

日本英莲嫩枝扦插繁殖研究

王宝党¹, 陈献志¹, 李贺鹏², 杨 乐², 郭 亮³, 王 珺², 岳春雷²

(1. 浙江省临海市林业技术推广总站, 浙江 临海 317000; 2. 浙江省林业科学研究院, 浙江 杭州 310023;

3. 浙江省台州市椒江区农林局, 浙江 台州 318000)

摘要: 在 2015-2017 年, 以 2~3 年生日本英莲 *Viburnum japonicum* 不同木质化程度枝条为材料, 采用 ABT-1 号生根粉、国光-萘乙酸和 863 生根剂 3 种植物生长调节剂, 设置对照 (CK, 清水), 100, 200, 300 mg·L⁻¹ 4 个浓度水平, 在这些浓度溶液中分别浸泡 0.5 和 1.0 h 条件下, 研究插穗在纯黄心土基质和混合基质 (黄心土、珍珠岩、泥炭的质量配比为 3:1:1) 的不定根发生、根系生长、成活率等指标。结果表明: 以 6 月份新生充分木质化的插穗为宜, 约 30 d 可生根, 3 种植物生长调节剂的平均成活率基本可达 60% 以上; 木质化程度低的插穗一般 20 d 生根, 但受夏季高温环境影响, 其成活率不足 30%。ABT-1 处理的插穗生根效果整体优于国光-萘乙酸和 863 生根剂; 3 种调节剂均能显著提高嫩枝插穗成活率 ($P<0.05$), 以在 200 mg·L⁻¹ 时浸泡 1.0 h 的插穗成活率最高, 在浓度 100 mg·L⁻¹ 和 200 mg·L⁻¹ 浸泡 1.0 h 的成活率明显高于 0.5 h, 但在 300 mg·L⁻¹ 时则成活率下降。在 ABT-1 浓度 200 mg·L⁻¹ 浸泡 1.0 h 的平均生根数最高, 均超过 60 条·穗⁻¹ 且显著高于其他各处理组 ($P<0.05$); 平均根长和根系效果指数均以混合基质中 300 mg·L⁻¹ 浸泡 0.5 h 的 ABT-1 为最佳, 其平均值分别为 11.22 cm 和 11.75。混合基质更适宜插穗生根, 其成活率较纯黄心土在总体水平上可提高 1.0%~12.0%。总体上, 在混合基质中 200 mg·L⁻¹ 的 ABT-1 浸泡 0.5 h 为扦插育苗最佳效率组合。

关键词: 日本英莲; 嫩枝扦插; 生长调节剂; 不定根

中图分类号: S723.132.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-3776 (2018) 03-0009-07

Study on Softwood Cutting Propagation of *Viburnum japonicum*

WANG Bao-dang¹, CHEN Xian-zhi¹, LI He-peng², YANG Le², GUO Liang³, WANG Jun², YUE Chun-lei²

(1. Linhai Forestry Extension Station of Zhejiang, Linhai 317000, China; 2. Zhejiang Academy of Forestry, Hangzhou 310023, China;

3. Jiaojiang Agroforestry Bureau of Zhejiang, Taizhou 318000, China)

Abstract: Experiments were conducted during 2015 and 2017 on cultivation of *Viburnum japonicum* seedlings by cuttings from different lignified branches of 2~3 year. Cuttings were soaked 0.5 and 1 hour by different concentrations (0, 100, 200 and 300 mg·L⁻¹) of ABT No.1, NAA and 863, and planted on sub-top soil and mixed substrate (ratio of sub-top soil, perlite and peat of 3:1:1). Determinations were implemented on adventitious root characteristics, root system and survival rate of cuttings. The result demonstrated that lignified cuttings treated by three regulators planted in June had more than 60 percent of survival rate and had rooting 30 days later, while half lignified cuttings had only 30% of survival rate and had rooting 20 days late. Rooting effect of cuttings treated by ABT-1 was better than that by NAA and 863 rooting agent. The survival rate of softwood cuttings

收稿日期: 2017-11-03; 修回日期: 2018-03-28

基金项目: 浙江省院所专项项目 (2016F30011, 2017F30016); 台州市农业类一般项目 (162hb02)

作者简介: 王宝党, 工程师, 从事林业经营与保护; E-mail: 1577712451@qq.com。通信作者: 李贺鹏, 博士, 副研究员, 从事植物生理生态、生物多样性保护、林木育种研究; E-mail: 8656141@qq.com。

treated by regulators increased significantly ($P<0.05$), and the highest survival rate of cuttings were soaked 1 hour in $200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ of three regulators. The survival rate of half lignified cutting treated by 1 hour in the solution of concentration of $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ and $200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ was significantly higher than that of soaking 0.5 h, but the survival rate decreased at $300\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. The average number of rooting was the highest in the two different substrates soaked in $200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ for 1.0 h, which exceeded 60 panicles and was significantly higher than that of other treatments ($P<0.05$). The average root length and root effect index were the best when the mixture was soaked in $300\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ for half an hour, and the average value was 11.22 cm and 11.75, respectively. The mixed medium was more suitable for rooting, and the survival rate of the mixed medium was higher than that of pure yellow core soil at the overall level from 1.0 percent to 12.0 percent. On the whole, the best efficiency combination of cutting breeding was to soak half an hour in $200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ of ABT-1 with the mixed substrates.

