,设计5个处理(A是纯泥炭、B是纯稻壳、C是泥炭:稻壳=2:1、D是泥炭:稻壳=1:2、E是泥炭:稻壳=1:1),以干净

河沙为对照,插穗用 IBA $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  处理 1 h,进行扦插基质的选择研究。

1.4.3 采穗母树上各级侧枝效应 以采穗母树的主梢、顶轮侧枝、一级侧枝、二级侧枝、三级侧枝为插穗,插穗用 IBA $200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  处理 1 h,基质为炭化稻壳:泥炭土=1:1,研究采穗母树各级侧枝的扦插生根效应。

1.4.4 插穗长度效应试验 将采穗母树的一级侧枝制成带顶芽的 4 个长度(3、5、8、10 cm),去顶芽的 3 个长度(3、5、8 cm)的插穗,用 IBA $200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  处理 1 h,基质为炭化稻壳:泥炭土=1:1,研究插穗顶芽及插穗长度对生根的影响。

1.4.5 插穗生理年龄对生根的影响 采穗母株上采 1 龄、2 龄、3 龄共 3 种枝龄,用 IBA $200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  处理 1 h,基质为炭化稻壳:泥炭土=1:1,研究插穗生理年龄对生根的影响。

1.4.6 插穗在采穗母树上的部位效应 按照树冠上、中 2 个部位分别采穗,以 IBA $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  处理插穗 1 h,基质为炭化稻壳:泥炭土=1:1,研究采穗母树上不同部位穗条的扦插生根效应。

1.4.7 对各级侧枝、插穗长度、插穗年龄效应的扦插成活苗培育 1 年后进行生长量调查,研究各处理对扦插苗生长的后效影响。

## 1.5 试验结果调查和数据分析

生根进程调查,从扦插后 10 d 开始,每隔 7 d,观测 20 个插穗的生根情况,其它试验均在扦插后 100 d 时,按处理和按重复调查 60 个插穗的生根率、生根数量、单根长度。调查数据采用 DPS 软件进行分析,进行 LSD 多重比较。并调查培育 1 年生扦插苗的苗高、地径和侧枝数。

各类插穗生根性状评价采用根系效果指数,根系效果指数简化为:根系效果指数=平均根长 $\times$ 根系数量/扦插穗条总数(朱湘渝等,1991)。

## 2 结果与分析

### 2.1 欧洲云杉愈伤组织的形成及生根进程

由图 1 看出,欧洲云杉插穗扦插愈伤组织始期为扦插后 20~30 d;愈伤组织的大量分化期为扦插后 30~50 d;以后为愈伤组织的稳定期。欧洲云杉新根发端期或开始生根期为扦插后 37~50 d,急速生根期为扦插后 50~65 d,此后为平缓期或生根停止期。到扦插后 100 d 时,生根率达到 90%,插穗的

平均生根数 5.96 条,平均根长 1.38 cm,此后根条数不再增加,但根系却继续生长。

在生根过程观测中发现,欧洲云杉根尖由愈伤组织分化产生,即切口生根,只有极少数插穗在皮部生根。愈伤在生根前 15~20 d,由愈伤组织形成到生根要 20 d,由始生根到迅猛生根期要 15 d,急速生根期持续 15 d,此后生根率增加很少,基本保持在 80% 的水平,此为多基因型混合插穗的生根率。

### 2.2 基质和穗型扦插生根的方差分析

表 1 表明,各试验处理间在生根率上普遍存在差异,在单穗生根数上多数有统计学上的差异,根长基本无差异。

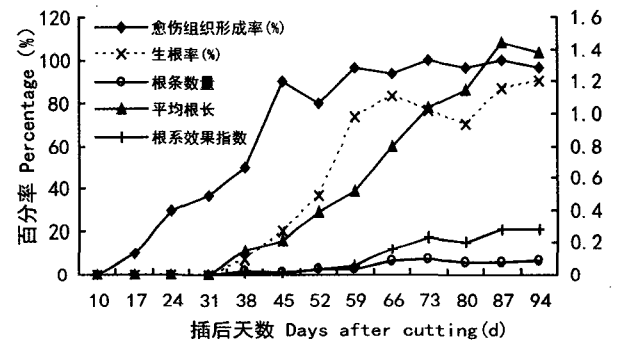


图 1 欧洲云杉扦插生根情况随时间的变化  
Fig. 1 The change of cutting rooting ability with different time during cutting of *Picea abies*

