

doi:10.11937/bfyy.20170271

长梗润楠扦插生根对 IBA、NAA 和 IAA 的响应

孙 昂¹, 李莲芳², 郭 樑³, 苏 柠⁴

(1. 商丘市农林科学院, 河南 商丘 476000; 2. 西南林业大学 林学院, 云南 昆明 650224;
3. 中交第一公路勘察设计研究院有限公司, 陕西 西安 710000; 4. 大理市林业局, 云南 大理 671000)

摘 要:长梗润楠(*Machilus longipedicellata*)是西南地区的特有树种之一,也是优良的绿化树种。以长梗润楠为试材,采用 $U_7(7^6)$ 方法,研究了 IBA、NAA、IAA 对长梗润楠扦插生根的影响。结果表明:扦插 9 个月时,平均愈伤组织产生率、生根率、一级根数、一级根长和一级根直径分别为 78.9%~85.6%、84.5%~92.2%、2.7~3.7 条·株⁻¹、9.7~14.6 cm 和 1.22~1.58 mm;0.75 g·L⁻¹ IAA+0.4 g·L⁻¹ IBA 组合的生根率、平均一级根数、一级根直径和根长分别达 85.5%、3.5 条·株⁻¹、1.58 mm 和 13.5 cm,为生根性状综合指标较优的处理组合。穗条的生根率与愈伤组织产生率间呈极显著正相关($P \approx 0.000 < 0.01$),二者的相关模型为 $Y = 26.846 + 0.629X$ ($R^2 = 0.506, R^2_{Adj} = 0.484$)。

关键词:长梗润楠;扦插繁殖;植物生长调节剂

中图分类号:S 687.904⁺.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)16-0102-05

长梗润楠(*Machilus longipedicellata*)属樟科(Lauraceae)润楠属常绿乔木,具有生长快、材质优良、树姿优美等特点,是优良的用材和绿化树种。在樟科植物扦插繁殖中,吲哚丁酸(Indole-3-butyric acid, IBA)、萘乙酸(Naphthylacetic acid, NAA)、吲哚乙酸(Indole-3-acetic acid, IAA)和生根粉(ABT)等是较常用的植物生长调节剂,这些植物生长调节剂的适宜浓度及其不同配比对樟树(*Cinnamomum bodinieri*)、红楠(*M. thunbergii*)、

绒毛润楠(*Machilus velutina*)等的扦插繁殖具有明显提高生根性状的作用^[1-3]。段旭等^[4]用生根粉处理长梗润楠插穗,其生根率为 48.9%;林雄平等^[5]的研究表明,春季扦插于沙地并用 100 mg·L⁻¹ 的 α -萘乙酸处理浙江润楠(*M. chekiangensis*)插条,生根率达 78%。长梗润楠种子较少,开展其无性扦插繁殖研究具有重要的理论和实践意义,可通过扦插等无性繁殖方式实现苗木批量生产,解决种子不足导致苗木繁育被限制的问题。该试验选用 IBA、NAA 和 IAA 为影响因素,通过不同 IBA、NAA 和 IAA 水平及组合,研究其对长梗润楠扦插生根性状的影响,以为该树种的无性扦插繁殖提供实践依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在云南省昆明市西南林业大学校园内智能温室附属设施的大棚温室内实施,其位于东经 102°10'~103°40',北纬 24°23'~26°22',海拔约

第一作者简介:孙昂(1987-),女,硕士,研究实习员,现主要从事林木遗传育种等研究工作。E-mail:lanlianhua-yul314@sina.com.

责任作者:李莲芳(1964-),女,教授,博士生导师,现主要从事森林培育与遗传育种及林学教学等工作。E-mail:llianf@126.com.

基金项目:林业科学技术推广资助项目([2015]26号, [2010]48号);国家自然科学基金资助项目(31170585)。

收稿日期:2017-04-17

1 891 m,年平均气温 15 ℃,最热月(7—8月)平均气温 25 ℃,最冷月(1月)平均气温3 ℃,年降雨量 840.3 mm,每年的 11 月至翌年 5 月为旱季,平均相对湿度 50%~60%;全年日照时数为 2 416.7 h;土壤为山地红壤,属北亚热带气候类型^[6]。

1.2 试验材料

长梗润楠穗条采自 0.6 年生播种苗定植的 3 年生母树;供试 IBA、NAA 和 IAA(分析纯粉剂),上海惠世生化试剂有限公司生产。

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计

试验因素包括 IAA(A)、NAA(B) 和 IBA

(C),每因素均包括 7 个水平(表 1),根据设定的因素水平,采用 $U_7(7^6)$ 均匀试验设计(表 2),以组合 1 为对照。每处理 3 次重复。采用随机排列,每处理组合扦插 15 个塑料容器,每容器内扦插 3 条穗条,则共需 360 个容器、1 080 条插穗(全带顶芽)。

