

孙 叶,包建忠,刘春贵,等. 中国兰人工育种研究进展及产业发展的思考[J]. 江苏农业科学,2016,44(3):1-4.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.03.001

中国兰人工育种研究进展及产业发展的思考

孙 叶,包建忠,刘春贵,李风童,马 辉,张 甜,陈秀兰

(江苏里下河地区农业科学研究所,江苏扬州 225007)

摘要:中国兰是我国的传统名花,是世界兰科植物的重要组成部分,有很高观赏价值和经济价值。本文主要介绍了国内外中国兰人工育种研究取得的进展,中国兰文化的特点和对中国兰产业的影响,中国兰的育种和种质资源的利用,以及对中国兰产业可持续发展的思考。

关键词:中国兰;人工育种;种质资源;产业;可持续发展

中图分类号: S682.310.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)03-0001-03

兰科植物统称兰花,是世界上有花植物中最大的一个科,包括 700~800 个属和 2.5 万~3 万种,在全球有数以亿计的兰花爱好者和种植者^[1]。中国的兰花资源十分丰富,已知有 173 属约 1 200 种之多,兰属(*Cymbidium*)、兜兰属(*Paphiopedilum*)、杓兰属(*Cypripedium*)、虾脊兰属(*Calanthe*)、独蒜兰属(*Pleione*)、石斛兰属(*Dendrobium*)、万代兰属(*Vanda*)中的一些种和品种有很高的观赏价值。目前世界上已发现兰属植物有 48 个种,我国有兰属植物 29 个种及一些变种,分列于 3 个亚属的 11 个组中^[2]。传统意义上的中国兰,主要是指兰属植物中春兰[*Cymbidium goeringii* (Rchb. f.) Rchb. f.]、蕙兰(*Cymbidium faberi* Rolfe)、建兰[*Cymbidium ensifolium* (L.) Sw.]、墨兰[*Cymbidium sinense* (Jackson ex Andr.) Willd.]、寒兰(*Cymbidium kanran* Makino)等地生兰。中国兰是极具中国民族文化特色的花卉种类,中国兰的人工杂交育种研究对中国兰产业未来的发展至关重要。

1 中国兰人工育种技术研究进展

1.1 选择驯化育种

在中国兰开展人工杂交育种以前,选择驯化育种是中国兰名优新品种选育的唯一途径。中国兰优良品种选育受瓣型理论的影响巨大^[3],中国兰的瓣型是清朝鲍依云在《艺兰杂记》中首先提出来的,实际上中国人品鉴和选取兰花瓣型的历史很长,从宋朝的《金漳兰谱》《兰谱》中可以看出,宋时品兰将兰分为上品、中品、下品、奇品等,明朝《兰史》将中国兰分为九品。品鉴兰花的标准主要是从建兰开始的,品鉴标准也是不断变化的,但对素心品种的推崇,奠定了春兰、蕙兰瓣型理论的基础,到了清乾隆时期对选育品种的外瓣、捧瓣、舌瓣都有了严格的要求。中国兰传统名优品种都是从千千万万的野生兰中选育出的自然变异株,这些特异种质十分稀有,通

过无性繁殖扩大群体,存世数量比较小,大都被兰花爱好者收藏。为了保护 and 利用这些优良种质资源,1993 年由中国兰花协会和中国兰花学会共同组成兰花品种登记注册委员会,“华强素”成为首个登录的品种,至今我国已有 361 个兰花品种通过了兰花品种登记注册委员会的考核和评定,获准品种登录。已登录的国兰品种涵盖蕙兰、春兰、寒兰、建兰、墨兰、春剑、莲瓣兰等多个类型。每年全国各地兰展上都会出现一批中国兰优良新品种,其中大部分仍是通过选择驯化育成的。

1.2 杂交育种

1856 年,随着英国 Veitch & Son 公司的第一个兰花人工杂交种 *Calanthe dominyi* 开花,兰花育种从此进入新纪元。2011 年在国际兰花品种登录机构——英国皇家园艺学会网站的《国际散氏兰花杂种登记目录》中正式登记的兰科植物人工杂交种已超过 13 万个,且每年以 3 000 个的数目增加。兰属植物的杂交育种是世界兰花育种工作的重点之一,特别是在商品化的大花蕙兰(*Cymbidium hybridum*)出现之后,大部分兰属植物的原生种都被用于培育大花蕙兰新品种。在英国皇家园艺学会上兰属植物杂交种数量排在第 4 位,其中大多为大花蕙兰杂交种,也有一部分中国兰作为亲本应用于大花蕙兰的杂交育种,一些优秀杂交种已实现了商品化。四川省农业科学院生物技术核技术研究所的吴汉珠、王续衍等在 1986 年之前进行了兰属植物种间和种内杂交育种工作,1989—1993 年期间,培育出的新品种有十余个在历届中国兰花博览会展出,获得金奖 4 个,这是中国兰花育种历史上一个新起点。

