

张晟璐,卫威风,管笑啸,等.我国多肉植物水培技术研究进展[J].南方农业,2018,12(16):15-19.

# 我国多肉植物水培技术研究进展

张晟璐<sup>1</sup>,卫威风<sup>2</sup>,管笑啸<sup>2</sup>,邵果园<sup>2</sup>

(1. 浙江农林大学集贤学院,浙江杭州 3113001; 2. 浙江农林大学农业与食品科学学院,浙江杭州 311300)

**摘要** 多肉植物是茎、叶特别粗大或肥厚,含水量高,并在干旱环境中具有长期生存力的一类植物。随着水培技术的不断发展,其在多肉植物上的应用显示出极大的优越性。综述了我国多肉植物水培的根系诱导研究、营养液研究以及水培管理等方面的研究现状,分析存在的问题,并提出了多肉植物水培的应用前景与方向。

**关键词** 多肉植物;水培;根系诱导;营养液;研究进展

中图分类号: S682.33 文献标志码: C DOI: 10.19415/j.cnki.1673-890x.2018.16.005

多肉植物又称多浆植物,指茎、叶特别粗大或肥厚,含水量高,并在干旱环境中具有长期生存力的一类植物<sup>[1]</sup>,包括仙人掌科、番杏科、景天科等50多个科<sup>[2]</sup>。水培是将植物根系浸泡在水中汲取营养,长期稳定生长,是无土栽培的一种形式<sup>[3-4]</sup>,具有观赏性强、清洁卫生、养护管理简便、病虫害感染率低等优点<sup>[5]</sup>,特别适合家庭园艺或办公场所观赏消费需求。

将水培技术应用于多肉植物养护管理,已经在仙人掌、芦荟、石莲花、条纹十二卷等中试验成功<sup>[5-6]</sup>,深受消费者喜爱。结合前人的研究,从根系诱导、营养液配方、水培栽植管理等方面进行综合阐述。

## 1 多肉植物根系诱导研究

### 1.1 根系诱导过程及相关的生理生化生态

水培技术是诱导植物水生根系形成并能在营养液中完成正常生长发育过程的技术,因此,想要培育长期在低溶解氧的水中生存的多肉植物,核心技术

在于诱导能在水中正常生长的根系<sup>[4,7]</sup>。李鸿俊等<sup>[8]</sup>通过对花仙人掌、宝绿、条纹十二卷以及龙王球在不同温度、透光度及原根的保留这三方面进行研究,得出结论:该4种植物在温度超过25℃时根系生长速度降低,剪去原主根后经再诱导长出的根系更能适应水培环境,遮光诱导出的根系相比不遮光诱导的根系生长的好。而林开文等<sup>[9]</sup>对四海波进行试验则得出不去根、透光和水溶液的处理更有利于该植物的水培生根。甘露等<sup>[10]</sup>对2种芦荟进行水生诱导,研究认为品种和温度是诱导水生诱导的关键;中华芦荟在湿度80%,温度25℃,自来水+1 mg·L<sup>-1</sup> IBA、pH 6.5的环境下最有利于水生诱导和持续培养,比不夜城芦荟更能适应水生环境。温度、光照以及是否去根的处理能在不同程度上影响植物的根系诱导。在适宜的温度与光照环境下,植物枝叶贮藏的营养或光合同化产物持续向创伤的根部运输,从而发生一系列生理变化,形成适宜水生环境的不定根,使植株个体能持续不断地生长与发育。

而诱导植物形成水生诱导除了外界环境的调控与根部处理方式外,不同种类与浓度的生根剂、植物生长调节剂亦能促进植物生根。范惠菊等<sup>[11]</sup>用4种生根剂

收稿日期: 2018-04-01

基金项目: 国家级大学生创新训练项目(201610341027); 浙江农林大学学生科研训练项目(2013200065)。

作者简介: 张晟璐(1996—),女,浙江杭州人,浙江农林大学集贤学院园艺专业2014级在读本科生,从事园艺作物栽培技术研究。E-mail: 447882274@qq.com。

