

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2017.02.005

NAA 和 IBA 处理对罗汉松插条生长及生理生化的影响^①

周启贵^{1,2}, 陈锡娟^{1,2}, 汤春雁^{1,2}, 樊春艳^{1,2}

1. 西南大学 生命科学学院, 重庆 400715; 2. 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400715

摘要: 以罗汉松扦插条为实验材料, 研究了水培条件下, 不同质量浓度的生长调节剂吲哚丁酸(IBA)和萘乙酸(NAA)处理对其株质量、株高、生根数等形态指标及多酚氧化酶(PPO)活性、过氧化物氧化酶(POD)活性、叶绿素质量分数、根系活力等生理指标的影响。结果表明: 与对照相比, 不同质量浓度的 IBA 和 NAA 处理均可促进罗汉松水培插条生长, 其中质量浓度为 60 mg/L IBA 及 100 mg/L NAA 促进株质量、株高效果较好, 60 mg/L IBA, 60 mg/L NAA 处理促生根效果最佳; 不同质量浓度的 IBA, NAA 处理中, 60 mg/L IBA, 100 mg/L NAA 的 PPO 活性和 60 mg/L IBA, 100 mg/L NAA 的 POD 活性最高; 40 mg/L IBA 和 40 mg/L NAA 处理组中叶绿素质量分数最高; 根系活力与对照组相比差异无统计学意义。因此, 不同质量浓度生长调节剂的处理能有效地促进罗汉松的生长并提高 PPO, POD 活性及叶绿素的质量分数。

关键词: 罗汉松; 生长调节剂; 生理生化; 生长; 插条

中图分类号: Q945.3

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2017)02-0028-06

罗汉松(*Podocarpus macrophyllus*), 为罗汉松科、罗汉松属常绿针叶乔木^[1], 罗汉松树姿苍古矫健, 叶色四季鲜绿, 为重要的庭院观赏植物, 其种子含有丰富氨基酸和矿质元素^[2], 深受人们的喜爱。随着我国城市绿化建设快速发展, 现有的数量远远满足不了森林绿化与绿色住宅景观的需求, 另一方面罗汉松本身不可快速复制, 通过种子繁殖技术比较复杂, 持续时间长, 而土地的锐减和污染使土培受到限制, 因此进行罗汉松水培创新培育方式以期为农业生产应用服务。

众多研究显示, 适宜质量浓度的植物生长调节剂可促进植物生根生长^[3-4], 罗汉松土培亦有一些研究^[5-6], 但生长调节剂促进罗汉松水培插条生长的研究未见报道; 随着雾霾天气日趋严重, 生态环境、家居环境恶化, 环保型水培花卉日趋受到民众青睐^[7]。本文以罗汉松为实验材料, 采用不同质量浓度的 IBA 和 NAA 处理罗汉松水培插条, 探究 IBA, NAA 处理对罗汉松扦插水培苗生长及生理生化的影响, 并筛选出适宜罗汉松水环境下的生长质量浓度, 开拓培育罗汉松苗新途径, 丰富人们的养花品种, 让清洁、环保的水培绿色植物走进千家万户。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试材料

罗汉松[*Podocarpus macrophyllus*], 采自重庆西南大学校内。实验于 2014 年 3 月—11 月在西南大学生命科学学院植物生理实验室进行。实验条件均保持在适宜植物水培的条件下进行, 最低温度 10 ℃, 最高

① 收稿日期: 2015-11-24

基金项目: 国家自然科学基金项目(31171620); 三峡库区生态环境教育部重点实验室自由探索基金项目。

作者简介: 周启贵(1959-), 男, 重庆北碚人, 高级实验师, 主要从事植物生理学与水培花卉的研究。

温度 30 ℃, 相对湿度保持在 55% 左右。

1.2 实验方法

1.2.1 培养液及实验设计

以改良霍格兰营养液为配方, 配制实验用营养液(表 1)。营养液的氮、磷、钾比为 6:1:7, 首先配制成浓缩液(质量浓度为 10 倍), 用 PB-10 型 pH 计调整 pH 值在 5~7 范围, 使用时直接稀释至所需质量浓度。