### 2.3 基质对插穗生根的影响

由表 2 可以看出,基质 D(泥炭:稻壳=1:2)和基质 E(泥炭:稻壳=1:1)的生根率最高,分别为 96.67% 和 95%,比对照 CK 分别高出 53.4% 和 51.7%。其根条数和平均根长也最大。比较这几种基质的特点是:基质 A(100% 的泥炭),空隙度小,排水不良,通气性差,插穗在生根过程中易腐烂;基质 B(100% 的炭化稻壳),虽然空隙度大,通气性较好,但持水性较差,而不利插穗生根;基质 D 和基质 E 具有良好的空隙度,既通气,又透水,能够同时满足插穗在生根过程中所需要的水份和空气要求,因此其生根率高,成活的苗木根系质量好。

### 2.4 不同侧枝类型对穗条生根的影响

由表 3 可以看出,一级侧枝的生根率为 100%,三级侧枝生根率最差(66.67%)。尽管三级侧枝的平均根长最大,但根条数最少。因此要获得较高质量的扦插苗,应选择母树上的健壮顶轮、一级和二级侧枝做插穗。同时,主梢、顶轮侧枝、一级侧枝为插穗的扦插苗苗高、地径、侧枝数较好,均大于三级侧

表 1 欧洲云杉基质和不同穗材型生根性状的方差分析  
Table 1 Analysis of variance of rooting characters of cutting of *Picea abies*

试验处理 Experiment treatment	生根率 Rooting rate		生根数量 No. of roots		平均根长 Mean root lengths		根系效果指数 Root effect-index	
	F	P	F	P	F	P	F	P
基质 Media	12.956 **	0.0002	3.581 *	0.0326	0.483	0.7825	1.741	0.1999
侧枝类型 Branch order	6.064 **	0.0096	6.025 **	0.0098	0.716	0.5999	0.175 **	0.9463
插穗长度 Cutting length	8.745 **	0.0066	10.174 **	0.0042	1.816	0.2222	2.689 **	0.1171
带或不带顶芽 Cutting with or without terminal bud	215.289 **	0.0001	29.58 **	0.0055	0.1	0.7681	0.239 **	0.6505
插穗生理年龄 Physiological age of cutting	19.734 **	0.0023	0.155	0.9753	2.156	0.197	3.567 **	0.0954
采穗部位 Cutting position	15.453 *	0.0171	1.384	0.3047	2.635	0.1799	3.941 **	0.1181

\* 表示  $0.01 < P < 0.05$  水平差异显著; \*\* 表示  $0.001 < P < 0.01$  水平差异显著; 无 \* 表示  $P < 0.05$  差异不显著。

\* denoted significant difference at  $0.01 < P < 0.05$  level; \*\* denoted significant difference at  $0.001 < P < 0.01$  level; NS denoted insignificant difference.

表 2 不同基质对欧洲云杉插穗生根的影响  
Table 2 The effect of different media on the roots of *Picea abies* cuttings

基质 Media	生根率 (%) Rooting rate	生根数量 (条/穗) No. of roots	平均根长 (cm) Mean root lengths	根系效果指数 Root effect-index
100% 泥炭	46.67 ± 10.29b	6.10 ± 2.61b	2.91 ± 0.49a	0.86 ± 0.30ab
100% 稻壳	90.00 ± 4.94a	6.16 ± 0.88b	2.39 ± 0.38a	0.73 ± 0.10b
泥炭: 稻壳 = 2: 1	93.33 ± 11.43a	9.92 ± 0.72a	2.49 ± 0.27a	1.24 ± 0.18ab
泥炭: 稻壳 = 1: 2	96.67 ± 7.46a	9.12 ± 0.90a	2.58 ± 0.18a	1.17 ± 0.04ab
泥炭: 稻壳 = 1: 1	95.00 ± 13.16a	9.65 ± 1.68a	2.83 ± 0.28a	1.38 ± 0.36a
CK	43.33 ± 4.45b	8.68 ± 1.75ab	2.55 ± 0.97a	1.16 ± 0.59ab

