

# 观赏凤梨的研究进展

武爱龙

(湛江师范学院 基础教育学院, 广东 湛江 524037)

**摘 要:**综述了观赏凤梨在基础理论研究以及应用研究领域所取得的最新结果及其应用的研究方法,概述了观赏凤梨在组织培养、栽培技术、病虫害防治及其它领域的研究现状。其中,重点总结了观赏凤梨在组织培养过程中出现的褐化现象以及催花研究的重要进展。最后,对观赏凤梨今后研究的重点领域和研究目标进行了展望,旨在为今后观赏凤梨研究和利用提供参考。

**关键词:**观赏凤梨;组织培养;催花研究;生理生化;褐化

**中图分类号:**S 682 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)14-0188-05

观赏凤梨是指所有具有观赏价值的凤梨科植物,观赏凤梨为凤梨科多年生草本植物,原产于中、南美洲的热带、亚热带地区,以附生种类为主,一般附生于树干或石壁上,性喜温暖、潮湿的半遮荫环境。常见的用于观赏的种类和品种主要是属于凤梨属(*Ananas*)、水塔花属(*Billbergia*)、果子蔓属(*Guzmania*)、彩叶凤梨属(*Neoregelia*)、铁兰属(*Tillandsia*)和莺歌属(*Vriesea*) 6个类群。它们以观花为主,也有观叶的种类,其中还有不少种类花叶并茂,既可观花又可观叶。观赏凤梨的株型独特,叶形优美,花型花色丰富漂亮,花期长,观花观叶俱佳,而且绝大部分耐阴,适合室内长期摆设观赏。

正是由于凤梨具有独特的观赏特性及其价值,因此,与蝴蝶兰、红掌归属于三大高档花卉系列,是年宵花的主打产品。随着人们生活水平的提高,观赏凤梨的大量需求<sup>[1]</sup>造成生产观赏凤梨的园艺公司以及工厂迅速增多,也促进了观赏凤梨的研究和发展。

虽然关于凤梨的研究进展已有相关报道<sup>[2-5]</sup>,但尚鲜见有关凤梨综述的最新文献,如刘金星<sup>[2]</sup>通过对空气凤梨的植物学分类地位及其生物学特征、生长特性及养护要点、国内外研究方向来阐述了空气凤梨的研究进展。郑凯等<sup>[3]</sup>分析了空气凤梨的特征、与一般植物的区别、在室内装饰上的应用、在国内外研究进展等。龚明霞等<sup>[4]</sup>在观赏凤梨组培快繁技术研究进展方面做了较为详细的阐述,而沈晓岚等<sup>[5]</sup>通过简述观赏凤梨组培研究进展、凤梨科植物遗传转化的研究现状,对目前观赏凤梨育种研究中存在的问题以及今后的发展提出了建

议。现通过观赏凤梨的基础理论研究以及应用研究的进展加以综述,以期对观赏凤梨研究工作提供参考。

## 1 观赏凤梨的基础理论研究

### 1.1 生态保护

1.1.1 具有吸收污染物的特性 观赏凤梨尤其是空气凤梨具有吸收甲醛、苯、甲苯等对人体有害物质的特性。据 Schrimpf 等<sup>[6]</sup>、Wannaz 等<sup>[7]</sup>研究铁兰类空气凤梨能够吸收空气中的污染物质。Rodriguez 等<sup>[8]</sup>也有相似的研究。并且, Martinez 等<sup>[9]</sup>利用 PIXE 技术指出空气凤梨可以比较准确地反映空气质量水平;李娟等<sup>[10]</sup>研究认为空气凤梨净化室内空气中甲醛、苯、甲苯等有机污染气体效果最好。

1.1.2 可用作空气污染指示植物 Brighigna 等<sup>[11]</sup>很早就开展了将空气凤梨作为空气污染指示植物, Figueiredo 等<sup>[12]</sup>通过利用中子活化分析的方法测定松萝凤梨微量元素与环境有着显著的关系,因此,可以通过利用松萝凤梨<sup>[13-14]</sup>来监测巴西圣保罗地区大气金属污染的情况。郑桂灵等<sup>[15]</sup>研究认为空气凤梨不但能够作为检测环境变化的指示生物,还可以作为除去环境污染的修复植物,同时,也探讨了空气凤梨对环境污染的响应机制。李鹏等<sup>[16]</sup>进一步研究指出空气凤梨的叶表鳞片能够富集铅等重金属元素。