母液配制: 电子天平(万分之一)分别称取 100 mg 吲哚丁酸(IBA)和萘乙酸(NAA)分析纯, 用 0.5 mol/L NaOH 少许溶解后定容至 100 mL 配制成 100 mg/L 母液待用; 实验中生长调节剂处理罗汉松枝条质量浓度分别为 20, 40, 60, 80, 100 mg/L, 工作液按相应的比例稀释/配制而成, 设定 IBA 处理为 A1-A5(20, 40, 60, 80, 100 mg/L IBA), NAA 处理为 B1-B5(20, 40, 60, 80, 100 mg/L NAA); 每个处理 7 个重复, 8 株, 以自来水为对照(CK)。

表 1 营养液配方

/(g · L⁻¹)

试 剂	营养液	试 剂	营养液
Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	5.899 1	MnSO ₄ · H ₂ O	0.009 3
KNO ₃	2.504 2	ZnSO ₄ · 7H ₂ O	0.001 1
KH ₂ PO ₄	0.678 8	CuSO ₄ · 5H ₂ O	0.003 6
MgSO ₄ · 7H ₂ O	3.462 9	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ · 4H ₂ O	0.000 1
H ₃ BO ₄	0.014 0	Na ₂ Fe-EDTA	0.009 4

1.2.2 枝条培养

采取长度基本一致 1 年生罗汉松枝条(10 cm), 去掉多余的枝叶(留下 6 片叶片), 然后记录每一株枝条的质量、叶片数、株高等形态数据并对每一植株做相应的标记。用 0.5% 的高锰酸钾溶液浸泡消毒 30 min。将初步处理的罗汉松植株进行为期 5 d 的水培驯化, 每天换 1 次水(注意环境变化以保证罗汉松适宜水培环境生长)。水培驯化后, 将罗汉松植株按照标记分成 11 组, 做不同的处理。首先将罗汉松生根部(枝条下端 3 cm 左右)在不同质量浓度的 IBA 和 NAA 中避光浸泡 2 h, 用清水冲洗干净后将枝条放入含 1/10(原液的 1/10)营养液的棕色瓶中培养(用脱脂棉固定植株), 置于通风窗台。此后每 10 d 换 1 次营养液。

1.2.3 形态及生理生化指标测定

由于罗汉松是木质植物, 其形态指标的生长发育较一般草本植物慢, 所以形态变化的过程较长。经过综合的参考分析, 每 20 d 用游标卡尺测定 1 次形态指标, 包括株高、株质量、叶片数及发根数。实验结束时采用 HITACHI-3100 紫外可见分光光度计分别测定各项生理指标, 包括多酚氧化酶、过氧化物酶及根系活力、叶绿素质量分数。

过氧化物酶活性参照李合生^[8]方法测定;

多酚氧化酶活性采用宋丽红等^[9]方法测定;

叶绿素质量分数、吲哚乙酸氧化酶活性的测定参照《植物生理学实验指导》^[10];

根系活力的测定参照《植物生理学实验教程》^[11]。

1.2.4 实验数据处理

实验数据用 Excel 和 SPSS11 软件进行差异显著性分析, 采用 S-N-K 法。

2 结果分析

2.1 不同质量浓度的 IBA 和 NAA 处理对罗汉松水培插条的株质量、株高、新根数的影响

2.1.1 不同质量浓度的 IBA 和 NAA 处理对罗汉松插条鲜质量的影响

对罗汉松不同处理的鲜质量增量进行方差分析和 S-K-N 法分析可知, 处理 B5 与处理 A2, A5, B3, CK 的鲜质量增量差异有统计学意义($p < 0.01$) (图 1), B5 处理的植株鲜质量增量为 0.203 4 g, 约为 CK 处理的 5.9 倍; A1, A3, A4, B1, B2, B4 与 A2, A5, B3, CK 处理比较差异有统计学意义($p < 0.05$), A2, A5, B3 植株鲜质量增量明显低于上述其他处理。图表中小写字母不同表示 $p < 0.05$, 差异有统计学意义。