\* 同列数据后不同字母间表示差异显著 ( $P < 0.01$ )。下同。

\* The letters in same column data indicated significant difference ( $P < 0.01$ ). The same below.

表 3 不同侧枝类型对欧洲云杉插穗生根和幼苗生长的影响  
Table 3 Effects of different branch types on rooting characters of cuttings and nursery growth of *Picea abies*

侧枝类型 Branch order	生根率 (%) Rooting rate	生根数量 (条/穗) No. of roots	平均根长 (cm) Mean root lengths	根系效果指数 Root effect- index	苗高 (cm) Height after planting one- year in Nursery	地径 (cm) Base diameter after planting one-year in Nursery	侧枝数 (个) Branch numbers after planting one- year in Nursery
主梢	86.67 ± 4.69bc	10.52 ± 0.84a	2.40 ± 0.63a	1.25 ± 0.24a	16.10 ± 2.20a	5.50 ± 0.48a	7 ± 0.57a
顶轮侧枝	93.33 ± 10.64ab	9.02 ± 1.53a	1.68 ± 0.56a	0.76 ± 0.29a	13.78 ± 1.69ab	3.83 ± 0.44b	5 ± 0.00b
一级侧枝	100 ± 0.00a	9.43 ± 2.89a	2.24 ± 0.28a	1.06 ± 0.33a	13.27 ± 1.31bc	3.64 ± 0.36b	5 ± 0.00b
二级侧枝	96.67 ± 10.64ab	8.9 ± 1.90a	2.42 ± 1.17a	1.16 ± 0.80a	10.90 ± 0.86c	2.74 ± 0.21c	3 ± 0.00c
三级侧枝	66.67 ± 13.97c	3.96 ± 1.06b	5.68 ± 7.13a	1.35 ± 1.85a	5.81 ± 0.42d	1.35 ± 0.19d	1 ± 0.00c

枝的。其中主梢扦插苗比三级侧枝扦插苗苗高、地径和分枝数各性状分别提高 177%、307%、600%。

### 2.5 插穗长度对穗条生根和 1 年生扦插苗生长的影响

由表 4 看出,有顶芽和无顶芽两类插穗生根率存在极显著差异,不论插穗长度,有顶芽的插穗生根率显著优于无顶芽的插穗。同时,带顶芽插穗长度 5~10 cm 生根率高达 77%,3 cm 的为 44.47%。同时,随着插穗长度增大,1 年成活扦插苗的苗高和侧枝数也在增大。而插穗长度 8 cm 的地径最大,达 5.27 mm。10 cm 插穗的侧枝数比 3 cm 的多 2 个。

### 2.6 插穗生理年龄对生根和 1 年生扦插苗生长的影响

由表 5 可以看出,生理年龄 1 龄和 2 龄侧枝的生根率极显著高于 3 龄侧枝生根率,1 龄侧枝生根率最好 (96.67%),2 龄侧枝次之,3 龄侧枝最差 (43.33%)。同时插穗侧枝年龄对成活扦插苗培育的生长也有影响。其中生理年龄 2 龄插穗的地径最大 (4.52 cm),而 1 龄插穗的苗高和分枝数最高。

### 2.7 欧洲云杉扦插中插穗位置效应

树木枝条不同部位的根原基数量和贮存营养物质的量是不同的,所以不同部位的插穗生根率、成活

表 4 不同插穗长度对欧洲云杉插穗生根和幼苗生长的影响

Table 4 Effects of different cutting lengths on rooting characters of cuttings and nursery growth of *Picea abies*

