

文章编号: 1001-1498(2009)01-0091-07

# 花楸树嫩枝扦插繁殖技术研究

郑健<sup>1, 2</sup>, 郑勇奇<sup>1\*</sup>, 吴超<sup>3</sup>

(1. 中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091; 2. 中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东 广州 510520;  
3. 天津市河东区绿化管理二所, 天津 300176)

**摘要:**以天然成年植株和温室1年生、2年生幼苗萌生的当年生半木质化枝条为扦插材料,以不同浓度(500、1 000、1 500、2 000、2 500、3 000 mg·kg<sup>-1</sup>)的BA、NAA、BA+NAA(10:1)、BA+NAA(5:1)、BA+NAA(2:1)、BA+NAA(1:1)等为外源激素处理插穗,以泥炭+珍珠岩(3:1)、蛭石、河沙为扦插基质,对花楸树嫩枝扦插繁殖进行了研究。结果表明:取自成年母树的插穗没有不定根生成,取自1、2年生幼苗的插穗平均生根率分别为79.03%、70.37%,不定根平均长度分别为5.01、4.85 cm,不定根数量分别为19、30根;取自枝条下部的插穗生根效果明显优于取自上部的插穗;采穗及扦插时间在枝条发芽后1.5~2.0个月时为宜;扦插基质选用蛭石或者泥炭土+珍珠岩(3:1);外源激素选用BA+NAA(10:1)或者BA+NAA(5:1),以1 500 mg·kg<sup>-1</sup>为最佳浓度处理,生根率达90%以上,不定根平均长度在6.67 cm以上,不定根数量在34根以上;花楸树嫩枝扦插以皮部生根为主,属于皮部生根类型。

**关键词:**花楸树;外源激素;嫩枝扦插;繁殖

中图分类号: S792.25

文献标识码: A

## Propagation of *Sorbus pohuashanensis* by Softwood Cuttings

ZHENG Jian<sup>1, 2</sup>, ZHENG Yongqi<sup>1\*</sup>, WU Chao<sup>3</sup>

(1. Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China; 2. Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou 510520, Guangdong, China; 3. Afforestation Management Office of Hedong District, Tianjin 300176, China)

**Abstract:** Using different types of auxins (BA, NAA, BA+NAA (10:1), BA+NAA (5:1), BA+NAA (2:1) and BA+NAA (1:1)), with different concentrations (500, 1 000, 1 500, 2 000, 2 500 and 3 000 mg·kg<sup>-1</sup>), and different types of rooting media (vermiculite, peat+perlite (3:1) and sand), the rooting ability was studied of cuttings collected from field-grown and greenhouse-grown *Sorbus pohuashanensis* (Hance) Hedl. Rooting rate, length and number of adventitious roots were measured. No adventitious roots but callus were found in the cuttings collected from lateral branches of adult trees. However, adventitious roots were found in the cuttings collected from 1- or 2-year-old saplings, with an average rooting rate 79.03%, 70.37% respectively, an average root length 5.01, 4.85 cm respectively) and 19, 30 respectively adventitious roots per cutting. The rooting rate of cuttings taken from lower part of branches was higher than from upper part of branches. Cuttings should be collected before being completely lignified, about 1.5 - 2.0 months after bud-shooting. Vermiculite or peat-perlite at a ratio of 3:1 were found to be the appropriate rooting media. The rooting rate was improved by basal application of BA+NAA at a ratio of 10:1 or BA+NAA at a ratio of 5:1, and the best concentration of the hormones was 1 500 mg·kg<sup>-1</sup>, which produced a rooting rate of above 90%, an average root length of 6.67 cm and 34 adventitious roots per cutting on average.