### 1.2 观赏凤梨的生理生化研究

1.2.1 观赏凤梨的分子与结构研究 Alessio 等<sup>[17]</sup>研究了空气凤梨铁兰的物理亚显微结构,并指出其结构与细胞程序性死亡之间有着显著的关系;俞信英等<sup>[18]</sup>对凤梨科果子蔓属植物提出了植物形状以及品种特征的描述标准和观测记载方法;刘建新等<sup>[19]</sup>对擎天凤梨 GAPDH 基因进行了克隆和分析;沈晓岚等<sup>[20-21]</sup>对观赏凤梨的基因组 DNA 提取方法进行研究,成功地掌握了高效的凤梨叶片 DNA 的提取方法,并通过收集现有的观赏凤梨

**作者简介:**武爱龙(1978-),男,江西新干人,硕士,讲师,现主要从事植物育种与组培研究等工作。E-mail:wuailong8390@126.com.

**收稿日期:**2013-04-02

种质资源,进行分类,同时,在此基础上进行了转基因的研究,该研究也是目前观赏凤梨首次通过转基因的形式来培育新品种。葛亚英等<sup>[22]</sup>对丽穗凤梨、李萍等<sup>[23]</sup>对凤梨亚科光萼荷属与其近源属亲属关系进行 ISSR 分子标记,为今后凤梨杂交育种以及品种鉴定提供了分子依据。

1.2.2 观赏凤梨有机物的转化与代谢研究 Goode 等<sup>[24]</sup>利用可溶性糖<sup>13</sup>C 的方法研究了空气凤梨的光合作用。同时,凤梨科植物属于 CAM 代谢路径,因此, Martin 等<sup>[25-27]</sup>研究发现光照强度达到一定的程度就可以使得凤梨的 CAM 代谢达到饱和;而 Benz 等<sup>[28]</sup>、王精明等<sup>[29]</sup>都认为叶片鳞片对植物吸收 CO<sub>2</sub> 有着重要的影响,并通过提高 CO<sub>2</sub> 浓度,能够显著地促进凤梨光合作用的增加,提高可溶性糖和淀粉的含量。惠俊爱等<sup>[30-31]</sup>也有相同的研究结果。除了 CO<sub>2</sub> 这个因素会影响到凤梨的光合作用之外,罗南书<sup>[32]</sup>也认为增强低强度的 UV-B 辐射能够促进光合作用的进行,对红彩凤梨的生长有利,反之,就会影响红彩凤梨的生长。

1.2.3 观赏凤梨的生长发育的研究 Wester 等<sup>[33]</sup>研究了曲叶铁兰在巴拿马电线上的生长速度要慢于在树干上的生长,并指出其原因是由于在电线上生长,水供给能力低造成。同时, Sayago 等<sup>[34]</sup>也研究了在受到破坏的热带干旱森林中,残存的树木对空气凤梨物种多样性的重要性以及最易受到伤害的空气凤梨种类。

1.2.4 观赏凤梨的抗性研究 叶挺梅<sup>[35]</sup>通过使用<sup>60</sup>Co- $\gamma$ 对粉掌铁兰进行处理,发现低剂量的 $\gamma$ 射线可提酶的活力,而高剂量的 $\gamma$ 射线可以降低酶的活力,增加 POD 的活性,使得 PPO 的活性大幅上升,进而增强了粉掌铁兰抗病虫害的能力。彭筱娜<sup>[36]</sup>首次通过化学诱变筛选观赏凤梨抗寒突变体,从而提高了植株的抗寒力;同时,吴吉林等<sup>[37]</sup>对观赏凤梨烯醇酶基因进行了克隆及分析,表明此基因与植物的抗逆性有着密切的联系;段九菊等<sup>[38]</sup>研究了高温对观赏凤梨叶片抗氧化系统和渗透调节物质积累的影响,发现超氧化物含量显著增加,可以解除短期高温对观赏凤梨的伤害。

## 2 观赏凤梨的应用研究

### 2.1 观赏凤梨的种子繁殖研究

因为观赏凤梨的种子不容易得到,需要通过对凤梨人工授粉才能得到种子,所以,从事种子繁殖研究的,一般是先进行凤梨植物品种的选育。因此,这方面的研究不是很多。詹启成等<sup>[39]</sup>通过对空气凤梨亚科品种超级火炬进行授粉获得了种子;赵贵林等<sup>[40]</sup>对观赏凤梨种子繁殖技术进行总结;龚明霞等<sup>[41]</sup>也针对观赏凤梨种子离体萌发进行了研究,发现种子的基因型、光照、温度对种子的发芽率和萌发指数有着显著的影响。

