

文章编号:1001-7380(2019)01-0006-05

## 外源激素对鸭头梨硬枝扦插生根的影响

赵子荀<sup>1</sup>, 吴秀萍<sup>1</sup>, 刘政<sup>1</sup>, 冯凯<sup>1</sup>, 许中秋<sup>1</sup>, 童丽丽<sup>2</sup>, 许晓岗<sup>1\*</sup>

(1. 南京林业大学 南方现代林业协同创新中心/生物与环境学院, 江苏 南京 210037;

2. 金陵科技学院园艺园林学院, 江苏 南京 210038)

**摘要:**以5年生鸭头梨实生苗为材料,采用 $L_{16}(4^3)$ 正交试验设计探索激素类型、质量浓度及处理时间3因素对鸭头梨硬枝插穗生根的影响。以生根率、最长不定根长度、不定根数量和生根时间为测定指标,综合评价鸭头梨插穗生根能力。结果表明:外施激素对鸭头梨硬枝插穗生根有促进作用,插穗最高生根率达46.13%,最短生根时间为29 d。正交试验3因素中,激素类型对硬枝插穗效果影响最大,处理时间次之,处理质量浓度影响相对较小;其中,激素类型对最长不定根长度和不定根数量的影响达到极显著水平,对生根率和生根时间的影响达到显著水平;处理时间对各生根指标的影响均达到显著水平;质量浓度仅对最长不定根长度和生根时间的影响达到显著水平。综合4项生根指标,鸭头梨硬枝扦插生根效果最佳处理组合为1 000 mg/L的IAA+IBA+NAA(1:1:1)混合剂处理插穗30 min。

**关键词:**鸭头梨;安息香科;硬枝扦插;激素;生根率

**中图分类号:**S794.9;S723.1+32.1

**文献标志码:**A

**doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2019.01.002

## Effects of exogenous hormones on rooting of *Meliiodendron xylocarpum* cuttings

Zhao Zixun<sup>1</sup>, Wu Xiuping<sup>1</sup>, Liu Zheng<sup>1</sup>, Feng Kai<sup>1</sup>, Xu Zhongqiu<sup>1</sup>, Tong Lili<sup>2</sup>, Xu Xiaogang<sup>1\*</sup>

(1. Co-Innovation Center for Sustainable Forestry in Southern China, College of Biology and the Environment,

Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China; 2. School of Horticulture & Landscape Architecture,

Jinling Institute of Technology, Nanjing 210038, China)

**Abstract:** By using 5-year-old seedlings of *Meliiodendron xylocarpum* as test materials,  $L_{16}(4^3)$  of orthogonal experiment design was applied to analyze the effects of hormone types, concentration and treatment time on rooting of hardwood cuttings. Rooting rate, length of longest adventitious root, number of adventitious roots and rooting time were observed as parameters to evaluate the rooting ability of cuttings comprehensively. The results showed that: Exogenous hormone had a promotion on rooting of *M. xylocarpum* cuttings. The highest rooting rate of hardwood cuttings was up to 46.13%, and the shortest rooting time is 29 d. Among the 3 factors of orthogonal tests, the hormone type took the greatest influence on hardwood cutting, treatment time occupied second place, and hormone concentration ranked the least. The hormone type took highly significant influences on length of longest adventitious root and number of adventitious roots, and significant influences on rooting rate and rooting time. The treatment time had significant effects on all rooting effect indexes, while hormone concentration only had a significant influence on the length of longest adventitious root and rooting time. A conclusion could be drawn that the optimum combination of rooting of cuttings should be the treatment with 1000 mg/L concentration of IAA+IBA+NAA (1:1:1) for 30 min.