**Key words:** *Sorbus pohuashanensis*; exogenous auxins; softwood cutting; propagation

收稿日期: 2008-05-30

基金项目: 国家科技支撑计划农业领域课题(2006BAD13B07)和国家科技基础条件平台工作课题(2005DKA21003-05)

作者简介: 郑健(1977—),男,助理研究员,博士,主要从事林木遗传资源研究, E-mail: zhengjian770116@163.com

\*通讯作者。

扦插繁殖是林木无性繁殖中应用前景最广泛的方法,它具有简单易行、繁殖速度快、繁殖系数高、成本低的优点。特别是林木近年来,随着无性系林业的发展,特别是林木幼化理论和技术的突破,扦插繁殖越来越引起世界各国的关注,它不仅解决了林木的规模化生产问题,而且为优良无性系的保存及其在林木改良中的应用提供了技术支撑<sup>[1-2]</sup>。花楸树 (*Sorbus pohuashanensis* (Hance) Hedl) 又名百花花楸、红果臭山槐等,蔷薇科 (Rosaceae) 苹果亚科 (Maloidae) 花楸属 (*Sorbus*) 落叶小乔木,为我国花楸属分布较广的树种<sup>[3]</sup>,具有极高的资源价值。国内对其研究及应用相对较少,其多种价值尚未开发利用,主要原因在很大程度上是繁殖比较困难。国内一些学者对花楸树的扦插繁殖进行了探索,普遍认为花楸树为难生根树种<sup>[4-7]</sup>,扦插成活率较低。因此,为了突破花楸树扦插繁殖技术,加快花楸树遗传改良的进程,本文从嫩枝插穗的来源、种类、扦插基质、激素种类及其浓度等方面对花楸树嫩枝扦插繁殖技术进行了较系统的研究,探索其生根效果最好的方法,确定其有效的嫩枝扦插繁殖技术,为其进一步的新品种选育、规模化生产以及园林绿化应用奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 插穗与基质

嫩枝插穗分别采自河北雾灵山成年母树和温室内 1、2 年生幼苗萌生的半木质化枝条,扦插基质选用泥炭土和珍珠岩 (3:1) 的混合基质、蛭石、河沙等 3 种,所用外源激素为萘乙酸 (NAA)、吲哚丁酸 (BA)。

### 1.2 扦插条件

在中国林科院温室进行花楸树嫩枝扦插试验。插床底部铺珍珠岩 20 cm,将装有扦插基质的营养杯 (规格 10 cm × 10 cm) 摆放在珍珠岩上。为更好地控制温度、湿度,在插床上搭建塑料薄膜拱棚,高约 50 cm。棚内相对湿度 90% 以上,气温 21 ~ 30 ℃,扦插基质温度 21 ~ 26 ℃,光照强度为自然光的 1/3 ~ 1/2。

### 1.3 试验设计

#### 1.3.1 激素种类对花楸树嫩枝扦插生根的影响

以 1、2 年生花楸树幼苗萌生的半木质化枝条制作插穗,用不同浓度 (500、1 000、1 500、2 000、2 500、3 000 mg · kg<sup>-1</sup>) 的 BA、NAA、BA + NAA (10:1)、BA + NAA (5:1)、BA + NAA (2:1)、BA + NAA (1:1) 浸泡插穗基部,时间均为 10 s,以清水为对照 (CK)。于 2008 年 3 月 30 日扦插。

1.3.2 激素浓度对花楸树嫩枝扦插生根的影响 以 1、2 年生花楸树幼苗萌生的半木质化枝条制作插穗,用不同浓度 (500、1 000、1 500、2 000、2 500、3 000 mg · kg<sup>-1</sup>) 的 BA + NAA (10:1) 浸泡插穗基部,均浸泡 10 s,以清水为对照 (CK)。分别于 2007 年 8 月 9 日、2008 年 3 月 30 日扦插。

1.3.3 采穗母株对生根能力的影响 用成年、1、2 年生花楸树萌生的半木质化枝条制作插穗,用不同浓度 (500、1 000、1 500、2 000、2 500、3 000 mg · kg<sup>-1</sup>) 的 BA + NAA (10:1) 浸泡插穗基部,均浸泡 10 s,分别于 2007 年 7 月 5 日、2007 年 8 月 9 日、2008 年 3 月 30 日扦插。

1.3.4 采穗部位对生根的影响 以 2 年生幼苗当年萌生的枝条为材料,分基部、上部 2 段分别制作插穗,用浓度为 1 500 mg · kg<sup>-1</sup> 的 BA + NAA (10:1) 浸泡插穗基部,均浸泡 10 s,于 2008 年 3 月 30 日扦插。

