

文章编号: 1000-5692(2004)01-0028-05

红叶石楠硬枝水培生根试验

朱玉球¹, 童再康¹, 黄华宏¹, 姜全荣²

(1. 浙江林学院 生命科学学院, 浙江 临安 311300; 2. 浙江省临安市板桥乡林业工作站, 浙江 临安 311300)

摘要: 红叶石楠 *Photinia fraseri* 扦插繁殖, 插条生根时间长, 生根率偏低, 影响其生产性大规模繁殖。采用多因素试验设计研究了不同培养液、3种生长调节物质(自制生根剂、NAA和ABT)的不同浓度对红叶石楠硬枝水培生根的影响, 以寻找最适生根条件。结果表明: 红叶石楠插条生根为愈合组织型生根, 其生根率受培养液种类、生长调节物质种类及浓度极显著影响。在所设计的组合中, 以清水+自制生根剂 $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、清水+ABT $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和营养液+自制生根剂 $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 生根效果较好, 生根率分别为 100%, 93.3% 和 91.7%, 并对培养过程中不同阶段如何调整培养液种类和生长调节物质浓度及添加生长调节物质种类的选择提出了建议。表 4 参 8

关键词: 红叶石楠; 生长调节物质; 营养物质; 水培; 生根

中图分类号: S723.1 **文献标识码:** A

利用水培技术研究植物营养吸收和插条生根等已在蔬菜和花卉类植物上得到较为普遍应用^[1~4]。在树木上利用该技术最为成功的是杨树, 利用水培法研究了美洲黑杨 *Populus deltoides* 及其杂交种不同无性系的生根情况, 且证明水培法或营养液培养法是研究植物生根过程的各种形态变化及其对激素反应的有效方法。然而, 多年生木本植物普遍存在生根较困难, 或生根时间长等现象。利用水培法成功地研究树木生根过程的除杨树外, 也仅限于马尾松 *Pinus massoniana*, 木麻黄 *Casuarina equisetifolia* 和桑树 *Morus alba* 等少数几个树种^[5~8]。红叶石楠 *Photinia fraseri* 属蔷薇科石楠属的常绿小乔木, 是近年来从国外引进的优良观赏植物新品种。其嫩叶鲜艳夺目, 颇具观赏价值, 市场前景广阔。但是, 红叶石楠扦插繁殖, 插条生根时间长, 生根率不高, 限制了红叶石楠大规模生产。为此, 笔者利用液体培养技术研究红叶石楠插条生根及其对添加不同激素的反应, 以期获得红叶石楠水培生根的最佳条件, 进而探讨其水培扦插的可行性, 寻求工厂化生产红叶石楠种苗的新途径。

1 试验材料与试验方法

1.1 试验材料

红叶石楠 1 年生硬枝。

1.2 试验方法

1.2.1 试验因子 A 因子: 培养液。培养液分为清水和营养液 2 个水平, 其中, 营养液由 NH_4NO_3 $825 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, KNO_3 $950 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ $220 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ $185 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, KH_2PO_4 $85 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$

收稿日期: 2003-10-09; 修回日期: 2003-12-03

基金项目: 科学技术部“948”项目(2003-39)

作者简介: 朱玉球(1963-), 女, 浙江永康人, 高级实验师, 从事植物遗传育种研究。E-mail: yqzhu123@163.com

和 3% 蔗糖组成。B 因子: 植物激素的种类, 即自制生根剂、萘乙酸 (NAA) 和生根粉 (ABT)。C 因子: 植物激素的浓度, 即每种激素选择 4 种质量浓度, 分别为 $0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。采用多因素试验设计方案, 进行红叶石楠液体培养生根对比试验。

1.2.2 培养方法 3 月中旬, 选取粗壮且生长基本一致的红叶石楠 1 年生枝条, 剪成 15 cm 长的插条, 每根插条上端留 2 片展开的半叶, 插条的下切口削成楔形, 上切口平截。剪好的插条基部向下分别插入各培养液中, 插入深度为 5 cm, 每天叶面喷水雾 2 次, 在自然光照和室温下培养。第 4 天时倒去原有的培养液, 转入无激素的与之相对应的清水和营养液中培养, 此后, 每 2 天更换一次营养液。第 15 天时, 将试验插条一分为二, 一半转回初始培养的培养液中培养, 另一半转入激素质量浓度减半的与之相对应的培养液中培养。第 18 天时, 全部又转回无激素的与之相对应的培养液中培养。20 枝插条为一个试验处理, 重复 3 次。整个生根过程进行跟踪观察记录。

