

扦插基质及生根促进剂对美国红枫扦插繁殖的影响

陆秀君^{1,2}, 洪晓松^{1,2}, 刘景强^{1,2}, 刘广林^{1,2}, 李克壮^{1,2}, 葛根塔娜^{1,2}

(1. 沈阳农业大学 林学院, 辽宁 沈阳 110866; 2. 辽宁省实验林场, 辽宁 抚顺 113311)

摘 要:以美国红枫改良品种(*Acer*×*freemanii* ‘Autumn Blaze’)为试验材料,剪取1年生枝条的中上部做插穗,用ABT¹# 1 000 mg/L溶液处理插穗,分别扦插在河砂、珍珠岩、蛭石、草炭、炉灰渣、珍珠岩+蛭石、珍珠岩+蛭石+草炭7种不同基质上。选取生根促进剂ABT¹#、IBA、NAA以及IBA+NAA的混合溶液分别设计500、1 000、1 500 mg·L⁻¹和2 000 mg·L⁻¹4个浓度梯度处理插穗,以清水处理作为对照组。结果表明,蛭石与珍珠岩的混合基质为最佳基质,扦插在该基质上的插穗生根率可达到87.3%,平均根数为9.8条,平均根长为7.6 cm,根系效果指数为0.83。用生根促进剂ABT¹# 1 000 mg·L⁻¹、ABT¹# 2 000 mg·L⁻¹和IBA+NAA 1 000 mg·L⁻¹处理红枫插穗,生根率分别达到57.8%、58.9%和60.0%,根系效果指数分别达到1.00、1.17和0.71。IBA 500 mg/L处理的插穗,生根率为68.9%,但平均根数较少,不适合美国红枫的扦插生根。

关键词:美国红枫;基质;生长素;扦插繁殖;生根率

中图分类号:S722.7 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2015)05-0138-05

Effect of Different Soil Substrates and Rooting Agents on *Acer rubrum* Cutting Propagation

LU Xiu-jun^{1,2}, HONG Xiao-song^{1,2}, LIU Jing-qiang^{1,2}, LIU Guang-lin^{1,2}, LI Ke-zhuang^{1,2}, GE Gen-ta-na^{1,2}

(1. Forestry College, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110866, China;

2. Experimental Forest Farm of Liaoning Province, Fushun, Liaoning 113311, China)

Abstract: Cuttings from the upper parts of the branches from one-year-old seedlings of *Acer*×*freemanii* “Autumn Blaze” were adopted to carry out propagation experiment. After the cuttings were treated with root promoting chemicals, they were raised in different substrates. The results showed that perlite + vermiculite was the best soil substrate, in which the rooting rate reached 87.3%, the average root number, length, and root effect index were 9.8, 7.6 cm, and 0.83, respectively. The suitable root promotion reagent were ABT No. 1 with concentrations of 1 000 mg·L⁻¹ and 2 000 mg·L⁻¹ respectively, and IBA + NAA (1 000 mg·L⁻¹), under which the rooting rates were 57.8%, 58.9%, and 60.0%, the root effect indices reached 1.00, 1.17, and 0.71. respectively. Although in IBA (500 mg·L⁻¹) treated group, the rooting rate was as high as 68.9%, the average number of roots were less, it was not suited for cuttings.

Key words: *Acer rubrum*; soil substrate; auxin; cutting propagation; rooting rate

美国红枫是北美地区红枫的通称,其植物学名为红花槭(*Acer rubrum*),是槭树科槭树属落叶乔木,原产美国东海岸。因其树体高大、生长速度快、耐寒耐旱耐湿性强等优良特性成为美国最受欢迎的绿化树种。近年来国内许多地区开始引种栽培,美

国红枫已成为我国引种的彩叶观赏植物中最具观赏价值的植物之一。初期的美国红枫引种以原装进口大规格的苗木为主,由于引种成本高,无法大规模在园林绿化中应用。因此,各地陆续开展了有关美国红枫繁殖方面的研究工作。由于扦插繁殖具有成苗