插穗带或不带顶芽 Cutting with or without terminal bud	插穗长度 Cutting length (cm)	生根率 (%) Rooting rate	生根数量 (条/穗) No. of roots	平均根长 (cm) Mean root lengths	根系效果指数 Root effect-index	苗高 (cm) Height after planting one-year in Nursery	地径 (cm) Base diameter after planting one-year in Nursery	侧枝数 (个) Branch numbers after planting one-year in Nursery
带顶芽	3	44.47±6.19b	3.57±0.39c	1.87±0.60a	0.33±0.09a	5.08±1.08b	2.05±0.11b	1±0.00c
Cutting with terminal bud	5	80.00±6.19a	6.06±0.57ab	2.25±0.57a	0.69±0.23a	7.85±3.48ab	2.59±0.09ab	2±0.00b
	8	77.80±1.32a	5.57±0.22b	1.27±0.44a	0.35±0.11a	9.34±0.63a	5.27±1.60a	2±0.58b
不带顶芽	10	77.77±8.50a	7.56±1.64a	1.59±0.53a	0.62±0.28a	11.45±2.11a	3.05±0.15ab	3±0.00a
	3	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	—
Cutting without terminal bud	5	2.22	1.67	1.71	0.24	—	—	—
	8	23.33	6.83	3.08	1.07	—	—	—

表 5 不同插穗生理年龄对欧洲云杉插穗生根和幼苗生长的影响

Table 5 Effects of different cutting physiological ages on rooting characters of cuttings and nursery growth of *Picea abies*

插穗年龄 Cutting ages	生根率 (%) Rooting rate	生根数量 (条/穗) No. of roots	平均根长 (cm) Mean root lengths	根系效果指数 Root effect-index	苗高 (cm) Height after planting one-year in Nursery	地径 (cm) Base diameter after planting one-year in Nursery	侧枝数 (个) Branch numbers after planting one-year in Nursery
1 龄 one-year old	96.67±10.64a	9.87±1.45a	2.59±0.56a	1.30±0.43ab	20.33±0.31c	3.64±0.40a	8±0.57b
2 龄 two-year old	86.67±4.69a	9.87±1.03a	3.21±0.78a	1.61±0.55a	17.11±0.92b	4.52±0.65a	5±1.15b
3 龄 three-year old	43.33±8.92b	5.53±3.36a	1.75±1.12a	0.57±0.47b	13.71±0.95a	3.76±0.45a	5±1.73a

表 6 不同插穗位置对欧洲云杉插穗生根的影响

Table 6 Effects of different cutting positions on rooting characters of *Picea abies* cuttings

采穗部位 Cutting position	生根率 (%) Rooting rate	生根数量 (条/穗) Number of roots	平均根长 (cm) Mean root lengths	根系效果指数 Root effect-index
上部枝条 Upper branch	63.33±6.81a	8.50±1.25a	1.70±0.30a	0.72±0.17a
中部枝条 Lower branch	90.00±4.94b	9.47±0.71a	2.02±0.17a	0.96±0.10a

率都有明显的差异,本试验研究欧洲云杉枝条的上、中 2 个部位的插穗对其生根的影响,由其结果(表 6)看出,树冠中部插穗的生根率达到 90%,而上部的仅为 63.3%,中部生根率比上部高 28%。枝条中下部的生根效果明显优于上部位,其原因是枝条下部的根原基和营养物质多于上部,且上部的插穗相对于中部的木质化程度低,而枝条上部稍嫩一些,夏季扦插更易失水的缘故。

### 3 结论与讨论

云杉在全光雾条件下,以轻基质网袋在 6 月中下旬扦插,在生根过程观测中发现,5~6 年生母树的穗条根尖由愈伤组织分化产生,即切口生根,而有少数插穗在皮部生根。在网袋容器扦插苗管理中,需加强水份管理和根外施肥,以促进根系的发育和木质化。从试验结果来看,欧洲云杉插条很少有潜伏根原基存在,是其不易生根的重要原因,因此,其扦插苗的不定根应属于诱生根原基型。欧洲云杉属