### 2.2 观赏凤梨的组织培养研究

对于观赏凤梨的组培研究国内较多,从对外植体及培养基的选择、外源激素的选择及配比到如何处理组培过程中的褐化现象均有涉及。故课题组选择 2005 年之后的观赏凤梨组织培养的文章来阐述其研究进展。

2.2.1 观赏凤梨外植体材料及基本培养基的研究 目前观赏凤梨在组培研究中,在外植体的诱导所使用的材料有观赏凤梨的短缩茎(也称为侧芽、腋芽)、顶芽、茎尖、叶鞘、花蕾等,这些外植体均能成功诱导愈伤组织或者不定芽,但不同部位的外植体,其诱导愈伤组织及不定的效果有很大的差异。大部分研究人员都认为用凤梨的短缩茎(侧芽)作为外植体来进行诱导效果最好<sup>[42-46]</sup>,其次,是叶片<sup>[47-48]</sup>;只是,关丽霞等<sup>[49]</sup>认为用观赏凤梨花蕾进行外植体的诱导,可以有效地降低污染,避免褐化,并且不伤害母株,同时也提高了诱导率。大多数研究者认为,观赏凤梨外植体诱导以及继代增殖的适宜培养基是 MS 培养基,少量的用 1/2MS 培养基,而生根培养基多是用 1/2MS 培养基。在这方面研究中,最难的不是外植体及培养基的选择,而是外植体的消毒,因此,平秀敏等<sup>[44]</sup>认为要提高消毒效果,在处理外植体过程中尽可能剥尽其基部叶片,但又不能伤及嫩茎组织,以免影响培养效果;而邵爱民等<sup>[50]</sup>研究认为适合的灭菌时间是达到较好灭菌效果的关键。

2.2.2 观赏凤梨组培激素的种类及浓度配比研究 不同的组培激素种类和浓度对观赏凤梨外植体的诱导、继代增殖、生根都具有关键性的作用。在外源激素的选择上面,大部分使用的是 6-BA、NAA、IBA<sup>[42-43,46-47,51]</sup>,少数研究者使用或者添加一些其它的激素<sup>[44-45,48]</sup>,如 TDZ、ZT、KT、2,4-D。在激素的配比方面,外植体的诱导,以 NAA 0.2 mg/L+6-BA 2.0 mg/L 居多,其次是 NAA 0.1 mg/L+6-BA 1.0 mg/L 或 3.0 mg/L,而孟艳琼等<sup>[48]</sup>使用的诱导培养基却为 MS+2,4-D 0.5 mg/L+6-BA 3.0 mg/L+KT 2.0 mg/L,诱导率和分化率可以到达 84.4%和 40.2%,比其他研究者都有明显的效果。继代增殖培养基,以 NAA 0.1~0.5 mg/L+6-BA 1.0~3.0 mg/L 居多,当然,也有用其它的激素配比,黎建玲等<sup>[46]</sup>利用的增殖培养基是 6-BA 3.0 mg/L+IBA 0.3 mg/L 或 6-BA 4.0 mg/L+IBA 1.0 mg/L+NAA 1.0 mg/L,分化增殖出来的芽长势好且苗粗壮,利于生根培养。生根培养基,以 NAA 0.5 mg/L+IBA 0.5 或 1.0 mg/L 居多,有的会添加活性炭<sup>[46]</sup>或者维生素 C<sup>[45]</sup>,以便于吸收褐化物或者防止植物组织褐变。

2.2.3 观赏凤梨组培褐变处理研究 褐变是指外植体在培养过程中体内的多酚氧化酶被激活,使细胞里的酚类物质氧化成棕褐色的醌类物质,这种致死性的褐化物会严重影响外植体的脱分化和器官分化,最后导致外植