Key words: *Viburnum japonicum*; softwood cutting; plant growth regulator; adventitious root

日本荚蒾 *Viburnum japonicum* 为忍冬科 Caprifoliaceae 荚蒾属 *Viburnum* 常绿灌木, 天然分布范围仅限于环太平洋西部海岛地区的日本^[1-2]、韩国^[3]及中国的浙江省台州、临海、舟山^[4-5]等地。野生日本荚蒾在中国种群数量十分稀少, 主要生长在海岛山坡林下、灌草丛及乱石堆等环境, 该种已被列入浙江省重点保护野生植物名录(第一批)^[6], 是浙江省极小种群拯救保护物种之一。目前, 有关日本荚蒾的研究主要集中在从植物叶片提取生物活性化合物^[1,7]、干旱胁迫对其光合及生理生态特性的影响^[8-9]、借助叶绿素荧光技术探讨插穗生根的适宜温度和 IAA(吲哚-3-乙酸)适宜浓度^[10], 但仍缺少对其扦插繁育的系统研究报道。由于现存野生种群的分布区域极为狭窄, 种群个体数量极为稀少, 因此探索有效的无性繁殖方式对于保存其种质资源、扩大其种群数量具有十分重要的意义。

扦插繁殖是保持品种优良性状的最有效的繁殖方法之一, 其优点是速度快、成本低、简单易行。植物生长调节剂对于促进扦插成活^[11]、调节植物生长发育^[12]等均有重要作用, 外源生长调节剂处理是促进插穗生根的重要技术手段。目前, 生长调节剂被广泛用于林木、花卉和中药材等种苗扦插繁育上, 能显著提高扦插苗的成活率^[13]。日本荚蒾野生种源稀少而珍贵, 本研究开展日本荚蒾扦插育苗试验, 筛选出适宜其无性系植株繁殖的最佳方法, 以期日本荚蒾的快速扩繁提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验设在浙江省临海市林业技术推广总站苗圃, 地理位置为 $121^{\circ}00'18.99''\text{E}$, $28^{\circ}52'51.33''\text{N}$, 属亚热带季风性湿润气候, 四季分明, 年平均气温 17°C , 1月平均气温 5.8°C , 7月平均气温 28°C , 极端最高气温 40.2°C , 极端最低气温 -6.9°C , 年积温 $5\,370^{\circ}\text{C}$, 无霜期 241 d; 全年平均降水量 $1\,550\text{ mm}$, 年蒸发量 $1\,231.4\text{ mm}$, 5-6月为梅雨季节, 7-9月以晴天为主, 夏秋之交台风活动较频繁。

1.2 试验材料

(1) 插穗: 扦插枝条源自种子(种子采自临海市田岙岛后沙头)繁育的日本荚蒾(2~3年生)种苗。采集的枝条要注意保湿, 做到及时剪穗, 及时扦插。插穗长度 7~10 cm, 插穗剪口斜剪成 45° 左右, 每个插穗留二叶(芽), 每张叶片剪去一半, 下部剪口距离第一张叶片(芽) $4.0\sim 6.0\text{ cm}$, 上部剪口距离第一张叶节(芽) 2.0 cm 。用绳将插穗按 50 支一束扎好。插穗选择 2 种类型: 当年新生全木质化枝条和半木质化(未充分木质化)的枝条。

(2) 插床与基质: 插床选择在大棚或荫棚内, 棚的高度不少于 2.0 m, 方便操作和搭遮阳网, 遮阳网的遮光率不少于 75%。提前 1 个月对插床进行深翻松土、除草, 用 1 000 倍多菌灵(江苏三山农药有限公司)消毒。扦插当天进行整地筑床, 床宽 1.0 m, 沟宽 30.0 cm, 深 20.0 cm, 两侧采用薄木板挡土; 扦插床上覆 $5.0\sim 10.0\text{ cm}$ 黄心土或黄心土、珍珠岩、泥炭混合基质(即黄心土、珍珠岩、泥炭的质量配比为 3:1:1)。

(3) 植物生长调节剂(生根促进剂): 试验分别采用 ABT-1 号生根粉(中国林业科学研究院 ABT 研发中

心)、国光-萘乙酸粉剂(四川国光农化股份有限公司)、863 生根剂(水剂)(安丘市禾盾作物保护剂有限公司)3 种植物生长调节剂。每种调节剂设置 4 个浓度梯度: 对照(CK, 清水), $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (L), $200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (M), $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (H), 处理时间分别设置 0.5 h 和 1.0 h。