为通信作者, E-mail: 360900227@qq.com。

另加清水对金边虎皮兰进行水培生根对比试验, 得出结论:  $30 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的NAA处理显著促进了虎皮兰的生根, 该处理能使虎皮兰30 d后平均根数增加为3根, 平均根长增加为2.9 cm, 单株鲜重增加为25.6 g, 新生叶片总数为2片, 并减少其在水培驯化过程中出现的烂根现象。赵兰枝等<sup>[12]</sup>通过不同浓度营养液与植物生长调节剂互作处理对豆瓣绿进行水培生根研究, 结果表明: 以 $30 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 浓度的3-IBA处理的豆瓣绿生根效果最好, 在清水与 $30 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 3-IBA和全营养与 $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  3-IBA互作处理中豆瓣绿的生根数与根鲜重表现效果最佳。另外, 王佩<sup>[7]</sup>发现水培后仙人掌的脯氨酸含量增加了 $55.02 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 超氧化歧化酶(SOD)活性明显降低了 $3.43 \text{ U}\cdot\text{g}^{-1}$ , 根系四氮唑还原强度增强, 表明了仙人掌在水培逆境下诱导出的根系活力变强。植物生长调节剂在促进生根方面发挥着重要作用, 能提高根系数量、长度、鲜重及根活力, 新生成完整健壮的根系, 为后期根系运输养分至地上部提供充分条件基础。

### 1.2 根系解剖结构比较研究

朱士吾<sup>[13]</sup>认为金琥在进化的辩证发展中, 仍保留着水生维管束的遗传特征。具有环状丝状体的维管束证实了与水生植物存在着近亲缘关系, 存在原始水生植物的遗传基因。李鸿俊<sup>[14]</sup>、罗健等<sup>[15]</sup>对金琥水培根系进行了解剖结构比较研究, 结果发现: 水培根系平均直径显著变细, 根毛数目多; 皮层细胞层数变少, 间隙变大; 维管柱所占比例相对较小并且木质部和韧皮部不明显, 中柱通气组织较发达。王佩<sup>[7]</sup>对仙人掌进行根系切片观察, 试验结果与前人一致, 皮层薄壁组织的细胞产生裂缝, 形成与水稻根系相似的通气组织结构。可见, 部分耐旱多肉植物为了适应水培高湿环境, 发生了根系的渐进演变。首先在高湿度的空气环境下, 形成具有发达薄壁组织的不定根根系, 其次根系生长进入水环境下形成水生根根系, 最后进入氧胁迫的水环境中由薄壁组织形成具有发达通气组织的水生根根系<sup>[16]</sup>。尤凤丽等<sup>[17]</sup>研究了虎尾兰根系对水培的适应性, 观察根系解剖结构发现根系也形成了适应水环境的生长特性, 新根根径变小, 皮层细胞膨大

明显, 皮层部位存在含晶细胞, 木质部退化。但与仙人掌科植物不同的是虎尾兰根系没有产生典型的通气组织结构。甘露等<sup>[10]</sup>将芦荟的土生根与水生根进行对比, 研究横切显示水生根的表皮细胞加厚, 木质化程度较低, 皮层细胞部分变大, 融合形成类似通气组织的结构。植物水生根系的形态可能各有不同, 但是由于被迫适应缺氧的水生环境而做出改变的规律都是大致相同的, 主要的变化在于形成了通气组织, 保证根系不会由于缺氧而腐烂死亡。另外, 根系通气组织形成的同时, 会影响植物形态生理的调节, 从而形成少量黄化老叶, 这些都是植物为适应水生逆境环境做出的表现。