1.3.5 扦插基质对花楸树嫩枝扦插生根的影响 以 2 年生幼苗当年萌生的枝条制作插穗,用浓度为 1 500 mg · kg<sup>-1</sup> 的 BA + NAA (10:1) 浸泡插穗,均浸泡 10 s。插穗保留 2 ~ 3 个芽,长 6 ~ 10 cm,直径 2 ~ 4 mm,分别以泥炭土和珍珠岩 (3:1)、蛭石、河沙为扦插基质。于 2008 年 3 月 30 日扦插。

以上所有试验均采用完全随机区组设计,每个小区扦插 30 根插条,重复 3 次。采用直插法,扦插深度为 1 ~ 2 cm。

1.3.1 ~ 1.3.4 节插穗规格一致,插穗保留 2 ~ 3 个芽,长 6 ~ 10 cm,直径 2 ~ 4 mm,均以泥炭土和珍珠岩 (3:1) 为扦插基质。

### 1.4 扦插后管理

植物的插穗能否生根,除取决于插条自身的遗传因素外,提供插条生根的环境条件也至关重要<sup>[8-9]</sup>。插前先用 0.5% 的 KMnO<sub>4</sub> 溶液对床面进行消毒,再用 0.3% 的多菌灵对扦插基质进行消毒。扦插 2 周后,每周喷 1 次 0.3% 的多菌灵,采用自动喷雾设备,保持棚内相对湿度 90% 以上,气温不超过 35 ℃。

### 1.5 生根调查与统计分析

扦插后每隔 5 ~ 7 d 观察生根情况,记录观察结果。在扦插后 25 d,分别统计插穗的生根率;每个小区随机选取 3 株生根的插穗,统计根数,测量不定根的长度,分别求其平均值;观察愈伤组织情况。对插条的不定根长度直接进行方差分析,并在差异显著的基础上进行多重差异比较;对插穗的生根率和根数分别进行 arcsin √p 和 √p 转换处理后,再进行方差分析和多重差异比较<sup>[10-11]</sup>,统计软件采用 SAS 8.02 版。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同激素种类对生根的影响

从表 1 看出: BA、NAA、BA+NAA (10 1)、BA+NAA (5 1)、BA+NAA (2 1)、BA+NAA (1 1) 等 6 种不同激素对花楸树嫩枝插穗生根率、不定根平均根长、不定根数量的影响效果不同,而清水处理 (CK) 的插穗没有不定根生成; 7~8 d 时,各处理插穗的不定根开始形成,且各处理不定根的出现时间基本一致 (表 1)。

2.1.1 生根率 BA、NAA、BA+NAA (10 1)、BA+NAA (5 1)、BA+NAA (2 1)、BA+NAA (1 1) 的生根率分别为 62.01%、52.22%、70.37%、68.59%、61.11%、47.04%,以 BA+NAA (10 1) 处理为最高。方差分析结果表明:不同激素种类对插穗生根率的影响差异极显著 ( $F_{(5,72)} = 21.72 > F_{0.01} = 3.30$ )。多重差异比较结果表明: BA+NAA (10 1) 与 BA+NAA (5 1) 的差异不

显著,与其它 4 个激素种类差异极显著。

2.1.2 不定根平均根长 方差分析结果表明:不同激素种类对插穗不定根平均根长的影响差异显著 ( $F_{(5,72)} = 2.60 > F_{0.05} = 2.35$ ),以 BA+NAA (10 1) 处理为最高,为 4.85 cm,依次为 BA+NAA (5 1)、BA、BA+NAA (2 1)、BA+NAA (1 1)、NAA。

2.1.3 不定根数量 方差分析发现,不同激素种类对插穗不定根数量差异也极显著 ( $F_{(5,72)} = 4.68 > F_{0.01} = 3.30$ )。多重差异比较结果表明,BA+NAA (10 1) 处理的生根数量最大,为 30 根,除与 BA+NAA (5 1) 处理的差异不显著外,与其它 4 个处理的差异均极显著。