1.3 试验方法

(1) 试验设计: 试验采用随机区组设计。设 3 个重复, 每个重复计有 3 种不同浓度的生根促进剂的 9 个处理, 并设一个不作生根促进剂处理的对照。每个处理 50 个枝条。木质化插穗在 2 种扦插基质(纯黄心土和混合基质)中采用 3 种促进剂(ABT-1、国光-萘乙酸和 863 生根剂), 半木质化插穗均采用 1 种促进剂(国光-萘乙酸)和 1 种扦插基质(纯黄心土)。

(2) 扦插方法: 在 2015–2017 年的 6 月进行扦插试验(每年 6 月 8–20 日为最佳扦插时间, 该时间为当年生部分枝条充分木质化形成时期)。将当天采集的插穗浸泡好后及时扦插, 株行距为 $8.0 \text{ cm}\times 5.0 \text{ cm}$ 左右, 一般以叶片不相互遮挡为宜, 扦插深度为 4.0~6.0 cm, 先用竹签打孔, 然后插入穗条, 做到边插边用手指压实泥土, 插后浇透水, 并洒上 1 000 倍的多菌灵溶液, 一条插床插好后及时搭小拱棚用泥龙薄膜覆盖。

(3) 插后管理: 及时观察插床的温、湿度, 须保证插床遮阳网全覆盖, 一般每 30 d 左右揭膜补水 1 次。10 月中下旬揭去塑料薄膜, 注意及时拔除杂草。

1.4 试验观测

扦插后, 每 5~7 d 观察 1 次插穗生长情况, 记录生根进程(各处理每次取 3 株, 待发现生根后的处理组不再作记录)。扦插后 40 d 左右, 统计各试验处理的生根株数; 3 个月后(10 月下旬)对每个处理随机抽取 6 株(成活株数不足 6 株的全部测量)进行生根率、生根数量、平均根长等指标的测量(每个处理重复 3 次); 另外为了比较半木质化插穗生长情况, 对其成活率进行统计。计算根系效果指数^[14]:

根系效果指数=平均生根数 \times 平均根长/总插穗数。

1.5 数据统计分析

应用 SPSS 13.0 统计分析软件进行统计分析, 并采用 LSD 法进行多重比较和显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同处理对日本英莲插穗不定根形成的影响

插穗不定根的形成时间因插穗木质化程度而有差异。半木质化的插穗在 7 d 左右形成愈伤组织, 随后愈伤组织不断出现、生长, 一般在 20 d 左右生根; 充分木质化插穗愈伤组织的形成时间和发育与半木质化插穗相似, 但生根时间稍晚, 约 30 d 左右。植物生长调节剂的类型和浸泡时间对充分木质化插穗不定根形成影响不大, 但低质量浓度的生长调节剂对其有较大影响, $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的植物生长调节剂的生根时间一般在 35 d 左右, 而对照的生根时间则需要 40 d 左右, 且生根数量较少。

2.2 不同基质、处理浓度和浸泡时间对充分木质化插穗的影响

2.2.1 纯黄心土基质下不同植物生长调节剂对日本英莲插穗成活率与生根的影响

(1) 对插穗成活率的影响

从表 1 看出, CK 的全木质化插穗成活率保持在 10%左右。与 CK 相比, 不同浓度的 ABT-1 显著促进了插穗的成活率($P<0.05$); 成活率以 $200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 最高, 且显著高于其他各处理组($P<0.05$), 而在 $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 则最低; 浸泡时间对成活率有一定影响, 其中低、中浓度的 ABT-1 随浸泡时间延长明显促进了成活率, 但在高浓度却抑制了成活率。国光-萘乙酸对成活率的影响与 ABT-1 的变化相似, 在 $200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时均有超过 90% 的成活率。除在 0.5 h 浸泡时间下 $200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时的成活率明显高于 $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 但二者间差异不显著($P>0.05$)外, 不同浓度、不同浸泡时间的 863 生根剂对插穗成活率的影响与其他调节剂的变化特点相似, 但均低于前两者, 如在浸泡 1.0 h, 浓度 $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时的成活率显著低于相同条件下的 ABT-1($P<0.05$)。3 种植物生长调节剂处理下全木质化插穗易于成活, 其中均以 $200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的处理浓度为最佳浓度; 在中低浓度延长浸泡时间能提高成活率, 但高浓

度则抑制成活率；863 生根剂的成活率略低于 ABT-1 和国光-萘乙酸。

（2）对插穗生根的影响

纯黄心土基质下不同处理浓度、浸泡时间的插穗平均生根数保持在 11 ~ 65 条·穗⁻¹，其中 ABT-1 和国光-萘乙酸在 200 mg·L⁻¹ 时的生根数均超过 45 条·穗⁻¹，同时在浸泡时间 0.5 h，300 mg·L⁻¹ 时 ABT-1 和 863 生根剂及浸泡时间 1.0 h，200 mg·L⁻¹ 时的 863 生根剂处理下插穗生根数量均超过 45 条·穗⁻¹；CK 的平均生根数保持在 10 条·穗⁻¹ 左右，均显著低于各处理组（*P*<0.05）（表 1）。插穗平均根长保持在 5.3 ~ 9.3 cm，对照组的平均根长基本上显著低于各处理（*P*<0.05）（除在浸泡 0.5 h，浓度 200 mg·L⁻¹ 时国光-萘乙酸和 863 生根剂的平均根长略低于 CK 外）。从根系效果指数看，以浸泡 1.0 h，浓度 200 mg·L⁻¹ 时的 ABT-1 为最佳，而 ABT-1 在浓度 200 mg·L⁻¹，浸泡 0.5 h 时次之。总体上，ABT-1 的生根效果相对优于国光-萘乙酸和 863 生根剂。

