

## 正交设计优化红双喜月季扦插繁殖技术研究

赵春莉, 杨朝革, 刘子平, 刘娟, 王冰雨, 蒋林沛, 曾文定 (吉林农业大学园艺学院, 吉林长春 130118)

**摘要** 以扦插基质、生根剂种类、生根剂浓度和浸泡时间为影响因素, 采用正交试验, 研究其对红双喜月季扦插生根的影响, 以期优化红双喜月季扦插繁殖技术。结果表明, 生根率的最优处理组合为砂壤土:珍珠岩:蛭石=3:1:1+250 mg/L IBA+浸泡 50 min; 红双喜月季扦插平均生根数的最优处理组合为砂壤土:珍珠岩:蛭石=3:1:1+150 mg/L IBA+浸泡 30 min; 红双喜月季扦插平均根长的最优组合为砂壤土:珍珠岩:蛭石=3:1:1+300 mg/L NAA+浸泡 10 min; 综合指标红双喜月季扦插生根指数最优组合为砂壤土:珍珠岩:蛭石=3:1:1+200 mg/L [NAA+IBA(1:1)]+浸泡 10 min。

**关键词** 红双喜月季; 扦插; 正交试验; 生根指数

**中图分类号** S 685.12 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2021)22-0070-04

**doi**: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.22.017



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Orthogonal Design Optimization of Red Double Delight *Rosa chinensis* Cutting Propagation Technology

ZHAO Chun-li, YANG Chao-ping, LIU Zi-ping et al (College of Horticulture, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118)

**Abstract** In this experiment, using cutting medium, rooting agent type and concentration and immersion time as factors, orthogonal test was adopted to study their effects on rose cuttings rooting in order to optimize the cutting propagation technique of red double delight *Rosa chinensis*. The test results showed that the optimal treatment combination for rooting rate was sandy loam:perlite:vermiculite = 3:1:1+ 250 mg/L IBA+ soaking for 50 min; the optimal treatment combination for the average rooting number of red double delight *Rosa chinensis* cuttings was sand loam:perlite:vermiculite = 3:1:1+ 150 mg/L IBA+ soaking for 30 min; the optimal combination of average root length of rose cuttings was sand loam:perlite:vermiculite = 3:1:1+ 300 mg/L NAA+ soaking for 10 min; the optimal combination of rooting index of rose was sandy loam:perlite:vermiculite = 3:1:1+ 200 mg/L [NAA+ IBA(1:1)]+soaking for 10 min.

**Key words** Red double delight *Rosa chinensis*; Cutting; Orthogonal test; Rooting index

月季花(*Rosa chinensis* Jacq.)是蔷薇科蔷薇属多年生木本花卉,因具有较强的观赏性被称为“花中皇后”,红双喜(red double delight)月季为芳香型月季之首,随着人们生活水平和审美品位的提高,观赏植物在人们物质生活中地位逐渐提高,使得植物在快速扩繁方面的研究具有明显的经济价值与社会意义。

扦插繁殖作为普遍公认的无性繁殖方法,具有遗传稳定性高、育种时间短、繁殖率高、技术手段简单、规模大、成本低等优点。近年来国内外研究者针对月季扦插技术进行了不同方面的研究,主要集中在不同植物生长调节剂与浸泡时间方面<sup>[1-2]</sup>,不同植物材料对根系生长的影响<sup>[3]</sup>以及不同植物生长调节剂的组合<sup>[4]</sup>及浓度<sup>[5-8]</sup>对植物扦插后根系生长状态以及芽梢生长状态的影响等方面,而对多种因素同时研究的扦插繁殖技术优化较少。笔者选择合适的植物生长调节剂、基质

和浸泡处理时间,测量并计算生根率、平均生根数、平均根长、生根指数,获得优化红双喜月季扦插繁殖技术的方法,旨在为今后的月季扦插生产活动提供理论依据。

#### 1 材料与方法

**1.1 试验材料** 以吉林农业大学设施农业基地生长健壮、无病虫害的1年生组培红双喜月季苗为采穗母株,选取当年生半木质化枝条中部为插穗。试验在吉林农业大学设施基地温室内实施,时间为2019年9月—2020年6月。

**1.2 试验方法** 采用正交试验设计,选取基质类型、生根剂种类、生根剂浓度、浸泡时间作为影响月季扦插生根的条件,以生根率、平均生根数、平均根长、生根指数为响应值,按 $L_{16}(4^5)$ 正交表设计4因素4水平正交试验(表1),共16种处理(表2),探讨不同影响因素对月季扦插生根的影响,以优化月季扦插繁殖条件。