愈伤组织生根型难生根树种,通过全光自动喷雾扦插设备和合理运用各项技术解决生根问题,是大幅度提高生根率的关键。当然,欧洲云杉生根是一个复杂的代谢过程,不能简单地认为施用某种生长素就能促进生根,特别是对难生根的植物施用生长素也未必就能生效,而且当生长素浓度不适合时反而抑制生根。

扦插基质是影响扦插苗生根率高低及根系活力的重要因素之一,不同扦插基质在持水力、透气性和透水性等方面有各自的特点,本试验也得出不同基质对欧洲云杉的生根率存在极显著差异,要选择既通气,又持水的基质,能够同时满足插穗在生根过程中所需要的水份和空气要求,因此其生根率高,成活的苗木根系质量好。

侧枝类型对生根的影响差异显著,这与在川西云杉(王军辉等,2006,2007)、天山云杉(陈因欣等,1999)、黑云杉(崔文山等,2002)的扦插试验结果具有相似性,应选择母树上健壮的顶轮、一级和二级侧枝做欧洲云杉插穗较为理想。带顶芽和去顶芽处理

的生根率存在极显著差异,顶芽是最活跃的生长点之一,不带顶芽的插穗在喷雾时,容易使插穗剪口处腐烂,减少了插穗的新陈代谢,致使生根率下降(邵顺流等,2006)。插穗长度对生根率的影响存在极显著差异,这与在红皮云杉(赵丽惠等,1999)扦插的试验结果具有相似性。

本研究表明,欧洲云杉母树冠中部和上部的插穗生根率存在极显著差异,母树中部的1年生枝的生根情况优于上部的1年生枝插穗,因为中下部插穗更处于生理幼化状态,生根率较高(赵丽惠等1999)。枝条年龄对扦插生根影响非常大,枝条的木质化程度较高,新陈代谢缓慢,导致生根能力下降,本试验也发现欧洲云杉1年生枝条的生根率明显比2年生枝条高。这与在青海云杉(师晨娟等,2002)、红皮云杉(周显昌等,1995)、杉木、马尾松(季孔庶等,1998)和挪威云杉(Kleinschmit,1997)结论基本一致。

欧洲云杉生根的生理生化原因目前还没有报道,但刘关君等(2000)在长白落叶松生根的研究报道中认为,IAA和ABA的含量和扦插生根有密切的关系,IAA促进生根,ABA抑制生根,IAA/ABA的比值可以来衡量落叶松的生根能力。对这方面的结论有待于进一步研究。

不同插穗条件的欧洲云杉扦插成活苗经过1年培育,它们的生长量变化较大,这与插穗的自身健康状况有关(Dormling & Kellerstram,1981; Kleinschmit & Schmidt,1997; Skroppa & Dietrichson,1986)一年半木质化侧枝顶梢、顶轮侧枝、一级侧枝的生长量优于其它侧枝,并且5~10 cm的插穗长度的生长量也较好。因此欧洲云杉扦插的理想基质是用1份泥炭+2份炭化稻壳,用一级侧枝主梢带顶芽长8~10 cm穗条是理想的扦插材料。