通过分析图 1 发现, 对罗汉松不同处理后其鲜质量增量有较大影响. 其中 B5 质量浓度对罗汉松株高影响极显著大于对照组和其他处理组, 且不同生长调节剂及同种生长调节剂不同质量浓度间差异也有统计学意义. 不同处理中 A3, B5 质量浓度对罗汉松鲜质量增量效果最佳.

2.1.2 不同质量浓度 IBA 和 NAA 处理对罗汉松插条株高的影响

对不同处理的株高增量进行分析, 由图 2 可知, B5 处理与其他处理及对照的株高增量差异有统计学意义 ($p < 0.01$). A3 处理与 A1, A2, A4, A5, B1, B2, B3, B4, CK(对照) 差异有统计学意义 ($p < 0.05$). 除 A3, B5 处理外其余处理与对照相比差异无统计学意义. 通过分析证明, NAA 对株高的处理效果优于 IBA 对株高的处理效果, 且以 B5 处理效果最佳; 而在不同质量浓度 IBA 处理中, 以 A3 处理其株高增量最大. 综上所述可以说明, 罗汉松水培插条在 B5 处理下生长更好.

2.1.3 不同质量浓度的 IBA 和 NAA 处理对罗汉松插条对新增根数的影响

对罗汉松不同处理的新增根数进行方差分析和 S-K-N 法分析(图 3)可知, A3, B3, B4 处理与 A1, A2, A4, A5, B1, B2, B5, CK 相比差异有统计学意义; A1, A2, A5, B1, B5 处理与对照相比差异也有统计学意义, 但 A4, B2 处理与对照差异无统计学意义. 分析图 3 可知, A3, B3, B4 生长调节剂质量浓度的处理对罗汉松新增根数影响均极显著大于对照. 因此, 不同生长调节剂及同种生长调节剂不同质量浓度间差异有统计学意义, 其中 B3 质量浓度中罗汉松的新增根数最多.

