

文章编号:1001-7380(2018)01-0010-04

## 不同基质、生根剂及其质量浓度 对美国红火球紫薇嫩枝扦插生根的交互影响

李恩佳

(福建三明林业学校,福建 三明 365001)

**摘要:**为建立紫薇扦插技术体系,以紫薇为试验材料,剪取粗壮、无病虫害、1年生半木质化嫩枝作为插穗,采用3因素4水平正交试验设计,选用ABT, IAA, IBA, NAA等生根剂;质量浓度为200, 400, 600, 800 mg/L;扦插基质为河沙、蛭石、珍珠岩和椰糠;通过比较紫薇的生根率及根系效果指数,筛选出紫薇最佳基质、生根剂及质量浓度的扦插方案。结果表明:根系效果指数比生根率更能够系统地评价紫薇扦插效果;生根剂是影响紫薇扦插生根的重要因素,扦插基质和生根剂质量浓度对紫薇扦插生根差异不显著;筛选出的紫薇扦插最优方案为生根剂种类为NAA、质量浓度为600 mg/L、扦插基质为蛭石,生根率高达97.79%,平均根长达2.67 cm,根系效果指数为9.10。

**关键词:**紫薇;扦插;正交试验;基质;生根率;根系效果指数

中图分类号:S685.99;S723.1<sup>+</sup>32.1

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2018.01.003

## Orthogonal experimental study on cutting of *Lagerstroemia indica*

LI En-jia

(Fujian Sanming Forestry School, Sanming 365001, China)

**Abstract:** In order to establish a cutting system of *Lagerstroemia indica*, the annual semi-lignified sprouts without pest were used as cuttings. And a three-factor and four-level orthogonal test was conducted by using cuttings treated with rooting agent (ABT, IAA, IBA or NAA respectively), with a concentration (200, 400, 600 or 800 mg/L respectively), and cutting substrate (sand, vermiculite, perlite or cocopeat respectively). The rooting rate and root effective index after treatments were also compared. The result showed that root effective index could more systematically evaluate the cuttings' rooting effect than rooting rate could; And rooting agent was an important factor affecting rooting while no significant difference in the rooting effect occurred among either substrate or concentration. The optimum cutting scheme as screened out was that the cuttings were dipped with 600 mg/L NAA for 1 min, then planted in the medium as vermiculite. This scheme could bring about a rooting rate of 97.79%, average root length of 2.67 cm with root effective indexes of 9.10.

**Key words:** *Lagerstroemia indica* Linn.; Cutting; Orthogonal test; Substrate; Rooting rate; Root effective indexes

紫薇 (*Lagerstroemia indica* Linn.) 是千屈菜科 (Lythraceae) 紫薇属落叶灌木或小乔木, 别名有海棠树、剥皮树、百日红等<sup>[1]</sup>。紫薇具有树干通直、花色艳丽、花期长等特征, 并且能够吸收汽车尾气、工厂排放有毒气体, 因此常被作为道路、工业区、公园及住宅区园林绿化树种<sup>[1-2]</sup>。紫薇分布地域广, 适生性强。据统计, 北至吉林、河北、山东等省, 南至江

西、四川、广西、福建及台湾等省均有紫薇种植。福建、山东、湖南等省都做过较系统的种质资源调查, 认为中部地区紫薇种质资源较为丰富<sup>[2-6]</sup>。

紫薇的繁殖以扦插最为高效。繁殖材料获取方便、经济廉价, 操作简单易行, 且扦插苗能有效保持亲本优良性状, 适合基层林业部门对紫薇苗培育技术的推广。目前, 对紫薇扦插技术的研究主要集

收稿日期:2017-11-04;修回日期:2017-11-24

基金项目:福建三明林业学校科研项目“三明地区紫薇煤污病病原探讨”(闽明林校[2016]2号)