体死亡。观赏凤梨在组培过程中很容易出现褐化现象,这可能与本身的基因型有关。因此,引用一定的技术和方法,可以减轻其褐化现象。张伟等<sup>[52]</sup>研究发现,在培养过程中,K、Ca、Zn 随浓度升高褐变越轻,Fe、Cu 浓度越高褐化越严重;周俊辉等<sup>[53]</sup>认为利用 0.1% 升汞消毒比利用 0.2% 次氯酸钠消毒对减轻褐变的效果比较好,同时,可以在培养基中添加防褐变药剂来防止褐变更容易。彭筱娜等<sup>[54]</sup>也有相同的研究,认为在培养基中添加 200 mg/L 的抗坏血酸可以有效防止褐化产生,不影响外植体的培养。

### 2.3 观赏凤梨分株繁殖及吸芽繁殖研究

观赏凤梨除了种子繁殖和组织培养繁殖之外,还可以通过分株或者吸芽方式繁殖种苗。王伟勇等<sup>[55]</sup>认为分株繁殖是凤梨科花卉重要的繁殖手段,其中,在每年的 4 月份进行分株繁殖,子株生长量大,成活率高;王伟炜等<sup>[56]</sup>通过使用乙炔溶液处理凤梨母株发现,母株可以产生大量的吸芽,从而进行大规模的生产。同时,仲秀娟等<sup>[57]</sup>通过吸芽繁殖与组织培养繁殖比较,发现在进行中小规模的凤梨种苗生产的情况下,吸芽繁殖要比组织培养繁殖更好,尤其是生产的总成本可以比组培苗降低 60% 左右,具有明显的成本优势。

### 2.4 观赏凤梨的栽培技术研究

观赏凤梨有着极大地市场价值,当然,对于其栽培管理需要的设备和条件都比较高,现在,为了提高观赏凤梨的产品品质,很多研究人员都在这个方面做了众多的尝试,王伟玮等<sup>[58]</sup>认为通过凤梨叶筒施肥,可以减少施肥成本,降低劳动成本;田丹青等<sup>[59]</sup>认为对凤梨遮光率在 30% 以下时,凤梨株高、新叶数以及花的品种最好;郑凯等<sup>[60]</sup>研究发现施肥周期为 14 d,并且肥料浓度在稀释 1 000~1 500 倍,最有利于空气凤梨生长。其它如不同光照强度、不同温度、不同浓度的氮肥、在高硼胁迫的情况下对观赏凤梨的生长的影响均有所研究。

### 2.5 观赏凤梨的病虫害防治研究

病虫害防治是观赏凤梨提高产品品质的重要方面,管理不当,就容易产生各种病虫害。曾莉等<sup>[61]</sup>根据病害症状和病原菌的形态特征以及有关文献的分类系统,鉴定了 12 种凤梨科观赏植物真菌病害,并且确认这些病原菌分别会引起观赏凤梨的叶斑病、根茎病、叶基茎基病;王艳霞等<sup>[62]</sup>从栽培基质、浇水、光照、温湿度等方面考虑应注意的栽培事项,并提出了针对观赏凤梨心腐病、根腐病的防治方法;冯淑杰等<sup>[63]</sup>认为炭疽菌和弯孢霉都会导致观赏凤梨的叶斑病,可以通过 50% 施保功可湿性粉剂来防治。

### 2.6 观赏凤梨的催花研究

观赏凤梨的主要目的就是观花,因此,如何使得观赏凤梨的花色花型更漂亮更美丽,花期更长,就是研究

人员所要关注的课题。自 1930 年以来,凤梨科植物利用乙烯催花就取得了明显的效果。现在,有些研究人员继续使用乙烯利进行催花效果的研究。梁东成等<sup>[64]</sup>发现大红星凤梨、擎天凤梨和虎尾凤梨的开花率会随着乙烯利浓度的升高而增加;石兰蓉等<sup>[65-66]</sup>研究发现通过乙烯利处理观赏凤梨之后,会提高凤梨叶片中核酸、蛋白质水平以及还原糖、可溶性总糖等营养物质在叶片中的积累,从而促进了观赏凤梨的成花。同时,石兰蓉还发现,低温下乙烯利促花效果较差。而吴艳华等<sup>[67]</sup>、夏忠强等<sup>[68]</sup>、刘述问等<sup>[69]</sup>研究发现,利用乙炔气体饱和溶液处理观赏凤梨,能够提高其植株可溶性总糖与淀粉的含量,抑制内源激素 IAA 的产生,促进内源激素 ZRS 的产生,从而促进观赏凤梨的开花。李志英等<sup>[70]</sup>、易籽林等<sup>[71]</sup>通过探讨其乙烯催化的调控机理发现,Ca<sup>2+</sup> 调节剂能够影响 CaM 基因表达,并影响到内源激素含量,从而影响到花芽分化,进而导致观赏凤梨开花或者提前或者延迟;段九菊等<sup>[72]</sup>也发现在催花期施氮肥会影响植株内源激素含量和比值的动态平衡,从而降低植株催花效果。也有一些研究人员通过从分子生物学的角度去探讨观赏凤梨开花的成因;刘建新等<sup>[73]</sup>从擎天凤梨中筛选出花色、花型相关调控基因。张俊芳等<sup>[74]</sup>从蜻蜓凤梨花蕾中,分离得到 2 个花发育相关 B 类 MADS-box 基因。张鲲等<sup>[75]</sup>对受乙烯诱导表达的蜻蜓凤梨 MAP-KK 基因进行了克隆与序列分析。这些研究都为观赏凤梨的分子育种奠定了基础。