**收稿日期:**2019-01-20; **修回日期:**2019-01-25

**基金项目:**江苏省林业科技创新与推广项目“红花茉莉繁育技术集成示范推广”(LYKJ[2018]13);南京市绿化园林局科技项目“红花茉莉快繁与培育关键技术创新”(YLKJ201812ZD);常熟市农业产业关键技术创新项目“红花野茉莉高效栽培与繁育关键技术研发”(CN201710);江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD)

**作者简介:**赵子荀(1997-),女,山西临汾人,硕士研究生。研究方向:植物学。

\* **通信作者:**许晓岗(1968-),男,江苏南京人,副教授/高级工程师,博士。主要从事植物资源利用研究。E-mail:1208657126@qq.com。

**Key words:** *Meliiodendron xylocarpum*; Styracaceae; Cutting; Hormone; Rooting rate

鸭头梨 (*Meliiodendron xylocarpum* Hand.-Mazz.) 是安息香科 (Styracaceae) 陀螺果属落叶乔木, 为中国特有种。鸭头梨的中文名得名于其果实成熟后形酷似鸭头, 色黄褐似沙梨, 故名“鸭头梨”, 我国民间又称为水冬瓜<sup>[1]</sup>。鸭头梨树形优美, 先花后叶, 花淡雅粉红, 果奇特垂悬, 可作为优良的行道树和园林观赏树种及用材树种<sup>[2-4]</sup>; 其果实富含油脂, 主要是种仁, 其含油量可高达 49.6%<sup>[5]</sup>, 可做油料资源植物<sup>[6]</sup>, 具有较高的经济价值和景观应用前景。目前, 国内外对于鸭头梨的相关研究报道较少, 仅限于系统分类<sup>[7-8]</sup>、地理分布<sup>[9-10]</sup>等方面。本研究团队在前期对鸭头梨进行种子繁殖时发现, 其木质化的内果皮是种子萌发困难且休眠周期长的主要原因, 严重制约了该树种的繁殖系数。因此, 在种质资源有限的情况下, 低成本的扦插快繁技术是大规模生产的有效途径之一。本文通过探索不同激素类型、质量浓度、处理时间对鸭头梨扦插生根效果的影响, 以期解决鸭头梨扦插繁殖技术的瓶颈, 也为其优良个体的选育及大规模生产提供理论参考和技术支撑。

## 1 试验地概况

试验在南京林业大学白马教学科研基地进行。试验地年平均温度为 14.3℃, 极端低温为 -15.9℃, 最高气温 42℃, 最热月平均气温为 27.2℃, 最冷月平均温度为 -2.1℃, 年平均降雨约 119 d, 降雨量约 1 170 mm, 无霜期 205 d 左右, 年均相对湿度约 83%, 每年 6 月下旬至 7 月上旬为梅雨季节。

## 2 材料与方法

### 2.1 试验材料

笔者在前期研究时发现, 鸭头梨在南京地区 2 月发芽展叶, 故其硬枝扦插选定于 4 月进行, 插穗采自试验苗圃的 5 年生实生苗, 在基部 2—3 年生的枝条上, 从其枝顶端算起, 去除其 1—3 节部分, 将其余部分修剪成长度为 8—10 cm 的插穗, 保留 2—3 个芽, 上端剪成平口形, 下端剪成马耳形, 抹除下部叶片并保留腋芽。为保持剪口湿润, 采集的穗条在水中剪切, 剪切后将同批次的枝条下端全部浸入各处理溶液中。