## 2 营养液研究

### 2.1 营养液配方研究

营养液配方对多肉植物的生长发育有很重要的影响。由于多肉植物种类丰富, 不同科属的多肉植物适宜的营养液配方不尽相同。目前, 对营养液配方的研究大多集中在使用日本园试配方、1/2MS配方和霍格兰德营养液配方、观叶植物营养液、各种改良配方或者进行过元素增减的配方<sup>[18]</sup>。涉及的多肉植物包括仙人掌科、百合科、景天科等等。刘士哲等<sup>[19]</sup>采用4个营养液配方进行巨鹫玉和金盛球2种仙人球的水培试验, 结果表明: 巨鹫玉在含有 $8.00 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$ ,  $0.74 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ P}$ ,  $4.74 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ K}$ ,  $1.00 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ S}$ ,  $1.00 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ Mg}$ 的营养液中生物量增加最为显著; 金盛球在供试的4种营养液中生物量虽然增加但不明显。林东教等<sup>[20]</sup>对层云和金晃2种仙人球进行了4种不同营养液配比的研究, 通过生长量与对氮磷钾吸收的差异比较, 试验表明: 层云在含有 $0.25 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NH}_4^+$ ,  $10.3 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$ ,  $1.50 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ P}$ ,  $4.87 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ K}$ ,  $3.33 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ Ca}$ ,  $0.75 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ Mg}$ ,  $0.75 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ S}$ 的这种有少量铵态氮的营养液中生长最好, 而金晃在所有的配方中生长得都很好。

陈梓贵等<sup>[21]</sup>在此基础上通过5种营养液配方静置水培层云, 认为含有 $8.422 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 总氮量,  $0.652 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ P}$ ,  $3.96 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ K}$ ,  $1.91 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ Ca}$ ,  $1.02 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ Mg}$

的配方最适合层云生长。陈永华等<sup>[22]</sup>通过比较金琥在不同浓度营养液中叶与根系生长状况,明确提出山崎配方有利于金琥的水培生长。王佩<sup>[7]</sup>试验认为仙人掌最适宜的营养液为日本园试配方。在对仙人掌科多肉植物的营养液配比进行研究时,应该充分考虑仙人掌科植物需肥特性,使其更好地适应水培环境。李嫦平等<sup>[23]</sup>进行了花肥种类对水培长寿花生长影响的试验,试验指出水培长寿花在家园艺中常采用液态花肥、固态花肥水溶液作为水培花卉营养液。石磊<sup>[24]</sup>的研究结果表明:1/2和1/4浓度的Hoagland和Arnon(1938)营养液最适合长寿花的生长发育并实现最佳观赏价值。而黄明磊<sup>[25]</sup>通过比较水培仙人掌的烂根数与新发根数,得出最适合的营养液配方为以1/2标准园试配方(N P K=10 1 12)为基础配置的配方A(N P K=14 1 11);仙人掌在营养液及清水中均可生长,生长后期使用A液能显著提高生长速率。

罗盼等<sup>[26]</sup>以蟹爪兰为试验材料也得出了相似的结论:蟹爪兰在清水中能存活并生长,添加营养液可促进蟹爪兰的生长,1/2浓度霍格兰营养液对蟹爪兰生长的促进作用更为明显。袁方等<sup>[27]</sup>研究了深液流装置下不同营养液浓度对水培马齿苋形态和生理指标的影响,得出0.75倍的华南农业大学叶菜B配方营养液最适宜马齿苋的水培生产。但并不是所有多肉植物都对营养液的要求严格。赵兰枝等<sup>[12]</sup>通过比较豆瓣绿在不同浓度营养液中的生根数与根鲜重,研究后认为豆瓣绿在普通的标准配方中均能良好生长。绝大多数多肉植物在全营养液浓度不能表现出最佳生长状态,而更适合低浓度营养液,这可能是由于多肉植物本身叶片肉质化程度高,水培初期所需养分较少。