作者简介:李恩佳(1990-),男,福建三明人,硕士。研究方向:森林培育、森林病害科研兼教学工作。E-mail:fjlienjia@126.com。

中在各因素分别对其扦插影响的探讨上,而多因素交互作用对紫薇扦插的复合影响并无深入的分析。在实际操作过程中,林业工作者没有较优的扦插方案可参考。有研究表明,在紫薇扦插试验材料的选取上,以嫩枝的中部作为插穗最好,扦插的最适宜在 4—5 月<sup>[7]</sup>;珍珠岩、河沙、椰糠、蛭石等均是其优良扦插基质<sup>[8]</sup>;不同种类的生根促进剂(如 ABT-2 号,IAA,IBA,NAA)及质量浓度对其扦插效果具有显著差异<sup>[9]</sup>。本试验针对基层林业部门的实际工作需求,以不同扦插基质、生根促进剂及不同质量浓度进行正交处理,筛选出较优的紫薇扦插方案,为广大林农提供参考。

1 材料与方 法

试验地位于福建三明林业学校园林苗圃基地内(N26°13'52.61",E117°36'30.80"),为亚热带气候。年平均气温 14—19 ℃,年平均降雨量 1 500—1 900 mm,年平均日照时数 1 800 h。扦插时间为 2017 年 4 月 2 日。美国红火球紫薇扦插穗为粗壮、无病虫害的当年生半木质化嫩枝,去掉两端,将长枝条剪成留有 2—3 个芽、长约 10 cm 的短枝条。形态学下端处,紧靠芽部斜向下剪成马耳形;形态学上端,离芽部约 1 cm 处垂直枝条剪成圆形,切口光滑平整。将剪好的枝条以 90 个为 1 组捆好,放于阴凉通风处保湿备用<sup>[7]</sup>。

生根剂:ABT-2 号(A<sub>1</sub>),IAA(A<sub>2</sub>),IBA(A<sub>3</sub>),NAA(A<sub>4</sub>);生根剂质量浓度:200(B<sub>1</sub>),400(B<sub>2</sub>),600(B<sub>3</sub>),800 mg/L(B<sub>4</sub>);扦插基质:河沙(C<sub>1</sub>)、蛭石(C<sub>2</sub>)、珍珠岩(C<sub>3</sub>)、椰糠(C<sub>4</sub>)。以清水(基质为河沙)为对照(CK)。

苗圃地准备:用砖块垒成高 15 cm 的扦插区。扦插区内用河沙填充,并在苗床上铺一层沙;用无纺布营养袋作为扦插的容器,将装有扦插基质的营养袋规则放于苗圃地内,用河沙填充营养袋之间的空隙,确保没有空隙,防治扦插后水分过快流失;基质消毒,用 40% 多菌灵 1 000 倍液,喷洒在基质上<sup>[10]</sup>。

扦插试施:将捆好的插穗(形态学下端即斜切口端)放入生根促进剂中处理 1 min,每个试验区组处理插穗 30 株,3 次重复;扦插前,先用木棍在基质中打洞,再将插穗放入洞中压实,这样可以避免插穗直接插入基质中带来机械损伤,从而引起切口处韧皮部的破坏,影响生根效果。根据影响因子数及

水平数采用 3 因素 4 水平正交试验设计表(见表 1)探讨不同生根剂种类及质量浓度、不同扦插基质对紫薇扦插生根的影响。

表 1 L<sub>16</sub>(4<sup>3</sup>) 正交试验设计方案

试验号	生根剂种类(A)	质量浓度(B)/(mg/L)	扦插基质(C)
1	ABT-2	200	河沙
2	ABT-2	400	蛭石
3	ABT-2	600	珍珠岩
4	ABT-2	800	椰糠
5	IAA	200	蛭石
6	IAA	400	河沙
7	IAA	600	椰糠
8	IAA	800	珍珠岩
9	IBA	200	珍珠岩
10	IBA	400	椰糠
11	IBA	600	河沙
12	IBA	800	蛭石
13	NAA	200	椰糠
14	NAA	400	珍珠岩
15	NAA	600	蛭石
16	NAA	800	河沙