扦插基质以蛭石与珍珠岩 (体积比 1:1) 混合并用 0.1% 的高锰酸钾溶液消毒, 采用自动间歇喷雾并遮阴进行插后管养, 依据气象条件变化适时调整喷雾频率。

### 2.2 硬枝扦插试验方法

本试验采用 3 因素 4 水平进行正交设计, 观察其对插穗生根的影响。因素 A: 激素类型, 包括 A<sub>1</sub> (IAA)、A<sub>2</sub> (IBA)、A<sub>3</sub> (NAA)、A<sub>4</sub> [IAA+IBA+NAA (1:1:1) 混合液] 4 个水平; 因素 B: 不同激素质量浓度, 包括 B<sub>1</sub> (100 mg/L)、B<sub>2</sub> (500 mg/L)、B<sub>3</sub> (1 000 mg/L)、B<sub>4</sub> (1 500 mg/L) 4 个水平; 因素 C: 浸泡处理时间, 包括 C<sub>1</sub> (3 s)、C<sub>2</sub> (10 min)、C<sub>3</sub> (30 min)、C<sub>4</sub> (1 h) 4 个水平。根据所选用的因素和水平, 选择 L<sub>16</sub> (4<sup>3</sup>) 正交表来安排试验, 共 16 个处理组合, 每种处理插穗 200 根, 3 个重复, 并以蒸馏水处理作为对照 (CK) 组。

### 2.3 数据采集与分析方法

插后每隔 3—7 d 观测不定根状况 (初期间隔长, 后期间隔短), 在扦插 90 d 后全面统计插穗生根情况, 包括生根率 (%)、生根时间 (d)、不定根平均长度 (mm)、不定根平均数量 (条)。

试验数据用 EXCEL (2016) 处理, 以 SPSS 19.0 软件分析方差, 用 Duncan 多重对比检验。

## 3 结果与分析

### 3.1 鸭头梨硬枝插穗生根情况

对不同激素组合处理的鸭头梨插穗生根效果进行统计, 其试验结果如表 1。可见, 处理后的插穗生根的各项指标均显著优于 CK, 3 号、7 号、8 号和 15 号处理的插穗生根率较高, 超过 40%, 最高为 46.13%, 较对照组 (8.74%) 高出 37.39%; 11 号处理效果最差, 生根率仅为 10.81%。在最长不定根长度统计结果中, 3 号处理效果最显著, 长达 93.85 mm, 比对照组 (18.72 mm) 多 75.13 mm。在不定根数量上, 13 号、15 号和 16 号处理效果较优, 最多的组比 CK 组 (2.47 条) 多出 21.71 条; 9 号和 11 号处理效果较差, 不定根数量仅约有 4 条。在生根时间方面, 3 号和 7 号处理效果最好, 最早在 29 d 后就开始出现不定根, 而在 9 号和 11 号处理中, 54 d 后才开始出现不定根。由此可见, 外施激素对鸭头梨硬枝扦插生根的各方面都有显著促进作用,