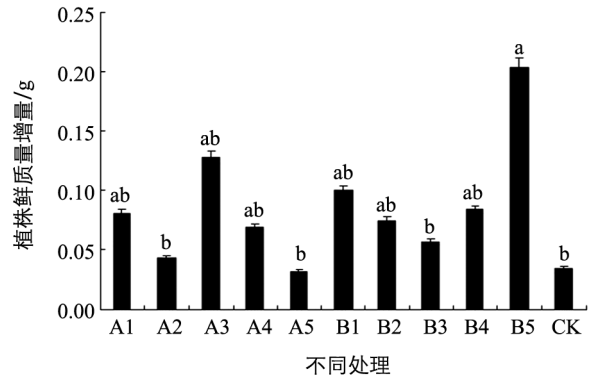


图 1 不同质量浓度的 IBA 和 NAA 处理对植株鲜质量的影响

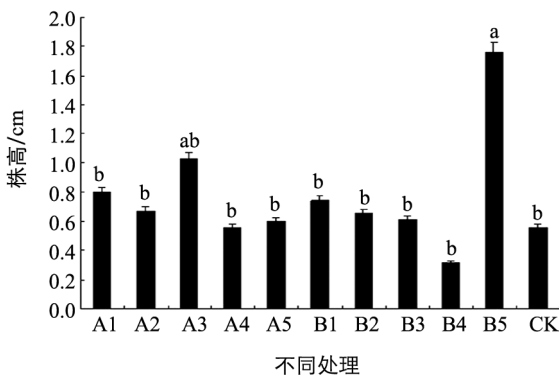


图 2 不同质量浓度的 IBA 和 NAA 处理对植株株高的影响

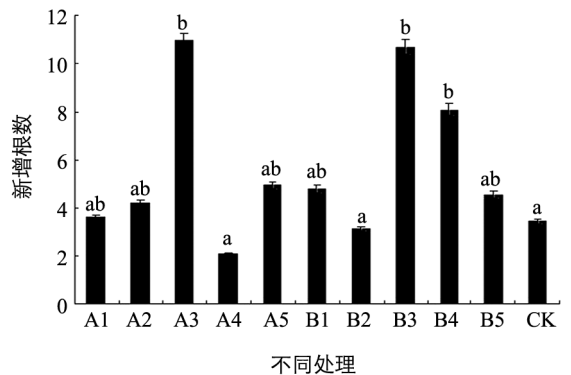


图 3 不同质量浓度的 IBA 和 NAA 处理对新增根数的影响

2.2 不同质量浓度的 IBA 和 NAA 处理对罗汉松水培插条生理生化指标的影响

2.2.1 不同质量浓度的 IBA 和 NAA 处理对罗汉松插条叶绿素质量分数的影响

叶绿素是植物进行光合作用的主要色素, 可以吸收、传递光能, 少数特殊状态叶绿素 a 可以转化光能, 在光合作用中起着很重要的作用. 因此叶绿素质量分数的高低, 直接影响着植物光合速率的快慢、光合能力的大小. 研究叶绿素质量分数, 可以在一定程度上反映植物的生长状况.

分析表 1 可知, 不同质量浓度 IBA 和 NAA 处理对罗汉松水培苗的叶绿素质量分数有明显影响, 其中 A2 和 B2 处理组中叶绿素质量分数最高, 与对照组相比差异有统计学意义; 其他质量浓度的处理与对照组相比也有较明显的差异.

2.2.2 不同质量浓度的 IBA 和 NAA 处理对罗汉松插条根系活力的影响

根系活力是植物生长的重要生理指标之一. 它代表根系代谢的强弱, 包括氧化力、酶活力等. 同时根系具有支持、固定地上部分, 吸收水分、无机盐, 合成氨基酸、激素等作用, 因此根系活力的大小与整个植株生命活动的强度大小有紧密的联系.

从表 2 可看出,不同植物生长调节剂及不同质量浓度的处理与对照相比其根系活力差异无统计学意义.只有 A2 和 B3 处理其根系活力有所增加.

表 2 不同质量浓度 IBA 和 NAA 处理对罗汉松叶绿素质量分数、根系活力、多酚氧化酶及过氧化物酶活性的影响

不同处理	叶绿素 a+b/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	根系活力/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	多酚氧化酶(PPO) 活性	过氧化物酶(POD)活性/ [$\text{U} \cdot (\text{g} \cdot \text{min})^{-1}$]
A1	2.461 025 ab	3.598 8 a	1.00 abc	6 108.33 b
A2	16.138 460 b	6.318 5 a	1.75 a	5 679.00 b
A3	9.478 400 ab	3.937 0 a	1.80 a	8 666.67 a
A4	8.580 023 ab	5.569 8 a	1.65 ab	6 805.33 b
A5	9.122 827 ab	4.229 9 a	0.75 bc	4 750.00 b
B1	7.411 351 ab	3.720 2 a	0.30 c	3 925.00 b
B2	20.242 580 b	4.877 3 a	0.85 abc	6 078.33 b
B3	4.496 930 b	5.796 5 a	0.50 c	5 708.33 b
B4	8.717 258 b	3.556 5 a	0.20 c	9 191.67 a
B5	12.514 280 ab	3.814 8 a	0.95 abc	9 791.67 a
CK	2.788 660 a	3.579 1 a	0.70 bc	3 925.00 b