## 2.2 营养液pH值变化与养分吸收研究

林东教等<sup>[20]</sup>研究认为:营养液的pH值降低的原因在于仙人球生长过程中对 $\text{NH}_4^+$ 的吸收速率要比 $\text{NO}_3^-$ 的快,根系吸收过程中分泌出质子( $\text{H}^+$ )。层云在含有一定量铵态氮的配方中生长良好,浓度过高生长受到抑制,而金晃的生长量与养分吸收量之间并不存在显著的相关性。层云对磷、钾的吸收量随营养液供应量的增加而增加,但养分供应量与生长量增加的关系不

一致。刘士哲等<sup>[19]</sup>在试验中发现,巨鸮玉和金盛球2种仙人球的根系对pH值的变化有较强的适应性;巨鸮玉喜硝态氮而对铵态氮表现敏感,金盛球对铵硝营养的要求不敏感。黄明磊<sup>[25]</sup>试验得出:水培中仙人掌对磷、钾的养分吸收量随营养液供应量的增大而增大,但养分供应量与生长量不存在相关性。这些都深入剖析了仙人掌科多肉植物的营养需求规律。

## 2.3 营养液溶解氧研究

植物根系需要足够的氧气供给才能维持正常呼吸、生长等功能。当植物根系处于环境缺氧状态时,首先叶片气孔关闭, $\text{CO}_2$ 向叶片扩散的阻力增大,使同化所需的 $\text{CO}_2$ 不能得到充足的供应,从而使光合效率明显降低,影响地上部生长<sup>[28]</sup>。另外,根系在受到缺氧胁迫时抗性降低,植物易被微生物或病原菌感染。因而,营养液中溶解氧的含量高低会对水培植物生长造成不同影响。

邢书慧等<sup>[29]</sup>利用通气泵对水培金琥、芦荟的营养液进行通气处理,研究结果表明:通气促进了芦荟的生长,但对金琥的生长没有显著的促进作用;通气使植物不同范围直径根在根系数量所占的比例发生改变,增大了根总长度、根表面积,提高植物对水和养分的吸收。因此,为根系有氧呼吸提供足够的氧气是成功水培多肉植物至关重要的一步,在植物根系自身由于逆境形成通气组织的情况下,可采取人工措施,促进植物根系有氧呼吸。

## 3 水培管理

水培与土培或基质培的植物都存在新老根系的更替,需及时更换营养液,如换水周期过长会导致营养液水质变坏,不利于水培<sup>[30]</sup>。李嫦平等<sup>[23]</sup>提出简单易推广的长寿花水培方式方法:无杀菌灵培养且15 d换液培养组合。王佩<sup>[7]</sup>通过正交试验设计采用直观分析法得出结论:仙人掌水培生长最适合的曝气时间为10 h,最适宜的遮光方式为根系不遮光。罗盼等<sup>[26]</sup>试验提出:蟹爪兰换水时间为20 d时,各项生理指标均达到最佳。出现青苔时,应及时对植物根部与水培容器进行消毒清洗。同时,林东教等<sup>[20]</sup>研究表明,多肉

植物在土壤或基质栽培中发生根系与植株腐烂死亡的原因是根颈不耐水渍, 而非根系不耐淹水。因而水培时要满足水位高度以浸到大半部分根为限, 留1/2~1/3部分的根在空中进行呼吸作用。这些都为多肉植物的水培养护提供了相应的理论依据。

#### 4 结语和展望

以上研究成果, 对于多肉植物的水培生产具有重要的指导意义, 但水培技术却没有因此在多肉植物上得到大范围的推广。目前水培试验成功的多肉植物种类有: 仙人掌科的仙人掌、巨鹫玉、金盛球、金琥、层云、金晃、蟹爪兰; 景天科的长寿花、石莲花; 百合科的芦荟、虎尾兰; 番杏科的四海波; 阿福花科的条纹十二卷等等。

水培解决了仙人掌科植物由于我国气候而导致生长缓慢的问题, 促使其体积快速增大。但由于多肉植物种类繁多, 不同种类多肉植物的适宜营养液配方、环境因素等各不相同, 对其他科属多肉植物的研究还远远不能满足生产要求, 特别是目前市场上流行的景天科、番杏科等植物。笔者曾对番杏科的生石花、黄花照波、鹿角海棠以及景天科的吉娃娃、紫珍珠等进行相应的水培试验, 效果均比基质栽培好。