但激素类型、质量浓度、处理时间对鸭头梨插穗的生根率、最长不定根长度、不定根数量及生根时间的影响有差异。

表 1 鸭头梨硬枝扦插生根情况的正交试验结果

| 试验号 | 因素             |                |                | 指标    |            |         |        |
|-----|----------------|----------------|----------------|-------|------------|---------|--------|
|     | 激素类型           | 质量浓度           | 处理时间           | 生根率/% | 最长不定根长度/mm | 不定根数量/条 | 生根时间/d |
| 1   | A <sub>1</sub> | B <sub>1</sub> | C <sub>1</sub> | 21.01 | 63.09      | 5.36    | 40     |
| 2   | A <sub>1</sub> | B <sub>2</sub> | C <sub>2</sub> | 28.93 | 88.78      | 6.33    | 48     |
| 3   | A <sub>1</sub> | B <sub>3</sub> | C <sub>3</sub> | 42.71 | 93.85      | 7.41    | 29     |
| 4   | A <sub>1</sub> | B <sub>4</sub> | C <sub>4</sub> | 33.47 | 85.92      | 6.38    | 34     |
| 5   | A <sub>2</sub> | B <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> | 24.73 | 56.35      | 12.59   | 51     |
| 6   | A <sub>2</sub> | B <sub>2</sub> | C <sub>1</sub> | 17.89 | 55.82      | 8.32    | 52     |
| 7   | A <sub>2</sub> | B <sub>3</sub> | C <sub>4</sub> | 42.12 | 60.21      | 13.32   | 29     |
| 8   | A <sub>2</sub> | B <sub>4</sub> | C <sub>3</sub> | 41.47 | 56.92      | 12.79   | 31     |
| 9   | A <sub>3</sub> | B <sub>1</sub> | C <sub>3</sub> | 14.81 | 38.35      | 4.02    | 54     |
| 10  | A <sub>3</sub> | B <sub>2</sub> | C <sub>4</sub> | 25.93 | 46.60      | 5.88    | 53     |
| 11  | A <sub>3</sub> | B <sub>3</sub> | C <sub>1</sub> | 10.81 | 36.49      | 4.07    | 54     |
| 12  | A <sub>3</sub> | B <sub>4</sub> | C <sub>2</sub> | 20.54 | 43.52      | 5.98    | 51     |
| 13  | A <sub>4</sub> | B <sub>1</sub> | C <sub>4</sub> | 25.41 | 52.05      | 21.32   | 42     |
| 14  | A <sub>4</sub> | B <sub>2</sub> | C <sub>3</sub> | 32.46 | 52.55      | 19.89   | 36     |
| 15  | A <sub>4</sub> | B <sub>3</sub> | C <sub>2</sub> | 46.13 | 53.33      | 24.18   | 43     |
| 16  | A <sub>4</sub> | B <sub>4</sub> | C <sub>1</sub> | 26.72 | 50.50      | 20.66   | 48     |
| 17  | CK             |                |                | 8.74  | 18.72      | 2.47    | 52     |

生根时间代表不定根开始出现的时间

3.2 不同处理组合对生根率的影响

由各因素对插穗生根情况影响的极差分析(见表 2)和方差分析(见表 3)可知,激素类型、处理质量浓度及时间对鸭头梨硬枝插穗生根率的影响有差异性。生根率各因素 *R* 值分别为 15.07、12.98、12.67,影响大小为 A>B>C,说明对生根率的影响最大的是激素类型,达到显著水平(*P*<0.05),其次是处理质量浓度,再次是处理时间,其影响也达到显著水平(*P*<0.05)。从各因素水平上看,各激素类型对生根率的影响大小为 A<sub>4</sub>>A<sub>2</sub>>A<sub>1</sub>>A<sub>3</sub>,表明促进生根最显著的激素类型为 A<sub>4</sub>组合,其生根率均值可达到 32.89%,最不显著的激素类型为 A<sub>3</sub>,其生根率均值仅为 17.82%;其中,A<sub>3</sub>分别与 A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>4</sub>的差异显著。在处理质量浓度方面,B<sub>3</sub>>B<sub>4</sub>>B<sub>2</sub>>B<sub>1</sub>,表明促进生根最显著的处理质量浓度是 B<sub>3</sub>(1 000 mg/L),其生根率均值达到 35.08%,B<sub>1</sub>(100 mg/L)的处理效果最差,其生根率均值为 22.10%;其中,B<sub>3</sub>与 B<sub>1</sub>差异显著。在处理时间上,C<sub>3</sub>>C<sub>4</sub>>C<sub>2</sub>>C<sub>1</sub>,表明促进生根最显著的处理时间是 C<sub>3</sub>(30 min),其生根率均值

为 33.10%,最差的是 C<sub>1</sub>(3 s),其生根率均值为 20.43%;其中,C<sub>1</sub>分别与 C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub>、C<sub>4</sub>的差异显著。综上所述,促进硬枝插穗生根的最优水平组合为 A<sub>4</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>。