快、保持品种优良性状等优点,已成为当前美国红枫主要繁殖技术。特别是近年来,有关美国红枫扦插繁殖的报道急剧增多。

储建新和李罗仁^[1]以河沙为基质,采用质量浓度 100 mg/L 的 APT 生根粉和 NAA 浸泡红花槭 (*Acer rubrum*) 嫩枝插穗 2 h, 生根率分别为 86.6% 和 75.7%。用 100 mg/L 质量浓度的 APT 生根粉浸泡 2 h, 以蛭石+珍珠岩(1:1)为基质, 扦插成活率达 90.9%、每株平均生根数 12.15 条及每株平均根总长 121.16 cm。巩文琼^[2]报道了美国红枫扦插繁殖技术及生根机理研究, 用 500 mg·L⁻¹ 的 ABT^{2#} 速蘸 5 s 处理插穗, 以河砂+珍珠岩+蛭石=1:1:2 为基质, 最大生根率达 40%, 最高的平均生根根数为 3.8 条, 根长最长仅 2.2 cm。而采用 1 000 mg·L⁻¹ ABT^{2#} 速蘸 5 s 处理插穗, 最高生根率达 60%, 平均根数 21.6 条, 根长 2.7 cm。刘争^[3]采用 100 mg/L 的 ABT 浸泡美国红枫插穗 6 h, 成活率达到 66%, 采用 200 mg/L NAA 和 500 mg/L 的 IBA 浸泡 6 h, 成活率均为 65%。尹新彦^[4]等报道, 采取混配植物生长促进剂(IBA:NAA=1:1) 300 mg/L 速蘸 5 s 处理去顶芽的上部枝条插穗, 以蛭石为基质, 可使美国红枫‘秋火焰’(*Acerr* × *freemanii* Jeffersred ‘Autumn Blaze’) 扦插繁殖生根率达 87.78%, 生根条数 26.8, 根长 4.33 cm。赵庆柱^[5]等以‘夕阳红’槭 (*Acer rubrum* ‘Red Sunset’) 当年生半木质化新梢为试材, 使用 ABT^{1#} 500 mg/L 和吲哚乙酸+萘乙酸(浓度比为 1:1) 500 mg/L 溶液浸泡插穗 2 h, 生根率分别达 96.4% 和 91.6%, 平均根长分别为 15.8 cm 和 14.5 cm。何素芬^[6]报道了美国红枫硬枝扦插繁殖技术, 结果表明, 以 2:1 的珍珠岩与黄泥土混合为扦插基质, 采用 1 000 mg·L⁻¹ 的 50% 引丁萘合剂(吲哚丁酸+萘乙酸合剂附加谷氨酸、肌醇) 加入黄泥土形成泥浆, 插条切口蘸上泥浆后再扦插, 在 2 月上、中旬扦插, 插穗生根率在 80% 以上。

综上, 由于使用激素种类、药剂浓度、处理时间、处理方式、扦插基质等不同以及树木品种间的差异, 美国红枫一类树种扦插繁殖技术各异。因此, 本研究以从美国引进并在沈阳驯化的一种改良美国红枫 (*Acer* × *freemanii* ‘Autumn Blaze’) 为研究对象, 开展扦插繁殖技术的研究, 以期加快苗木繁殖速度, 获得大量性状整齐的优良植株, 不仅满足生产实际对苗木的需求, 同时有利于美国红枫在沈阳地区大面积推广应用。

1 材料与方法

试验地设在辽宁省沈阳市高坎镇苗木基地内 (41°49′N、123°13′E)。试验用插条采自经引种驯化的美国红枫 (*Acer* × *freemanii* ‘Autumn Blaze’) 3 年生母树。选取生长健壮、整齐一致、无病虫害的半木质化枝条的中上部剪制插穗, 长度为 8~10 cm, 上切口平剪, 切口距第一芽约 1 cm。保留上部 2 片叶, 每片叶约保留 1/2。制作好的插穗在清水中浸泡, 以减少抑制剂对生根的影响。插穗 30 支扎成一捆, 然后用不同浓度的生根促进剂处理插条基部, 处理时间为 10 s。采用高床育苗方式。

基质筛选试验: 分别选 河沙、珍珠岩、草炭、蛭石、炉灰渣、蛭石+珍珠岩=1:1、蛭石+珍珠岩+草炭=1:1:1 作为扦插基质做插床。每种基质 3 次重复, 每个重复扦插 50 根插穗, 全部插穗均用 ABT^{1#} 1 000 mg·L⁻¹ 溶液处理。