1.2.1 种内杂交 在兰属植物已登录的杂交种中,品种间杂交占已登录的杂交种的 99.7%,目前国内中国兰的品种间杂交也取得了一定的进展。各地利用杂交育种选出优良中国兰新品种也时有报道,市场上出现了一批春兰杂交新品种,如宋蝴蝶、大宋梅、福娃梅、赛牡丹等,这些品种大多是台湾的一些兰花企业育成的。这些杂交新品种有中国传统优良老品种余蝴蝶、宋梅、大富贵的品种特征,说明传统中国兰品种的优良基因能通过人工杂交有效遗传。但蕙兰、建兰、寒兰、墨兰等中国兰通过种内杂交选育出的新品种还未见报道。

1.2.2 种间杂交 2004 年,朱根发等通过《国际兰花新品种名录(new orchid hybrids)》对 39 个兰属原生种的杂交利用情

收稿日期:2015-01-08

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(13)2015];扬州市自然科学基金——青年科技人才项目(编号:yz2014031)。

作者简介:孙 叶(1978—),女,江苏常州人,硕士,副研究员,主要从事花卉育种和组织培养研究。E-mail:sunye9999@126.com。

通信作者:陈秀兰,研究员,主要从事作物辐射诱变育种研究。

E-mail:yzchxl@163.com。

况进行检索,发现有34个原生种获得了杂交后代^[4]。其中利用墨兰进行种间杂交,目前已培育出68个新杂种,如由台湾企业1996年登录的著名杂交种“大风”、2001年登录的“台北小姐”,2001年日本向山兰园登录的“绿色天空”等,这些新杂种大都有香味。利用建兰进行种间杂交,已登录了45个新杂种,著名的杂种有1978年登录的“黄金小神童”等。利用春兰培育了39个新杂种,利用寒兰培育了13个新杂种,利用蕙兰作亲本杂交获得了9个登录的杂交种。检索2001—2012年《国际兰花新品种名录》兰属登录杂交种的亲本,发现春兰有27个,蕙兰4个,建兰18个,墨兰36个,寒兰为0个,这85个杂交种中有41个是日本Mukoyama公司育成的。我国兰属植物的杂交育种起步晚,登录的杂交种寥寥无几。

中国兰与大花蕙兰杂交能丰富中国兰花色、花期方面的特性^[5],是中国兰杂交育种的重要研究内容之一。郑立明等研究春兰与大花蕙兰种间杂交育种发现,以春兰为母本,大花蕙兰为父本,进行种间杂交育种,每一杂交组合都能成功坐果结籽,杂交种子无菌播种的萌发率明显高于春兰,可达80%以上;杂交种子萌发形成的原球茎、杂交苗、花形大多数介于春兰和大花蕙兰种间类型,并有香味^[6]。曾碧玉等取大花蕙兰为母本、墨兰为父本进行种间杂交并进行杂种胚拯救研究,发现子房离体培养明显优于胚珠离体培养,是胚抢救培养的有效手段,授粉后90 d子房离体培养最佳,萌发率达80%^[7]。张志胜等研究发现墨兰和大花蕙兰杂交,正反交成功率差异显著,墨兰和不同种类的大花蕙兰杂交,成功率明显不同^[8]。

1.2.3 属间远缘杂交 兰科植物绝大多数为异花授粉植物,种间杂交结实率高,属间杂交存在结实困难、正反交结实率差异显著、杂种胚早期败育等问题^[9]。目前已登录的属间杂交种只有39个。在这些杂交种中建兰或具建兰血统的杂交种作亲本占了较大的比例,推测建兰作属间杂交具较高的亲和性^[10]。张志胜等以建兰为母本,蝴蝶兰为父本,杂交10朵花,只获得1个蒴果,且蒴果很小,种子量极少^[8]。以墨兰为母本,蝴蝶兰和文心兰为父本杂交结果率均为0,而建兰和蝴蝶兰杂交产生的杂交种子萌发后形成根状茎,与建兰一致,但萌发率却远远低于双亲,表现出负向杂种优势。