表 1 纯黄心土基质下不同植物生长调节剂、处理浓度、浸泡时间对充分木质化插穗的影响（2015 年）
Table 1 Effect of different plant growth regulators, their concentration and soaking time on lignified cuttings on substrate of sub-top soil in 2015

植物生长调节剂	浓度/（mg·L ⁻¹ ）	浸泡时间/h	成活率/%	平均生根数/（条·穗 ⁻¹ ）	平均根长*/cm	根系效果指数
ABT-1	100	0.5	(66.0±2.3)ab	(21.8±0.9)a	(9.29±0.14)a	(4.02±0.30)ab
		1.0	(78.0±6.9)cde	(33.3±1.2)b	(8.17±0.13)b	(5.34±0.36)cd
	200	0.5	(93.3±2.4)fg	(50.4±1.5)cd	(6.37±0.14)ch	(6.41±0.39)ef
		1.0	(98.7±1.3)g	(65.1±1.4)e	(7.90±0.16)bd	(10.27±0.50)g
	300	0.5	(86.7±3.5)cfj	(48.4±1.1)cf	(8.27±0.15)be	(7.94±0.23)h
		1.0	(82.0±4.0)chj	(38.3±0.9)g	(9.02±0.17)af	(6.80±0.7)ei
国光-萘乙酸	100	0.5	(62.0±2.3)ai	(12.9±0.6)h	(7.27±0.22)g	(1.84±0.27)jk
		1.0	(71.3±2.4)ad	(21.8±0.9)a	(6.74±0.16)h	(2.97±0.22)l
	200	0.5	(92.0±4.2)fgh	(45.4±1.2)i	(5.32±0.15)i	(4.79±0.32)bc
		1.0	(96.7±2.4)fg	(53.2±1.0)d	(6.21±0.17)c	(6.61±0.19)ef
	300	0.5	(82.7±4.7)chi	(42.4±0.9)j	(7.57±0.19)dgk	(6.30±0.09)ef
		1.0	(76.7±5.8)cdk	(21.0±0.7)a	(8.64±0.16)ef	(3.57±0.37)al
863 生根剂	100	0.5	(59.3±3.5)bi	(11.7±0.6)h	(8.06±0.12)b	(1.99±0.17)k
		1.0	(67.3±2.9)abk	(19.9±0.8)a	(7.88±0.19)bk	(3.21±0.36)al
	200	0.5	(88.0±1.2)cf	(38.3±0.8)g	(5.33±0.17)i	(4.08±0.20)ab
		1.0	(94.0±1.2)fg	(47.4±1.2)fik	(6.29±0.15)c	(5.87±0.41)dfi
	300	0.5	(82.0±4.6)cdl	(48.4±1.4)ck	(7.27±0.18)g	(6.96±0.31)e
		1.0	(76.7±4.8)dejkl	(32.7±1.2)b	(8.13±0.14)b	(5.31±0.27)cd
CK	0	0.5	(8.0±1.2)m	(8.4±0.6)l	(5.64±0.18)i	(0.93±0.15)j
		1.0	(12.7±2.4)n	(12.2±0.7)h	(5.34±0.13)i	(1.35±0.09)jk

注：*平均根长指单株扦插苗各条根长的平均长度，测量株数为 *n*=6（每个处理 3 个重复，若不足 6 株的全部测量，取单株的平均根长）；各列不同字母表示处理组间存在显著性差异（*P*<0.05）。下同。

2.2.2 混合基质下不同植物生长调节剂对日本茛苕插穗成活率与生根的影响

（1）对插穗成活率的影响

从表 2 可看出，黄心土、珍珠岩和泥炭混合基质下 CK 插穗的平均成活率介于 16.7% ~ 22.7%，均显著低于各处理组（*P*<0.05）。随着处理浓度的升高，3 种调节剂处理的成活率均出现先升高后下降的变化趋势，均在 200 mg·L⁻¹ 时出现最高值；随着浸泡时间延长，中、低浓度的成活率均呈现升高的变化，但在高浓度时略有下降。与纯黄心土基质（表 1）相比，混合基质均不同程度地提高了插穗的成活率，其中以 CK 浸泡 0.5 h 提高幅度最大（183.8%）。