生根促进剂种类和浓度筛选试验: 分别选取 ABT^{1#}、IBA、NAA 及 IBA+NAA 作为促进生根药剂, 每种药剂的浓度 500、1 000、1 500 mg·L⁻¹ 和 2 000 mg·L⁻¹ 4 个浓度梯度, 并用清水做对照, 以河沙为基质。试验采用完全随机区组设计, 3 次重复, 每个重复扦插 30 个插穗。

测定指标: 扦插后 60 d 调查测定生根率、I 级侧根数、I 级侧根长度、>3 cm 长 I 级侧根数(<3 cm 长的 I 级侧根不做统计)、根系效果指数(根系效果指数=平均根数×平均根长/扦插插穗总数)等。

数据统计: 试验结果运用 Excel 2003 和 SPSS 17.0 进行数据处理和方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同基质对美国红枫扦插繁殖的影响

由表 1 可以看出, 7 种不同类型的基质在生根率和平均根长影响差异极显著, 而在 >3 cm 的平均根数方面影响不显著。在基质 F(蛭石+珍珠岩)中的扦插生根率最高, 达到 87.3%, 平均根长相对较短为 7.6 cm, 平均根数为 9.8 条, 根系效果指数为 0.83; 根系生长状况最好的插穗出现在基质 D(蛭石)中, 根系效果指数达到 1.43, 平均根长和 >3 cm 的平均根数分别为 10.3 cm 和 12.5 条, 生根率为较高的 80.7%, 这可能因为与蛭石的保水、保肥性较好有关, 使得根系的长度、数量都生长的较好^[7]。虽然基质 A(河沙)中平均根长高达 12.0 cm, 但 >3 cm 的根数只有 7.5 条, 与基质 D 相比减小 5.0 条, 生根率与基质 F 相比减少了 28.0%。效果最不好

的是基质 E(炉灰渣),生根率仅为29.3%,在平均根长和生根数量方面全部为最低值。

表 1 不同基质对美国红枫插穗生根的影响

Table 1 Effects of different substrates on rooting

| 基质种类 | 生根率 /% | 平均根长 /cm | 最长根长 /cm | >3 cm 平均 根数/条 | 最大 根数/条 | 根系效果 指数 |
|------|------------|-------------|-------------|------------------|------------|------------|
| A | 59.3±1.15c | 12.0±4.27a | 25.0 | 7.5±3.69bc | 42 | 1.00 |
| B | 44.7±3.06d | 6.2±0.36d | 18.5 | 10.0±6.44ab | 51 | 0.69 |
| C | 56.0±2.00c | 10.0±1.58b | 31.5 | 9.2±6.64b | 41 | 1.02 |
| D | 80.7±3.06b | 10.3±0.52b | 28.5 | 12.5±7.08a | 46 | 1.43 |
| E | 29.3±3.06e | 6.3±0.66d | 23.5 | 6.3±3.34c | 22 | 0.44 |
| F | 87.3±2.31a | 7.6±1.02c | 23.5 | 9.8±4.54ab | 34 | 0.83 |
| G | 62.7±4.16c | 10.5±0.63b | 29.0 | 9.9±4.87ab | 25 | 1.16 |

注:A;河沙;B;珍珠岩;C;草炭;D;蛭石;E;炉灰渣;F;蛭石+珍珠岩;G;蛭石+珍珠岩+草炭。小写字母表示在 0.05 水平上差异显著,下表同。

2.2 不同种类和浓度的生根促进剂对美国红枫扦插繁殖的影响

如表 2 所示,在 ABT^{1#} 的处理中,2 000 mg·L⁻¹ 的生根率最高达到 58.9%,高于对照组38.9%,平均根长为 10.1 cm,>3 cm 的根数为 10.6 条,根系效果指数为最高的 1.17;其次是 1 000 mg·L⁻¹ 中的生根率,达到 57.8%,平均根长为 12.0 cm,>3 cm 的根数为 10.6 条,根系效果指数为 1.00。其他 2 种浓度的处理生根率均低于 40.0%。随着浓度的增加,平均根长呈递减趋势,而>3 cm 的根数呈递增趋势,可能是低浓度的 ABT 适合根系生长,高浓