表 1 试验的因素水平

Table 1 Factors and levels of experiment

因素 Factors	水平 Levels/(g·L ⁻¹)						
	1	2	3	4	5	6	7
IAA(A)	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50
NAA(B)	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
IBA(C)	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6

表 2

$U_7(7^6)$ 均匀试验设计方案

Table 2

Design of $U_7(7^6)$ uniform experiment

试验号 Experiment No.	1 (A)	2 (B)	3 (C)	4 (空)	5 (空)	6 (空)	处理组合 Treatment combinations	试验组合内容 Combination test content
1	—	—	—	—	—	—	对照	清水
2	1	2	3	4	5	6	A ₁ B ₂ C ₃	0.00 g·L ⁻¹ IAA+0.1 g·L ⁻¹ NAA+0.2 g·L ⁻¹ IBA
3	2	4	6	1	3	5	A ₂ B ₄ C ₆	0.25 g·L ⁻¹ IAA+0.3 g·L ⁻¹ NAA+0.5 g·L ⁻¹ IBA
4	3	6	2	5	1	4	A ₃ B ₆ C ₂	0.50 g·L ⁻¹ IAA+0.5 g·L ⁻¹ NAA+0.1 g·L ⁻¹ IBA
5	4	1	5	2	6	3	A ₄ B ₁ C ₅	0.75 g·L ⁻¹ IAA+0.0 g·L ⁻¹ NAA+0.4 g·L ⁻¹ IBA
6	5	3	1	6	4	2	A ₅ B ₃ C ₁	1.00 g·L ⁻¹ IAA+0.2 g·L ⁻¹ NAA+0.0 g·L ⁻¹ IBA
7	6	5	4	3	2	1	A ₆ B ₅ C ₄	1.25 g·L ⁻¹ IAA+0.4 g·L ⁻¹ NAA+0.3 g·L ⁻¹ IBA
8	7	7	7	7	7	7	A ₇ B ₇ C ₇	1.50 g·L ⁻¹ IAA+0.6 g·L ⁻¹ NAA+0.6 g·L ⁻¹ IBA

1.3.2 材料处理

选择生长健壮、无病虫害、未完全木质化的嫩枝作为试验用穗条,穗条统一剪成约 10 cm 长,留 2~3 片半叶(保留叶片的一半),上切口平剪,下切口剪成楔形。试验前先将激素用无水乙醇(纯度 99%)稀释为 10 g·L⁻¹ 的母液待用,扦插溶液的辅助剂为滑石粉。处理液中加入滑石粉,并搅拌均匀,插穗蘸入处理液后,切口沾附有一层滑石粉层,作为扦插的蘸剂。扦插后,苗床上加盖塑料小温棚,其上再搭建遮阴度 75% 的遮阳网。扦插期间,需注意保持基质水分,约 7 d 浇水一次,浇水以扦插基质湿润为宜,空气湿度标准为小拱棚的塑料膜上除 11:00—14:00 外,均有水珠沾附;苗床勤除草。

1.4 项目测定

扦插 9 个月后分别对每次重复的每个处理组

合进行生根率的调查,生根性状及其它生长指标按抽样调查的方法,各小区随机抽取 5 株有代表性的苗木测定一级根数、一级根长及其直径等生根相关指标。

1.5 数据分析

采用 SPSS 13.0 软件和邓肯氏(Duncan's)法进行方差分析与多重比较^[7];生根率和愈伤组织产生率间进行线性回归分析。

2 结果与分析

2.1 处理组合的生根率和愈伤组织产生率

由图 1 可知,试验 8 个处理组合的平均生根率为 84.5%~92.2%,处理组合 4 的平均生根率最高(92.2%),同时,该处理组合的愈伤组织产生率也较高(83.3%);各处理组合的平均愈伤组织产生率为 78.9%~85.6%,其中处理组合 8 的最