2 结果与分析

2.1 红叶石楠插条水培生根的基本情况

红叶石楠硬枝水培 10 d 左右在下切口浸入溶液的皮部开始长出愈合组织, 20 d 左右愈合组织的形成率和愈合组织的生长速率均达到盛期。下切口的愈合组织多为细小的颗粒状, 呈乳白色, 少数为粉红色。皮部愈合组织为堆积的粉末状, 均为乳白色。25 d 时个别插条开始生根, 35~45 d 为生根的高峰期, 期间生根率占总生根率的 82.7%, 其中最高者为 100%, 最低者也有 44.4%。生根终止期在 70 d 左右。多为切口处生根, 稀有皮部生根, 所以红叶石楠属于愈合组织型生根为主的愈合组织型生根。根多为白色, 少有粉红色。

2.2 培养液和激素对红叶石楠插条生根的影响

培养液种类和生长素的类别及其浓度对生根率、根数和根长度有着不同的影响。表 1 列出了不同培养液与激素组合下的生根情况。

表 1 培养液和激素对红叶石楠生根的影响

Table 1 Effects of culture solutions and hormones on rooting of *Photinia fraseri*

培养液种类	激素/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	生根率/ %	平均根数/ (条·株 ⁻¹)	平均根长/ cm	
营养液	自制生根剂 1	13.3	1.50 ± 0.267	1.80 ± 0.213	
	自制生根剂 5	58.3	6.30 ± 0.374	0.84 ± 0.320	
	自制生根剂 10	91.7	8.30 ± 1.825	0.73 ± 0.348	
	NAA 1	23.3	1.00 ± 0	0.75 ± 0.516	
	NAA 5	36.7	2.85 ± 0.590	0.48 ± 0.094	
	NAA 10	0	0	0	
	ABT 1	10.0	1.50 ± 0.544	0.49 ± 0.090	
	ABT 5	56.7	2.80 ± 0.995	0.91 ± 0.503	
	ABT 10	40.0	4.25 ± 0.971	1.09 ± 0.332	
	0 (ck)	3.3	1.00 ± 0	0.60 ± 0.086	
	清水	自制生根剂 1	63.3	1.33 ± 0.516	0.80 ± 0.604
		自制生根剂 5	88.3	5.90 ± 0.695	0.75 ± 0.409
		自制生根剂 10	100	6.86 ± 0.760	0.53 ± 0.151
NAA 1		60.0	1.50 ± 0.522	0.53 ± 0.085	
NAA 5		90.0	2.40 ± 0.928	0.43 ± 0.467	
NAA 10		0	0	0	
ABT 1		13.3	1.50 ± 0.544	0.38 ± 0.027	
ABT 5		93.3	2.70 ± 0.704	0.84 ± 0.437	
ABT 10		63.3	3.10 ± 0.900	0.78 ± 0.339	
0 (ck)		13.3	1.00 ± 0	0.55 ± 0.054	

说明: 在生根的高峰期, 根数和根长每隔 5 d 统计一次, 统计生根后即移入基质为泥炭:珍珠岩=2:1 的营养钵中栽培, 移栽成活率在 95% 以上

由表 1 可知, 在含有相同生长素种类和质量浓度的水培溶液中添加营养物质, 其生根率相应的都比以清水作为水培溶液的低。可见, 添加营养物质对红叶石楠插条的生根没有促进作用, 反而略有抑

制作用,但对每插条上生根的数量及根生长有一定的促进作用。这是因为添加营养物质的水培溶液有利于菌的生长,容易在插条的切口处形成菌落,妨碍愈合组织的形成,甚至导致切口皮层的腐烂,影响根的形成。但一旦根原基形成以后,丰富的营养物质对根的生长有明显的促进作用。生长素种类及质量浓度对生根率的影响比较大,总体上以自制生根剂为佳,ABT生根粉次之,NAA最差。在 $0\sim 10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 质量浓度范围内,随着自制生根剂质量浓度增高生根率显著增高,至质量浓度为 $10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,生根率高达100%,同时,生根数目也是随质量浓度增高而显著增加,在 $10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,平均生根量达到6.86~8.30条;NAA和ABT 2种激素则以中等质量浓度时生根率为好,即在 $5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,生根率分别达到90.0%和93.3%。但生根数量仍以较高质量浓度的激素处理为多。