度的 ABT 有利于不定根的萌发。在 IBA 中,以 500 mg·L⁻¹ 的处理生根率最高,达到 68.9%,高于对照组 48.9%,平均根长为最优的 13.6 cm,但>3 cm 的根数只有 4.1 条;在 NAA 的 4 种浓度处理中,生根率全部低于 30.0%,尤其在 1 500 mg/L 和 2 000 mg/L 中,生根率分别为 11.1%和 18.9%,均低于对照组,因为 NAA 稍有毒性,浓度较高的 NAA 溶液容易伤害植物^[8];在 IBA+NAA 中,只有 1 000 mg/L 的处理生根率较高,达到 60.0%,平均根长为 7.9 cm,>3 cm 的根数为 8.1 条,其他浓度中的生根率均低于 30.0%。

表 2 不同生根促进剂对美国红枫插穗生根的影响

Table 2 Effects of different kinds of rooting agents and concentrations on rooting

| 药剂种类 | 浓度 /(mg·L ⁻¹) | 生根率/% | 平均根长/cm | 最长根长/cm | >3 cm 平均根数/条 | 最大根数/条 | 根系效果 指数 |
|-------------------|------------------------------|------------|------------|------------|-----------------|-----------|------------|
| CK | 0 | 20.0±3.30 | 6.7±1.45 | 15 | 3.5±1.30 | 21 | 0.26 |
| ABT ^{1#} | 500 | 27.8±1.96c | 14.1±4.19a | 28 | 4.1±1.73c | 23 | 0.64 |
| | 1 000 | 57.8±1.91a | 12.0±4.28b | 22.5 | 7.5±3.69b | 43 | 1.00 |
| | 1 500 | 36.7±3.35b | 10.9±3.74b | 31 | 8.3±3.49b | 37 | 1.01 |
| | 2 000 | 58.9±3.81a | 10.1±3.04b | 29 | 10.4±4.71a | 51 | 1.17 |
| | IBA | 500 | 68.9±1.91a | 13.6±5.46a | 28.5 | 4.1±2.22b | 18 |
| IBA | 1 000 | 42.2±6.93b | 9.6±3.04b | 35.5 | 6.8±3.22a | 24 | 0.73 |
| | 1 500 | 27.8±3.87c | 10.7±2.86b | 29 | 8.3±3.00a | 23 | 0.99 |
| | 2 000 | 28.9±1.91c | 9.8±2.64b | 22 | 7.3±2.30a | 54 | 0.79 |
| | NAA | 500 | 24.4±1.96b | 10.5±2.86a | 41 | 7.3±2.29b | 62 |
| NAA | 1 000 | 30.0±3.30a | 9.0±2.59a | 27 | 7.0±4.05b | 70 | 0.70 |
| | 1 500 | 11.1±1.91d | 9.4±1.24a | 29.5 | 8.4±1.12a | 68 | 0.88 |
| | 2 000 | 18.9±3.81c | 10.5±4.21a | 31 | 8.6±2.45a | 35 | 1.00 |
| | IBA+NAA | 500 | 30.0±0.00b | 8.2±1.95ab | 25 | 8.3±3.96b | 33 |
| IBA+NAA | 1 000 | 60.0±3.30a | 7.9±1.62b | 22.5 | 8.1±2.73b | 43 | 0.71 |
| | 1 500 | 18.9±1.91c | 11.0±2.45a | 33 | 9.0±2.68a | 53 | 1.10 |
| | 2 000 | 17.8±1.91c | 7.6±1.45b | 28 | 10.2±2.23a | 25 | 0.86 |

在 4 种不同生根促进剂中,筛选出最佳处理进行比较(表 3)。从表 3 可以看出,生根率最高的为 IBA 500 mg·L⁻¹ 的处理,和其他 3 种处理的差异显著,但该处理中>3 cm 的平均根数较少,不利于插穗的后期生长。ABT 1 000 mg·L⁻¹、ABT 2 000 mg·L⁻¹ 和 IBA+NAA 1 000 mg·L⁻¹ 的处理中在生根率方面差异不显著,均在 59.0%左右,

