

应用正交设计优化冰菜扦插方法

黑银秀 余山红 刘君* 朱昌春

(台州市农业科学研究院, 浙江台州 317000)

摘要: 采用 $L_9(3^4)$ 正交试验设计方法, 探讨了插穗规格、生长调节剂种类和浓度 3 种因素对冰菜枝条扦插成活率的影响。结果表明: 试验 9 个组合处理中, 冰菜扦插成活率最高为 80%; 3 种因素对冰菜枝条扦插成活率均有显著影响, 插穗规格是影响扦插成活率的主要因子, 其次是生长调节剂种类, 生长调节剂浓度影响最小; 随着冰菜枝条由二级侧枝(老枝条)向四级侧枝(嫩枝条)改变, 扦插成活率呈逐步增加趋势; 生长调节剂对试验指标的影响大小为 $GGR > IAA > NAA$ 。冰菜扦插最佳方法是选用四级侧枝(粗度 3~4 mm), $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 GGR 试剂浸泡处理 1 h, 扦插成活率达 90.56%。

关键词: 冰菜; 正交设计; 扦插; GGR

冰菜 (*Mesembryanthemum crystallinum* L.) 又名冰叶日中花, 番杏科日中花属一年生草本植物, 因其叶面和茎上着生有大量冰晶状颗粒, 在太阳照射下反射光线, 因此得名冰菜(刘君等, 2016)。冰菜的抗旱性和耐盐性极强, 是植物耐盐性研究的模式植物之一(Hailer et al., 2012; Himabindu et al., 2016)。冰菜中含有丰富的微量元素和营养元素(徐微风等, 2017), 作为一种具有较高生态功能和保健功能的蔬菜, 值得深入研究和广泛推广种植。

扦插繁殖是指用苗木营养器官(根、茎、叶等)的一部分作为繁殖材料, 插入基质中进行营养繁殖的一种育苗方法, 该繁殖方法简单、快速、节省成本。经过近两年的冰菜种源调查发现, 冰菜种子较贵, 每克种子 100 元以上, 且种子育苗存在性状分离、群体性状间具有较大差异的现象。冰菜分枝能力极强, 单株分枝可高达 200 个。扦插繁殖可以保留母本的优良性状而且繁殖速度快, 是现代育苗的理想方法(刘宏涛, 2005)。因此采用冰菜枝条进

行扦插繁殖不仅材料来源广、繁殖速度快, 而且繁殖系数较高、节省成本。

双吉尔(GGR)是一种非激素、无污染、水溶性的生长调节剂, 使用方便、效果好, 是生产绿色蔬菜、瓜果的优选剂型(廖恒登等, 2008)。刘建辉等(2013)研究表明, GGR 生根粉可以显著提高金叶假连翘的成活率。近年来, 关于萘乙酸(NAA)(钟泰林等, 2003; 申展等, 2013)、吲哚-3-乙酸(IAA)(仲兆清和潘春香, 2014; 朱永超等, 2016)、吲哚丁酸(IBA)、生根粉(ABT)(申展等, 2013; 仲兆清和潘春香, 2014)等生长素对不定根形成效应的研究受到广泛关注, 并在部分植物中得到广泛应用。但是目前关于冰菜扦插繁殖的研究还未见报道。

本试验以冰菜茎段为材料, 采用正交设计法研究不同茎段、不同生长调节剂对冰菜插穗扦插成活率的影响, 以期为其大量扦插繁殖研究提供理论和实践基础。

1 材料与方方法

1.1 试验材料

试验于 2018 年 4~6 月在台州市农业科学研究院玻璃温室进行。试验材料为本院的冰菜品种 TB。萘乙酸(NAA)、吲哚-3-乙酸(IAA)、双吉尔(GGR)购自上海鼎国生物技术有限公司。扦插基质为珍珠岩, 扦插前一天把基质浇透。

黑银秀, 女, 硕士, 农艺师, 主要从事设施园艺栽培工作, E-mail: qiannv111@126.com

* 通讯作者(Corresponding author): 刘君, 男, 硕士, 农艺师, 主要从事蔬菜育种工作, E-mail: 21273571@qq.com

收稿日期: 2018-09-04; 接受日期: 2018-12-21

基金项目: 台州市科技局项目(15 ny07)

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 试验包括3个因素，每个因素含3个水平（表1），采用 $L_9(3^4)$ 的正交设计（表2）开展试验，共9个处理，各处理组合采用完全随机排列于试验小区内。