2.2.3 不同质量浓度的 IBA 和 NAA 处理对罗汉松插条多酚氧化酶活性的影响

多酚氧化酶(PPO)是植物呼吸作用末端氧化酶的一种,作用是催化多种简单的酚类物质氧化形成醌类化合物,构成保护性屏蔽而使细胞免受病菌的侵害,也可以通过形成醌类物质直接发挥抗病作用.当用 IBA,NAA 处理罗汉松插条后,在扦插生根过程中 PPO 活性的变化见表 2,其中多酚氧化酶活性是指每分钟测定的吸光度 ΔA_{525} 值.分析结果表明,罗汉松的生根过程伴随着 PPO 活性的显著上升,说明罗汉松不定根的发生与发展与 PPO 活性有非常密切的联系.两种生长素对罗汉松插条 PPO 的促进效果有不同的差异;A2,A3 处理与对照相比差异有统计学意义;其中以 A3 处理的 PPO 活性最大.A2,A3 处理间差异无统计学意义;A1,A5 及 B2,B5 处理与对照相比其 PPO 活性差异无统计学意义.而在不同质量浓度的 NAA 处理中,以 B5 处理其 PPO 活性最大.综上可知,不同质量浓度的 IBA,NAA 处理对罗汉松水培插条中 PPO 活性均有提高,从而促进罗汉松水培插条生长,以 A3,B5 处理的促进作用最强.

2.2.4 不同质量浓度的 IBA 和 NAA 处理对罗汉松插条过氧化物酶活性的影响

过氧化物酶(POD)是抗氧化酶类,是植物活性氧清除系统中重要的酶,能维持活性氧自由基产生与清除系统的平衡,能催化由 H_2O_2 参与的各种还原剂的氧化反应^[12].POD 是一种活性较高的酶,它与生长素的氧化、呼吸作用及光合作用等有关系.过氧化物酶活性的大小,能反应植物抗氧化能力的强弱,是植物抗逆性强弱的指标,能体现出植物体内代谢的变化.

IBA,NAA 处理罗汉松插条生根期间,罗汉松插条生根过程可分为愈伤组织诱导期、不定根形成期、新根伸长期 3 个阶段,当分别用 IBA,NAA 处理罗汉松的插条后,在扦插生根过程中,其体内 POD 活性差异有统计学意义(表 2).结果显示,A3 及 B4,B5 处理与对照组相比差异有统计学意义,在不同质量浓度的植物生长调节剂处理中,以 B5 处理效果最显著.不同质量浓度的 IBA 处理中,A3 处理的 POD 活性最高.而 B1,B2,B3 及 A1,A2,A4,A5 的处理与对照处理间差异无统计学意义.综上可以说明,在 B5 与 A3 处理下罗汉松水培插条中过氧化物酶活性最高,这两种质量浓度处理下的抗氧化能力与抗逆性也最强,能促进罗汉松水培插条的生长.

3 讨论

3.1 生长调节剂对罗汉松插条生长的影响

前人研究发现,不同质量浓度的 IBA,NAA,IAA 处理可促进植株的生长^[13].本实验中,IBA 和 NAA 处理对罗汉松水培插条的生长均有促进效果,且 IBA 要略优于 NAA.实验表明,NAA 处理的 5 个水平中,B5 处理罗汉松的株质量、株高、叶片数形态指标优于其他组,生长状况最好,由此可以说明最适合罗汉松水培插条生长的 NAA 质量浓度为 B5.而 IBA 处理的 5 个水平中,以 A3 的生长状况最好.综合分析,本次

实验最适罗汉松水培苗株质量、株高、叶片生长的质量浓度为 A3 和 B5 处理。

研究发现, A1, B1 处理促进罗汉松根的生长效果最好; 在新生根的实验中, A3, B3 处理促进罗汉松新生根效果最佳。很明显, 生长调节剂能够加快细胞的分裂和分化, 罗汉松适应了水生环境, 促进了罗汉松的生长, 证明 IBA, NAA 诱导处理可促进水培条件下植株的生根, 这与何生根等^[14]的研究相一致。