高(85.6%),该处理组合的生根率也较高,达90.0%。各处理组合的平均生根率和愈伤组织产生率的变化趋势基本一致。

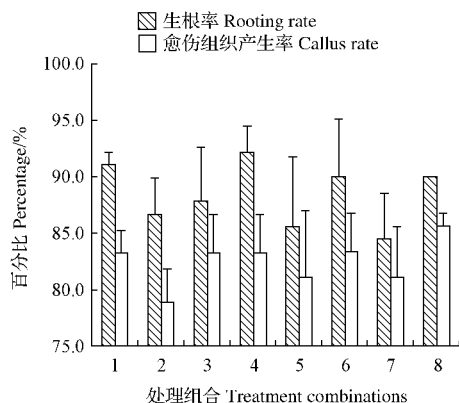


图1 不同处理组合的生根率和愈伤组织产生率
Fig. 1 Callus and rooting rates of different treatment combinations (TCs)

2.2 扦插苗的根系性状

由图2可知,8个处理组合的平均一级根数、一级根长和一级根直径分别为2.7~3.7条·株⁻¹、9.7~14.6 cm、1.22~1.58 mm;处理组合2的一级根数最多的是处理组2、5,分别为3.7、35条·株⁻¹;一级根长最长的是处理组合5、6,分别为13.5、14.6 cm;处理组合5的一级根直径最大(1.58 mm),一级根数(3.5条·株⁻¹)和一级根长(13.5 cm)属较优的处理组合;处理组合1(对照)的一级根直径及根长都相对低于激素处理组合。表明植物激素 IAA、IBA 和

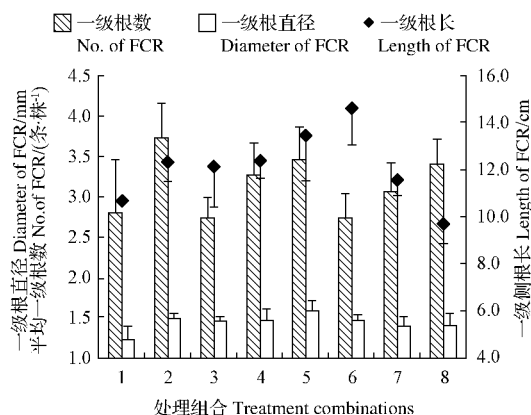


图2 根系生长指标

Fig. 2 Statistics figure of rooting parameters

NAA 的混合溶液处理长梗润楠穗条,具有促进扦插苗一级根生长的效果。生根性状结合愈伤组织产生率和生根率,处理组合5可作为促进扦插苗根系生长的最佳试验组合。

2.3 扦插苗生根性状之间及其与插条性状间的相关分析

由表3可知,在99%置信度下,新枝数与新枝直径、新枝数与新枝长、新枝直径与新枝长、穗条上端直径与穗条下端直径、穗条下端直径与穗条长度、一级根长与一级根直径和愈伤组织产生率与生根率,这些指标间两两呈极显著正相关($P \approx 0.000 < 0.01$),穗条上端直径与穗条长呈显著正相关($P \approx 0.004 < 0.01$);一级根数与一级根长、一级根数与一级根直径两两间极显著负相关($P \approx 0.000 < 0.01$),愈伤组织产生率与生根率之间的相关,指出促进愈伤组织产生可提高长梗润楠扦插穗条的生根率。

由表4可知,在95%置信度下,一级根数与穗条长($P \approx 0.027 < 0.05$),新枝数与穗条长($P \approx 0.013 < 0.05$),新枝直径与穗条长($P \approx 0.031 < 0.05$),新枝长与穗条长($P \approx 0.017 < 0.05$),以上指标间两两正相关显著,其相关系数分别为0.211、0.236、0.205、0.226。说明穗条越长,一级根数、新枝数、新枝直径和新枝长就越优,反之亦然。因此,长梗润楠扦插,在特定的穗条长度范围内,相对较长的穗条,有利于生根数量的增加和新枝的生长。

2.4 生根率和愈伤组织产生率的相关分析

由表4可知,生根率和愈伤组织产生率呈极显著正相关(相关系数为0.712, $P \approx 0.000 < 0.01$),说明生根率随愈伤组织产生率的提高而提高,由此,对二者间进行一元线性回归分析,回归参数表明方程成立($R^2 > R_{Adj}^2$)。对生根率和愈伤组织产生率进行模型构建和模型参数的估计及检验($P \approx 0.000 < 0.01$),结果二者之间以下一元线性方程成立: $Y = 26.846 + 0.629X$ 。式中, Y-生根率; X-愈伤组织产生率。说明长梗润楠的生根率与愈伤组织产生率之间为一元线性关系,应用该公式可通过长梗润楠扦插穗条愈伤组织的产生率预测其生根率。