表 2 不同处理对鸭头梨硬枝扦插生根情况的极差分析

| 指标         | 处理水平           | 激素类型      | 质量浓度      | 处理时间      |
|------------|----------------|-----------|-----------|-----------|
| 生根率/%      | K <sub>1</sub> | 31.51 Aa  | 22.10 Ab  | 20.43 Ab  |
|            | K <sub>2</sub> | 31.72 Aa  | 25.72 Aab | 30.15 Aa  |
|            | K <sub>3</sub> | 17.82 Ab  | 35.08 Aa  | 33.10 Aa  |
|            | K <sub>4</sub> | 32.89 Aa  | 30.82 Aab | 31.17 Aa  |
|            | <i>R</i>       | 15.07     | 12.98     | 12.67     |
| 最长不定根长度/mm | K <sub>1</sub> | 82.57 Aa  | 51.87 Aa  | 49.95 Ab  |
|            | K <sub>2</sub> | 56.87 Bb  | 60.51 Aa  | 59.78 Aab |
|            | K <sub>3</sub> | 41.05 Cc  | 60.49 Aa  | 60.46 Aab |
|            | K <sub>4</sub> | 52.30 BbC | 60.12 Aa  | 61.35 Aa  |
|            | <i>R</i>       | 41.52     | 8.64      | 11.40     |
| 不定根数量/条    | K <sub>1</sub> | 5.93 Cc   | 10.80 Aab | 9.82 Ab   |
|            | K <sub>2</sub> | 11.35 Bb  | 9.91 Ab   | 11.96 Aa  |
|            | K <sub>3</sub> | 5.06 Cc   | 12.37 Aa  | 11.08 Aab |
|            | K <sub>4</sub> | 21.75 Aa  | 11.95 Aab | 11.65 Aa  |
|            | <i>R</i>       | 16.69     | 2.46      | 2.14      |
| 生根时间/d     | K <sub>1</sub> | 39.50 Bb  | 45.50 Aa  | 48.00 Aa  |
|            | K <sub>2</sub> | 40.50 Bb  | 44.50 Aab | 46.50 Aa  |
|            | K <sub>3</sub> | 53.00 Aa  | 39.25 Ac  | 39.50 Ab  |
|            | K <sub>4</sub> | 40.50 Bb  | 40.50 Abc | 40.25 Aab |
|            | <i>R</i>       | 13.50     | 6.25      | 8.50      |

*R* 表示极差;同列不同大写字母表示差异极显著(*P*<0.01),不同小写字母表示差异显著(*P*<0.05)

表 3 各试验因素对鸭头梨硬枝扦插生根的方差分析

| 指标         | 因素 | 平方和      | 自由度 | 均方       | <i>F</i> 值 | <i>P</i> 值 |
|------------|----|----------|-----|----------|------------|------------|
| 生根率/%      | A  | 569.871  | 3   | 188.916  | 6.511      | 0.027 *    |
|            | B  | 430.151  | 3   | 140.872  | 5.025      | 0.049      |
|            | C  | 477.850  | 3   | 158.735  | 5.213      | 0.039 *    |
| 最长不定根长度/mm | A  | 3812.981 | 3   | 1270.945 | 41.794     | 0.001 **   |
|            | B  | 203.685  | 3   | 67.790   | 2.615      | 0.201      |
|            | C  | 288.325  | 3   | 95.631   | 3.230      | 0.107      |
| 不定根数量/条    | A  | 682.155  | 3   | 228.821  | 220.893    | 0.000 **   |
|            | B  | 10.540   | 3   | 3.389    | 3.650      | 0.089      |
|            | C  | 14.985   | 3   | 5.225    | 4.885      | 0.041 *    |
| 生根时间/d     | A  | 413.100  | 3   | 138.450  | 8.375      | 0.017 *    |
|            | B  | 248.960  | 3   | 81.957   | 4.907      | 0.051 *    |
|            | C  | 310.915  | 3   | 103.694  | 6.328      | 0.034 *    |

\* 表示因素的影响达显著水平(*P*<0.05);\*\* 表示因素的影响达极显著水平(*P*<0.01)