综合以上分析结果表明: BA 与 NAA 混合使用对花楸树嫩枝扦插生根的诱导效果优于各自单独使用的效果,BA+NAA (10 1) 与 BA+NAA (5 1) 2 种激素种类组合对花楸树嫩枝插穗生根的诱导效果最好 (图 1)。此外,从表 1 中还可以看到: BA 与 NAA 单独使用时,BA 的生根效果明显优于 NAA。

表 1 激素种类对花楸树嫩枝扦插生根的影响

激素种类	浓度 / (mg · kg <sup>-1</sup> )	生根率 / %	平均生根率 / %	根长 / cm	平均根长 / cm	根数 / 根	平均根数 / 根	不定根出现时间 / d
BA+NAA (10 1)	500	59.72	70.37 A	4.00	4.85 a	13	30 A	7
	1 000	61.11		4.83		23		
	1 500	93.06		6.67		45		
	2 000	88.89		5.67		34		
	2 500	66.67		3.83		30		
	3 000	52.78		4.10		35		
	BA+NAA (5 1)	500	58.33	68.59 A	5.00	4.50 ab	14	26 AB
1 000		68.75		4.83		27		
1 500		86.67		7.00		26		
2 000		82.22		4.00		22		
2 500		62.22		3.17		33		
3 000		53.33		3.00		32		
BA		500	64.44	62.01 B	5.33	4.49 ab	9	19 C
	1 000	73.33		4.33		11		
	1 500	89.86		6.17		23		
	2 000	77.78		4.43		20		
	2 500	26.67		3.50		22		
	3 000	40.00		3.17		26		
	BA+NAA (2 1)	500	64.44	61.11 B	5.33	4.26 ab	10	23 BC
1 000		80.00		4.67		22		
1 500		84.44		4.43		29		
2 000		71.11		4.43		27		
2 500		26.67		3.50		22		
3 000		40.00		3.17		26		
NAA		500	40.00	52.22 C	3.17	3.76 b	18	19 C
	1 000	64.44		3.67		7		
	1 500	66.67		3.10		21		
	2 000	42.22		4.00		16		
	2 500	53.33		4.60		30		
	3 000	46.67		4.00		19		
	BA+NAA (1 1)	500	40.00	47.04 C	3.17	3.88 b	18	23 BC
1 000		53.33		4.40		31		
1 500		46.67		3.10		21		
2 000		42.22		4.00		16		
2 500		53.33		4.60		30		
3 000		46.67		4.00		19		
H <sub>2</sub> O		0	0.00	0.00 D	0.00	0.00 c	0	0

注: 同列数据大写字母不同表示差异达极显著水平 ( $P < 0.01$ ); 小写字母不同表示差异显著 ( $P < 0.05$ )



图 1 2008年不同激素处理的花楸树嫩枝插穗的生根情况

A<sub>3</sub> - F<sub>3</sub> 分别为 1500 mg · kg<sup>-1</sup> 的 BA、NAA、BA + NAA (10 1)、BA + NAA (5 1)、BA + NAA (2 1)、BA + NAA (1 1), 扦插基质: 泥炭土和珍珠岩 (3 1))

## 2.2 不同浓度 IBA + NAA (10 1) 对生根的影响

从 2007、2008 年 2 年的试验结果发现, 不同浓度激素处理对花楸树嫩枝插穗生根率、不定根平均根长、不定根数量的诱导效果不同, 随浓度的升高, 3 项指标均呈先上升后下降的变化趋势 (表 2)。

表 2 不同浓度 IBA + NAA (10 1) 对花楸树嫩枝扦插生根的影响

浓度 / (mg · kg <sup>-1</sup> )	生根率 / %		平均根长 / cm		根数 / 根	
	2007年	2008年	2007年	2008年	2007年	2008年
1 000	95.7A	61.11B	6.83B	4.83B	25B	33b
1 500	94.7A	93.06A	7.28A	6.67A	34A	45a
2 000	94.3A	88.89A	5.33C	5.67AB	16C	34b
500	74.0B	59.72B	4.16D	4.00C	16C	29b
2 500	62.5C	66.67B	3.33E	3.83C	15C	23b
3 000	53.0D	52.78B	3.11E	4.10C	10D	13c
CK	0.0E	0.00C	0.00F	0.00D	0E	0d