表1 红双喜月季扦插 $L_{16}(4^5)$ 正交因素水平

Table 1  $L_{16}(4^5)$  orthogonal factor and level of red double delight *Rosa chinensis* cuttings

水平 Level	因素 Factor			
	基质(A)	生根剂种类(B)	生根剂浓度(C)//mg/L	浸泡时间(D)//min
1	砂壤土	ABT生根粉	150	10
2	砂壤土:蛭石=3:1	NAA+IBA(1:1)	200	30
3	砂壤土:珍珠岩=3:1	IBA	250	50
4	砂壤土:珍珠岩:蛭石=3:1:1	NAA	300	70

将剪好的插穗(上端剪成平口,下端剪成斜口,保留2~3个芽点和2~4片叶),分别浸泡在不同种类及不同浓度的生根剂中,扦插在装有不同基质的营养钵中(基质使用前已用1 000倍高锰酸钾进行消毒处理),进行扦插试验(表2)。每

**基金项目** 国家大学生科技创新基金项目(201910193139);长白山湿地与生态吉林省联合重点实验室开放基金项目(CWE18-4)。

**作者简介** 赵春莉(1973—),女,山东寿光人,副教授,博士,硕士生导师,从事观赏植物资源引种驯化及繁殖技术研究。

**收稿日期** 2021-03-15; **修回日期** 2021-04-16

个处理扦插 25 段插穗, 试验重复 3 次。30 d 后计算生根率、平均生根数、平均根长及生根指数。

生根率 = 生根插穗数 / 扦插总数 × 100%

平均生根数 = 扦插生根总数 / 扦插总数

平均根长 = 扦插生根总长度 / 扦插生根总条数

生根指数 = 生根率 × 平均生根数 × 平均根长<sup>[9]</sup>

**1.3 数据处理** 采用 SPSS 20.0 和 Excel 2013 对试验数据进行 Duncan 新复极差法的显著性分析与极差分析。

表 2 16 种红双喜月季扦插处理组合

Table 2 16 kinds of red double delight *Rose chinensis* cutting treatment combinations

处理 Treatment	因素 Factor			
	A	B	C	D
①	1(砂壤土)	1(ABT 生根粉)	1(150)	1(10)
②	1	2(NAA+IBA(1:1))	2(200)	2(30)
③	1	3(IBA)	3(250)	3(50)
④	1	4(NAA)	4(300)	4(70)
⑤	2(砂壤土:蛭石=3:1)	1	1	2
⑥	2	2	2	1
⑦	2	3	3	4
⑧	2	4	4	3
⑨	3(砂壤土:珍珠岩=3:1)	1	2	3
⑩	3	2	1	4
⑪	3	3	4	1
⑫	3	4	3	2
⑬	4(砂壤土:珍珠岩:蛭石=3:1:1)	1	2	4
⑭	4	2	1	3
⑮	4	3	4	2
⑯	4	4	3	1

## 2 结果与分析

**2.1 红双喜月季扦插生根正交试验结果** 红双喜月季扦插生根的正交试验结果见表 3。由表 3 可知, 16 个处理组合的生根率、平均生根数、平均根长和生根指数都存在显著差异。从整体分析, 处理⑭的生根率最高, 为 93.33%, 除与处理⑬

在生根率上差异不显著外, 与其他处理均差异显著; 虽然处理⑭平均生根数、平均根长不是最大, 但与平均生根数最大值处理⑮和平均根长最大值处理⑯均差异不显著; 且处理⑭的生根指数最大为 23.22, 与其他处理均差异显著。从整体分析, 最适合红双喜月季扦插生根的处理为处理⑭。

表 3 红双喜月季扦插  $L_{16}(4^5)$  正交试验结果

Table 3  $L_{16}(4^5)$  orthogonal test results of red double delight *Rose chinensis* cutting