后期管理:扦插后用水浇透,用塑料薄膜盖住苗圃,盖上遮阳网,每日早、中、晚各喷水保湿 1 次,1 个月后减至每日早上喷水 1 次,苗圃内湿度保持在 85%以上,每日傍晚打开塑料薄膜通风 1 h,做好病虫害防治工作,重点防治白蚁对基质及插穗的破坏。

数据收集及处理:于 2017 年 7 月 10 日,记录扦插苗的根系长度、根系数量及侧根生长等情况。紫薇扦插试验采用生根率及改进后的根系效果指数评价<sup>[11-12]</sup>。数据用 EXCEL2003, DPS7.55 和 SPSS 19.0 等软件分析。

$$\text{生根率}(\%) = \frac{\text{生根插穗数量}}{\text{扦插插穗总数}} \times 100$$
$$\text{根系效果指数} = \frac{\text{平均根长} \times \text{根系数量}}{\text{扦插插穗总数}}$$

2 结果与分析

2.1 不同基质、生根剂及其质量浓度对紫薇扦插生根率的影响

从表 2 可以看出,15 号(A<sub>4</sub>B<sub>3</sub>C<sub>2</sub>)的平均生根率最高(97.79%),13 号(A<sub>4</sub>B<sub>1</sub>C<sub>4</sub>)生根率次之(92.29%),生根率最低的是 10 号(A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>C<sub>4</sub>),仅

31.02%;其中有4个试验组的平均生根率在80%以上,有6个试验组的平均生根率不到50%,16个试验组的生根率全都高于对照组(CK)的生根率。

从表3可知,不同扦插基质、生根剂及其质量浓度正交组合试验对紫薇生根率影响显著( $P<0.05$ )。15号( $A_4B_3C_2$ )生根率和13号( $A_4B_1C_4$ )生根率差异不显著,但和其他试验组的生根率之间差异显著;11号( $A_3B_3C_1$ )、14号( $A_4B_2C_3$ )差异不显著;8号( $A_2B_4$

$C_3$ )、12号( $A_3B_4C_2$ )、16号( $A_4B_4C_1$ )差异不显著;3号( $A_1B_3C_3$ )与其他试验组生根率之间差异显著;1号( $A_1B_1C_1$ )、2号( $A_1B_2C_2$ )、4号( $A_1B_4C_4$ )、6号( $A_2B_2C_1$ )差异不显著;5号( $A_2B_1C_2$ )、7号( $A_2B_3C_4$ )、9号( $A_3B_1C_3$ )差异不显著;10号( $A_3B_2C_4$ )和对照差异不显著,各类生根率差异显著。综上所述,紫薇在600 mg/L NAA生根剂的处理下,以蛭石为扦插基质,扦插生根率最高,且与其他试验方案的生根率之间差异显著。

表 2 不同基质、生根剂种类及其质量浓度对紫薇插穗生根的影响

试验号	生根率/%	平均根长/cm	根系效果指数
1	(49.79±6.70) efEF	(2.91±0.52) aA	(2.94±0.64) efDE
2	(51.05±5.10) efE	(2.00±0.31) bcdeABC	(2.26±0.37) efEFG
3	(64.37±5.10) dCD	(2.31±0.36) abcdABC	(2.13±0.98) fgEFG
4	(52.08±6.93) eDE	(2.08±0.33) bcdeABC	(2.47±1.01) efEF
5	(39.90±5.77) gFG	(1.61±0.16) defBCD	(0.94±0.26) hiH
6	(44.34±5.10) efgEF	(2.06±0.64) bcdeABC	(1.39±0.28) ghFGH
7	(43.29±3.35) fgEF	(1.56±0.44) efCD	(1.11±0.34) hiGH
8	(77.65±8.40) cBC	(2.05±0.55) bcdeABC	(3.46±0.42) deDE
9	(39.95±3.30) gFG	(1.49±0.25) efCD	(1.39±0.36) ghFGH
10	(31.02±3.81) hGH	(1.09±0.06) fD	(0.68±0.13) hiH
11	(82.14±6.93) bcB	(1.91±0.20) bcdeABCD	(4.79±0.36) cdBCD
12	(79.91±6.70) cB	(2.33±0.43) abcABC	(4.49±1.20) cdCD
13	(92.29±5.08) abAB	(2.65±0.13) abA	(6.82±0.42) bAB
14	(83.24±6.65) bcAB	(2.16±0.46) abcdeABC	(5.61±2.20) bcBC
15	(97.79±1.91) aA	(2.67±0.37) abA	(9.10±1.06) aA
16	(79.98±3.30) cB	(2.55±0.46) abAB	(6.03±1.28) bcBC
CK	(29.86±5.77) hH	(1.64±0.84) cdefBCD	(0.64±0.37) iH