注: 大写字母不同表示差异达极显著水平 ( $P < 0.01$ ), 相同表示差异不显著 ( $P < 0.01$ )。

2.2.1 生根率 2007年的试验结果表明: 1 000 mg · kg<sup>-1</sup> 处理生根率最高, 达 95.7%; 2 500 mg · kg<sup>-1</sup> 与 3 000 mg · kg<sup>-1</sup> 处理生根率明显下降, 分别比 1 000 mg · kg<sup>-1</sup> 处理低 33.2、42.7 个百分点, CK 处理没有不定根产生。方差分析表明, 不同处理的插穗生根率差异极显著 ( $F_{(5,12)} = 11.83 > F_{0.01} = 5.06$ )。多重差异比较结果表明, 1 000、1 500、2 000 mg · kg<sup>-1</sup> 间差异不显著, 但极显著高于其它处理。

2008年的试验结果表明: 1 500 mg · kg<sup>-1</sup> 处理生根率最高, 为 93.06%; 3 000 mg · kg<sup>-1</sup> 处理生根

率最低, 为 52.78%; CK 处理没有不定根产生。方差分析表明, 不同处理的插穗生根率差异极显著 ( $F_{(5,12)} = 119.28 > F_{0.01} = 5.06$ )。多重差异比较结果表明, 1 500 与 2 000 mg · kg<sup>-1</sup> 间差异不显著, 与其它处理差异极显著。

2.2.2 不定根平均根长 2007年的试验结果表明: 不同处理的插穗不定根平均根长差异极显著 ( $F_{(5,12)} = 470.23 > F_{0.01} = 5.06$ ), 以 1 500 mg · kg<sup>-1</sup> 处理的平均根长最大, 为 7.28 cm, 与其它处理差异极显著; 1 000 mg · kg<sup>-1</sup> 与 2 000 mg · kg<sup>-1</sup> 处理对插穗不定根平均根长的促进作用分别列于第 2、第 3 位, 分别为 6.83、5.33 cm; 2 500 mg · kg<sup>-1</sup> 与 3 000 mg · kg<sup>-1</sup> 处理的插穗不定根长度最短。

2008年的试验结果表明: 不同处理的插穗不定根平均根长差异也达到极显著水平 ( $F_{(5,12)} = 5.37 > F_{0.01} = 5.06$ ), 以 1 500 mg · kg<sup>-1</sup> 处理的平均根长最大, 为 6.67 cm, 除与 2 000 mg · kg<sup>-1</sup> 处理差异不显著外, 与其它处理差异极显著。

2.2.3 不定根数量 2007年的试验结果表明: 不同处理插穗的不定根数量差异极显著 ( $F_{(5,12)} = 80.80 > F_{0.01} = 5.06$ ), 以 1 500 mg · kg<sup>-1</sup> 处理的不定根数量最大, 平均每插条 34 根, 极显著高于其它处理; 1 000、2 000 mg · kg<sup>-1</sup> 处理对插穗不定根数量的促进作用次之, 分别为 25、16 根。2008年结果表明: 不同处理的插穗不定根数量差异显著 ( $F_{(5,12)} =$

3.71 > F<sub>0.05</sub> = 3.11), 以 1 500 mg · kg<sup>-1</sup> 处理的不定根数量最大, 平均每插条 45 根, 这一结果与 2007 年实验相吻合。2 000、1 000 mg · kg<sup>-1</sup> 处理对插穗不定根数量的促进作用次之, 分别为 34、33 根。

2007、2008 年 2 年的试验结果表明: 1 500 mg · kg<sup>-1</sup> BA + NAA (10 1) 处理条件下, 花楸树嫩枝插穗的生根率、不定根平均根长以及不定根数量均达到最大值, 诱导效果最好 (图 1)。