2.3 培养液和激素对红叶石楠插条愈合组织形成及生根率的影响

从红叶石楠插条水培生根整个过程的跟踪观察可知,红叶石楠插条生根属愈合组织型生根,即需先在切口处长愈合组织,后再长根。表2列出了不同试验组合下插条愈合组织的形成率、形成部位以及相应的生根率。从表2可以看出,红叶石楠插条生根,需先形成愈合组织,但形成愈合组织者未必都能长出根,这与愈合组织形成的部位和生长状态有关。从本研究可知,红叶石楠插条多为切口处生根,皮部生根罕见,并且愈合组织生长过度旺盛,不利于生根。如在营养液中加入NAA $10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,在清水中加入NAA $10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 培养,插入培养液的枝段在切口处和皮部均形成愈合组织,并生长成大块的愈合组织,但它们最终不能分化成根。因此,控制好愈合组织着生的部位、类型和生长状态是提高红叶石楠水培生根的保证。

表2 愈合组织形成部位及其与生根率的关系

Table 2 The relationship between callus and rooting percentage

培养液	愈合形成率/%	生根率/%	愈合生长部位
营养液+自制生根剂1	60.0	13.3	约70%为皮部长愈合组织,30%为切口或切口与皮部同时长愈合组织
营养液+自制生根剂5	73.3	58.3	约40%为皮部长愈合组织,60%为切口或切口与皮部同时长愈合组织
营养液+自制生根剂10	100	91.7	以切口或切口与皮部同时长愈合组织为主,稀有皮部独自长愈合组织
营养液+NAA1	88.3	23.3	约60%为皮部长愈合组织,40%为切口或切口与皮部同时长愈合组织
营养液+NAA5	95.0	36.7	约50%茎段愈合化明显,40%为切口或切口与皮部同时长愈合组织
营养液+NAA10	100	0	浸入水培溶液的茎段完全愈合化,成大块状
营养液+ABT1	20.0	10.0	以切口或切口与皮部同时长愈合组织为主,愈合组织生长缓慢,量少
营养液+ABT5	63.3	56.7	约20%为皮部长愈合组织,80%为切口或切口与皮部同时长愈合组织
营养液+ABT10	40.0	40.0	以切口或切口与皮部同时长愈合组织为主,愈合组织生长缓慢,量少
营养液(ck)	10.0	3.3	以切口或切口与皮部同时长愈合组织为主,愈合组织生长缓慢,量少
清水+自制生根剂1	63.3	63.3	以切口或切口与皮部同时长愈合组织为主,少有皮部独自长愈合组织
清水+自制生根剂5	93.3	88.3	以切口或切口与皮部同时长愈合组织为主,少有皮部独自长愈合组织
清水+自制生根剂10	100	100	均以切口或切口与皮部同时长愈合组织
清水+NAA1	80.0	60.0	以切口或切口与皮部同时长愈合组织为主,少有皮部独自长愈合组织
清水+NAA5	95.0	90.0	以切口或切口与皮部同时长愈合组织为主,少有皮部独自长愈合组织
清水+NAA10	100	0	浸入水培溶液的茎段完全愈合,成大块状愈合组织
清水+ABT1	20.0	13.3	以切口或切口与皮部同时长愈合组织为主,愈合组织生长缓慢,量少
清水+ABT5	100	93.3	以切口或切口与皮部同时长愈合组织为主,少有皮部独自长愈合组织
清水+ABT10	85.0	63.3	以切口或切口与皮部同时长愈合组织为主,少有皮部独自长愈合组织
清水(ck)	20.0	13.3	切口或切口与皮部同时长愈合组织