表 3

长梗润楠扦插苗各指标间的相关分析

Table 3

Correlation coefficients of cutting seedling's parameters

	类别	生根率	一级根数	一级根长	一级根直径	新枝数	新枝直径	新枝长	穗条上端直径	穗条下端直径	穗条长
	Category	Rooting rate (RR)	Number of first class root (FCR)	Length of FCR (LFCR)	Diameter of FCR (DFCR)	Number of new branch (NNB)	Diameter of NB (DNB)	Length of NB (LNB)	Diameter of upper cutting (DUC)	Diameter of down cutting (DDC)	Cutting length (CL)
愈伤组织产生率	相关系数	0.712 **	-0.048	0.021	0.091	0.129	0.122	-0.139	-0.091	-0.109	-0.087
Rate of callus production	P	0.000	0.823	0.924	0.673	0.547	0.571	0.517	0.673	0.611	0.686
生根率	相关系数	1.000	0.147	-0.139	-0.154	0.191	0.150	-0.155	-0.275	-0.234	-0.022
RR	P		0.493	0.518	0.473	0.370	0.483	0.470	0.193	0.272	0.918
一级根数	相关系数		1.000	-0.389 **	-0.395 **	-0.015	-0.041	-0.022	0.102	0.148	0.211 *
Number of FC	P			0.000	0.000	0.873	0.667	0.822	0.288	0.123	0.027
一级根长	相关系数			1.000	0.439 **	0.116	0.168	0.153	-0.062	-0.038	-0.059
LFCR	P				0.000	0.229	0.079	0.110	0.521	0.693	0.542
一级根直径	相关系数				1.000	-0.095	0.026	0.010	0.147	0.175	0.062
DFCR	P					0.322	0.785	0.921	0.125	0.068	0.519
新枝数	相关系数					1.000	0.861 **	0.663 **	-0.021	-0.048	0.236 *
NNB	P						0.000	0.000	0.829	0.616	0.013
新枝直径	相关系数						1.000	0.640 **	-0.024	0.026	0.205 *
DNB	P							0.000	0.800	0.791	0.031
新枝长	相关系数							1.000	0.143	0.150	0.226 *
LNB	P								0.135	0.117	0.017
穗条上端直径	相关系数								1.000	0.710 **	0.269 **
DUC	P									0.000	0.004
穗条下端直径	相关系数									1.000	0.356 **
DDC	P										0.000

注: * 和 ** 表示 0.05 和 0.01 水平上差异显著和极显著。
Note: * and ** indicate significant difference at 0.05 and 0.01 levels.

表 4

一元线性回归方程系数及模型参数

Table 4

Equation parameters of univariate linear regression

模型	非标准化系数		变量均数	显著性	相关系数	R ²	R ² _{Adj}	标准估计的误差
	回归系数	标准误差						
Model	B	Standard error	t	P	R			Standard estimate error
常数 Constant	26.846	11.743	2.286	0.032 *				
愈伤组织率 Callus rate	0.629	0.132	4.751	0.000 **	0.712	0.506 *	0.484	3.948 9

3 结论与讨论

该试验结果表明, 0.75 g · L⁻¹ IAA + 0.4 g · L⁻¹ IBA 组合的生根率、平均一级根数、一级根直径和根长分别达 85.5%、3.5 条 · 株⁻¹、1.58 mm 和 13.5 cm, 为综合指标最优, 建议作为扦插苗繁育的植物生长调节剂处理组合。张梅坤^[8]采用 650 × 10⁻⁶ 质量分数的 ABT^{1#} 处理黄枝润楠(*M. versicolora*) 穗条, 于红壤和珍珠岩比例为 1:1 的基质上扦插, 生根率、平均根数、平均根长分别达 89.1%、16.9 条 · 株⁻¹、18.7 cm, 该研究结果与其基本一致。长梗润楠愈伤组织产生率与生根率、一级根数与根长、新枝数与枝长、一级根数与穗条长、新枝数与穗条长等变量两两间极

显著相关, 即彼此相互促进或相互制约; 生根率和愈伤组织产生率极显著正相关, 二者间具有一元线性关系。

合成的 IBA、NAA 和 IAA 是一类与植物内源激素具有相似生理和生物学功能的外源激素类物质, 其主要通过参与植物体内的核酸、蛋白质和酶的合成, 调节新陈代谢, 进而调控植物生长发育过程中不同阶段如发芽、生根等。植物生长调节剂因其显著而又高效的调节效应, 已被广泛地应用于林木、蔬菜、花卉等各个方面; 大量研究成果已在生产上推广应用, 并取得了显著的经济效益^[9-10], 该研究的 IBA、NAA 和 IAA 对长梗润楠扦插生根性状的效果, 与其在已有研究中应用的相一致, 具有提高生根率和促进生根的作用; 此