（2）对插穗生根的影响

CK 的生根数量保持在 8 ~ 11 条·穗⁻¹，而各处理组的生根数量均在 20 条·穗⁻¹ 以上，且显著高于 CK（*P*<0.05）（表 2）；随着处理浓度的升高，3 种调节剂的生根数量均在 200 mg·L⁻¹ 时最高，300 mg·L⁻¹ 时次之；随着浸泡时间延长，中、低浓度的生根数均呈现升高的变化，但在高浓度时略有下降。CK 的平均根长明显低于其他处理

组，其中浸泡 1.0 h 的最低，并且显著低于其他各处理（ $P<0.05$ ）。根系效果指数以 ABT-1 在浸泡时间 0.5 h，浓度 $300\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时最佳，且显著高于其他各处理（ $P<0.05$ ）；ABT-1 和国光-萘乙酸可在高浓度（ $300\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ）、短时间（0.5 h），或者中浓度（ $200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ）、长时间（1.0 h）的条件下获得较好的生根效果（根系效果指数基本在 8.5 以上）。

表 2 混合基质下不同生根促进剂、处理浓度、浸泡时间对充分木质化插穗的影响（2016 年）

Table 2 Effect of different plant growth regulators, their concentration and soaking time on lignified cuttings on mixed substrates in 2016

植物生长调节剂	浓度/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	浸泡时间/h	成活率/%	平均生根数/ $(\text{条}\cdot\text{穗}^{-1})$	平均根长/cm	根系效果指数
ABT-1	100	0.5	(76.0 \pm 3.1)abc	(26.2 \pm 1.0)a	(10.53 \pm 0.28)a	(5.52 \pm 0.13)ab
		1.0	(84.0 \pm 4.0)cd	(35.3 \pm 1.4)b	(9.52 \pm 0.22)bc	(6.73 \pm 0.54)cd
	200	0.5	(96.0 \pm 2.0)ef	(51.4 \pm 1.2)c	(7.12 \pm 0.19)d	(7.32 \pm 0.14)de
		1.0	(98.0 \pm 1.2)e	(63.1 \pm 1.5)d	(7.87 \pm 0.13)ef	(9.93 \pm 0.50)f
	300	0.5	(90.7 \pm 1.8)deg	(52.4 \pm 1.2)ce	(11.22 \pm 0.21)g	(11.75 \pm 0.33)g
		1.0	(83.3 \pm 4.7)acgh	(44.2 \pm 1.4)f	(9.22 \pm 0.20)b	(8.15 \pm 0.08)eh
国光-萘乙酸	100	0.5	(74.7 \pm 2.7)abc	(22.1 \pm 0.8)g	(9.74 \pm 0.19)chi	(4.31 \pm 0.22)i
		1.0	(78.7 \pm 4.4)abci	(31.1 \pm 1.1)h	(8.33 \pm 0.15)f	(5.18 \pm 0.15)b
	200	0.5	(93.3 \pm 3.5)de	(46.4 \pm 1.1)fi	(6.73 \pm 0.14)dj	(6.25 \pm 0.06)acj
		1.0	(98.0 \pm 2.0)e	(55.3 \pm 1.3)e	(7.77 \pm 0.16)e	(8.57 \pm 0.06)h
	300	0.5	(89.3 \pm 3.7)degfk	(45.4 \pm 1.5)fj	(9.34 \pm 0.19)bi	(8.49 \pm 0.77)h
		1.0	(82.0 \pm 5.3)acg	(31.1 \pm 0.8)h	(9.94 \pm 0.21)ch	(6.19 \pm 0.21)ac
863 生根剂	100	0.5	(72.0 \pm 5.0)b	(21.3 \pm 0.8)g	(9.64 \pm 0.18)bc	(4.11 \pm 0.19)i
		1.0	(80.0 \pm 5.0)bck	(32.8 \pm 1.3)bh	(9.41 \pm 0.13)bi	(6.17 \pm 0.28)ac
	200	0.5	(92.7 \pm 2.7)defh	(46.3 \pm 0.9)fk	(6.48 \pm 0.12)j	(6.01 \pm 0.19)bc
		1.0	(97.3 \pm 1.8)e	(49.4 \pm 1.0)ci	(6.88 \pm 0.13)dj	(6.80 \pm 0.17)cd
	300	0.5	(85.3 \pm 3.5)dgik	(48.2 \pm 1.0)ijk	(7.76 \pm 0.13)e	(7.48 \pm 0.19)de
		1.0	(84.7 \pm 3.5)dgik	(34.8 \pm 1.0)b	(10.14 \pm 0.13)ah	(7.07 \pm 0.14)dj
CK	0	0.5	(22.7 \pm 2.4)l	(10.8 \pm 0.8)l	(6.49 \pm 0.17)j	(1.42 \pm 0.25)k
		1.0	(16.7 \pm 2.7)l	(8.6 \pm 0.7)l	(5.69 \pm 0.08)k	(0.98 \pm 0.09)k