## 3 存在问题与展望

综上所述,国外学者偏重于对凤梨理论和机理的探索,国内则更侧重于凤梨的应用研究,尤其是在观赏凤梨的组织培养研究以及催花调控研究方面。但是,近几年,随着我国经济的发展,科学技术的进步,实验设备和实验技术的完善,我国的科学研究人员也逐步向观赏凤梨的理论和机理方面进行探索,尤其是分子生物学技术应用到观赏凤梨方面的进展相当迅速。虽然,这种探索也是以应用为前提的。但是,总体来说,相对于三大年宵花品种中的红掌和蝴蝶兰来说,无论从研究人员的数量还是从发表的论文来看,观赏凤梨的研究还是相对较少。作为时尚盆花的观赏凤梨,越来越受到人们的喜爱和重视,随着我国社会经济水平的提高,人们消费能力的增强,观赏凤梨的需求将越来越大,对其质量的要求也会越来越高,尤其是在观赏凤梨的大小、花色、花型等方面,这些都涉及到凤梨品种的选育。但到目前为止,观赏凤梨的研究报道多以组织培养和栽培方面为主,在新品种的选育方面几乎没有。同时,农业部从 2008 年开始将凤梨列入品种保护名录,以后,在生产观赏凤梨方面更加会注重品种的保护。因此,目前观赏凤梨研究的主要而又紧迫的任务是不断选育新的凤梨品种。



在进行观赏凤梨新品种的选育过程中,要对观赏凤梨种质资源进行多方面的收集,同时,利用现代分子生物学的技术,定位或者克隆调控观赏凤梨的大小、花型、花色的基因,在进行转基因的研究、提高育种效率、选育出更多观赏性状较高、生长快、易栽培、具有自主知识产权的新品种,从而为提高我国观赏凤梨产业的国际竞争力奠定基础。