外,该研究扦插的平均生根率(84.5%~92.2%)较段旭等^[4]仅采用生根粉处理长梗润楠插穗的(48.9%)高。该研究发现适宜浓度的 IAA、NAA 和 IBA 溶液及其配比可提高生根率,促进一级根数、一级根长和一级根直径等的生长,与已有的樟科其它树种外源激素处理穗条提高生根率和改善生根性状的结果^[1-5,8-10,12-13]相一致,丰富了外源激素对林木扦插影响的资料。

长梗润楠生根率和愈伤组织产生率线性相关的结果,与其它树种愈伤组织的形成和不定根的产生是彼此独立的结论不符^[11-13],此结果可能是由长梗润楠的生物学特性决定,需要对植物生长调节剂种类和浓度配比与生根性状间的关系,其它外源激素及其相互间混合处理穗条对长梗润楠扦插生根的影响等因素进一步研究。

(致谢:西南林业大学 2009 级的付文存、蔡春银、林潮星等人参加了该试验的实施与数据收集。)

参考文献

[1] 曲芬霞,陈存及,韩彦良.樟树扦插繁殖技术[J].林业科学

开发,2007,21(6):86-89.

[2] 叶金山,徐海宁,周诚.3种珍贵用材树种扦插繁殖试验初报[J].江西林业科技,2013(3):11-13.

[3] 吴拥军.绒毛润楠扦插育苗技术研究[J].防护林科技,2013(8):6-8.

[4] 段旭,赵洋毅,李莲芳,等.红豆杉和长梗润楠扦插生根试验初报[J].湖北农业科学,2013,52(11):2582-2584.

[5] 林雄平,彭彪,周逢芳,等.浙江润楠扦插研究[J].安徽农业科学,2012,40(4):2115-2116.

[6] 云南省气象局.云南气候图册[M].昆明:云南人民出版社,1982:3-13.

[7] 汪冬华.多元统计分析与 SPSS 应用[M].上海:华东理工大学出版社,2006:31-50.

[8] 张梅坤.黄枝润楠扦插繁殖技术试验[J].防护林科技,2015(9):44-47.

[9] 杨秀荣,刘亦学,刘水芳,等.植物生长调节剂及其研究和应用[J].天津农业科学,2007,13(1):23-35.

[10] 傅华龙,何天久,吴巧玉.植物生长调节剂的研究与应用[J].生物加工过程,2008,6(4):7-11.

[11] 林艳.白桦嫩枝扦插不定根形成的解剖观察[J].东北林业大学学报,1996,24(3):15-19.

[12] 哈特曼.植物繁殖的原理和技术[M].郑那文,译.北京:中国林业出版社,1985.

[13] 李继华.扦插的原理与应用[M].上海:上海科学技术出版社,1987.

Reponse of Rooting Traits of *Machilus longipedicellata* Rooted Cutting to IBA, NAA and IAA

SUN Ang¹, LI Lianfang², GUO Liang³, SU Ning⁴

(1. Shangqiu Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shangqiu, Henan 476000; 2. Forestry College, Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan 650224; 3. China Communication Construction Corporation First Highway Consultants Co. Ltd., Xi'an, Shaanxi 710000; 4. Dali Forestry Bureau, Dali, Yunnan 671000)

Abstract: *Machilus longipedicellata* is one of the endemic tree species in the southwest of China, and it is also an excellent greening tree species. In order to provide scientific basis for exogenous hormone treatments on *Machilus longipedicellata* rooted cutting, the $U_7(7^6)$ uniform design was applied to implement the experiment of the effects of IBA, NAA and IAA on the tree's rooting traits. The results showed that the mean rates of the callus and rooting, root number, the lengths and basal diameters of the first lateral roots (FLR) were 78.9%—85.6%, 84.5%—92.2%, 2.7—3.5 root per seedling, 9.7—14.6 cm and 1.22—1.58 mm, respectively, after the experiment implemented for the 90 days; there were 85.5%, 3.5 root per seedling, 1.58 mm and 13.5 cm of mean callus and rooting rates, root number, the FLR's diameter and length, respectively, for the treatment combination (TC) of the $0.75 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ IAA+ $0.4 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ IBA, which was the best TC of comprehensive rooting traits. It was significantly positive correlation between the rates of the rooting and callus ($P \approx 0.000 < 0.01$) with related model of $Y = 26.846 + 0.629X$ ($R^2 = 0.506$, $R_{Adj}^2 = 0.484$).

Keywords: *Machilus longipedicellata*; cutting propagation; plant growth regulator