

毛桉硬枝扦插正交实验

薛利艳, 康永祥, 张 丹, 苏 悦

(西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:在大田条件下通过正交实验 $L_9(3^4)$, 研究取穗部位、生长调节剂、生长调节剂浓度、处理时间 4 个因素对毛桉硬枝扦插的影响。结果表明: 生长调节剂的影响极其显著, 取穗部位和处理时间的影响显著, 处理浓度的影响不显著, 各因素的主次效应为生长调节剂 > 处理时间 > 取穗部位 > 处理浓度, 在大田条件下该次试验毛桉硬枝扦插最佳组合为: 选用枝条中部的插穗, 用 200 mg/L NAA+IBA(1:1) 混合生长调节剂浸泡 2 h 进行试验。

关键词:毛桉; 硬枝扦插; 生根指数

中图分类号:S 732.132.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)15-0091-04

毛桉(*Cornus wateri*) 为山茱萸科桉木属落叶乔木, 又叫车梁木、黑棕子、油树, 树皮块状或条状剥落; 花期 5 月, 果熟期 8~10 月^[1-2], 核果球形、黑色, 果期 60~70 a, 树龄达 300 a, 4~6 a 即可开花结果^[3], 果肉和种仁均含油脂, 果含油量高达 31.8%~41.3%, 含糖 2.9%~5.88%, 蛋白质 1.38%~1.58%, 出油率 29%~33%, 果肉出油率约 15%^[3], 是一种良好的油料树种。

毛桉分布广, 北起辽宁, 南至湖南, 西南到云南、贵州, 东自江苏、浙江, 西至甘肃、青海, 以山东、山西、陕西、河南分布广^[4]。该树种适应性强, 对土壤要求不严, 较喜光, 在阳坡和半阳坡生长和结实正常, 在蔽荫条件下, 结果少或只开花不结果, 较耐干旱瘠薄, 在中性、酸性土壤上均能生长。深根性, 根系发达, 萌芽性强。果实成熟时黑色, 油脂除食用外, 还可作机械和钟表的润滑油, 也是制油漆的好原料。油饼是很好的饲料和肥料。木材坚硬, 纹理细致, 可做农具和家具等。同时, 树冠丰满, 叶色浓绿, 小枝紫红, 根系发达, 又是优良的城市绿化和水土保持树种^[5-6]。

第一作者简介:薛利艳(1985-), 女, 在读硕士, 研究方向为植物资源利用。E-mail: luoshuihanbing@163.com.

责任作者:康永祥(1963-), 男, 硕士, 副教授, 现主要从事森林经理方面的教学和科研工作。

基金项目:林业公益性行业专项资助项目(200804010)。

收稿日期:2012-04-26

毛桉的繁殖育苗主要采用种子繁殖。毛桉的油脂 95% 含于果肉中, 内果皮厚而坚硬, 表层有影响吸水的蜡质层, 直接影响种子萌发过程的吸水, 自然条件下发芽率极低, 且有出苗不整齐、育苗周期长等问题^[7]。扦插具有简单易行, 成苗快, 繁殖系数高, 成本低等优点。现用正交实验通过对取穗部位、生长调节剂种类、生长调节剂浓度、处理时间 4 个因素的研究, 探索毛桉硬枝扦插的最好方法, 确定最有效的扦插繁殖技术体系。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于陕西省杨凌区西北农林科技大学林学院苗圃(东经 108°72', 北纬 34°36')。年均温为 10.7~13.7℃, 最热月温度为 24~27℃, 最冷月温度为 -0.7~3.0℃, 年极端最低气温 -14.7~-11.1℃, 全年 ≥10℃ 积温为 3 400~4 600℃, 年降水量 500~700 mm, 有效生长期降水量为 152~191 mm, 无霜期 184~216 d, 全年日照 1 900~2 500 h。

1.2 试验材料

2011 年 4 月 3 日以西北农林科技大学林学院采穗圃 2 a 实生毛桉为采穗母树, 选择生长健壮、无病虫害、无机械损伤的 1 a 生硬枝条做扦插。

1.3 试验方法

1.3.1 正交实验设计

以生长调节剂种类、处理浓度、

60 cm reached 32.8%~91.9%, and the higher concentration of EFS, the larger of the flower diameter, and the squaring period ahead of 8 days with the EFS concentration at 0.05 mL/L; gibberellin of 25~50 mg/L increased the plant height 8.1~11 cm, stem diameter 0.2~0.4 mm, flower diameter 2.2~2.7 cm. The ratio of cut flower height more than 60 cm reached 95.8%~98.0%, obviously improves the quality of eustoma cut flowers.