### 参考文献

- [1] 武爱龙. 凤梨和红掌的市场前景分析[J]. 现代园艺, 2009(7): 43-44.
- [2] 刘金星. 空气凤梨研究进展[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(12): 7008-7010.
- [3] 郑凯, 丁久玲, 俞禄生. 浅析空气凤梨的特征及其研究进展[J]. 中国农学通报, 2009, 25(23): 339-342.
- [4] 龚明霞, 何铁光, 黄如葵, 等. 观赏凤梨组培快繁技术研究进展[J]. 广西农业科学, 2010, 41(5): 412-415.
- [5] 沈晓岚, 王炜勇, 俞信英. 观赏凤梨国内外研究进展[C]. 中国观赏园艺研究进展, 2010: 150-154.
- [6] Schrimpf E. Air pollution patterns in two cities of Colombia, S. A. according to trace substances content of an epiphyte (*Tillandsia recurvata* L.) [J]. Water, Air, and Soil Pollution, 1984, 21: 279-315.
- [7] Wannaz E D, Pignata M L. Calibration of four species of *Tillandsia* as air pollution biomonitors[J]. Journal of Atmospheric Chemistry, 2006, 53: 185-209.
- [8] Rodriguez J H, Pignata M L, Fangmeier A. Accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons and trace elements in the bioindicator plants *Tillandsia capillaris* and *Lolium multiflorum* exposed at pm 10 monitoring stations in Stuttgart (Germany) [J]. Chemosphere, 2010, 80(3): 208-215.
- [9] Martinez-Carrillo M A, Solis C, Andrade E. PIXE analysis of *Tillandsia usneoides* for air pollution studies at an industrial zone in Central Mexico [J]. Microchemical Journal, 2010, 96(2): 386-390.
- [10] 李娟, 穆肃, 丁曦宁. 绿色植物对室内空气中甲醛、苯、甲苯净化效果研究[J]. 科技资讯, 2009(28): 119-120.
- [11] Brighigna L, Ravanello M, Minelli A. The use of an epiphyte (*Tillandsia caputmedusae* morren) as bioindicator of air pollution in Costa Rica [J]. The Science of the Total Environment, 1997, 198: 175-180.
- [12] Figueiredo A M G, Saiki M, Ticianelli R B. Determination of trace elements in *Tillandsia usneoides* by neutron activation analysis for environmental biomonitoring [J]. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 2001, 249(2): 391-395.
- [13] Figueiredo A M G, Alcala A L, Ticianelli R B. The use of *Tillandsia usneoides* L. as bioindicator of air pollution in Sao Paulo, Brazil [J]. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 2004, 259(1): 59-63.
- [14] Figueiredo A M G, Saiki M, Ticianelli R B. Assessment of atmospheric metallic pollution in the metropolitan region of Sao Paulo, Brazil, employing *Tillandsia usneoides* L. as biomonitor [J]. Environmental Pollution, 2007, 145: 279-292.
- [15] 郑桂灵, 王思维, 李鹏. 空气凤梨对气体污染物的监测和修复[J]. 北方园艺, 2011(4): 208-210.
- [16] 李鹏, 王思维, 郑桂灵. 硬叶空气凤梨对铅的富集特征研究[J]. 环境科学与技术, 2012, S2: 36-40.
- [17] Alessio P, Gabriele T, Pietro D F. The ultrastructure of the development of *Tillandsia* (Bromeliaceae) trichome [J]. Flora, 2010, 205(2): 94-100.
- [18] 俞信英, 张智, 沈晓岚, 等. 果子蔓属观赏凤梨形态描述标准和观测记载方法[C]. 中国观赏园艺研究进展, 2010.
- [19] 刘建新, 张智, 丁华侨, 等. 擎天凤梨 GAPDH 基因的克隆及分析[J]. 浙江农业学报, 2010(6): 16-20.
- [20] 沈晓岚. 观赏凤梨优质品种收集以及遗传转化研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2010.
- [21] 沈晓岚, 葛亚英, 俞信英, 等. 观赏凤梨 DNA 提取方法研究[J]. 北方园艺, 2009(12): 114-117.
- [22] 葛亚英, 张飞, 沈晓岚, 等. 丽穗凤梨 ISSR 遗传多样性分析与指纹图谱构建[J]. 中国农业科学, 2012, 45(4): 726-733.
- [23] 李萍, 石金磊, 胡永红, 等. 凤梨亚科光萼荷属与其近缘属亲缘关系的 ISSR 分子鉴定[J]. 种子, 2007, 26(11): 37-40.
- [24] Goode L K, Erhardt E B, Santlago L S. Carbon stable isotopic composition of soluble sugars in *Tillandsia* epiphytes varies in response to shifts in habitat [J]. Oecologia, 2010, 163(3): 583-590.
- [25] Martin C, Adams W. Crassulacean acid metabolism, CO<sub>2</sub>-recycling, and tissue desiccation in the Mexican epiphyte *Tillandsia schiedeana* Steud (Bromeliaceae) [J]. Photosynthesis Research, 1987, 11(3): 237-244.
- [26] Martin C, Eades C, Pitner R. Effects of irradiance on Crassulacean acid metabolism in the epiphyte *Tillandsia usneoides* L. (Bromeliaceae) [J]. Plant Physiology, 1986, 80(1): 23.
- [27] Martin C, McKee J, Schmitt A. Responses of photosynthetic O<sub>2</sub> evolution to PPFD in the CAM epiphyte *Tillandsia* (Bromeliaceae) [J]. Photosynthesis Research, 1989, 21(3): 145-150.
- [28] Benz B, Martin C. Foliar trichomes, boundary layers, and gas exchange in 12 species of epiphytic *Tillandsia* (Bromeliaceae) [J]. Journal of Plant Physiology, 2006, 163(6): 648-656.
- [29] 王精明, 李永华, 黄胜琴, 等. CO<sub>2</sub> 浓度升高对凤梨叶片生长和光合特性的影响[J]. 热带亚热带植物学报, 2004, 12(6): 511-514.
- [30] 惠俊爱, 李永华, 李卓, 等. 高浓度 CO<sub>2</sub> 对紫星凤梨光合作用和生长发育的影响[J]. 园艺学报, 2006, 33(5): 1027-1032.
- [31] 惠俊爱, 叶庆生. 短期 CO<sub>2</sub> 加富对凤梨光合作用及生长发育的影响[J]. 植物生态学报, 2008, 32(2): 424-430.
- [32] 罗南书. 增强 UV-B 辐射对 C4 植物和 CAM 植物光合作用的影响[D]. 重庆: 西南师范大学, 2004.
- [33] Wester S, Zotz G. Growth and survival of *Tillandsia flexuosa* on electrical cables in Panama [J]. Journal of Tropical Ecology, 2010, 26(1): 123-126.
- [34] Sayago R, Lopezarazola-mikel M, Cascante M, Marin A. Epi-phyte network structure in a fragmented tropical dry forest in western Mexico [N]. 2010-08-05.
- [35] 叶挺梅. <sup>60</sup>Co-γ 射线对粉掌凤梨某些酶活力的影响[J]. 科技通报, 2005, 21(4): 405-407.
- [36] 彭筱娜. 观赏凤梨离体培养快速繁殖技术的优化与抗寒突变体的筛选[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2007.
- [37] 吴吉林, 刘建新. 观赏凤梨烯醇酶基因的克隆及分析[J]. 西北植物学报, 2012(5): 876-881.
- [38] 段九菊, 王云山, 康黎芳, 等. 高温胁迫对观赏凤梨叶片抗氧化系统和渗透调节物质积累的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(8): 164-169.
- [39] 詹启成, 李雪, 祁英, 等. 超级火炬种子繁殖技术初报[J]. 北方园艺, 2010(23): 92-94.
- [40] 赵贵林, 何穗华, 郑平, 等. 观赏凤梨种子繁殖技术初探[J]. 广东农业科学, 2002(3): 18-20.
- [41] 龚明霞, 黎杨辉, 周强, 等. 影响观赏凤梨种子离体萌发的因素[J]. 种子, 2008, 27(12): 42-45.
- [42] 龚明霞, 张志胜, 黎杨辉. 观赏分析高效离体快繁影响因素的研究[J]. 广西植物, 2011, 31(5): 684-689.
- [43] 郑淑萍, 徐建新, 丁峰, 等. 星花凤梨的组织培养和快速繁殖[J]. 江苏