## 参考文献:

- 王豁然,江泽平,傅紫岐. 1998. 林木引种驯化与森林可持续经营[M]. 中国环境科学出版社:165-171
- Bengt Bentzer. 1981. Large scale propagation of norway spruce (*Picea abies*) by cuttings[R]. In Symposium on Clonal Forestry, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala Res Notes, 32:33-56
- Bentzer B. 1990. Strategies for Clonal Forestry with Norway Spruce [M]//Ahuja MR, Libby WJ(eds). Clone Forestry: Genetics Biotechnology and Application; New York: Springer Veelag
- Chen YX(陈因欣), Shi M(师敏), Chen JM(陈静梅), et al. 1999. A preliminary study on cuttage seedling-raising(天山云杉扦插育苗试验研究)[J]. *J Northwest Fore Univ*(西北林学院学报), 14(2):19-23
- Cui WS(崔文山), Huang GX(黄国学), You WZ(尤文忠), et al. 2002. A study on vegetation propagation tests of *Picea mariana* by solid wood cutting(黑云杉嫩枝扦插育苗技术研究)[J]. *J Shenyang Agric Univ*(沈阳农业大学学报), (10):348-351
- Dormling I, Kellerstram H. 1981. Rooting and rejuvenation in propagation Norway spruce cutting[R]. In Symposium on Clonal Forestry, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala Res Notes, 32:65-72
- Ji KS(季孔庶), Wang ZG(王章荣), Wang MX(王明麻), et al. 1996. Progress and countermeasures in conifer vegetative propagation(针叶树种扦插繁殖的研究进展及其对策)[J]. *World Fore Res*(世界林业研究), 4:17-22
- Kleinschmit J, Schmidt J. 1997. Experiences with *Picea abies* cutting propagation in Germany and problems connected with large scale application[J]. *Silv Genet*, 26:5-6
- Liu GJ(刘关君), Li XY(李绪尧), You XL(由香玲), et al. 2000. Relationship between endogenous hormone changes of softwood cuttings and adventitious roots of *Larix olgensis* emerging(长白落叶松插穗内源激素变化和不定根产生的关系)[J]. *J Northeast Fore Univ*(东北林业大学学报), (1):19-20
- Ma CG(马常耕). 1994. State of development of clonal forestry of *Picea asperata* in the world(世界云杉无性系林业发展现状)[J]. *World Fore Res*(世界林业研究), 6:24-31
- Mats Hannerz, Curt Almqvist, Inger Ekberg. 1999. Rooting success of cutting from young *Picea abies* in transition to flowering competent phase[J]. *Scand J For Res*, 14:498-504
- Shao SL(邵顺流), Qian H(钱华), Jin ZF(金贞福), et al. 2006. Rooting promotion and formation of adventitious roots of *Abies beshanzensis*(百山祖冷杉插穗生根促进和不定根形成)[J]. *J Northeast Fore Univ*(东北林业大学学报), 34(5):47-48
- Shi CJ(师晨娟), Hu CS(胡长寿), Liu Y(刘勇). 2002. Research on hardy branch cutting cultivation of Qinghai Spruce(青海云杉硬枝扦插繁殖研究)[J]. *Acta Agric Univ Jiangxi*(江西农业大学学报), (2):259-263
- Skroppa T, Dietrichson J. 1986. Genetic variation and ortet/ramet relationship in clonal test with *Picea abies*[J]. *Sacn J For Res*, 1:323-332
- Wang JH(王军辉), Zhang JG(张建国), Zhang SG(张守攻) et al. 2006. Rooting ability of hardwood cutting of *Picea balfouriana*(川西云杉硬枝扦插生根特性的研究)[J]. *J Zhejiang Fore Coll*(浙江林学院学报), 23(3):351-356
- Wang JH(王军辉), Zhang JG(张建国), Zhang SG(张守攻), et al. 2007. Effects of several factors on rooting of cutting(几种因素对川西云杉扦插繁殖生根的影响)[J]. *J Nanjing Fore Univ; Nat Sci Edi*(南京林业大学学报·自然科学版), 31(1):51-54
- Zhao LH(赵丽惠), Zhang XS(张兴祥), Peng DM(彭冬梅). 1999. Cutting propagation of *Picea koraiensis*(红皮云杉的扦插繁殖技术)[J]. *J Northeast Fore Univ*(东北林业大学学报), (1):14-15
- Zhou XC(周显昌), Pan BL(潘本立), Zhang HG(张含国), et al. 1995. Study on the cuttage technique of green branch for *Picea koraiensis*(红皮云杉嫩枝扦插繁殖技术的研究)[J]. *Fore Sci Tech*(林业科技), (5):2-3
- Zhu XY(朱湘渝), Wang RL(王瑞玲). 1991. Research on the rooting properties of the new clones of *Populus euramericana*(欧美杨新无性系生根性研究)[J]. *Fore Sci Tech*(林业科技), 27(2):163-167