3.2 生长调节剂对罗汉松插条生理指标的影响

生长调节剂的处理可使植株中叶绿素质量分数显著增加从而促进植物生长^[15]。本次实验的结果也证明, 不同质量浓度的生长调节剂处理对罗汉松水培插条的叶绿素质量分数有明显影响, 其中 A2 和 B2 处理组叶绿素质量分数最高, 与对照组相比差异有统计学意义; 其他质量浓度的处理与对照组相比也有明显的差异。

根系活力是植物生长的重要生理指标之一, 根系活力的大小与整个植株生命活动的强度大小有紧密的联系。应用植物生长调节剂 30% 己乙水剂对玉米进行叶面喷施处理, 能显著提高玉米根的活力^[16]。但本次实验经 20~100 mg/L 不同质量浓度的 IBA, NAA 处理后的罗汉松水培根系活力不高, 不同质量浓度生长调节剂组与对照组相比差异无统计学意义, 有待进一步研究。

3.3 生长调节剂对两种氧化酶的活性影响及与罗汉松插条生根的关系

本次实验的结果证明, IBA 和 NAA 处理明显提高了罗汉松插条内 PPO 活性和 POD 活性, 进而促进了插条生根, 这与前人^[17]研究相一致。研究还发现, IBA 和 NAA 不同质量浓度处理的插条在生长过程中两种氧化酶的活性大多显著优于对照, 但其效果有差异并不与质量浓度呈正比。高质量浓度激素的处理对插条生根的抑制作用在其他一些植物中亦有报道^[18]; 激素过高、过低都不利于植株的生长, 高质量浓度的生根激素可引起生理毒害^[19]。

综上所述, 不同质量浓度 IBA 和 NAA 的处理对罗汉松水培插条生长及生理生化指标有显著影响, 两种生长调节剂的处理对罗汉松的株质量、株高及生根数有显著促进作用并提高了 PPO, POD 活性及叶绿素的质量分数; 这一结果对罗汉松在实际生产中有较高的应用价值。IBA 和 NAA 对水培环境下罗汉松生长研究的成功, 开拓了罗汉松栽培的新途径, 增加了园艺观赏品种, 可缩短园艺品种的生产周期, 有效地提高了实际收益。

参考文献:

- [1] 傅立国, 陈潭清, 郎楷永, 等. 中国高等植物志: 第3卷 [M]. 青岛: 青岛出版社, 2012: 95-100.
- [2] 孟 军, 纪柳梅, 刘 洋, 等. 罗汉松实氨基酸和矿质元素含量测定 [J]. 安徽农业科学, 2014, 42(17): 5518-5519, 5662.
- [3] 彭黎立, 邓洪平. 外源赤霉素对金毛狗孢子萌发和配子体发育的影响 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2014, 36(8): 65-69.
- [4] 周启贵, 虎文静. IBA 处理对春剑水培苗生根的影响 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2014, 36(9): 70-74.
- [5] 王爱红. 罗汉松扦插繁殖与栽培应用技术 [J]. 现代农业科技, 2012, 23: 169-170.
- [6] 徐玉梅, 侯云萍, 袁莲珍, 等. 罗汉松嫩枝扦插育苗技术研究 [J]. 安徽农业科学, 2012, 40(34): 16673-16675.
- [7] 周启贵, 汤绍虎. 水培花卉 [M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 2012: 1-16.
- [8] 李合生. 植物生理生化实验技术 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2003: 119-120.
- [9] 宋丽红, 曹帮华. 光叶楮扦插生根的吲哚乙酸氧化酶、多酚氧化酶、过氧化物酶活性变化研究 [J]. 武汉植物学研究, 2005, 23(4): 347-350.
- [10] 张志良, 瞿伟菁, 李小方. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2009.
- [11] 汤绍虎, 罗 充. 植物生理学实验教程 [M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 2012: 30-32.
- [12] 裴 斌, 张光灿, 张淑勇, 等. 土壤干旱胁迫对沙棘叶片光合作用和抗氧化酶活性的影响 [J]. 生态学报, 2013, 33(5): 1386-1396.
- [13] 董 倩, 王 洁, 庞 曼, 等. 生长调节剂对黄连木光合生理指标和荧光参数的影响 [J]. 西北植物学报, 2012, 32(3): 484-490.
- [14] 何生根, 余土元, 麦丽芳. 吲哚丁酸处理对水栽银皇后根系生长的影响 [J]. 园艺学报, 2002, 29(3): 288-289.
- [15] 赵 莉, 潘远智, 朱 娟, 等. 6-BA、GA₃ 和 IBA 对香水百合叶绿素含量及抗氧化酶活性的影响 [J]. 草业学报, 2014, 23(4): 105-110.