农业科学,2005(3):94-95.

[44] 平秀敏,段红平,田敏,等.观赏凤梨再生体系的建立及优化[J].云南农业大学学报,2010,25(3):388-392.

[45] 罗庆国,叶炜,江金兰,等.擎天凤梨组织培养与快速繁殖技术研究[J].福建农业科技,2011(3):44-46.

[46] 黎建玲,蒋波,何小燕,等.蜻蜓凤梨快速繁殖的研究[J].玉林师范学院学报,2006,27(3):101-104.

[47] 刘松涛,郭军战,白睿.凤梨组织培养研究[J].西北林学院学报,2007,22(4):95-97.

[48] 孟艳琼,张志平.红姬凤梨离体培养植株再生关键技术研究[J].安徽农业科学,2009,37(12):5364-5366.

[49] 关丽霞,修红旭,杨倩.3种观赏凤梨花蕾的离体培养和快速繁殖[J].安徽农业科学,2009,37(5):1999-2000.

[50] 邵爱民,徐晨光,张瑞明,等.凤梨科花卉的组织培养和快繁技术研究[J].安徽农学通报,2005,11(6):100-102.

[51] 桂意云,林纬,陶劲,等.擎天凤梨离体培养快繁试验[J].广西农业科学,2005,36(6):509-510.

[52] 张伟,朱方平.矿质元素对凤梨组培褐变的影响[J].农业科技通讯,2012(9):112-114.

[53] 周俊辉,王国彬,曾浩森.观赏凤梨嫩吸芽离体培养中褐变防止的初步研究[J].仲恺农业技术学院学报,2000,13(1):5-9.

[54] 彭筱娜,易自力,蒋建雄,等.观赏凤梨组织培养中防止外植体褐化的初步研究[J].湖南农业科学,2007(4):67-69.