3.3 不同处理组合对最长不定根长度的影响

由极差分析(见表 2)和方差分析(见表 3)可



知,最长不定根长度的各因素  $R$  值分别为 41.52, 8.64, 11.40, 影响次序为  $A > C > B$ , 激素组合类型对硬枝插穗最长不定根长度的影响明显大于其他 2 种因素, 达到极显著水平 ( $P < 0.01$ ), 说明激素类型是影响最长不定根长度的主导因素, 其次是处理时间, 再次是激素质量浓度, 2 者的影响均达到显著水平 ( $P < 0.05$ )。从各因素水平上看, 不同激素对最长不定根长度的影响大小为  $A_1 > A_2 > A_4 > A_3$ , 表明  $A_1$  (IAA) 促进插穗不定根增长最显著, 其最长不定根长度均值达到 82.57 mm,  $A_3$  (NAA) 的促进效果最不显著, 其均值仅为 41.05 mm; 其中,  $A_1$  分别与  $A_2$ ,  $A_3$ ,  $A_4$  间的差异极显著,  $A_2$  与  $A_3$  差异极显著。质量浓度方面为  $B_2 > B_3 > B_4 > B_1$ , 说明促进插穗不定根增长最显著的处理质量浓度是  $B_2$  (500 mg/L), 最长不定根长度均值为 60.51 mm, 效果最差的处理质量浓度是  $B_1$  (100 mg/L), 其均值为 51.87 mm; 其中, 各水平间均无显著差异。在处理时间上  $C_4 > C_3 > C_2 > C_1$ , 说明促进插穗不定根增长最显著的处理时间为  $C_4$  (1 h), 其最长不定根长度均值为 61.35 mm,  $C_1$  (3 s) 的处理效果最差, 其均值为 49.95 mm; 其中,  $C_4$  与  $C_1$  间存在显著差异。综上可知, 促进硬枝插穗不定根长增长的最优水平组合为  $A_1 B_2 C_4$ , 即用 500 mg/L 的 IAA 处理 1 h。

### 3.4 不同处理组合对不定根数量的影响

由表 2 和表 3 可知, 不同处理对鸭头梨硬枝扦插的生根数量也存在影响。不定根数量各因素  $R$  值为 16.69, 2.46, 2.14, 影响大小为  $A > B > C$ , 说明对鸭头梨硬枝扦插不定根数量起主导作用的因素也是激素类型, 影响达极显著水平 ( $P < 0.01$ ), 其次是激素的浓度, 影响达显著水平 ( $P < 0.05$ ), 而处理时间影响最小, 且对不定根数量无显著影响。从各因素水平看, 激素类型上  $A_4 > A_2 > A_1 > A_3$ , 表明促进插穗不定根数量增加的最佳激素类型为  $A_4$  处理, 其不定根数均值达到了 21.75 条,  $A_3$  处理效果最差, 其均值为 5.06 条; 其中,  $A_2$  与  $A_1$ ,  $A_3$  的差异极显著,  $A_4$  分别与  $A_1$ 、( $A_3$ )、 $A_2$  的差异均极显著。处理质量浓度上  $B_3 > B_4 > B_1 > B_2$ , 表明促进插穗不定根数量增加的最佳处理质量浓度是  $B_3$  (1 000 mg/L), 其不定根数均值为 12.37 条, 最差的是处理质量浓度为  $B_2$  (500 mg/L), 其均值为 9.91 条; 其中,  $B_2$  与  $B_3$  的差异显著。处理时间上  $C_2 > C_4 > C_3 > C_1$ , 表明促进插穗不定根数量增加的最佳处理时间是  $C_2$  (10 min), 其不定根数均值为 11.96 条,  $C_1$  (3 s) 的处理效果最

差, 其均值为 9.82 条; 其中,  $C_1$  分别与  $C_2$ ,  $C_4$  存在显著差异。由试验结果可知, 促进不定根增加效果最佳的处理组合为  $A_4 B_3 C_2$ 。