### 2.3 采穗母树年龄对插穗生根能力的影响

表 3 表明, 采自 1、2 年生幼树的嫩枝插穗, 其生

根率分别为 79.03%、70.37% (F<sub>(2,51)</sub> = 11.23 > F<sub>0.01</sub> = 5.06); 不定根平均长度分别为 5.01、4.85 cm (F<sub>(2,51)</sub> = 9.56 > F<sub>0.01</sub> = 5.06); 平均生根数量分别为 19、30 根, 1、2 年生幼树的嫩枝插穗的生根率、平均根长、根数的差异均不显著。取自成年母树的插穗在不同浓度的激素处理条件下, 仅仅有愈伤组织产生, 均没有不定根生成, 清水处理 (CK) 既无愈伤组织产生也无不定根生成; 这说明宜选择花楸幼树的当年生半木质化枝条进行扦插, 而不宜选择成年母树的枝条。

表 3 不同浓度的 BA + NAA (10 1) 对不同年龄花楸母树嫩枝插穗生根的影响

激素浓度 / (mg · kg <sup>-1</sup> )	生根率 / %			根长 / cm			根数 / 根		
	1 a	2 a	成年	1 a	2 a	成年	1 a	2 a	成年
500	74.00	59.72	0.00	4.16	1.00	0.00	16	13	0
1 000	95.67	61.11	0.00	6.83	4.83	0.00	25	23	0
1 500	94.67	93.06	0.00	7.28	6.67	0.00	34	45	0
2 000	94.33	88.89	0.00	5.33	5.67	0.0	16	34	0
2 500	62.50	66.67	0.00	3.33	3.83	0.00	15	30	0
3 000	53.00	52.78	0.00	3.11	4.10	0.00	10	35	0
平均	79.03	70.37A	0.00B	5.01A	4.85A	0.00B	19A	30A	0B

注: 平均值后的大写字母不相同表示差异极显著, 相同表示差异不显著 (P < 0.01)。

### 2.4 采穗部位对生根的影响

用浓度为 1 500 mg · kg<sup>-1</sup> 的 BA + NAA (10 1) 处理插穗下切口, 进行扦插试验。从表 4 发现: 取自枝条下部位的插穗生根率、不定根平均长度、不定根数量分别为 89.58%、5.55 cm、27 根; 取自枝条上部位的插穗生根率、不定根平均长度、不定根数量分别为 47.92%、4.67 cm、13 根。二者除了不定根平均长度差异不显著外 (F<sub>(1,10)</sub> = 1.61 < F<sub>0.05</sub> = 4.96), 生根率 (F<sub>(1,10)</sub> = 78.58 > F<sub>0.01</sub> = 10.0) 差异达到极显著水平, 不定根数量 (F<sub>(1,10)</sub> = 5.65 > F<sub>0.05</sub> = 4.96) 差异达到显著水平 (表 4)。这表明, 宜选择花楸树嫩枝的下部位制作插穗, 可以获得很好的生根效果 (图 2)。

表 4 2 年生花楸当年生嫩枝插穗类型的生根情况

插穗类型	生根率 / %	平均根长 / cm	根数 / 根
下部	89.58 A	5.55 a	27 a
上部	47.92 B	4.67 a	13 b

注: 1. 用浓度为 1 500 mg · kg<sup>-1</sup> 的 BA + NAA (10 1) 处理插穗下切口; 2. 同列数据大写字母不相同表示差异极显著 (P < 0.01), 小写字母不相同表示差异显著 (P < 0.05), 相同则表示差异不显著。

### 2.5 不同扦插基质对花楸树嫩枝扦插生根的影响

植物扦插能否生根以及生根效果的好坏除与自身的遗传、外源激素有关外, 扦插基质往往对其生根有着重要的影响。以 2 年生幼苗当年萌生的枝条为材料, 用浓度为 1 500 mg · kg<sup>-1</sup> 的 BA + NAA (10 1) 处理插穗, 分别以泥炭土 + 珍珠岩 (3 1)、蛭石、河沙为扦插基质。研究发现 3 种基质对插穗的生根效果不同 (表 5)。

表 5 扦插基质对 2 年生花楸树嫩枝扦插生根的影响

基质	生根率 / %	平均根长 / cm	根数 / 根
蛭石	93.06A	6.72A	27A
泥炭土 + 珍珠岩 (3 1)	89.58A	5.55A	18A
河沙	77.08B	2.50B	7B

注: (1) 浓度为 1 500 mg · kg<sup>-1</sup> 的 BA + NAA (10 1) 处理插穗; (2) 同列数据大写字母不相同表示差异极显著 (P < 0.01)。