表中数据为平均值±标准误;同列数据后不同大、小写字母,分别表示在 $P<0.01$ 、 $P<0.05$ 水平上存在显著性差异

表 3 紫薇扦插正交试验生根率方差分析

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
处理间	100.066 5	16	6.254 2	46.348	0.000 1
处理内	4.587 9	34	0.134 9		
总变异	104.654 5	50			

$P<0.01$  为极显著差异

2.2 不同基质、生根剂及其质量浓度对紫薇扦插根  
系效果指数的影响

从表2中可以看出,试验组中,15号( $A_4B_3C_2$ )的根系效果指数最高(9.10),13号( $A_4B_1C_4$ )根系效果指数次之(6.82),生根效果优良;根系效果指数最低的是10号( $A_3B_2C_4$ ),仅0.68,与对照组的根系效果指数接近;16个试验组的根系效果指数均高于对照组的根系效果指数。

从表4可知,不同扦插基质、生根剂及其质量浓度正交组合试验对紫薇根系效果指数影响显著( $P<$

0.05)。15号( $A_4B_3C_2$ )的根系效果指数与13号( $A_4B_1C_4$ )根系效果指数差异显著,与其他试验组的根系效果指数差异极显著;11号( $A_3B_3C_1$ )、12号( $A_3B_4C_2$ )、14号( $A_4B_2C_3$ )、16号( $A_4B_4C_1$ )的根系效果指数之间差异不显著;1号( $A_1B_1C_1$ )、2号( $A_1B_2C_2$ )、4号( $A_1B_4C_4$ )、8号( $A_2B_4C_3$ )的根系效果指数之间差异不显著;3号( $A_1B_3C_3$ )、6号( $A_2B_2C_1$ )、9号( $A_3B_1C_3$ )的根系效果指数之间差异不显著;5号( $A_2B_1C_2$ )、7号( $A_2B_3C_4$ )、10号( $A_3B_2C_4$ )的根系效果指数与对照组的根系效果指数之间差异不显著。

表 4 紫薇扦插正交试验根系效果指数方差分析

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
处理间	21.593 1	16	1.349 6	28.128	0.000 1
处理内	1.631 3	34	0.048		
总变异	23.224 4	50			

$P<0.01$  为极显著差异

2.3 紫薇扦插根系效果指数极差分析

由表 5,6 可知,A(生根剂种类)、B(生根剂质量浓度)、C(扦插基质)3 个因素中,对紫薇扦插根系效果指数极差最大的因素是生根剂种类,生根剂质量浓度次之,扦插基质对紫薇扦插根系效果指数极差最小;生根剂种类对紫薇扦插根系效果指数差异极显著,生根剂质量浓度和扦插基质对紫薇扦插根系效果指数差异不显著。确定 A<sub>4</sub>B<sub>3</sub>C<sub>2</sub>为优组合,即以 600 mg/L 的萘乙酸为生根剂处理插穗,以蛭石为扦插基质的扦插效果最好。

表 5 紫薇扦插正交试验直观分析

试验号	因素		
	A	B	C
K <sub>1</sub>	9.80	12.09	15.15
K <sub>2</sub>	6.90	9.94	16.79
K <sub>3</sub>	11.35	17.13	12.59
K <sub>4</sub>	27.56	16.45	11.08
$\bar{K}_1$	2.45	3.02	3.79
$\bar{K}_2$	1.73	2.49	4.20
$\bar{K}_3$	2.84	4.28	3.15
$\bar{K}_4$	6.89	4.11	2.77
极差 R	5.17	1.80	1.43
主次顺序	A>B>C		
优水平	A <sub>4</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>2</sub>
优组合	A <sub>4</sub> B <sub>3</sub> C <sub>2</sub>		