Key words: cut flower; eustoma; EFS; gibberellin

处理时间、插穗长度作为因素,每因素取 4 个水平,按 $L_9(3^4)$ 正交表(表 1)进行试验,试验共 9 个处理,每个处理扦插 100 棵,3 次重复。

表 1 $L_9(3^4)$ 正交实验因素水平表

水平	因素			
	A 取穗部位	B 生长调节剂	C 处理浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	D 处理时间/h
1	基部	萘乙酸(NAA)	100	1
2	中部	ABT ₁ 生根粉	200	2
3	梢部	NAA+IBA(1:1)	300	3

1.3.2 插床准备 选背风向阳的地方做插床。苗床宽 1.2~1.5 m,清除杂草,将地面以下 30 cm 的土层挖出,然后深翻床面,捡除草根及石块后将土块打碎、耙平,待用。

1.3.3 插穗制备 选择阴天早上进行插条采集,采后立刻放清水中浸泡。将穗条截成长 12~16 cm,每条 3~4 个芽,插穗上切口平切,距保留腋芽 1 cm 左右;下切口用不锈钢刀片削成平滑的斜切面。用 800 倍 20%多菌灵消毒 5 min 后^[8],放入清水中洗净。

1.3.4 扦插及插后养护管理 扦插深约插穗长度的 1/3,株距 5 cm,行距 20 cm。先用小竹棍打孔,再将插穗基部插入孔内,将周围土压实。插好后,用小水流将插床灌足水。此后进入正常养护管理阶段,视地块干湿情况及时松土,每月根据田间杂草滋生情况,适时进行浇水、除虫、锄草。扦插 1 个月后加盖遮阳网,扦插后每隔 2 周喷洒多菌灵 800 倍液进行杀菌消毒^[9],扦插 1 个月后每隔 10 d 喷洒 2%的尿素和磷酸二氢钾的混合液补充营养。

1.4 评价指标及数据处理

扦插 1 周后每隔 6~10 d 观察愈伤组织发生及生根情况,开始生根后不再取出观察,扦插后 120 d 统计全部生根情况,测量收集的指标有 3 个:生根率、平均根数、平均根长,采用生根指数为综合生根效果的评价指标,生根指数的意义是单株扦插苗的平均总根长^[10]。数据采用 SPSS 17.0 统计软件进行分析。生根率=生根株数/扦插总株数 $\times 100\%$;平均根数=插条生根数量总和/生根插条总数量;平均根长=插条生根长度总和/插条生根数量总和;生根指数=生根率 \times 平均根数 \times 平均根长^[10]。

2 结果与分析

2.1 生根进程和生根类型

扦插 17 d 后,观察到在插穗切口,有愈伤组织发生现象,毛株插穗的生根时间相对较长,且差异较大,最早观测到出现生根的处理为组合 9,扦插 65 d 后观测到第 1 条根,以后陆续观测到生根现象,扦插 85 d 大量插穗生根。

表 2 毛株硬枝扦插正交实验调查表

处理	因素 A	因素 B	因素 C	因素 D	生根率 /%	平均根 长/cm	平均根 量/条	生根指数 /cm
1	A1	B1	C1	D1	7.33	11.44	10.83	9.42
2	A1	B2	C2	D2	11.33	22.52	7.77	20.46
3	A1	B3	C3	D3	13.67	17.54	6.67	16.63
4	A2	B1	C2	D3	14.67	12.68	11.58	21.21
5	A2	B2	C3	D1	10.00	12.10	8.84	10.25
6	A2	B3	C1	D3	19.33	14.29	17.74	51.96
7	A3	B1	C3	D2	12.00	11.77	11.64	17.13
8	A3	B2	C1	D3	9.00	9.90	5.33	4.78
9	A3	B3	C2	D1	14.00	17.47	11.06	26.65
CK1	A1				1.67	4.03	2.00	0.13
CK2	A2				2.33	5.12	3.00	0.35
CK3	A3				2.00	4.01	1.33	0.106