2.3 纯黄心土基质下国光-萘乙酸对日本英莲半木质化插穗的影响

2.3.1 对插穗生根率和成活率的影响 从图 1A 看出，不同浓度国光-萘乙酸处理下半木质化插穗生根率均超过 70%，且均显著高于对照（ $P<0.05$ ）。随着处理浓度升高，不同浸泡时间的生根率均为先升高后下降，即 $200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时最高， $300\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时居中， $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时最低。随着浸泡时间延长，对照、 $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的生根率均不同程度的升高，其中在 $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时浸泡 1.0 h 的生根率显著高于 0.5 h（ $P<0.05$ ）。半木质化插穗的成活率相对较低，不同处理浓度的成活率平均在 19.3% ~ 28.7% 之间，而对照的平均成活率在 5.0% 以下，且显著低于各处理组（ $P<0.05$ ）；随着处理浓度的升高，成活率均呈现先升高后下降的变化趋势，且随着浸泡时间延长成活率明显升高，但差异不显著（ $P>0.05$ ）（图 2B）。总体上，半木质化插穗有相对较高的生根率，说明半木质化插穗易于生根；成活率普遍较低说明其生长明显受高温（7–9 月）环境、培育条件等后续影响，即插后管理是保证其高成活率的关键。

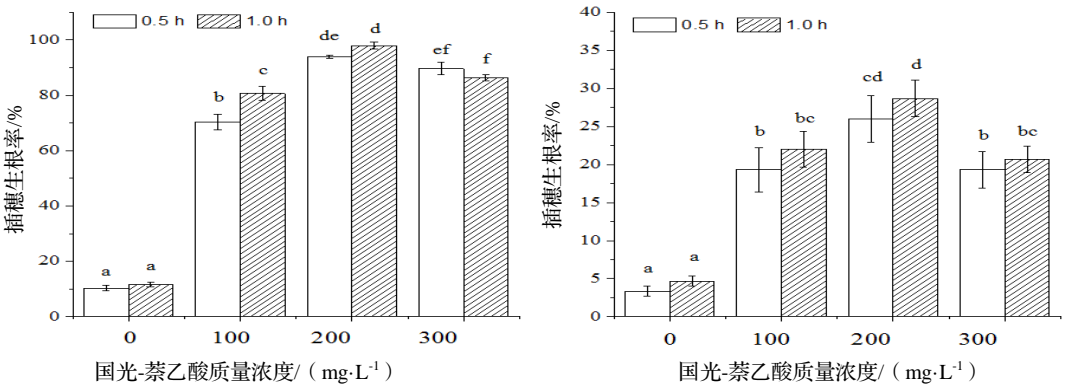


图 1 不同浓度国光-萘乙酸对半木质化插穗生根率和成活率的影响

Figure 1 Effect of different concentrations and soaking time on rooting and survival rate of half lignified cuttings on substrate of sub-top soil

2.3.2 对插穗生根的影响 从表 3 可看出,不同处理浓度、浸泡时间的国光-萘乙酸影响下的半木质化插穗的平均生根数、平均根长、根系效果指数均显著高于对照 ($P<0.05$)。总体上以浸泡时间 0.5 h, 浓度 $200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时的生根效果最佳 (根系效果指数平均为 5.99)。

表 3 纯黄心土基质下国光-萘乙酸不同处理浓度、浸泡时间对半木质化插穗的影响 (2017 年)
Table 3 Effect of different concentrations and soaking time of NAA on half lignified cuttings on substrate of sub-top soil in 2017

浓度/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	浸泡时间/h	平均生根数/(条·穗 ⁻¹)	平均根长/cm	根系效果指数
100	0.5	(15.0±0.7)a	(9.64±0.22)a	(3.24±0.37)a
	1.0	(22.4±1.2)b	(8.94±0.16)b	(3.58±0.39)a
200	0.5	(33.4±1.3)c	(8.14±0.18)c	(5.99±0.15)b
	1.0	(29.4±0.8)d	(7.62±0.15)d	(4.63±0.19)cd
300	0.5	(25.3±1.1)e	(7.14±0.15)e	(3.93±0.34)ad
	1.0	(18.1±0.9)f	(8.31±0.12)c	(3.56±0.50)a
0	0.5	(4.2±0.6)g	(3.44±0.15)f	(0.25±0.03)e
	1.0	(4.3±0.4)g	(4.33±0.15)g	(0.40±0.07)e

3 讨论与结论

3.1 讨论

植物插穗不定根的形成受许多内外因素影响^[15],在众多外部因素中植物生长调节剂对不定根的诱导和发育起重要作用^[16]。插条类型和成熟度等是影响插条生根的重要内因,而温度、湿度等外界条件则是影响其生根的重要外因^[17]。木质化程度不同的兔眼蓝浆果(蓝莓)*Vaccinium ashe*对插条的生根率有明显影响,木质化程度越低,插条的生根率越高且开始生根时间越早^[18];本研究也有类似的结果:即半木质化插穗生根时间明显早于充分木质化插穗,半木质化插穗在 20 d 左右生根,而充分木质化插穗约 30 d 左右生根;同时低浓度生长调节剂和无生长调节剂的插穗生根时间较长。