表 6 紫薇扦插正交试验主体间效应的检验

源	Ⅲ型平方和	df	均方	F	P 值
校正模型	79.267 <sup>a</sup>	9	8.807	4.813	0.035
截距	196.911	1	196.911	107.599	0.000
生根剂种类	65.430	3	21.810	11.918	0.006
生根剂浓度	9.028	3	3.009	1.644	0.276
扦插基质	4.809	3	1.603	0.876	0.504
误差	10.980	6	1.830		
总计	287.158	16			
校正的总计	90.247	15			

a 表示 R 方=0.878(调整 R 方=0.696);P<0.01 为极显著差异

3 结论与讨论

本试验研究认为,不同基质、生根剂及其质量浓度对紫薇插穗的生根率影响显著,生根剂为 NAA、质量浓度为 600 mg/L、扦插基质为蛭石条件下的插穗生根率最高,达 97.79%,且生根剂处理后的紫薇插穗的生根率均高于对照组紫薇生根率;此

结果与闫瑞凤等认为美国红紫薇扦插基质中,以 500 mg/L NAA 或 IBA 效果最好的结论相近<sup>[13]</sup>。蛭石透气性好,吸水力强,可以成为紫薇扦插的良好基质;河沙透气性好,扦插苗的根较为粗壮,且紫薇生根率对于扦插基质差异不显著,在条件相对简陋的基层单位可以考虑以河沙等基质代替蛭石。但河沙保水能力相对较弱,应通过适当增加每日的浇水次数,做到“量少次多”,保证基质里水分充足。

不同扦插基质、生根剂及其质量浓度对紫薇根系效果指数影响显著,生根剂为 NAA、质量浓度为 600 mg/L、扦插基质为蛭石条件下的根系效果指数最高,达 9.10,这与生根率情况一致;该处理的根系效果指数与生根剂为 NAA、质量浓度为 200 mg/L、扦插基质为椰糠条件下的根系效果指数差异显著,有别于生根率差异不显著的情况。一般认为,生根率侧重考虑生根个体占总样本的情况,对于生根个体的根系质量情况没有深入的探讨,而根系效果指数更能全面描述紫薇扦插生根的综合情况,更能全面地评价扦插效果。生根率、平均根长对紫薇扦插苗移栽后的成活率、保存率有影响,是影响根系效果指数的重要因子。生根率与根系效果指数联系紧密,可用以综合评价紫薇扦插情况。

生根剂种类、生根剂质量浓度、扦插基质 3 个因素中,对紫薇扦插根系效果指数极差影响最大的因素是生根剂种类,生根剂质量浓度次之,扦插基质对紫薇扦插根系效果指数极差影响最小;最适宜用于紫薇扦插的生根剂为萘乙酸,吲哚丁酸次之,ABT 生根剂较差,效果最差的生根剂是吲哚乙酸;最适宜的生根剂质量浓度为 600 mg/L,次之为 800 mg/L,最差 200 mg/L 与 400 mg/L;最适宜的扦插基质为蛭石,河沙次之,珍珠岩较差,椰糠最差。筛选出的紫薇扦插最优方案为以 600 mg/L NAA 生根剂处理,以蛭石为扦插基质进行扦插。

参考文献:

[1] 万德诺,孙丙雁,纪玉杰.紫薇属植物及其在园林中的应用[J].现代农业科技,2013(11):221-222.  
[2] 牟少华,刘庆华,王奎玲.紫薇研究进展[J].莱阳农学院学报,2002,19(4):276-278.  
[3] 范辉华,李乾振,汤行昊,等.福建省紫薇种质资源调查与优良单株选择[J].林业资源管理,2015(5):162-164.  
[4] 孙洪美,马 燕,臧德奎,等.山东省紫薇品种的调查与分类[J].林业科学,2011,47(6):175-179.