2.5.1 生根率 泥炭土 + 珍珠岩、蛭石、河沙 3 种基质的生根率分别为 89.58%、93.06%、77.08%, 以河沙处理为最低, 蛭石、泥炭土 + 珍珠岩处理均与河



图 2 不同枝条部位的花楸树嫩枝扦插生根情况

左: 上部; 右: 下部; 激素: 1 500 mg · kg<sup>-1</sup> BA + NAA (10 1); 扦插基质: 泥炭土和珍珠岩 (3 1)

沙处理的差异极显著。

2.5.2 不定根平均根长 3种基质处理的插穗不定根平均根长差异极显著 ( $F_{0.01}(2, 15) = 19.86 > F_{0.01}(2, 15) = 6.36$ ), 以蛭石处理的平均根长最大, 为 6.72 cm; 泥炭土 + 珍珠岩处理次之, 为 5.55 cm, 二者差异不显著, 极显著高于河沙处理。

2.5.3 不定根数量 3种基质处理的插穗不定根数

量差异极显著 ( $F_{(2, 15)} = 7.45 > F_{0.01} = 6.36$ ), 以蛭石处理的不定根数量最大, 为 27根, 泥炭土 + 珍珠岩处理次之, 为 18根, 二者差异不显著, 极显著高于河沙处理。

以上结果表明, 蛭石与泥炭土 + 珍珠岩 (3:1) 2种基质对花楸树嫩枝扦插均获得较好的生根效果 (图 3), 二者差异不显著, 但从经济的角度, 宜选用蛭石为扦插基质。



图 3 花楸树嫩枝在不同扦插基质中的生根情况

左: 泥炭土和珍珠岩 (3:1); 中: 蛭石; 右: 河沙; 激素:  $1500 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  BA + NAA (10:1)

### 3 讨论

(1) 插穗扦插成活的关键是插穗基部能否产生和形成不定根, 许多试验都证实了外源激素能促进插穗产生不定根<sup>[2, 12]</sup>。本试验的结果表明: BA 对花楸树嫩枝插穗不定根的诱导效果优于 NAA, 其原因是 BA 不易被酶系统氧化, 传导扩散性能差, 容易保留在被处理的部位, 可有效地促使形成层细胞分裂<sup>[12]</sup>。BA 与 NAA 混合使用对花楸树嫩枝扦插生根的诱导效果明显优于各自单独使用的效果, BA + NAA (10:1) 与 BA + NAA (5:1) 2种激素种类组合对花楸树嫩枝插穗生根的诱导效果最好。根据生根率、不定根平均根长、不定根的数量综合分析,  $1500 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  BA + NAA (10:1) 为最佳处理,  $2500$ 、 $3000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  处理的生根效果明显降低, 其原因可能是激素浓度过高对插穗产生了毒害作用, 从而抑制了其生根。此外, 本试验的结果明显高于高惠<sup>[7]</sup>采用  $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  BA 浸泡 17 h 的生根率和于树成等<sup>[6]</sup>采用  $40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  木醋液浸泡 8~12 h 的生根率。

(2) 取自成年花楸树的插穗仅仅有愈伤组织, 没有不定根生成, 与 Hansen<sup>[13]</sup>关于欧洲花楸嫩枝扦插的研究结果是一致的, 其原因可能是采穗母树年龄大, 所含抑制生根的物质多或因扦插时间较晚, 枝条的木质化程度较高, 新陈代谢缓慢, 导致了生根能

力下降甚至丧失。本实验从 1、2 年生幼树上采集的插穗扦插获得了很好的扦插效果, 因此, 可以建立花楸树采穗圃, 保持插条幼态, 扩大枝条数量, 进而提高繁殖系数。为了获得理想的扦插生根效果, 花楸树嫩枝扦插宜在生长早期枝条尚未达到或将达到半木质化进行, 具体时间以枝条发芽后 1.5~2.0 个月为宜, 过早枝条木质化程度不够, 过晚木质化程度过高, 均不利于生根。插穗长度 6~10 cm, 保留 2~3 个芽为宜。