另外, 市场上的水培产品参差不齐, 有的水培产品只是将土培或基质培的植物洗净根系来进行定植<sup>[31]</sup>, 这类植物尚未成功诱导出在低氧环境下适宜生长的根系, 导致植物生长差、寿命短, 一定程度上制约了水培花卉的发展。因此在根系诱导驯化方面, 前人已经从提高水培植物根际氧气供应、改变水培溶液的pH及改善容器光照条件、调节营养液浓度等措施来促进植物根系诱导驯化, 并且得到了一定成效, 而未来对植物根系适应水生低氧环境的过程和措施研究还需更加深入, 使用物理诱导技术诱导根系、研究根系是否能在诱导过程中产生典型的通气组织都将是研究的方向。

鉴于多肉植物水培所呈现的种种优势, 对其还需大量的研究, 不仅仅集中在根系诱导、营养液配方、水培栽植管理等方面, 亟待构建一整套的水培技术体系来

满足市场需求, 进而提高经济效益, 使多肉植物水培朝着园艺栽培家庭化、市场产业化方向发展。

#### 参考文献:

- [1] 谢维荪. 多肉植物栽培原理与品种鉴赏[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2011.
- [2] 包满珠. 花卉学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- [3] 陈曦, 洪彩云. 我国红掌水培技术研究进展[J]. 农业与技术, 2012, 32(7): 81-82.
- [4] 刘飞, 王代容, 吕长平, 等. 我国花卉水培研究及应用[J]. 广东农业科学, 2009(5): 69-71.
- [5] 徐民生. 仙人掌类及多肉植物的无土栽培[J]. 中国花卉盆景, 1993(6): 10-11.
- [6] 邵昀. 营养液水培蟹爪兰[J]. 中国花卉盆景, 1993(6): 13.
- [7] 王佩. 湖南常见室内水培花卉的筛选与根系诱导研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2014.
- [8] 李鸿俊, 郭翠娟. 多浆肉质花卉的水培试验研究[J]. 运城学院学报, 2006, 24(2): 40-41.
- [9] 林开文, 辛培尧, 孙正海, 等. 四海波的水培研究[J]. 西南林学院学报, 2009, 29(1): 39-41.
- [10] 甘露, 涂翼, 马红霞, 等. 芦荟水培技术体系的建立及水生根系解剖结构的研究[J]. 现代农业科技, 2011(17): 180-181.
- [11] 范惠菊, 王俊侠, 张伟燕, 等. 金边虎皮兰水培生根对比试验[J]. 北方园艺, 2010(21): 120-121.
- [12] 赵兰枝, 刘振威, 陈进洁, 等. 豆瓣绿的水培繁殖试验研究[J]. 河南科技学院学报(自然科学版), 2006, 34(3): 35-37.
- [13] 朱士吾. 旱生植物金琥为什么能静止水培[J]. 中国花卉盆景, 2006(7): 32.
- [14] 李鸿俊. 金琥水培环境下根尖结构特征研究[J]. 长治学院学报, 2007, 24(5): 10-11.
- [15] 罗健, 王英, 林东教, 等. 金琥快速水培技术及其根系适应性的研究[J]. 园艺学报, 2007, 34(3): 711-716.
- [16] 徐伟忠, 朱丽霞, 赵根. 植物生态适应性在植物水生诱导上的运用[J]. 分子植物育