不同生根促进剂类型和质量浓度对木本植物的扦插生根效果有明显影响。研究发现 IBA(吲哚丁酸)在栓皮栎 *Quercus variabilis* 扦插试验中的生根效果显著好于 NAA(萘乙酸)和 ABT-1 号生根粉^[19];在 K-IBA(3-吲哚丁酸钾盐),NAA,ABT-6 号生根粉三种激素中,ABT-6 比较适合欧洲荚蒾 *Viburnum opulus* 的扦插生根^[20]。本研究中,在相同条件下(扦插基质、浓度和浸泡时间)ABT-1 号的插穗成活率明显高于国光-萘乙酸和 863 生根剂,并且 ABT-1 号的平均生根数、平均根长和根系效果指数显著高于国光-萘乙酸和 863 生根剂的各指标 ($P<0.05$) (表 1 和表 2)。在南方荚蒾 *Viburnum fordiae* 的扦插试验中,不同浓度的 ABT-1 号生根粉的成活率以 $200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 为最佳,而过高 ($300\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) 或过低 ($100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) 则均会抑制插穗的成活率^[21];本研究也发现类似结果,即日本荚蒾在中浓度 ($200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) 的 ABT-1,国光-萘乙酸和 863 生根剂处理下,与 $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 浓度水平相比均有较高的成活率(图 1,表 1 和表 2)。另外,调节剂的不同浸泡时间也影响插穗的成活率,在 $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 浓度水平的 ABT-1,国光-萘乙酸和 863 生根剂的成活率均随着浸泡时间延长而升高,但在 $300\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 浓度水平上浸泡 1 h 的三种调节剂的成活率均较 0.5 h 的低(表 1,表 2 和表 3);如在紫叶矮樱扦插试验中, $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 浓度的 IBA 中浸泡 12 h 的插穗生根率显著高于浸泡 6 h, 18 h 和 24 h 的插穗^[22]。

扦插基质是影响插条生根效果的重要因子之一,它的保温性能、水分和通气状况直接影响到插穗伤口愈合发根及根系生长^[23]。在欧洲荚蒾扦插研究中混合基质(泥炭土与珍珠岩的配比为 1:1 或 1:2)的生根情况显著优于纯圃地表土和纯黄心土^[20];南方荚蒾的生根情况以混合基质最佳^[21],即林地黄心土与河沙(拌入 1% 钙镁磷肥)的配比为 3:2。本研究发现混合基质的生根情况基本上较纯黄心土高 1.0% ~ 12.0% 的水平(表 1 和表 2),这主要是由于混合基质增加了插穗生根环境的通气状况、保温性能等,从而提高了日本荚蒾的生根效果。

木本植物扦插生根效果,除了受适合的插穗、生长调节剂和基质的影响外,插后管理也是影响扦插苗成活率的重要因素之一,控制好温度、光照、水等条件,可以显著的提高扦插成活率^[24]。本研究发现环境温度对扦插成活率有较大影响,特别是木质化程度不高的插穗,当棚内温度达到 38°C 时,立即萎蔫,7 d 左右开始掉叶,并慢慢死亡;但夏季没有降温条件,插穗会因高温落叶死亡,成活率常达不到 30%。嫩枝扦插处于 7-9 月高温

期间, 必须保证遮阴网和薄膜不被风吹或人、畜破坏, 如果小棚内温度超过 45°C , 仅 1 d 就可能造成插苗全部死亡。研究发现日本荚蒾最佳扦插条件为 20°C ^[10], 因此为了提高插穗成活率, 需加强嫩枝扦插后管理, 通过管控措施将环境温度控制在合理范围内。

3.2 结论

日本荚蒾扦插时间以 6 月宜, 当年新生未充分木质化的插穗生根较快, 一般 20 d 左右即可生根, 但夏季高温环境会降低其成活率; 而充分木质化插穗生根时间约 30 d, 成活率可达 60% 以上。ABT-1、国光-萘乙酸和 863 生根剂均能显著提高嫩枝插穗成活率 ($P < 0.05$), 随着质量浓度升高均呈先升后降的变化趋势, 且均在 $200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 浓度水平有超过 90% 的成活率, 而相同条件下 ABT-1 较国光-萘乙酸和 863 生根剂有更高的生根效果; 随着浸泡时间增加, 在 $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 浓度水平明显提高成活率, 但 $300\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时则抑制其成活率; 混合基质更适宜插穗生根, 其成活率较纯黄心土基质在总体水平上可提高 1.0% ~ 12.0%。扦插后的高温环境对扦插成活率有较大影响, 7–9 月的高温严重制约半木质化插穗的生根效果, 以选用充分木质化的插穗为宜。因日本荚蒾生长慢、抽枝量少, 为保证母株正常生长, 剪穗时对母株不宜采枝过多。