(3) 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、成活率都有明显的差异<sup>[14]</sup>。由于受生长量的限制, 当年萌生枝条只能做 2 个插穗, 因此, 本试验仅仅做了枝条的上、下 2 个部位的插穗对其生根的影响, 枝条下部位的生根效果明显优于上部位, 与 Arrillaga<sup>[1]</sup>关于 *S. damestica* 的研究结果一致, 其原因是枝条下部的根原基和营养物质多于上部。

(4) 根据插穗生根部位的不同, 可以分为皮部生根类型、愈伤组织生根类型以及皮部与愈伤组织都生根的综合类型 3 种<sup>[14]</sup>, 庄倩<sup>[15]</sup>、王国义等<sup>[5]</sup>报道花楸树为难生根树种, 本试验发现, 花楸树嫩枝插穗不定根生长位置多集中在芽附近与节间, 未发现愈伤组织生根现象; 并且本试验获得了很好的生根效果, 生根率最高达 90% 以上, 因此, 认为花楸树扦插生根属于皮部生根类型。

(5)温度、湿度以及光照等环境因素对扦插生根也有影响,特别是基质的温度、插床内的空气湿度影响更大,有报道扦插基质温度保持在 25 ~ 28 ,床内空气湿度保持在 80% ~ 90%之间最有利于生根<sup>[16-17]</sup>,本试验扦插基质温度为 21 ~ 26 ,空气湿度为 90%以上,而光照强度为自然光的 1/3 ~ 1/2,至于更高的基质温度以及光强对生根是否具有关键影响有待进一步试验研究。

#### 参考文献:

- [1] Arrillaga I, Marzo T, Segura J. Micropropagation of juvenile and adult *Sorbus domestica* L [J]. *Plant cell Tissue and Organ Culture*, 1991, 27: 341 - 348
- [2] 师晨娟,刘 勇,胡长寿. 青海云杉硬枝扦插繁殖研究 [J]. *江西农业大学学报:自然科学版*, 2002, 24(2): 259 - 263
- [3] 郑万钧. 中国树木志(第二卷) [M]. 北京: 中国林业出版社, 1985: 1022
- [4] 苏喜廷,王国义,张淑华,等. 黑龙江省主要阔叶树种绿枝扦插的效果 [J]. *东北林业大学学报*, 2005, 33(5): 13 - 14, 18
- [5] 王国义,于树成,闫洪霞,等. 黑龙江省主要阔叶树种绿枝扦插试验 [J]. *吉林林业科技*, 2004, 33(22): 17 - 19, 44
- [6] 于树成,张淑华,闫洪霞,等. 黑龙江省主要阔叶树种绿枝扦插效果初步分析 [J]. *林业勘查设计*, 2003(1): 25 - 27
- [7] 高 惠,刘培义. 花楸的扦插繁殖试验初报 [J]. *吉林林业科技*, 1997(3): 29 - 30
- [8] 查振道,贾晓卫. 60个树种全光照喷雾扦插育苗试验 [J]. *陕西林业科技*, 2001(4): 10 - 12, 38
- [9] 梁玉堂,龙庄如. 树木营养繁殖原理和技术 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1993
- [10] 黄 燕,吴 平. SAS统计分析及应用 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006
- [11] 刘魁英,王有年. 园艺植物试验设计与分析 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1999
- [12] 李 进. 促进园林树木扦插繁殖生根的方法与技术 [J]. *新疆师范大学学报:自然科学版*, 2002, 21(1): 44 - 50
- [13] Hansen O B. Propagating *Sorbus aucuparia* L. and *Sorbus hybrida* L. by softwood cuttings [J]. *Scientia Horticulturae*, 1990, 42: 169 - 175
- [14] 孙时轩. 造林学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1995
- [15] 庄 倩,刘 玮,李长海. 花楸种子及嫩枝扦插繁殖技术 [J]. *林业科技*, 2006, 31(3): 11, 44
- [16] 杨晓盆,王跃进. 植物生长调节剂对叶子花扦插生根效应的研究 [J]. *山西农业大学学报*, 1999, 19(3): 238 - 240
- [17] 张水荣. 全光照喷雾扦插快速育苗技术 [J]. *林业科技通讯*, 1994(1): 40 - 41