说明:培养22d时统计的愈合组织的形成率

表3列出了培养液、激素种类和激素浓度3种试验因子对插条生根率的方差分析结果。由表中可见,培养液种类、激素及浓度对红叶石楠硬枝生根影响均存在极显著差异,激素浓度与培养液种类和激素种类间均存在极显著的交互作用,即不同的激素,在营养液与清水中培养,插条生根对激素浓度的反应不同;而试验重复间差异不显著。结合表1可知,不同处理间,清水作培养的生根率明显优于营养液。可以认为,红叶石楠插条水培过程中添加营养物质并非是必要的。从不同激素种类看,以自制生根剂为最好,生根率高且生根量大,开始发根的时间也最短,NAA以形成愈合组织为主,生根率不高,特别在高浓度情况下,都是形成大块状愈合组织而不产生根;从不同激素的处理浓度可知,红叶石楠插条生根需要激素处理,在无激素处理情况下,其生根率极低。

表 3 多因素试验方差分析结果

Table 3 Multi-factor variance analyses

变异来源	自由度	均方	F 值	显著水平
试验重复	2	114.93	1.49	0.2365
A 因子	1	9225.35	119.42	0.0000
B 因子	2	4100.35	53.08	0.0000
C 因子	3	12654.98	163.82	0.0000
A×B	2	83.68	1.08	0.3470
A×C	3	992.01	12.84	0.0000
B×C	6	3854.98	49.90	0.0000
A×B×C	6	403.13	5.22	0.0000
机误	46	77.25		
总和	71			

2.4 红叶石楠插条培养过程中定时添加激素对生根率的影响

为进一步探讨培养过程中改变激素质量浓度对插条根形成的影响,当转入无激素的相应培养液中培养 12 d 时,每个试验组合分成为 2 份,一份转入原试验培养液中培养,另一份转入激素质量浓度减半的相应培养液中培养。表 4 列出了不同处理下生根率的变化。由表 4 可知,在无激素条件下水培一段时间,转入附加激素是必要的。假若原先设计的质量浓度合适,则当转入降低一半质量浓度的培养液中培养会降低其生根率(如自制生根剂和 ABT);若原先使用的质量浓度太高(如 NAA 10 mg·L⁻¹),则当其转入减半的质量浓度中时会有部分长根。可见,在水培过程中,决定是否需再度附加激素,加多大的质量浓度,应视培养物的愈合组织长势和生根情况而定。

表 4 水培过程中添加不同质量浓度的激素对生根率的影响

Table 4 Effects of water culture supplemented with different concentrations of hormones on rooting percentage

激素种类	2 个阶段的激素质量浓度 (g·L ⁻¹) 下的生根率/ %						
	1.0~1.0	1.0~1.5	5.0~5.0	5.0~2.5	10.0~10.0	10.0~5.0	0
清水+自制生根剂	63.3	43.3	88.3	85.0	100.0	90.0	13.3
清水+NAA	60.0	40.0	90.0	85.0	0	20.0	13.3
清水+ABT	13.3	10.0	93.3	90.0	63.3	43.3	13.3

3 结论与讨论

红叶石楠硬枝水培后 10 d 左右即开始产生愈合组织,而长根需要 30~45 d 的时间。本试验于 3 月中旬开始,此时的气温一般稳定在 14℃。根据植物生长的一般规律,当温度处于 20~25℃时,对植物生长最为有利。如在这种气温下水培,其生根的时间可以缩短。为此在 5 月份(平均气温约为 20℃)进行重复试验,形成愈合组织的时间和开始长根的时间分别提前 3~5 d 和 5~7 d。因此,温度是影响水培生根快慢主要因子之一,但 20~25℃也是各类菌滋生的适合温度,在培养过程中要及时更换水(营养液),做好防霉防腐工作,在设施条件下进行水培最好能使水(营养液)自行循环流动,增加氧气,利于愈合组织或根的生长,温度控制在 20~25℃左右为宜。

红叶石楠硬枝水培生根,受培养液种类影响较大。本试验结果表明:在清水中培养的生根率明显优于营养液的,而在营养液中培养,插条发根数和根生长情况均好于清水中培养的情况。这是因为营养液营养丰富,利于菌的滋生,抑制愈合组织形成,从而影响根的生成。因此,红叶石楠的水培生根,可以分两步进行,先让其在添加生长素的水溶液中诱导发根,然后在水溶液中再添加营养物质,加快根和新梢的生长,缩短水培的时间,使工厂化生产插条苗成为现实。这方面的生产性应用研究有待进一步加强。