1.3 诱变育种

诱变育种是兰花育种的重要方法之一,包括物理诱变育种和化学诱变育种。物理诱变主要是利用X射线、γ射线、α射线、β射线和不带电的种子等辐射诱变植物材料产生遗传变异。化学诱变主要是利用化学诱变剂诱发植物产生遗传变异。辐射诱变常常诱发植株白化、黄化、部分缺绿或矮化变异,这正好符合中国兰对叶艺品种和矮化品种追求的需要。辐射诱变和化学诱变都能用于诱导多倍体、单倍体等新种质资源。

陈华等利用⁶⁰Co-γ辐照建兰、报岁兰、四季兰,诱变产生出叶片短小型、叶片旋转型、线艺叶型、并蒂花型、多花型、葡萄茎型等不同的变异类型^[11]。黄焱等研究发现蕙兰和建兰的辐射敏感性较低,而春兰和寒兰的辐射敏感性相对较高,5~20 Gy为国兰大苗的半致死剂量,宜作为辐射诱变的适宜剂量^[12]。褚霞霞等研究发现,20 Gy为春兰根状茎辐照诱变的最适剂量^[13]。林兵等以不同剂量的⁶⁰Co-γ射线对建兰“铁骨素”“十八学士”、墨兰“长汀”进行辐照,发现不同品种的国兰耐辐照能力有所差异,同一植株不同器官组织、不同发

育阶段的耐辐照能力也有所不同,成熟假鳞茎>幼芽>花芽;植株形态变异一般只在幼芽上有所发生;3种中国兰成熟植株辐射诱变适宜的处理剂量为16~18 Gy^[14]。彭绿春等以冬凤兰、竹叶兰、碧玉兰、西藏虎头兰组培苗为材料,利用⁶⁰Co-γ射线处理,出现了植株矮化、变粗、叶变宽、叶尖分叉、叶上有淡绿斑、叶扭曲等较明显的表型变化^[15]。章宁等用RAPD技术对蝴蝶兰辐射诱变苗进行分析,比较诱变苗与对照苗谱带,两者有差异,表明诱变苗是由基因突变引起^[16]。

2005年,张志胜等以墨兰×大花蕙兰的F₁原球茎为材料,用0.1%秋水仙素处理48 h,植株变异率最高,变异植株的类型包括植株粗壮、多叶,叶片变宽、变厚、墨绿色,矮化,线艺和叶艺等^[17]。陈晓梅等发现利用秋水仙素溶液为诱变剂,采用浸泡法进行多倍体诱导效果比混培法好,诱导以0.5%秋水仙素溶液浸泡处理48 h为佳,四倍体类型诱导率高达13.3%;与二倍体比较,四倍体耐寒性和抗旱性增强,叶绿素也随倍性的增加而增加^[18]。王木桂等以墨兰“企剑白墨”的根状茎为材料,研究发现秋水仙素在试验浓度和时间范围内能诱导“企剑白墨”根状茎的染色体加倍,只有在0.01%浓度下处理3 d才能诱导出四倍体,诱导率为11.11%,四倍体根状茎比二倍体粗壮,顶端更圆,再生出的四倍体植株株型紧凑,叶片质地变硬,根明显增粗^[19]。

1.4 转基因育种

兰花的一些特异性状,如新奇的花色、抗病性等,通过自然突变或常规育种是很难获得的,但利用转基因技术却相对容易获得。成熟的组培技术为兰花转基因工作提供了可能,如文心兰属系列转入了*pflp*基因,是编码一种抗菌的类铁还原蛋白,对软腐病表现出很好的抗性,解决了兰花栽培上的实际问题。农杆菌介导转化和基因枪法在兰花转基因应用上比较成功,在兰花遗传转化中使用的选择标记基因有*gusA*、*lus*、*gfp*、*hptII*、*nptII*、*bar*等,其中*hptII*、*nptII*、*bar*为兰花主要应用的选择标记基因。至今已有60多个兰花转基因成功的研究报道^[20]。到目前为止,中国兰的转基因育种还未见报道。