- 种,2006,4(z1):143-150.
- [17] 尤凤丽,赵胜楠.水培和土培虎尾兰根系结构的比较[J].安徽农业科学,2016,44(16):18-19.
- [18] 陈小玲,李冬香,陈清西.我国水培花卉发展现状[J].现代园艺,2011(12):14-15.
- [19] 刘士哲,林东教,罗健.巨鸢玉和金盛球两种仙人球静置水培适应性及营养液配方的研究[J].园艺学报,2003,30(5):559-562.
- [20] 林东教,罗健,刘士哲,等.仙人球水培种植初探[J].华南农业大学学报(自然科学版),2004,25(2):13-16.
- [21] 陈梓贵,罗键.仙人球“层云”在静置水培中生长和养分吸收规律的研究[J].广东园林,2006,28(z1):10-13.
- [22] 陈永华,吴晓芙,张冬林,等.不同营养液浓度与配方对水培观赏植物的影响[J].中南林业科技大学学报,2007,27(6):34-37.
- [23] 李嫦平,张睿.水培条件对长寿花的影响[J].山东林业科技,2014,44(1):43-45.
- [24] 石磊.长寿花水培营养液筛选试验[D].银川:宁夏大学,2013.
- [25] 彭明磊.木本与草本水培花卉养护技术比较研究[D].长沙:中南林业科技大学,2016.
- [26] 罗盼,周兰英,高宏梅,等.不同营养液水培对蟹爪兰的生长影响[J].北方园艺,2011(16):86-88.
- [27] 袁方,刘涵,林委,等.营养液浓度对水培马齿苋生长及品质的影响[J].热带农业科学,2008,28(3):1-3.
- [28] 何刘波.室内净化植物的水培技术研究[D].长沙:中南林业科技大学,2015.
- [29] 邢书慧,罗健,陈泳慧,等.通气对几种水培观赏植物生长的影响[J].农业工程学报,2005,21(z2):36-40.
- [30] 孙淑萍,毕兆东,王靓,等.花叶万年青与白掌水培技术研究[J].江苏农业科学,2015,43(2):181-183.
- [31] 刘飞,王代容,吕长平,等.我国花卉水培研究及应用[J].广东农业科学,2009(5):69-71.

(责任编辑:敬廷桃)

(上接第14页)

至距盆沿1 cm处,用手指粗的木棍在盆中间扎孔,将多肉植物根部放入孔中,再用基质将根埋上,稍加按压,防止倒伏。上盆后在花盆表面覆盖一层麦饭石或火山岩等,将叶片与基质隔离开来,能防止底部叶片腐烂,还能防止盆中杂草生长,兼具美观作用。上盆后不可立即浇水,应先放在散射光下7 d左右,再放到日照充足的地方,正常浇水。

#### 4.2.2 换盆

拟石莲花属多肉植物上盆3~4年后,根系易长出盆底,生长放缓,就需要换盆栽培了。花盆的直径应比植株株冠稍大,一般在春季或秋季进行换盆操作。换盆时,将植株根部土壤去除干净,剪去老根和烂根,以促发健壮新根,适当晾晒2~3 d后,用新基质重新栽种。与上盆相似,换盆后一周内不要见强光,也不需浇水,一周后正常管理。

### 4.3 病虫害防治

#### 4.3.1 病害

拟石莲花属多肉植物在光照不足、低温潮湿、通风不良等条件下,会增加感病几率,容易发生黑腐或化水,最后蔓延全株及附近植物。预防方法:采用透气性好的基质栽苗;采用无孔盆时要在盆底铺陶粒等;夏季晴好天气应在傍晚浇水,做好防雨措施,防止浇水过多造成腐烂;冬季和夏季处于休眠状态时,尽量少浇水;可定期喷施百菌清等杀菌剂来预防病害。发病严重的植株应及时隔离,发病严重或死亡的植株要深埋,防止感染其他植株。

#### 4.3.2 虫害

拟石莲花属多肉植物易遭受介壳虫为害,先为害幼芽和嫩枝,导致植株生长不良、发黄枯萎,有的虫还大量排出蜜露,导致煤污病发生,使叶片光合作用受影响,受害严重的植株,叶片脱落死亡。介壳虫发生初期可用镊子进行物理清除,大量发生后可用25%噻嗪酮1 500倍液喷雾防治。

(助理编辑:易婧;责任编辑:丁志祥)