日本荚蒾作为海岛特有种, 种群个体数量少。本研究发​​现日本荚蒾嫩枝易于生根, 3 种生长调节剂均能提高插穗生根效果, 其中在混合基质、ABT-1 浓度 $200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、浸泡 0.5 h 条件为扦插育苗最佳效率组合。本试验仅使用 3 种生长调节剂、3 种浓度对全木质化嫩枝插穗进行 2 种基质的繁殖试验, 以及仅对半木质化嫩枝进行 1 种基质和 1 种生长调节剂的 3 种浓度的初步试验, 而其他基质、生长调节剂等对半木质化嫩枝的繁殖试验及其具体生根机理等方面还需深入研究。

参考文献:

- [1] IWAGAWA T, HASE T. An iridoid acetylalloside from *Viburnum japonicum*[J]. Phytochemistry, 1986, 25 (5) : 1227–1229.
- [2] KERN J H. The genus *Viburnum* (Caprifoliaceae) in Malaysia[J]. Reinwardtia, 1951, 1: 107–170.
- [3] HONG H H, IM H T. *Viburnum japonicum* (Caprifoliaceae): an unrecorded species in Korea[J]. Korean J Plant Taxon, 2003, 33 (3) : 271–277.
- [4] 裘宝林, 陈征海, 张晓华. 见于浙江的中国及中国大陆新记录植物[J]. 云南植物研究, 1994, 16 (3) : 231–234.
- [5] 朱弘, 葛斌杰, 叶喜阳. 浙江舟山岛福山岛种子植物区系初探[J]. 浙江农林大学学报, 2015, 32 (1) : 150–155.
- [6] 浙江省人民政府. 浙江省人民政府关于公布省重点保护野生植物名录 (第一批) 的通知[EB/OL]. (2012–04–12) [2017–04–20]. http://www.zj.gov.cn/art/2013/1/4/art_13012_68677.html
- [7] OHIGASHI H, KOSHIMIZU K. Chavicol, as a larva-growth inhibitor, from *Viburnum japonicum* Spreng[J]. Agr Biol Chem, 1976, 40 (11) : 2283–2287.
- [8] 李瑞姣, 陈献志, 岳春雷, 等. 干旱胁迫对日本荚蒾幼苗光合生理特性的影响[J]. 生态学报, 2018, 38 (6) : 2041–2047.
- [9] 李瑞姣, 岳春雷, 李贺鹏, 等. 干旱胁迫对日本荚蒾幼苗生理生化特性的影响[J]. 西北林学院学报, 2018, 43 (2) : 56–61, 103.
- [10] 陈献志, 王宝党, 刁硕, 等. 基于叶绿素荧光技术的日本荚蒾最佳扦插条件研究[J]. 常熟理工学院学报: 自然科学, 2017, 31 (4) : 100–103.
- [11] 兰彦平, 顾万春. 林木无性繁殖研究进展[J]. 世界林业研究, 2002, 15 (6) : 7–13.
- [12] 余叔文, 汤章城. 植物生理与分子生物学[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [13] 李阳, 严芳, 何卫中, 等. 不同生根剂对惠明白茶苗扦插的影响[J]. 浙江农业学报, 2012, 24 (6) : 988–991.
- [14] 季孔庶, 王章荣, 陈天华, 等. 马尾松插穗生根能力变异的研究[J]. 南京林业大学学报, 1998, 22 (3) : 66–70.
- [15] 王金祥, 严小龙, 潘瑞焱. 不定根形成与植物激素的关系[J]. 植物生理学通讯, 2005, 41 (2) : 133–139.
- [16] 乔峰, 李虎, 朱翔, 等. 新疆野生樱桃李扦插繁殖不定根的形成及生长调节剂对扦插成活率的影响[J]. 中国农业大学学报, 2014, 19 (5) : 73–79.
- [17] 孙时轩. 造林学: 第 2 版[M]. 北京: 中国林业出版社, 1992: 145–155.
- [18] 宋鹏飞, 姜燕琴, 贺善安, 等. 高质量浓度 IBA 和插条木质化程度对兔眼蓝紫果扦插生根的影响[J]. 植物资源与环境学报, 2011, 20 (2) : 63–66.
- [19] 杨庆春, 李国雷. 不同植物生长调节剂对栓皮栎嫩枝扦插的影响[J]. 东北林业大学学报, 2017, 45 (6) : 12–16, 46.
- [20] 易霁琴, 童方平, 宋庆安, 等. 不同基质与激素对欧洲荚蒾扦插成活率的影响[J]. 湖南林业科技, 2008, 35 (5) : 16–18.
- [21] 温谋德. 南方荚蒾扦插繁殖试验[J]. 中国林副特产, 2016, 4: 37–39.
- [22] 王美珍, 王志波, 张凤鹤, 等. 插穗粗度和浸泡时间对紫叶矮樱扦插生根率的影响[J]. 内蒙古林业科技, 2015, 41 (4) : 1–4.
- [23] 邱凤英, 温世钊, 章挺, 等. 不同基质对黄樟扦插繁殖的影响[J]. 经济林研究, 2017, 35 (4) : 43–48.
- [24] 陆圆伊, 马生军, 马留纯, 等. 不同基质对曼地亚红豆杉扦插育苗的影响[J]. 新疆农业大学学报, 2017, 40 (1) : 8–13.