其中在 ABT^{1#} 1 000 mg·L⁻¹ 和 ABT^{1#} 2 000 mg·L⁻¹ 中,平均根长和>3 cm 的平均根数差异不显著,均为最优效果;而在 IBA+NAA 1 000 mg·L⁻¹ 中,平均根长较短,为 7.9 cm,与其他处理差异显著,但>3 cm 的平均根数较高,达到 8.1 条,因此不会影响根系的后期生长。

表 3 不同生根促进剂中最佳浓度处理的比较

Table 3 Optimal concentration treatment comparison in different rooting agents

| 药剂 | 浓度 /(mg · L ⁻¹) | 生根率 /% | 平均根长 /cm | 最长根长 /cm | >3 cm 平均根数/条 | 最大根数 /条 | 根系效果 指数 |
|--------------------|--------------------------------|------------|-------------|-------------|-----------------|------------|------------|
| ABT ¹ # | 1 000 | 57.8±1.91b | 12.0±4.28a | 22.5 | 7.5±3.69a | 43 | 1.00 |
| ABT ¹ # | 2 000 | 58.9±3.81b | 10.1±3.04a | 29.0 | 10.4±4.71a | 51 | 1.17 |
| IBA | 500 | 68.9±1.91a | 13.6±5.46a | 28.5 | 4.1±2.22b | 18 | 0.62 |
| IBA+NAA | 1 000 | 60.0±3.30b | 7.9±1.62b | 22.5 | 8.1±2.73a | 43 | 0.71 |

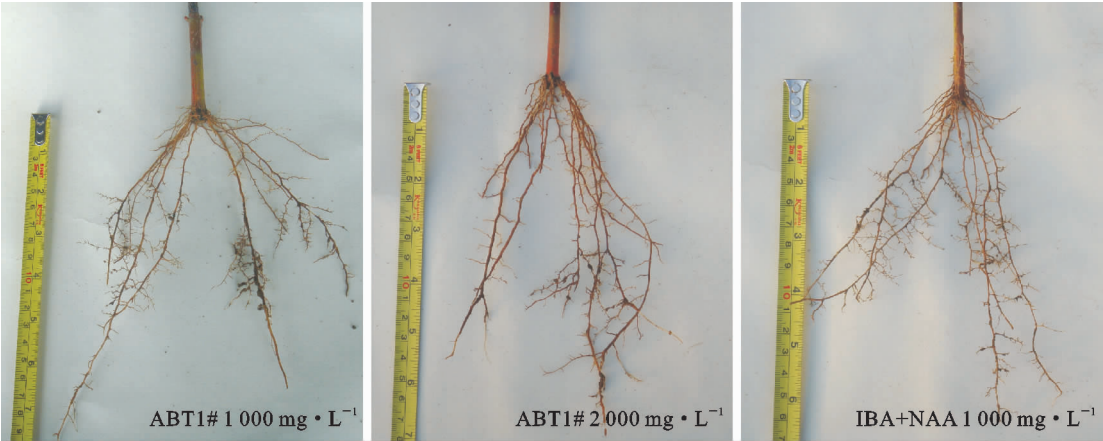


图 1 不同生根促进剂处理的生根状况

Fig. 1 Illustrations of the results of different rooting agents and concentrations

3 结论与讨论

试验结果表明,在基质筛选试验中,基质 F(蛭石+珍珠岩)的扦插生根率最高,基质 D(蛭石)的生根数量最多,根系效果指数最高,适合插穗的后期生长。因此,建议采用以上 2 种基质作为美国红枫的扦插基质。在生长调节剂种类和浓度对美国红枫扦插影响中,结合插穗生根率、生根数量和根长,以及根系效果指数,在美国红枫扦插时建议使用 ABT¹# 1 000 mg · L⁻¹、ABT¹# 2 000 mg · L⁻¹ 和 IBA+NAA 1 000 mg · L⁻¹ 作为生根促进剂。