2 兰文化对中国兰产业的影响

中国有着悠久的兰文化,兰品即人品是中国兰文化的精髓。最早将人对兰花的生理感受融合起来的是我国儒家文化的创始人孔子,孔子曾作《琴操·猗兰操》:“夫兰当为王者香,今乃独茂,与众草为伍,譬犹贤者不逢时,与鄙夫为伦也”,尊称兰蕙为“王者香”。《王氏兰谱》云:“竹有节而无花,梅有花而无叶,松有叶而无香,惟兰独并有之。兰,君子也”。屈原在《离骚》里曾叙述道“余既滋兰之九畹兮,又树蕙之百亩。”在他的诗中,兰与蕙被当作“美女”“君子”“贤人”等来歌颂。兰花是洁净、忠贞、高尚的象征,唐宋以来,吟颂兰花的诗、词、赋、曲、书、画等各种作品数不胜数。中国兰散发出的文化和道德魅力,成为历代追求自我人格完善者追捧的对象,文化修养越深厚,人品志向越高雅的人,越崇尚与国兰的意象相通。

中国兰的鉴赏特点在于形意结合,即中国兰的植物学特征与中国传统文化的联系。中国兰品种以素心为上,暗喻中国人崇尚清清白白做人,干干净净为官;兰花品种香味以幽香为上,暗喻不以无人而不芳,淡泊名利;崇尚正格花要求花品端正,暗喻为人端庄、正直、正派;等等。这些细腻而精炼的鉴

赏标准,到明清时期发展成为系统的瓣型理论。中国古代便有一大批关于中国兰栽培技术、品种来源、花品特性、流传历史的著作^[2],如唐末的《植兰说》,南宋末年赵时庚的《金漳兰谱》和王贵学的《兰谱》等,明代高濂的《遵生八笺》和张应文的《罗篱斋兰谱》等,清代冒襄的《兰言》和许霁楼的《兰蕙同心录》等,近代关于中国兰的著作更是种类繁多。中国兰文化是以中国兰优良品种为载体,衍生出的园艺、哲学、美学、历史、考古、艺术、经济等一系列意识形态的文化现象。

中国兰文化是中国兰产业最大的无形资产,但目前中国兰文化的附加值仅在高档中国兰品种上体现,中低档中国兰品种仅开发了其园艺学价值。高档中国兰品种的稀缺性和中低档兰花品种的单一性,导致中国兰产业并未真正开发出文化附加值。进行人工育种,选育出符合中国兰文化价值的中国兰优良新品种,通过快繁技术保证中国兰优良品种的群体规模,是解决这些矛盾的唯一途径。

3 中国兰的人工育种方向

中国兰价格的大起大落,本质上是由我国中国兰新品种选育的科研水平决定的。中国兰传统优良品种都是通过农民上山大量采挖野生中国兰,从自然变异中选出,费时费事,效率低,品种改良慢,同时自然资源遭到严重破坏。20 世纪 90 年代以来,日本、韩国及台湾兰花企业的新品种人工选育及快繁技术已十分成熟,被国内兰界视为洪水猛兽的“返销苗”在大陆市场上畅通无阻,这些都严重威胁着我国兰花产业的发展。提高中国兰新品种的选育效率和改进繁殖技术以实现产业化开发,已成为我国中国兰产业迫切需要解决问题。

随着时代的发展,中西方文化的交融,中国兰育种方向需要在充分体现中国兰文化的基础上,融入国际化元素。首先,秉承中国兰瓣型理论,定向选育出更多的符合中国兰瓣型理论的优良品种。比如现有蕙兰还未有梅瓣、荷瓣素心品种,类似的育种方向具有重要的育种价值。其次,花色的突破是中国兰育种重要方向之一。洋兰的花朵,硕大繁华、色彩丰富,一般没有香味;中国兰花容精致素雅、气味幽香,缺少色花品种,丰富中国兰的花色有十分重要的实际价值。中国兰瓣型结合花色变化,能大大提高中国兰的观赏性,能拓宽中国兰的销售市场。再次随着世界兰花育种技术的不断发展,针对花期、抗病性的育种也将受到重视。

4 中国兰种质资源的收集和利用

我国有丰富的中国兰种质资源,20 世纪 90 年代中国兰价格暴涨,成千上万的人上山淘兰,野生种质资源遭受了毁灭性破坏,20 世纪 90 年代末我国政府开始重视兰花种质资源保护,1999 年把春兰列入《中华人民共和国农业植物新品种保护名录(第一批)》,2001 年把兰属列入《中华人民共和国农业植物新品种保护名录(第三批)》,在 2001 年底正式启动的全国野生及自然保护区建设工程中,兰科植物被作为 15 个野生动植物类群之一,列入工程建设重点。近年来中国兰野生资源有所恢复,对中国兰优良野生资源的发掘也相对理性,这对中国兰优良种质资源的收集、利用和开发十分有利。