2012, 21(5): 248-256.

- [16] 董学会, 段留生, 何钟佩, 等. 30% 己乙水剂对玉米根系生理活性的调控效应 [J]. 作物学报, 2005, 31(11): 1500-1505.
- [17] 赵云龙, 陈训, 李朝婵. 糙叶杜鹃扦插生根过程中生理生化分析 [J]. 林业科学, 2013, 49(6): 45-51.
- [18] 曾端香, 尹伟伦, 王玉华, 等. 5 个矮生牡丹品种黄化嫩枝扦插技术研究 [J]. 园艺学报, 2005, 32(4): 725-728.
- [19] BITTIN A, EXCESS N. The Influence of Nutrient Supply to Azalea Mother Plant on the Rooting of Cuttings. *Gartnerborsen und Gartenwelt* [J]. Application in Its Rooting, 1990(6): 232-255.

Effects of NAA and IBA on Cutting Growth and Physiological and Biochemical Indexes of *Podocarpus macrophyllus*

ZHOU Qi-gui^{1,2}, CHEN Xi-juan^{1,2},
TANG Chun-yan^{1,2}, FAN Chun-yan^{1,2}

1. School of Life Science, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Key Laboratory of Eco-Environments in Three Gorges Reservoir Region (Ministry of Education), Chongqing 400715, China

Abstract: Hydroponic cuttings of *Podocarpus macrophyllus* were treated with indolebutyric acid (IBA) and naphthylacetic acid (NAA) at 0, 20, 40, 60, 80 and 100 mg/L for 2 h and then cultivated in the nutrition solution. Determinations were made at intervals of the morphological and physiological-biochemical indexes, including plant fresh weight, plant height, blade number, root number, peroxidase (POD) and polyphenol oxidase (PPO) activities, root activity and the contents of chlorophyll a and b. The results showed that IBA and NAA of different concentrations promoted the weight, height and root growth of the hydroponic *P. macrophyllus* cuttings. The concentration of 100 mg/L NAA and 60 mg/L IBA gave the best results of promoting plant weight and height, and the hydroponic root growth in the 60 mg/L IBA treatment and the 60 g/L NAA treatment was more significant. After the cuttings of *P. macrophyllus* were treated with IBA and NAA, the activities of POD and PPO increased regularly. The differences in enzyme activities at the rooting stage were significant. It was indicated that the physiological-biochemical indexes (POD and PPO activity) increased; POD activity was the highest in the 60 mg/L IBA, and 100 mg/L NAA treatments, and PPO activity was the highest in the treatment of 60 mg/L IBA and 100 mg/L NAA. Chlorophyll contents were the highest in the treatments of 40 mg/L IBA and 40 mg/L NAA. Root activity increased by IBA and NAA in different treatments, but was non-significantly different from that of the control. It is concluded that treatments of plant growth regulators at various concentrations promoted the growth of *P. macrophyllus* cuttings and raised their POD and PPO activities and chlorophyll content.

Key words: *Podocarpus macrophyllus*; plant growth regulator; physiological-biochemical index; cutting; growth

责任编辑 周仁惠