处理 Treatment	生根率 Rooting rate//%	平均生根数 Average rooting number//条	平均根长 Average root length//cm	生根指数 Rooting index
①	68.00±4.00 fg	2.93±0.24 efg	4.17±1.04 ab	8.24±1.82 g
②	65.33±2.31 g	2.40±0.42 fg	3.17±0.25 bcd	4.95±0.89 h
③	74.67±4.62 def	2.99±0.18 efg	2.77±0.49 cd	6.22±1.57 gh
④	66.67±2.31 g	2.67±0.67 fg	3.80±0.70 abc	6.56±0.75 gh
⑤	74.67±6.11 def	3.51±0.69 def	2.60±0.56 d	6.64±1.05 gh
⑥	78.67±2.31 cde	4.20±0.53 bed	4.53±0.40 a	14.90±1.40 de
⑦	80.00±4.00 cd	3.47±0.49 def	3.93±0.55 ab	10.82±1.49 f
⑧	72.00±4.00 efg	1.91±0.34 g	4.30±0.61 a	5.80±0.26 h
⑨	85.33±2.31 bc	3.97±0.39 cde	4.00±0.17 ab	13.52±0.89 de
⑩	80.00±4.00 cd	4.27±0.95 bed	3.80±0.75 abc	12.58±1.00 ef
⑪	84.00±4.00 bc	4.76±0.99 bc	3.67±0.58 abc	14.37±1.40 de
⑫	84.00±4.00 bc	4.77±0.68 bc	3.17±0.31 bed	12.60±1.22 ef
⑬	89.33±2.31 ab	5.35±0.78 ab	3.77±0.40 abc	17.80±0.83 bc
⑭	93.33±2.31 a	6.12±0.34 a	4.07±0.06 ab	23.22±1.09 a
⑮	84.00±4.00 bc	6.16±0.56 a	3.73±0.46 abc	19.22±2.13 b
⑯	81.33±4.62 cd	4.32±0.87 bed	4.60±0.70 a	15.84±1.62 cd

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )

Note: Different lowercase letters in the same column represented significant difference between different treatments at 0.05 level

**2.1.1 不同因素对月季扦插生根率的影响。** 通过表 4 极差分析可以发现, 4 种因素对红双喜月季扦插生根率的影响从

小到大分别为生根剂浓度、浸泡时间、生根剂种类、基质。由均值可以看出, 基质各水平对生根率的影响为  $A_4 > A_3 > A_2 >$

$A_1$ ;生根剂种类各水平对生根率的影响为  $B_3 > B_2 = B_1 > B_4$ ;生根剂浓度各水平对生根率的影响为  $C_3 > C_2 > C_1 > C_4$ ;浸泡时间各水平对生根率的影响为  $D_3 > D_4 > D_1 > D_2$ 。由此可以筛选出扦插生根率的最优组合为  $A_4 B_3 C_3 D_3$ 。

表4 扦插生根率极差分析

Table 4 Range analysis of rooting rate of cuttings %

项目 Item	A	B	C	D
$k_1$	68.67	79.33	79.00	78.00
$k_2$	76.33	79.33	79.67	77.00
$k_3$	83.33	80.67	80.00	81.33
$k_4$	87.00	76.00	76.67	79.00
R	18.33	4.67	3.33	4.33
最优组合	$A_4$	$B_3$	$C_3$	$D_3$

**2.1.2 不同因素对红双喜月季扦插平均生根数的影响。**由表5可以看出,4种因素对红双喜月季扦插平均生根数的影响从小到大分别为生根剂浓度、浸泡时间、生根剂种类、基质。由均值可以看出,基质各水平对平均生根数的影响为  $A_4 > A_3 > A_2 > A_1$ ;生根剂种类各水平对平均生根数的影响为  $B_3 > B_2 > B_1 > B_4$ ;生根剂浓度各水平对平均生根数的影响为  $C_1 > C_2 > C_3 > C_4$ ;浸泡时间各水平对平均生根数的影响为  $D_2 > D_1 > D_4 > D_3$ 。由此可以筛选出扦插平均生根数的最优组合为  $A_4 B_3 C_1 D_2$ 。

表5 扦插平均生根数极差分析

Table 5 Range analysis of the average root number of cuttings 条

项目 Item	A	B	C	D
$k_1$	2.75	3.94	4.21	4.05
$k_2$	3.27	4.25	3.98	4.21
$k_3$	4.44	4.34	3.89	3.75
$k_4$	5.49	3.42	3.87	3.94
R	2.74	0.92	0.34	0.46
最优组合	$A_4$	$B_3$	$C_1$	$D_2$

**2.1.3 不同因素对红双喜月季扦插平均根长的影响。**由表6可知,4种因素对红双喜月季扦插平均根长的影响由大到小分别为浸泡时间、基质、生根剂种类、生根剂浓度。由均值可以看出,基质各水平对平均根长的影响为  $A_4 > A_2 > A_3 > A_1$ ;生根剂种类各水平对平均根长的影响为  $B_4 > B_2 > B_1 > B_3$ ;生根剂浓度各水平对平均根长的影响分别为  $C_4 > C_2 > C_1 > C_3$ ;浸泡时间各水平对平均根长的影响为  $D_1 > D_4 > D_3 > D_2$ 。由此可以筛选出扦插生根率的最优组合为  $A_4 B_3 C_4 D_1$ 。