### 3.5 不同处理组合对生根时间的影响

由表 2 和表 3 可知, 生根时间各因素  $R$  值为 13.50, 6.25, 8.50, 影响大小为  $A > C > B$ , 说明对插穗生根时间影响最大的因素是激素类型, 其次是处理时间, 再次是激素的质量浓度, 各因素的影响均达到了显著水平 ( $P < 0.05$ )。从各因素水平上看, 激素中  $A_3 > A_2 = A_4 > A_1$ , 表明鸭头梨硬枝扦插过程中促使不定根最早出现的激素为  $A_1$  (IAA), 其生根时间均值为 39.50 d, 处理效果最差的是  $A_3$  (NAA), 其均值为 53 d; 其中,  $A_3$  分别与  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_4$  存在极显著差异。处理质量浓度上  $B_1 > B_2 > B_4 > B_3$ , 表明促使插穗不定根最早出现的处理质量浓度是  $B_3$  (1 000 mg/L), 其生根时间均值为 39.25 d, 效果最差的是  $B_1$  (100 mg/L), 其均值为 45.50 d; 其中, 各组间均存在显著差异。在处理时间方面  $C_1 > C_2 > C_4 > C_3$ , 表明促使插穗不定根最早出现的处理时间是  $C_3$  (30 min), 其生根时间均值为 39.50 d, 最差的处理效果是  $C_1$  (3 s), 其均值为 48.00 d; 其中,  $C_3$  与  $C_1$ ,  $C_2$  的差异显著。由试验结果可知, 促使硬枝插穗不定根最早出现的处理组合为  $A_1 B_3 C_3$ 。

## 4 结论与讨论

本试验发现, 经不同激素处理的鸭头梨硬枝插穗生根情况明显优于对照组, 且各试验因素对不同类型插穗的各项生根指标的影响不同。3 个试验因素对硬枝插穗的影响大小顺序为激素类型 > 处理时间 > 处理质量浓度, 这是因为外源激素能影响插穗内源生长素的调配, 提高酶活性和糖代谢, 促进根原基形成与生长, 促进分生细胞伸长, 对植物的生长发育具有调控作用<sup>[11-12]</sup>; 在扦插过程中, 水分对植物的扦插生根确实十分重要<sup>[13]</sup>, 插穗在扦插前主要依靠体内营养物质供给和切口部位的水分吸收以维持存活<sup>[14]</sup>, 处理时间的长短不仅改变插穗中外源激素的含量, 也给插穗提供吸收水分的机会, 以供给扦插后苗木的生长代谢, 而处理质量浓度仅改变插穗中的激素含量, 过高或过低则可能抑制生根<sup>[15]</sup>, 处理时间从一定程度上补偿了质量浓度的影响, 这可能是处理时间对插穗生根影响优于处理质量浓度的原因。

提高其生根率和不定根数量的最佳激素是  $A_4$

组合;而促进最长不定根增长和不定根出现的激素是  $A_1$ (IAA)。 $A_1$ (IAA)能促进根的伸长,故处理后的插穗根系为长粗型,少须根; $A_2$ (IBA)能促进根系的发育,处理后的插穗根系较发达; $A_3$ (NAA)处理后的插穗生根较短,控制株型,避免徒长,而  $A_4$ 组合处理后效果优于单种激素处理,所生的根系含有大量须根,数量更多,这是由于组合型激素激发了插穗内部不同遗传物质对蛋白质产生的表达<sup>[16]</sup>,这种组合型激素处理后的插穗生根更利于水分以及养分的吸收,促进植株的生长发育,可见,多种激素组合使用可弥补单一类型的不足<sup>[17]</sup>。同种激素不同质量浓度对鸭头梨扦插生根的影响也有明显差异,激素质量浓度对硬枝插穗不定根出现时间的影响显著。就生根率、不定根数量和生根时间 3 个指标而言,处理插穗效果最好的质量浓度为  $B_3$ (1 000 mg/L),最长不定根长度方面,插穗以  $B_2$ (500 mg/L)处理效果最佳,综合各因素指标, $B_2$ (1 000 mg/L)是比较适合鸭头梨硬枝插穗生根的质量浓度。处理时间的长短主要是影响了插穗中水分含量和外源激素的含量。在生产意义上,短时间处理能提高扦插的工作效率<sup>[18]</sup>,根据试验所得各生根指标,促进鸭头梨插穗生根的最佳处理时间为  $C_3$ (30 min)。本试验结果表明,对鸭头梨插穗生根的最优组合为  $A_4B_3C_3$ ,即插穗以 1 000 mg/L 的 IAA+IBA+NAA (1:1:1)组合处理 30 min 得到的苗木根系发达,可提高移栽苗成活率。