清晨采集生长良好、整齐一致的植株枝条为试验材料，剪成2芽和2叶、长度约5 cm的插穗，并对插穗进行分级备用：二级侧枝粗度5~6 mm；三级侧枝粗度4~5 mm；四级侧枝粗度3~4 mm。把已剪截好、分级处理的插条每60枝用橡皮套捆在一起，按照正交设计方案将插穗基部浸入对应浓度生长调节剂中浸泡1 h。

表1 $L_9(3^4)$ 正交试验因素水平表

水平	因素			空列
	A: 插穗规格	B: 生长调节剂	C: 浓度/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	
1	二级侧枝	NAA	50	
2	三级侧枝	IAA	100	
3	四级侧枝	GGR	200	

1.2.2 扦插和管理 扦插采用直插法，用塑料圆棍在扦插基质上打2~3 cm深的小孔，将浸泡好的插穗插入孔内，稍微按实基部，然后喷少量的水。扦插后前5 d进行遮阴处理，早晚喷1次水，保证扦插苗床湿润状态。

1.2.3 指标测定 扦插后每隔7 d观察插穗长势情况，扦插试验30 d后统计扦插成活率。

$$\text{成活率} = \text{成活枝条} / \text{扦插枝条} \times 100\%$$

1.3 数据处理

利用Excel 2007软件对统计数据进行极差分析、均值分析，利用DPS 7.05数据分析软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 冰菜枝条扦插成活情况

成活率是衡量扦插育苗成功与否的重要指标。扦插7 d后，部分插穗叶芽开始萌动，部分枝条逐步死亡。14 d后，部分插穗开始长根，枝条开始长出新叶，调查发现死亡的插穗未生根，根部发黄、腐烂。扦插30 d后，再未观测到插穗死亡。

由表2可知，不同因素水平处理的扦插成活率存在很大差异，处理7、8、9成活率较高，而处理1、2、3成活率很低。本试验中成活率最高的是处

理8，即四级侧枝在 $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ IAA中浸泡1 h，冰菜扦插成活率为80%。

表2 试验设计及极差分析结果

处理	因素				成活率/%
	A	B	C	空列	
1	二级	NAA	50	1	16.67
2	二级	IAA	100	2	21.67
3	二级	GGR	200	3	20.00
4	三级	NAA	100	3	28.33
5	三级	IAA	200	1	26.67
6	三级	GGR	50	2	46.67
7	四级	NAA	200	2	50.00
8	四级	IAA	50	3	80.00
9	四级	GGR	100	1	78.33
k_1	19.44	31.67	47.78	40.56	
k_2	33.89	42.78	42.78	39.44	
k_3	69.44	48.33	32.22	42.78	
R	50.00	16.67	15.56	3.33	
主次顺序	A > B > C				
优水平	A_3	B_3	C_1		
优组合	$A_3B_3C_1$				

2.2 均值和极差分析

根据均值的大小可以判断不同水平对试验指标的影响大小。均值分析发现（表2）， $k_{A3} > k_{A2} > k_{A1}$ ，即四级侧枝 > 三级侧枝 > 二级侧枝，由此判断 A_3 （四级侧枝）为A因素的最优水平。而 $k_{B3} > k_{B2} > k_{B1}$ ， $k_{C1} > k_{C2} > k_{C3}$ ，同理确定 B_3 （GGR）、 C_1 （ $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ）分别为B、C因素的最优水平。因此 $A_3B_3C_1$ 为本试验的最优水平组合，即冰菜扦插最佳处理方式为枝条选用四级嫩枝条，生长调节剂GGR，浓度为 $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

根据极差R的大小，判断因素的主次影响顺序。由表2可知，插穗规格的极差值最大，为50.00，而生长调节剂浓度的极差值最小，为15.56，3个因素影响成活率的顺序为A > B > C，即插穗规格对扦插成活率的影响最大，为主要因素，其次是生长调节剂，而生长调节剂浓度的影响最小。

2.3 不同因素对冰菜扦插成活率的影响

从图1可以看出，各个因素的不同水平对扦插成活率的影响差异较大。插穗规格的改变对扦插成活率有显著影响，随着冰菜枝条由二级侧枝（老枝条）向四级侧枝（嫩枝条）改变，扦插成活率呈逐步增加趋势。随着生长调节剂浓度增加，扦插成活

率呈下降趋势。

2.4 冰菜扦插成活率的方差分析

为了更好地反映各因素对扦插成活率作用的差异,对试验结果进行进一步方差分析(表3),结果表明,各因素对扦插成活率都有影响,但影响程度有差异,由F值可知插穗规格>生长调节剂种类>生长调节剂浓度,与极差分析结果一致。A因素插穗规格的改变对扦插成活率有极显著影响,F值>F_{0.01}(2,2)。而B因素生长调节剂种类和C因素浓度这两个因素均显著影响冰菜扦插成活率,F值>F_{0.05}(2,2)。