**2.1.4 不同因素对红双喜月季扦插生根指数的影响。**由表7可知,4种因素对红双喜月季扦插生根指数的影响由小到大分别是生根剂浓度、浸泡时间、生根剂种类、基质。由均值可以看出,基质各水平对生根率的影响为  $A_4 > A_3 > A_2 > A_1$ ;生根剂种类各水平对生根率的影响为  $B_2 > B_3 > B_1 > B_4$ ;生根剂浓度各水平对生根率的影响为  $C_2 > C_1 > C_4 > C_3$ ;浸泡时间各水平对生根率的影响为  $D_1 > D_3 > D_4 > D_2$ 。由此可以筛选出扦插生根率的最优组合为  $A_4 B_2 C_2 D_1$ 。

**2.2 验证试验** 通过“2.1”的分析可知,在试验范围内,月季

扦插生根率的最优处理组合为  $A_4 B_3 C_3 D_3$ ;月季扦插平均生根数的最优处理组合为  $A_4 B_3 C_1 D_2$ ;月季扦插平均根长的最优组合为  $A_4 B_4 C_4 D_1$ ;可见基质、生根剂种类、生根剂浓度、浸泡时间4种因素对月季扦插生根阶段不同指标测定值有不同的影响,因此,试验从综合的角度进一步计算生根指数作为月季扦插生根阶段的综合指标并对其进行分析,得到月季扦插生根指数最优组合为  $A_4 B_2 C_2 D_1$ ,由于该组合并未出现在正交表内,需对其进行验证试验。每次扦插25个插穗,试验重复3次,30d后测定生根率95%、平均生根数6.32条、平均根长4.77cm,生根指数为28.64。在扦插第10天时发现插穗基部出现根源基,有0.5cm左右的根出现,效果见图1a,在扦插第20天时插穗基部长出6条左右白根,效果见图1b。

表6 扦插平均根长极差分析

Table 6 Range analysis of average root length of cuttings cm

项目 Item	A	B	C	D
$k_1$	3.48	3.63	3.66	4.24
$k_2$	3.84	3.89	3.87	3.17
$k_3$	3.66	3.53	3.62	3.78
$k_4$	4.04	3.97	3.88	3.83
R	0.56	0.44	0.26	1.07
最优组合	$A_4$	$B_4$	$C_4$	$D_1$

表7 生根指数极差分析

Table 7 Range analysis of rooting index

项目 Item	A	B	C	D
$k_1$	6.49	11.55	12.67	13.34
$k_2$	9.54	13.91	12.79	10.85
$k_3$	13.27	12.66	11.37	12.19
$k_4$	19.02	10.20	11.49	11.94
R	12.53	3.71	1.30	2.49
最优组合	$A_4$	$B_2$	$C_2$	$D_1$

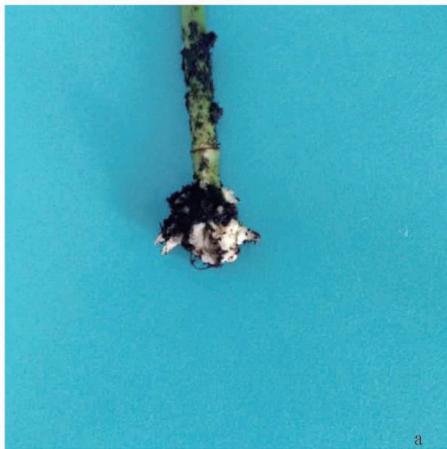
### 3 结论与讨论

该试验结果表明,在扦插基质为砂壤土:珍珠岩:蛭石=3:1:1,生根剂选用IBA+NAA等量混用,浓度为200mg/L,浸泡10min下进行月季扦插试验,其综合指标生根指数最高,为28.64;4种因素对月季扦插生根率的影响从小到大分别为生根剂浓度、浸泡时间、生根剂种类、基质,最优组合为砂壤土:珍珠岩:蛭石=3:1:1+250mg/L IBA+浸泡50min;4种因素对月季扦插平均生根数的影响从小到大分别为生根剂浓度、浸泡时间、生根剂种类、基质,最优组合为砂壤土:珍珠岩:蛭石=3:1:1+150mg/L IBA+浸泡30min;影响月季扦插平均根长的4种因素由大到小为浸泡时间、基质、生根剂种类、生根剂浓度,最优组合为砂壤土:珍珠岩:蛭石=3:1:1+300mg/L NAA+浸泡10min。