#### 参考文献:

- [1] HUANG S M, GRIMES J W. Styracaceae [M] // WU Z Y, RAVEN P H. Flora of China 15. Beijing: Science Press; St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, 1996:253-271.
- [2] 兰思仁.福建省野生观赏植物资源调查与观花植物的观赏特性评价[J].中国园林,2010,26(12):63-67.
- [3] 黄清麟,郑群瑞,戎建涛,等.福建中亚热带天然阔叶用材林择伐技术 I.基于树种特征的目标树种清单[J].山地学报,2012,30(2):180-185.
- [4] 王小明,刘克旺,易霁琴,等.湖南野生木本观赏植物资源及利用[J].中国野生植物资源,2003,22(3):16-20.
- [5] 程菊英,罗四莲,吕清华,等.广西植物油脂的研究——II 110 种植物种子的油脂成分[J].广西植物,1981(2):20-33.
- [6] 张雪芬.九阜山野生油脂植物资源及其开发利用[J].中国林副特产,2010(3):88-91.
- [7] FRITSCH P W, MORTON C M, CHEN T, et al. Phylogeny and biogeography of the Styracaceae[J]. International Journal of Plant Sciences, 2001, 162(S6):S95-S116.
- [8] GRIMSHAW J, RIX M. 768. *Melliodendron xylogarpum* [J]. Curtiss Botanical Magazine, 2013, 30(3):201-207.
- [9] 张程.中国安息香科植物种质资源及研究进展[J].南方林业科学,2010(6):42-47.
- [10] 王哲宇,童丽丽,汤庚国.野茉莉科植物地理分布研究进展[J].金陵科技学院学报,2013,29(1):65-71.
- [11] HUSEN A. Changes of Soluble Sugars and Enzymatic Activities During Adventitious Rooting in Cuttings of *Grewia optiva* as Affected by Age of Donor Plants and Auxin Treatments[J]. American Journal of Plant Physiology, 2012, 7(1):1-16.
- [12] 张乐华,王书胜,单文,等.基质、激素种类及其浓度对鹿角杜鹃扦插育苗的影响[J].林业科学,2014,50(3):45-54.
- [13] 许晓岗,丁芳芳,童丽丽.垂丝海棠、榉子扦插生根的生理机制[J].东北林业大学学报,2013,41(5):91-97.
- [14] 胡劭鸿,欧阳芳群,贾子瑞,等.欧洲云杉扦插生根影响因子研究与生根力优良单株选择[J].林业科学,2014,50(2):42-49.
- [15] 陈庆生,周鹏,张敏,等.激素和插穗处理对乌饭树扦插生根的影响[J].东北林业大学学报,2016,44(4):41-43,47.
- [16] 许晓岗,丁俊刚,童丽丽.激素对榉子插穗内源激素含量和可溶性蛋白组成的影响[J].南京林业大学学报(自然科学版),2009,33(2):60-64.
- [17] 董胜君,刘明国,戴菲,等.山杏嫩枝扦插繁殖试验[J].经济林研究,2013,31(1):176-180.
- [18] 孟衡玲,杨生超,张薇,等.不同基质和激素对通光藤扦插生根的影响[J].云南农业大学学报,2014,29(4):540-543.