基质在扦插生根的过程中具有重要的作用。一般硬枝可以选择在含沙量较高的沙壤土中进行扦插,而嫩枝应选择在河沙、草炭、珍珠岩、蛭石等基质中进行。扦插生根的基质应具备保温、保湿、通透性良好的环境,但对基质的水分保持力要求不高。蛭石具有良好的通气、保湿、保肥的功能,是公认最理想的扦插基质^[9-10]。但保湿效果最好的蛭石虽然生根率较高,但容易造成插穗的发霉和腐烂。从本试验中观察到,蛭石的生根率高达 80.7%,为单一基质中生根率最佳的基质,这与尹新彦^[4]的试验结果一致,经过生长素处理能有效地缩短插穗生根所需的时间,提高插穗的生根率^[11]。本试验结果表明,蛭石中的根系效果指数最高,而蛭石和珍珠岩的组合生根率最高,是因为在蛭石中参入膨松的珍珠岩

后提高了基质的保温性能,并增加了透气性,进一步提高了插穗的生根率。但在珍珠岩和蛭石的混合基质中,平均根长和生根数量明显下降,珍珠岩的颗粒和硬度较大,且养分含量较少,不能有效的固定根系,不利于根系的生长^[12]。在单一的河沙基质中,平均根长最长,由于河沙的颗粒较小,在灌水后容易出现渍水的现象,虽然保水、保肥性能较高,有利于主根的生长,但透气性较差,不利于新根的萌发,因此河沙的生根率低于保温隔热、透气性能较优的蛭石基质^[13]。本试验中,只有在 1 000 mg · L⁻¹ 的浓度下,IBA+NAA 的生根率高于 IBA 的单一处理,在适宜插穗生根的浓度下,插穗吸收 IBA 后,IBA 被过氧化物酶分解的速度较慢,而且传导扩散性能差,所以容易保留在插穗的基部,有效地促进形成层细胞分裂,有利于根原基的形成^[14-15]。生根数量较多插穗出现在 NAA 的处理中,因为 NAA 不但具有促进基因表达的作用,而且 NAA 在植物体内能够转化为 IAA,与酚类物质结合形成 IAA—酚酸类复合物,这种物质可以促进根原基的产生^[16]。

除了 500 mg · L⁻¹ 浓度外,在 ABT¹# 其他浓度的处理中在生根率和根系效果指数方面均是最高值,ABT¹# 生根粉中除了含有促进生根的激素外,还含有其他的生长素加效剂,能够辅助生长素达到更好的生根效果^[17]。还有研究表明,ABT¹# 生根粉能补充生根所需要的物质和促进生长素的合成^[18]。

其中在使用不同生根促进剂处理后的插穗,通常主根较短的插穗生根数量较多,可能因为浓度较高的生长素在生根部位积累能够促进不定根的形成,而高浓度的生长素会抑制主根的生长^[19]。有研究表明,生长素比较容易诱导产生乙烯,在植物体内积累的乙烯过多,导致平均根长较短^[20],IBA 的处理中平均根长较优,因为 IBA 在生长素中诱导产生乙烯的能力较低,含量较低的乙烯有利于根系的伸长^[21]。S. Liv^[22]等研究表明,主根较长的插穗有利于吸收深层土壤中的水分,从而提高植物的抗性。而侧根数量较多的插穗,虽然不利于主根的生长,但能吸收土壤上层的营养物质,有利于插穗地上部分的生长。

参考文献:

[1] 储建新,李罗仁. 激素和基质对红花槭嫩枝扦插生根的影响[J]. 江苏林业科技,2011,38(2):1-3.

[2] 巩文琼. 美国红枫扦插繁殖技术及生根机理研究[D]. 泰安:山东农业大学,2011.

[3] 刘争. 美国红枫扦插繁育技术研究[J]. 安徽农学通报,2013,19(12):90-91.

[4] 尹新彦,储博彦,李金霞,等. 美国红枫‘秋火焰’扦插繁殖技术的优化[J]. 安徽农业科学,2014,42(5):1411-1412,1437.

[5] 赵庆柱,张占彪,邱玉宾,等. 不同植物生长调节剂对‘夕阳红’槭扦插生根、生长和光合的影响[J]. 中国农学通报,2014(10):52-56.

ZHAO Q Z,ZHANG Z B,QIU Y B,*et al.* Effects of different Plant growth regulator on cutting rooting, growth and leaf photosynthetic of *Acer rubrum* ‘red sunset’[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2014(10):52-56. (in Chinese)

[6] 何素芬,吴戎,顾大勤. 美国红枫硬枝扦插育苗试验研究[J]. 四川林业科技,2014(1):61-62,88.