注:生根率、平均根长、平均根量、生根指数均为 3 次重复的平均值。

表 3 极差分析表

指标	因素	k_1	k_2	k_3	极差	主次水平	优组合
生根率 /%	A 取穗部位	10.778	14.667	11.667	3.000	B>D>A>C	A2B3C2D2
	B 生长调节剂	11.333	10.111	15.667	5.556		
	C 生长调节剂浓度	11.889	13.333	11.889	1.444		
	D 处理时间	10.444	14.222	12.444	3.778		
平均根量 /条	A 取穗部位	8.422	12.724	9.348	4.302	D>B>A>C	A2B1C2D2
	B 生长调节剂	11.354	7.314	11.826	4.512		
	C 生长调节剂浓度	11.303	10.14	9.051	2.252		
	D 处理时间	10.248	12.384	7.862	4.522		
平均根长 /cm	A 取穗部位	17.168	13.027	13.043	4.141	C>B>A>D	A1B3C2D2
	B 生长调节剂	11.962	14.841	16.434	4.472		
	C 生长调节剂浓度	11.876	17.558	13.804	5.682		
	D 处理时间	13.669	16.194	13.374	2.820		
生根指数 /cm	A 取穗部位	15.502	27.808	16.189	12.306		
	B 生长调节剂	15.916	11.836	31.747	19.911	B>D>A>C	A2B3C2D2
	C 生长调节剂浓度	22.058	22.770	14.670	8.100		
	D 处理时间	15.440	29.847	14.212	15.635		

注: k 代表同一因素不同水平观测值的平均值。

表 4 方差分析表

指标	方差来源	离均差 平方和	自由 度	均方	F 值	P	显著性
生根率/%	A 取穗部位	74.741	2	37.370	4.445	0.027	显著
	B 生长调节剂	153.407	2	76.704	9.123	0.002	极显著
	C 生长调节剂浓度	12.519	2	6.259	0.744	0.489	不显著
	D 处理时间	64.296	2	32.148	3.824	0.041	显著
	误差	151.330	18	8.407			
平均根量/条	A 取穗部位	92.303	2	46.151	7.174	0.005	极显著
	B 生长调节剂	110.681	2	55.341	8.602	0.002	极显著
	C 生长调节剂浓度	22.835	2	11.417	1.775	0.198	不显著
	D 处理时间	92.120	2	46.060	7.159	0.005	极显著
	误差	115.804	18	6.424			
平均根长/cm	A 取穗部位	102.480	2	51.240	6.032	0.010	极显著
	B 生长调节剂	92.482	2	46.241	5.443	0.014	显著
	C 生长调节剂浓度	150.287	2	75.144	8.846	0.002	极显著
	D 处理时间	43.253	2	21.626	2.546	0.106	不显著
	误差		18	8.495			
生根指数/cm	A 取穗部位	860.708	2	430.354	3.659	0.046	显著
	B 生长调节剂	1 991.231	2	995.615	8.460	0.003	极显著
	C 生长调节剂浓度	362.060	2	181.030	1.539	0.241	不显著
	D 处理时间	1 360.696	2	680.348	5.785	0.011	显著
	误差	2 117.004	18	117.611			

表 5 多重比较表

指标	水平	取穗部位	生长调节剂	生长调节剂浓度	处理时间
生根率/%	1	10.778Ab	11.333Bb	11.889Aa	10.444Ab
	2	14.667Aa	10.111Bb	13.333Aa	14.222Aa
	3	11.667Ab	15.667Aa	11.889Aa	12.444Aab
平均根量/条	1	8.442Bb	11.354Aa	11.303Aa	10.248ABa
	2	12.724Aa	7.314Bb	10.140Aa	12.384Aa
	3	9.348Ab	11.826Aa	9.051Aa	7.862Bb
平均根长/cm	1	17.167Aa	11.962Bb	11.876Bb	13.667Aa
	2	13.027Bb	14.841ABab	13.804ABb	16.194Aa
	3	13.043Bb	16.434Aa	14.671Aa	13.374Aa
生根指数/cm	1	15.502Ab	15.916Bb	22.058Aa	15.440ABb
	2	27.808Aa	11.836Bb	22.770Aa	29.847Aa
	3	16.189Ab	31.747Aa	14.671Aa	14.212Bb

注:不同小写字母表示在 0.05 水平下差异性显著;不同大写字母在 0.01 水平下差异性显著。

2.2 不同因素主次效应分析

通过极差分析表(表 3)分析各个因素对毛桉硬枝扦插的生根影响,确定主次效应。试验的 4 个因素对生根率的影响大小为:生长调节剂>处理时间>取穗部位>处理浓度,生长调节剂起主导作用。对平均根量的影响顺序为:处理时间>生长调节剂>取穗部位>处理浓度,处理时间起主导作用;对平均根长的影响顺序:处理浓度>生长调节剂>取穗部位>处理时间,处理浓度起主导作用。对生根综合指标生根指数分析得各因素对毛桉硬枝扦插的影响顺序为生长调节剂>处理时间>取穗部位>处理浓度,生长调节剂起主导作用。