(下转第 43 页)

- [13] STEINER C, TEIXEIRA W G, LEHMANN J, et al. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil[J]. *Plant & Soil*, 2007, 291(2): 275-290.
- [14] ISWARAN V, JAUHRI K S, SEN A. Effect of charcoal, coal and peat on the yield of moong, soybean and pea[J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 1980, 12(2): 191-192.
- [15] LEHMANN J, DA SILVA J P, STEINER C, et al. Nutrient availability and leaching in an archaeological anthrosol and a ferralsol of the Central Amazon Basin: Fertiliser, manure and charcoal amendments[J]. *Plant & Soil*, 2003, 249(2): 343-357.
- [16] 李琦, 廖娜, 张妮, 等. 棉花秸秆及其生物炭对滴灌棉田氨挥发的影响[J]. *农业环境科学学报*, 2014, 33(10): 1987-1994.
- [17] 王峰, 陈玉真, 吴志丹, 等. 酸性茶园土壤氨挥发及其影响因素研究[J]. *农业环境科学学报*, 2016, 35(4): 808-816.
- [18] 何飞飞, 梁云姗, 荣湘民, 等. 培养条件下生物炭对红壤菜地土壤氨挥发和土壤性质的影响[J]. *云南大学学报(自然科学版)*, 2014, 36(2): 299-304.
- [19] 王朝辉, 刘学军. 田间土壤氨挥发的原位测定一通气法[J]. *植物营养与肥料学报*, 2002, 8(2): 205-209.
- [20] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999.
- [21] 陈温福, 张伟明, 孟军, 等. 生物炭应用技术研究[J]. *中国工程科学*, 2011, 13(2): 83-89.
- [22] 王燕, 庞卓, 贾月, 等. 生物炭对北京郊区砂土持水力和氮淋溶特性影响的土柱模拟研究[J]. *农业环境科学学报*, 2017, 36(9): 1820-1828.
- [23] 邢英, 李心清, 周志红, 等. 生物炭对水体中铵氮的吸附特征及其动力学研究[J]. *地球与环境*, 2011, 39(4): 511-516.
- [24] 刘玮晶, 刘烨, 高晓荔, 等. 外源生物炭对土壤中铵态氮素滞留效应的影响[J]. *农业环境科学学报*, 2012, 31(5): 962-968.
- [25] 李卓瑞, 韦高玲. 不同生物炭添加量对土壤中氮磷淋溶损失的影响[J]. *生态环境学报*, 2016, 25(2): 333-338.

---

(上接第 13 页)

- [5] 王业社, 侯伯鑫, 杨强发, 等. 湖南省紫薇种质资源调查及应用前景分析[J]. *草业学报*, 2014, 23(5): 77-91.
- [6] ZHANG Q X. Studies on cultivars of crape-myrtle (*Lagerstroemia indica*) and their uses in urban greening[J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 1991, 13(4): 57-66.
- [7] 汤行昊, 范辉华, 李乾振, 等. 紫薇嫩枝扦插技术研究[J]. *河北林业科技*, 2016(4): 30-33.
- [8] 姚湘明. 紫薇嫩枝扦插基质研究[J]. *山东林业科技*, 2016(6): 39-42.
- [9] 孙哲, 陈彦. 不同浓度的吡啶丁酸对紫薇硬枝扦插的影响[J]. *北方园艺*, 2010(7): 103-104.
- [10] 王友平. 扦插茶苗的土壤消毒[J]. *农家顾问*, 1998(8): 24.
- [11] 朱湘渝, 王瑞玲, 黄东森. 欧美杨新无性系生根性研究[J]. *林业科学*, 1991, 27(2): 163-166.
- [12] 季孔庶, 王章荣, 陈天华. 马尾松插穗生根能力变异的研究[J]. *南京林业大学学报*, 1998, 22(3): 66-69.
- [13] 闫瑞凤, 周怡. 美国红紫薇扦插快繁技术研究[J]. *河南林业科技*, 2015, 35(1): 20-22.