红叶石楠插条生根属愈合组织型生根,要提高生根率首先得提高插条的愈合组织形成率,但愈合组织的形成并不代表生根,生根还受愈合组织的着生部位、类型和生长状态的影响,当愈合组织生长过盛或特别缓慢时均不利于生根。因此,植物生长调节物质种类、浓度的选择对生根非常重要,同

时,在水培过程中要随时注意切口和皮部的变化情况及愈合组织的生长状态,及时进行植物生长调节物质浓度的调控。

生长素类植物生长调节剂是通过使细胞壁松弛,促进RNA和蛋白质等物质的合成而促进细胞的分化与生长。NAA、自制生根剂和ABT都有促进植物发根的作用,NAA和ABT在生产实践中已得到广泛的应用。本项研究结果表明:生长素类物质是红叶石楠硬枝水培生根所必需的,因其种类的不同,适合生根的质量浓度有所差异,从整体上看,自制生根剂最为理想,当质量浓度达到 $10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,生根率均在91%以上,且生根量大。自制生根剂的生根效率正在其他难生根的物种中作进一步的试验。插条水培生根与土培扦插生根相比有其独特的优点,其整个生根过程都可进行跟踪观察,而不致给插条带来损害,进而影响试验结果。同时,可根据插条愈合组织诱导、生长、根诱导和生长的情况,及时调整培养液和激素的种类及浓度,加速根的形成与生长,进而研究生根机理。因此,利用水培法研究植物生根,尤其是那些生根时间较长的多年生木本植物的生根过程及其不同激素对生根的影响是一种较为理想的方法。

参考文献:

- [1] 姚建武,艾绍英,柯玉诗,等.叶菜不同氮源形态的水培试验[J].北方园艺,2001,(4):29-31.
- [2] 彭世勇,张苗,于鲜,等.水培对紫背蕹菜扦插苗某些形态和生理特征的影响[J].河南农业科学,2003(1):33-35.
- [3] 刘萍,刘海英,齐付国,等.NCT、NAA、青霉素及氨基青霉素对菊花水培扦插生根的影响[J].河南师范大学学报:自然科学版,2002,39(4):77-80.
- [4] 宋丽华,曹兵,秦娟.几种观叶植物的水培繁殖试验[J].北方园艺,2003,(3):62-64.
- [5] 张立钦,郑勇平,吴纪良,等.黑杨派新无性系水培苗对盐胁迫反应研究[J].浙江林学院学报,2000,17(2):121-125.
- [6] 郑蓉,张水松,林武星,等.马尾松水培及砂培全光扦插试验初报[J].林业科技通讯,2000,(1):30-40.
- [7] 柯玉铸.木麻黄水培苗出根条数与出根率关系研究[J].浙江林业科技,2001,21(2):11-13.
- [8] 谢特新,谭炳安.桑树硬枝扦插水培发根试验[J].华南农业大学学报,1997,18(3):24-28.

A study of rooting of water cultured hardwood cuttings of *Photinia fraseri*

ZHU Yu-qiu¹, TONG Zai-kang¹, HUANG Hua-hong¹, JIANG Quan-rong²

(1. School of Life Sciences, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Forest Station of Banqiao Town, Lin'an City, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: *Photinia fraseri*, a new and superior variety with colored leaves, has been successfully introduced from other countries in recent years. The long duration of rooting after cuttage and low rooting rate make its propagation on a large scale difficult. In the multi-factor experiment designed in the paper, effects of different culture solutions and different concentrations of three growth regulating substances (self-prepared rooting agent, NAA and ABT) on the rooting of water cultured hardwood cuttings of *Photinia fraseri*. are studied to find out the best rooting conditions. The results show that the roots are of callus type and rooting rate is significantly influenced by different culture solutions and different concentrations of hormones. Among all the combined conditions, pure water + $0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ self-made rooting agent 1, pure water + $5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ABT, and nutritive solution + $10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ self-made rooting agent have good effect on rooting, rooting rates in these conditions being 100%, 93.3% and 91.7%, respectively. Suggestions have been made on how to adjust culture solutions, how to increase the concentration of growth hormones and selection of growth hormones at different stages of culture. [Ch, 4 tab. 8 ref.]

Key words: *Photinia fraseri*; growth-regulating material; nutritive substances; water culture; rooting