2.3 各因素不同水平对扦插生根的影响

2.3.1 取穗部位 取穗部位对毛桉硬枝扦插生根率的影响显著,对平均根量和平均根长的影响极显著。对综合指标生根指数的影响显著。中部插穗对生根率和平均根量的影响效果最好,基部插穗对平均根长的影响效果最好。

2.3.2 生长调节剂 通过方差和极差分析,生长调节剂对生根率和平均根量的影响极显著,对平均根长的影响显著。通过对生根指数的分析得生长调节剂对毛桉硬枝扦插生根效果影响极显著。其中 NAA+IBA(1:1)的混合生长调节剂在生根率、平均根量、平均根方面影响均为最大,对生根指数的影响极显著的优于 NAA、ABT₁生根粉等单一生长调节剂;3 种生长调节剂对毛桉硬枝扦插的促进作用为:NAA+IBA(1:1)>NAA>ABT₁生根粉。

2.3.3 生长调节剂浓度 方差分析显示生长调节剂浓度对平均根长的影响极显著,对生根率和平均根量的影响不显著。对生根指数的影响不显著,其中 200 mg/L 对生根效果的促进作用最好,和 100、300 mg/L 差异不显著。

2.3.4 处理时间 生长调节剂处理时间对于生根率影响显著,对平均根量的影响极显著,对平均根长影响不显著。对综合指标生根指数影响表现为显著,其中浸泡 2 h 的效果最好,与浸泡 1 h 效果差异显著,与浸泡 3 h 效果差异极显著。

2.4 毛桉硬枝扦插生根最佳处理的筛选

根据方差分析,试验的 4 个因素中,生长调节剂是影响毛桉硬枝扦插综合指标的主导因素,其次是处理时间、取穗部位,处理浓度影响最小。由毛桉硬枝扦插正交实验调查表(表 2)得出,组合 6 生根率最高为 19.33%,其次是组合 4 生根率为 14.67%,组合 1 最低为 7.33%,各组合的生根率都明显高于对照组,对照 1 生根率为 1.67%,对照 2 生根率为 2.33%,对照 3 生根率为 2%。平均根长最长的是组合 2 为 22.52 cm,最短的处理 8 为 9.90 cm,各处理组合的平均根长都明显高于对照组。平均根量最多的是组合 6 为 17.72 条,最低的是组合 8 为 5.33 条。试验中最佳处理为组合 6: A2B3C1D3,生根率为 19.33%、平均根长 14.29 cm、平均根数 17.74 条、生根指数 51.96。

由极差分析得到的最优组合应为 A2B3C2D2,即选用中部插穗,用 200 mg/L NAA+IBA(1:1)混合生长调节剂浸泡 2 h 进行。

3 讨论与结论

3.1 生长调节剂对扦插效果的影响

插穗扦插成活的关键是插穗基部能否产生和形成不定根,许多试验都证实了外源生长调节剂有利于促进根原基的诱导,和促进插穗不定根的产生及生长^[11-12]。常用的促进扦插生根的外源生长调节剂有:NAA、IBA、ABT₁生根粉、GGR 等。张芹等^[13]发现 IBA 和发根农杆菌共同使用对糠稷硬枝插条生根有显著促进作用。该试验中,不同生长调节剂对毛桉硬枝扦插效果的影响不同,但都不同程度地促进了插穗生根。使用生长调节剂处理的组合与对照相比,生根率、平均根量、平均根长都显著提高。这可能由于适量的生长调节剂处理后,能从内部调节插穗的生理机能,促进插穗体内酶的活化和营养物质的转化,提高插穗的吸收能力,从而提高了插穗的生根机能^[14]。选定的 3 种生长调节剂处理效果对比试验表明,NAA+IBA(1:1)>NAA>ABT₁生根粉。

3.2 取穗部位对扦插效果的影响

取穗部位对毛桉硬枝扦插影响显著,其中中部扦插效果最佳,梢部次之,基部最差。其与毛桉同属植物红瑞木^[14]硬枝扦插的结论一致,究其原因可能是由于基部插穗过粗,营养物质贮存较多,生长调节剂代谢不活跃,愈伤组织形成太厚而容易老化,从而愈伤组织不容易发出新根,又因皮厚而不易皮部发根^[15];梢部插穗可能是由于插穗过细,营养供应不足,不容易生根。

3.3 处理浓度对扦插效果的影响

生根指数随着处理浓度的增加呈现先升高后降低的趋势,说明在一定的范围内,生长调节剂浓度越高,生根效果越好,过高浓度处理对生根的促进效果不好。这和王瑛^[16]对三叶木通的研究结果一致,发现生长调节剂对三叶木通扦插生根都有促进作用,但浓度不是越高越好,达到一定浓度后会随着浓度的升高其成活率、生长量和生根数都有降低的趋势。李大威等^[17]对杂交榛和欧洲榛扦插试验发现,150 mg/L 和 200 mg/L IBA 溶液对插穗就能产生药害。