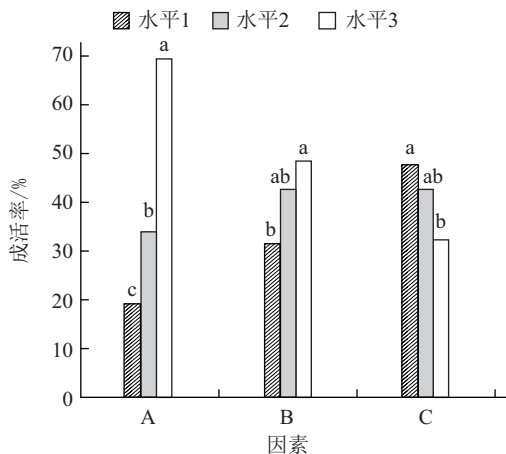


图1 不同因素水平对冰菜扦插成活率的影响
图柱上不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

表3 扦插成活率方差分析结果

变异来源	偏差平方和 SS	自由度 df	方差 MS	F 值	显著性
A	3 972.839 5	2.000 0	1 986.419 8	229.857 1	**
B	432.098 8	2.000 0	216.049 4	25.000 0	*
C	378.395 1	2.000 0	189.197 5	21.892 9	*
误差 e	17.284 0	2.000 0	8.642 0		
总和	4 800.617 3	8.000 0			

注: F_{0.01}(2,2)=99, F_{0.05}(2,2)=19, F_{0.1}(2,2)=9; *表示影响显著, **表示影响极显著。

2.5 验证试验

按照最优组合对试验结果进行验证。设3次重复,每重复60个四级侧枝,在50 mg·L⁻¹ GGR 溶液中浸泡1 h后扦插到珍珠岩苗床上。30 d后调查冰菜扦插的平均成活率为90.56%。

3 结论与讨论

R值越大,表示该因素的水平变化对试验指标的影响越大,因素越重要。本试验中,插穗规格

为影响扦插成活率的主要因素。插穗是扦插繁殖的物质基础,本试验中四级侧枝是较为适宜的插穗材料,但需要进一步优化扩繁技术,缩短生根时间,提高成活率等指标。

本试验中,生长调节剂种类显著影响冰菜的扦插成活率,表现为GGR > IAA > NAA。即GGR可以显著提高冰菜插穗的成活率,50 mg·L⁻¹的浸泡效果最好。刘建辉等(2013)研究也表明GGR生根粉可以显著提高金叶假连翘的成活率,以浓度50 mg·L⁻¹浸泡1 h为宜。双吉尔-GGR对玫瑰扦插生根(李培闪和刘小菊,2014)、速生桉扦插育苗(曹艳云等,2005)都有较好的促进作用。不过由于研究试材不同,且木本扦插和草本扦插本身差异就较大,最终选用的GGR浓度也不同。

正交设计方法是一种寻求最优水平组合的高效经济的试验设计方法。该方法在组培体系和PCR反应体系的建立与优化中已广泛应用,而在栽培方面应用较少。本试验采用L₉(3⁴)正交设计方法,通过对扦插30 d后扦插成活率的均值、极差、方差分析及因素趋势图分析得出,各个因素对扦插成活率影响大小为:插穗规格>生长调节剂种类>生长调节剂浓度,最优组合A₃B₃C₁,即冰菜扦插最佳处理方式挑选四级侧枝(粗度3~4 mm),选用50 mg·L⁻¹的GGR试剂浸泡1 h,验证试验的扦插成活率达到90.56%。利用该技术方法可进行冰菜快速无性繁殖,为生产上种苗扩繁提供技术基础。

参考文献

- 曹艳云,潘月芳,黄志玲,彭玉华,郝海坤. 2005. CPD生根粉在速生桉扦插育苗中的应用. 湖南农业科学, 19(1): 54-55.
- 李培闪,刘小菊. 2014. 不同生根剂对玫瑰嫩枝扦插成活率的影响. 现代园艺, (1): 11-12.
- 廖恒登,陈明才,刘永贤,黄拔程. 2008. 不同植物生长调节剂处理对冬种免耕马铃薯生长特性与产量的影响. 北京: 中国作物学会马铃薯专业委员会2008年马铃薯大会.
- 刘宏涛. 2005. 园林花卉繁育技术. 沈阳: 辽宁科学技术出版社.
- 刘建辉,曾清如,杨德通. 2013. 双吉尔生根粉在金叶假连翘扦插中的应用研究. 湖南农业科学, (8): 30-31.
- 刘君,朱良其,张加正,朱长志,陈伟强,黑银秀. 2016. 浙江地区冰菜栽培技术. 浙江农业科学, 57(7): 1089-1090.
- 申展,李铁华,文仕知,何功秀,黄守成,唐爱国. 2013. 不同因素对闽楠嫩枝扦插生根的影响. 中南林业科技大学学报, 33(1): 63-67.