有关植物生长调节剂对月季扦插生根的作用,该试验与杨永花等<sup>[10]</sup>的研究结果不一致,杨永花等<sup>[10]</sup>指出在30mg/L处理40min时,月季扦插的生根率和平均根数最高,可能是由于月季品种的不同和地理环境的差异导致的。龚仲幸<sup>[11]</sup>认为NAA和IBA之间在生根效果上无显著差异,这与该试验结果一致。瞿辉等<sup>[12]</sup>研究发现单种生根剂对月季扦插的

生根效果不如 NAA 和 IBA 的混合配比使用,这与该试验结果一致。对于基质的选择,闫海霞等<sup>[13]</sup>认为混合型基质的结构比单一型基质疏松,且透气性和保水性较单一型基质强,对于月季扦插成活效果更明显,与该试验的结果一致。

高爱玲<sup>[14]</sup>指出在月季生产过程中,扦插基质和生根剂的处理是影响月季扦插生根的主要原因,这与该试验结果一致。在处理时间上,廖伟彪等<sup>[15]</sup>研究发现长时间的处理会抑制月季扦插后的生根和根的生长,这和该试验结果也一致。



注:扦插时间 10 d(a),扦插时间 20 d(b)

Note: Cuttings time 10 d (a), cuttings time 20 d (b)

图 1 红双喜月季扦插生根效果

Fig.1 Rooting effect of red double delight *Rose chinensis* cuttings

由以上结果可知,在实际生产中,若要提高月季扦插的综合指标生根指数,可以选用 200 mg/L 相同质量的 NAA 和 IBA 在生根剂中浸泡 10 min 后,扦插在砂壤土:珍珠岩:蛭石=3:1:1 的基质中,此时的月季在扦插后生长健壮且根系发达。该研究对于月季幼苗大量扩繁生产具有理论意义与实践价值。

#### 参考文献

[1] 周兰胜.部分野生蔷薇属植物扦插繁殖技术研究[J].山东农业大学学报(自然科学版),2014,45(5):775-777.  
 [2] 郭翠娥.植物生长调节剂在月季生产上应用[J].中国花卉园艺,2019(16):38-39.  
 [3] 刘健斌,华楠,雷利锋,等.不同品种微型盆栽月季单芽扦插生根试验[J].农业科学研究,2019,40(2):75-78.  
 [4] 李秋杰,张吉,陈春燕.月季微型扦插快速繁殖研究[J].安徽农业科学,2007,35(32):10254,10274.  
 [5] 徐秋燕,杨平,张边江.不同激素对月季茎段扦插和组织培养的影响[J].湖北农业科学,2012,51(9):1904-1906.

[6] 赵东利,潘宇虹,冯冠军,等.吡啶乙酸(IAA)诱导月季枝条生根研究[J].大连大学学报,2009,30(6):85-86.  
 [7] 黄显杰,张边江,唐宁.植物生长调节剂 GGR 和 NAA 对月季扦插生根的影响[J].中学生物教学,2015(4):66-67.  
 [8] 李磊,牛艳婷,徐榕雪,等.生长素对丰花月季硬枝扦插生根的影响[J].安徽农业科学,2012,40(29):14209-14210,14212.  
 [9] 姚思扬,赵春莉,刘子平,等.红颜草莓组培快繁体系优化[J].福建农业学报,2018,33(9):950-956.  
 [10] 杨永花,王金秋,孙朝华,等.IBA 对大花月季嫩枝扦插生根的影响[J].甘肃农业科技,2018(11):61-65.  
 [11] 龚仲幸.植物生长调节剂对藤本月季扦插生根的影响[J].安徽农业科学,2014,42(28):9719,9724.  
 [12] 瞿辉,邵和平,叶晓青,等.不同生长素处理对 2 个微型月季品种扦插生根的影响[J].江苏农业科学,2018,46(19):159-162.  
 [13] 闫海霞,蒋月喜,邓杰玲,等.不同处理方式对蔷薇扦插繁殖的影响[J].北方园艺,2018(8):96-101.  
 [14] 高爱玲.月季扦插成活率影响因子研究[J].现代农业科技,2013(18):152,158.  
 [15] 廖伟彪,张美玲,杨永花,等.植物生长调节剂浓度和处理时间对月季扦插生根的影响[J].甘肃农业大学学报,2012,47(3):47-51.