[7] 刘延青,李志辉. 仿栗扦插繁殖技术及其生根机理的研究[D]. 长沙:中南林业科技大学,2011.

[8] 永泰. 植物扦插繁殖与激素的应用[J]. 中国花卉园艺,2001,12:4-5.

[9] 薛勇. 园林花木扦插繁殖常用的基质[J]. 新农业,2002(2):43.

[10] 王芳,肖采玲,郭琴,等. 扦插基质对红花槐硬枝扦插成活力的影响[J]. 安徽农业科学,2010,38(15):7810-7811.

[11] 张艳华,刘艳. 植物生长素对东北红豆杉嫩枝扦插生根的影响[J]. 吉林林业科技,2010(4):14-15.

[12] 王小敏,彭大庆,吴文龙,等. 扦插基质和生根剂处理对滨梅嫩枝扦插生根的影响[J]. 西北林学院学报,2014(4):114-118.

WANG X M,PENG D Q,WU W L,*et al.* Effects of culture medium and plant growth regulators on the rooting of soft-

wood cuttings of beach plum[J]. Journal of Northwest Forestry University,2014(4):114-118. (in Chinese)

[13] 耿云芬,袁春明,李永鹏,等. 不同基质对濒危树种景东翅子树扦插生根的影响[J]. 西北林学院学报,2013(4):98-102.

GENG Y F,YUAN C M,LI Y P,*et al.* Effects of different media on cuttage rooting rate of endangered species *Pterospermum kingtungense*[J]. Journal of Northwest Forestry University,2013(4):98-102. (in Chinese)

[14] 俞玖. 园林苗圃学[M]. 北京:中国林业出版社,1988.

[15] 谢利锁. 野生早樱嫩枝扦插繁殖技术研究[J]. 林业科技开发,2002,16(2):20-22.

[16] 李明,黄卓烈,谭绍满,等. 萘乙酸处理桉树插条后多酚氧化酶活性及同工酶变化与插条生根的关系[J]. 华南农业大学学报,2002(1):45-48.

LIN M,HUANG Z L,TAN S M,*et al.* Relationship between the changes of activities and isoenzymes of polyphenol oxidase and the rooting of eucalyptus cuttings after treatment with naphthylacetic acid[J]. Journal of South China Agricultural University,2002(1):45-48. (in Chinese)

[17] 王竹. ABT 生根粉对野生树莓枝条扦插效应的研究[J]. 湖南农业科学,2014(2):67-68.

[18] 贾娟,姚延寿,史敏华,等. 生根剂促进槭树植物扦插繁殖的研究进展[J]. 西北林学院学报,2010,25(4):107-109.

JIA J,YAO Y S,SHI M H,*et al.* Advances in researchers of rooting agent in cutting propagaion of aceraceae plants[J]. Journal of Northwest Forestry University,2010,25(4):107-109. (in Chinese)

[19] 柯存祥. 不同处理对四季秋海棠扦插生根的影响研究[J]. 中国农学通报,2006,22(4):331-334.

KE C X. A study of rooting on *Begonia semperflorens* Link et Otto’s cuttings[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2006,22(4):331-334. (in Chinese)

[20] 姜云天,王德礼,顾立周. 不同生长调节剂及土壤基质对茉莉花扦插生根的影响[J]. 安徽农业科学,2009,37(32):15817-15818.

JIANG Y T,WANG D L,GU L Z. Effects of different growth regulators and soil substrates on the rooting of *Jasminum sambac* aiton cuttings[J]. Journal of Anhui Agri. Sci. ,2009,37(32):15817-15818. (in Chinese)

[21] CRISTOFORI V,ROUPHAEL Y, RUGINI E. Collection time, cutting age, IBA and putrescine effects on root formation in *Corylus avellana* L. cuttings[J]. Scientia Horticulturae,2010,124(2):189-194.

[22] LIV S,ROSIA NE L S,AMANDA M A,*et al.* Propagation by stem cuttings and root system structure of *Jatropha curcas* [J]. Biomass and Bioenergy,2011,35:3160-3166.