徐微风, 覃和业, 刘姣, 王蕾, 吕瑞, 郭建春, 符少萍, 李瑞梅, 胡新文, 段瑞军. 2017. 冰菜在不同浓度海水胁迫下的氧化胁迫和抗氧化酶活性变化. 江苏农业学报, 33 (4): 775-781.

钟泰林, 石柏林, 钱奇霞, 揭任娟. 2003. 几种草本花卉繁育试验. 浙江林学院学报, 20 (1): 108-110.

仲兆清, 潘春香. 2014. 不同基质、外源激素与扦插时间对油茶扦插育苗的影响. 南方农业学报, 45 (4): 623-627.

朱永超, 李彬, 廖伟彪. 2016. 3种生长素对蓝叶忍冬枝条扦插生根的影响. 草业科学, 33 (1): 61-66.

Hailer M S, Barnes J D, Cushman J C, Borland A M. 2012. A CAM-and starch-deficient mutant of the facultative CAM species *Mesembryanthemum crystallinum* reconciles sink demands by repartitioning carbon during acclimation to salinity. J Exp Bot, 63 (5): 1985-1996.

Himabindu Y, Chakradhar T, Reddy M C, Kanygin A, Redding K E, Chandrasekhar T. 2016. Salt-tolerant genes from halophytes are potential key players of salt tolerance in glycophytes. Environ Exp Bot, 124: 39-63.

Optimization of Cutting Method for *Mesembryanthemum crystallinum* L. by Orthogonal Design

HEI Yin-xiu, YU Shan-hong, LIU Jun*, ZHU Chang-chun

(Taizhou Academy of Agricultural Sciences, Taizhou 317000, Zhejiang, China)

Abstract: By using $L_9 (3^4)$ orthogonal experiment design method, this paper discussed the effects of 3 factors, namely cutting size, kinds of growth regulator and concentration, on the survival rate of ice vegetable branch cutting. The results showed that among the 9 combined treatments, the highest survival rate was 80%. All 3 factors had significant effects on the survival rate. The cutting size is the main factor affecting survival rate, followed by kinds of growth regulator. Regulator concentration had the least influence. As the ice plant shoots changed from the secondary lateral branch (old branch) to fourth lateral branch (tender branch), the survival rate showed the tendency of gradual increasing. The effect of growth regulator on the test indexes was $GGR > IAA > NAA$. The best cuttage method was to select the fourth lateral branch (3-4 mm) and soaked it in $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ GGR for an hour. The survival rate could be up to 90.56%.

Key words: Ice plant; Orthogonal design; Cuttage; GGR

· 新书推荐 ·

《中国蔬菜育种学》

《中国蔬菜育种学》由中国农业科学院蔬菜花卉研究所等30多个科研及教学单位的100余位育种专家编撰, 中国农业出版社2017年8月出版。全书由总论和各论两部分组成。总论部分概述了中国蔬菜育种学的发展历史、主要成就、育种技术途径以及良种繁育、田间试验设计与统计等基础理论知识; 各论部分系统地介绍了白菜、甘蓝、番茄、辣椒、黄瓜、萝卜等32种蔬菜作物的育种概况、种质资源、生物学特性与主要性状遗传、育种目标、育种技术、育种途径及良种繁育技术等。书后选登了部分有代表性的育成品种或育种材料的图片。

该书是中国蔬菜学科一部重要的学术著作, 其特点是内容比较全面系统, 理论与实践紧密结合, 科学性、学术性、实用性并重; 育种目标体现中国蔬菜产业和市场需求, 在阐述一般的育种理论和技术时, 结合育种实践中的典型实例, 具有中国特色。《中国蔬菜育种学》既可作为广大蔬菜育种工作者的重要参考书, 又可作为大专院校师生的重要教材。

如需该书, 请与《中国蔬菜》编辑部联系。

联系地址: 北京市海淀区中关村南大街12号 《中国蔬菜》编辑部

邮编: 100081 电话: 010-82109550