中国兰优良种质资源有几个来源,其中最有效的是收集整理现有的中国兰名优品种,主要为流传上百年的中国兰老

品种和现代中国兰鼎盛期出现的优良品种。这些传统优良品种涵盖了我国兰各方面的优良性状,具有大量优良基因,由于国内人工杂交工作开展得比较晚,这些优良基因大多未被有效开发过。中国兰的优良种质资源大部分分散于兰花爱好者手中,部分公园、花圃、植物园也有少量收藏。中国兰优良种质资源的经济价值很高,一般的科研院所要收集利用中国兰优良种质资源有很大的困难,其他单位和个人开展人工育种又缺乏专业知识,这大大阻碍了中国兰新品种选育进程。

兰花现代育种最重要的工作之一是亲本的选择,搞清楚兰花亲本资源的血缘关系对人工育种有很大的帮助,我国在这方面的研究也取得了一些进展。如吴振兴等将简单重复序列区间扩增多态标记(inter-simple sequence repeats,ISSR)技术应用于 16 种兰属的遗传多样性分析,UPGMA 聚类结果显示:春兰与春剑的亲缘关系最近,而兔耳兰与其他 15 种兰属植物的距离最远^[21]。文李等利用 RAPD 技术分析后得出建兰和墨兰的亲缘关系最近,建兰、墨兰和春兰这 3 种兰花的亲缘关系较近^[22]。德国的形态分类学家施莱希特,英国的 Puy 和 Cribb 将建兰、寒兰和墨兰被划为建兰组,而春兰被归于春兰组,认为建兰、寒兰和墨兰的亲缘关系较近,春兰与以上几种兰花的距离较远,梁红健等用同工酶和 RAPD 标记都证实了寒兰和建兰的亲缘关系最近^[23]。王玉东运用 RAPP 和 AFLP 技术对兰属植物 14 种材料所得的聚类分析结果基本一致,与 Puy 和 Cribb 分类系统接近;2 种结果都得出建兰与墨兰、寒兰与峨眉春蕙、虎头兰和黄蝉兰以及大雪兰与独占春之间的亲缘关系最近;相关杂交组合的坐果率和种子萌发率的研究验证了品种间存在的遗传差异。这些研究结果的进一步拓展和验证将大大提高人工杂交选育新品种的效率^[24]。

5 中国兰产业的可持续发展

目前我国已成为兰花出口大国,但我国的兰花企业大都是台资企业和外企,生产的大都是洋兰。近年来,这些企业利用中国兰属的原生种与畅销的大花蕙兰优良品种杂交,选育出了一些新的大花蕙兰品种,在国际市场受到欢迎;但真正从事中国兰新品种系统选育和生产的企业很少。传统中国兰产业模式,缺乏品种创新能力,市场已越来越小,基本处于维持现状,难以成为有影响力的现代化兰花企业,无法有力促进中国兰产业的发展。一些兰界人士反对中国兰产业开展人工育种,认为中国兰的人工育种会打破中国兰“物以稀为贵”的传统,使现有传统优良品种贬值。但从中国兰产业的现状来看,对中国兰进行人工育种是必然趋势,闭关自守、固步自封只能使中国兰产业走向衰亡。中国兰产业只有通过品种创新、技术创新,传承中国兰文化,使高档中国兰优良品种进入大众消费市场,融入世界兰花产业体系,成为可持续发展的产业。

参考文献:

- [1] 虞佩珍. 兰花世界[M]. 北京:中国农业出版社,2009:2-3.
- [2] 陈心启,吉占和. 中国兰花全书[M]. 北京:中国林业出版社,1998:1-7.
- [3] 牟安祥. 兰蕙纵横[M]. 大连:大连出版社,2008:868-869.
- [4] 朱根发. 国际兰属植物杂交育种进展[J]. 广东农业科学,2005(4):25-27.