[55] 王炜勇,俞信英,周江华.不同分株期对观赏凤梨生长与繁殖的影响[J].浙江农业科学,2003(1):17-18.

[56] 王玮玮,赵苏海,仲秀娟,等.红星凤梨的吸芽产生机理及其规模化生产[J].北京电子高等专科学校(社会科学版),2012(7):197-198.

[57] 仲秀娟,赵苏海,王国莲,等.观赏凤梨2种常见无性繁殖方法及其成本投入对比[J].现代农业科技,2012(3):248,253.

[58] 王玮玮,赵苏海,仲秀娟,等.不同浓度叶面肥对观赏凤梨叶片生长的影响[J].河北农业科学,2010,14(7):35-37.

[59] 田丹青,葛亚英,余利隼,等.遮光率及施肥浓度对凤梨丹尼斯生长与开花的影响[J].江苏农业科学,2010(2):178-180.

[60] 郑凯,俞禄生,丁久玲.凤梨专用肥对空气凤梨生长的影响[J].安徽农业科学,2010,38(10):5060-5061.

[61] 曾莉,戚佩坤,姜子德.广东省凤梨科观赏植物真菌病害鉴定[J].热带作物学报,2004,25(3):47-50.

[62] 王艳霞,温红.观赏凤梨心腐病、根腐病的栽培防治措施[J].农业科技与信息,2009(12):50-51.

[63] 冯淑杰,梁慧敏,张荣.观赏凤梨叶斑病原鉴定及其防治药剂筛选[J].安徽农业科学,2008,36(22):9611-9612.

[64] 梁东成,黄万和.观赏凤梨催花栽培试验[J].广东林业科技,2005,21(3):41-43,100.

[65] 石兰蓉,吴岚芳,徐立,等.乙烯利促进观赏凤梨花芽分化的生理机制初探[J].热带农业科学,2005,25(1):14-17,21.

[66] 石兰蓉.乙烯利处理对粉叶蜻蜓凤梨花芽分化的影响[J].广西热带农业,2008(4):11-12.

[67] 吴艳华,夏忠强.催化剂对观赏凤梨丹尼斯植株体内碳水化合物代谢的影响[J].安徽农业科学,2012,40(8):38-39,71.

[68] 夏忠强,吴艳华.不同催化剂处理对观赏凤梨“丹尼斯”内源激素含量的影响[J].北方园艺,2012(7):85-87.

[69] 刘述问,丁朋松,郭文娇,等.不同催花药剂处理对擎天凤梨开花的影响[J].北方园艺,2012(7):73-75.

[70] 李志英,易籽林,丛汉卿,等.  $\text{Ca}^{2+}$  调节剂在乙烯催花中对观赏  $\text{CaM}$  基因表达特性的调节作用[J].基因组学与应用生物学,2012,31(17):43-47.

[71] 易籽林,李志英,徐立,等.4种钙素调节剂对紫花擎天凤梨花芽分化及内源激素含量的影响[J].西北植物学报,2010,30(9):1837-1843.

[72] 段九菊,张超,曹冬梅,等.催花期施氮对观赏凤梨激素含量的影响[J].中国农学通报,2012,28(22):216-221.

[73] 刘建新,沈福泉,田丹青.擎天凤梨花器官全长 cDNA 文库的构建及 EST 分析[J].分子植物育种,2009,7(6):98-104.

[74] 张俊芳,徐立,李志英.蜻蜓凤梨花发育相关 B 类 MADS-box 基因克隆及表达分析[J].西北植物学报,2012,32(5):14-18.

[75] 张鲲,徐立,丛汉卿,等.受乙烯诱导表达的蜻蜓凤梨 MAPKK 基因的克隆与序列分析[J].热带生物学报,2011(2):17-22.

## Research Progress of Ornamental Pineapple

WU Ai-long

(College of Basic Education, Zhanjiang Normal College, Zhanjiang, Guangdong 524037)

**Abstract:** The latest research results of ornamental pineapple made in basic research and applied research field and its applications methods were reviewed, and the research status of ornamental pineapple in tissue culture, cultivation techniques, pest control research and other fields were summarized. Among them, it emphatically summarized the browning phenomenon and flower forcing appearing in the process of tissue culture. Finally, the major fields and the target in the field of ornamental pineapple were prospected, in order to provide the reference for research and utilization of ornamental pineapple.

**Key words:** ornamental pineapple; tissue culture; flowering study; physiological and biochemical; browning