3.4 处理时间对扦插效果的影响

生根指数随着生长调节剂处理时间的增加呈现先升高后降低的趋势,其中处理 2 h 的效果最好。说明毛榛硬枝扦插存在一个最佳处理时间。这和翅果油树^[18]嫩枝扦插中生根情况随 IBA 处理时间的延长先增大后减小一致。究其原因可能是外源生长调节剂处理时间过长,则抑制其内源生长调节剂作用的发挥,最终反而降低插穗的生根能力。

参考文献

- [1] 夏小岗. 黑棕子栽培技术及经济价值研究[J]. 山西林业, 2009(3):19-40.
- [2] 高道花, 王玉欣. 毛榛及其栽培[J]. 特种经济动植物, 2002(9):31-32.
- [3] 李秀全, 徐有明. 我国主要木本油料树种资源开发与林业生物能源林建设的探讨[J]. 生物质化学工程, 2006, 40(21):229-234.
- [4] 尹晖. 生物质能源树种棕子木的初步调查[J]. 河南林业科技, 2009, 6(2):95-96.
- [5] 陈蒂. 优良的油材两用树种-车辆木[J]. 新农业, 1991(4):40.
- [6] 李鼎言. 毛榛引种驯化栽培的研究[J]. 宁夏林业科技, 1987(6):42-44.
- [7] 王遂义. 河南树木志[M]. 郑州:河南科学技术出版社, 1994.
- [8] 何锐, 陈秀明, 张志勇, 等. 影响麻疯树扦插繁殖因素研究[J]. 西南农业学报, 2010, 23(2):542-546.
- [9] 郑健, 郑勇奇, 吴超. 花椒树嫩枝扦插繁殖技术研究[J]. 林业科学研究, 2009, 229(1):91-97.
- [10] 扈红军, 曹帮华, 尹伟伦, 等. 榛子嫩枝扦插生根相关氧化酶活性变化及繁殖技术[J]. 林业科学, 2006, 44(6):60-65.
- [11] 师晨娟, 刘勇, 胡长寿. 青海云杉硬枝扦插繁殖研究[J]. 江西农业大学学报(自然科学版), 2002, 24(2):259-263.
- [12] 李进. 促进园林树木扦插繁殖生根的方法与技术[J]. 新疆师范大学学报(自然科学版), 2002, 21(1):44-50.
- [13] 张芹, 李保会, 宋建国, 等. IBA 和发根农杆菌对糠椴嫩枝扦插的影响[J]. 园艺学报, 2007, 34(1):201-204.
- [14] 何文林, 于帅昌, 肖和忠. 红瑞木硬枝扦插技术的研究[J]. 天津农学院学报, 2007, 14(2):23-26.
- [15] 何祯祥, 蒋恕, 叶志宏, 等. 杉木无性系扦插繁殖生根机理[J]. 浙江林学院学报, 1994, 11(1):38-44.
- [16] 王瑛. 三叶木通扦插繁殖技术研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2007.
- [17] 李大威, 郭素娟, 翟明普. 杂交榛和欧洲榛扦插生根关键技术[J]. 浙江林学院学报, 2009, 26(1):89-94.
- [18] 赵罕, 张新华, 刘正祥. 翅果油树嫩枝扦插繁殖技术[J]. 东北林业大学学报, 2009, 37(9):14-16.

Study on Hardwood Cutting Techniques of *Cornus wateri*

XUE Li-yan, KANG Yong-xiang, ZHANG Dan, SU Yue

(College of Forestry, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: *Cornus wateri* hardwood cutting were investigated in field conditions by means of orthogonal test $L_9(3^4)$, and the effect of the four factors about branches position, plant grow regulators, concentration of plant growth regulator and processing time were studied. The results showed that plant grow regulators had extremely notable effect on rooting index. Branches position and processing time had notable effect on rooting index. However, concentration of plant growth regulator had not remarkable effect on rooting index. The sequence of four factors of effect on rooting index was, plant grow regulators > processing time > branches position > concentration of plant growth regulator. Plant grow regulators was the main factor on rooting. In this experiment, the best combination of *Cornus wateri* hardwood cutting was using central branch cuttings, soaked two hours in 200 mg/L NAA+IBA(1:1).

Key words: *Cornus wateri*; hardwood cutting; rooting index