官春宇,郑喜群,陈泽峰. 玉米须多糖研究现状[J]. 江苏农业科学,2016,44(3):4-8.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.03.002

玉米须多糖研究现状

官春宇,郑喜群,陈泽峰

(黑龙江省普通高校农产品加工重点实验室/齐齐哈尔大学食品与生物工程学院,黑龙江齐齐哈尔 161006)

摘要:玉米须多糖是传统中草药玉米须的主要功能性成分之一,具有广泛的生物学活性,具备开发潜力。主要就玉米须多糖在提取、纯化、组成以及生物学活性方面的研究现状作一综述,以期玉米须多糖研究及开发提供理论借鉴。

关键词:玉米须;多糖;提取方法;纯化技术;多糖组合;研究现状;生物活性

中图分类号: TS201.1;R284.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)03-0004-05

玉米须是禾本科植物玉米(*Zea mays* L.)的干燥花柱,为《中华人民共和国卫生部药材标准》1985 版(一部)^[1]收录的常用药材品种之一,具有多种生物学活性,如调节免疫^[2]、抗氧化^[3-5]、降血糖^[6]等。我国民间食用玉米须水用于防病、治病历史悠久,美国 1991 年认定玉米须为非处方药品^[7]。Wang 等连续喂食雄性和雌性 Wistar 大鼠 8% (相当于 9.354 g/kg 和 10.308 g/kg 体质量)玉米须 90 d,未发现不良影响,进一步证实了玉米须的安全性^[8]。研究发现玉米须中含有多糖、黄酮、植物甾醇、生物碱、隐黄素和有机酸等多种

功能成分^[9]。

玉米须多糖是其主要功能性成分之一,近年来有关玉米须多糖制备和生物活性研究方面的报道增加迅猛,本文重点就玉米须多糖提取、纯化、组成以及生物学活性方面的研究进展作一综述,以期玉米须多糖未来研究和开发利用提供理论借鉴。

1 玉米须多糖提取

多糖是单糖通过糖苷键连接形成的水溶性高分子聚合物,不溶于乙醇等有机溶剂,因此传统的多糖提取主要采用水提醇沉的方法。近年来随着超声波、微波和酶解等技术的蓬勃发展,很多学者将其作为多糖提取的辅助技术,以期进一步提高多糖提取率。

1.1 水提醇沉法

水提醇沉法是多糖提取的传统方法,在多种来源的多糖

收稿日期:2015-01-13

基金项目:国家自然科学基金(编号:31301596);齐齐哈尔大学青年教师科研启动项目(编号:2011k-Z09)。

作者简介:官春宇(1980—),男,河北泊头人,博士,讲师,主要从事天然活性多糖和功能食品研究。E-mail: gongchunyu8080@163.com。

[5]朱根发,陈明莉. 兰花杂交选育研究初报[C]. 花卉研究 20 年——广东省农业科学院花卉研究所建所 20 周年论文集(1984—2004),2004:66-69.

[6]郑立明. 春兰与大花蕙兰种间杂交育种的试验[J]. 浙江教育学院学报,2010(3):61-65.

[7]曾碧玉,许传俊,徐凤侠,等. 兰属种间杂交胚拯救研究初报,亚热带植物科学,2010,39(3):12-14.

[8]张志胜,何琼英,傅雪琳,等. 中国兰花远缘杂交及杂交种子萌发的研究[J]. 华南农业大学学报,2001,22(2):62-65.

[9]周丽,胡春根. 几种兰花远缘杂交育种技术研究[J]. 黔西南民族师范高等专科学校学报,2009(1):113-115,118.

[10]李枝林,王玉英,王卜琼,等. 兰花远缘杂交育种技术研究[J]. 中国野生植物资源,2007,26(4):52-56.

[11]陈华,林兵,潘宏. 国兰辐射诱变效应研究初报[J]. 福建农业科技,2005(4):24-25.

[12]黄焱,李方,夏宜平,等. ⁶⁰Co 对国兰生长及生理变化的影响[C]. 2009 中国球根花卉年会交流论文集,2009:8-16.

[13]褚霞霞,张永春,靖相密. 春兰离体根状茎辐射及 EMS 诱变方法建立[J]. 北方园艺,2009(1):49-52.

[14]林兵,陈诗林,黄敏玲,等. ⁶⁰Co γ 射线辐照对 3 种国兰生长的影响[J]. 核农学报,2009,23(2):244-247.

[15]彭绿春,黄丽萍,余朝秀,等. 四种兰花辐射育种研究初报[J]. 云南农业大学学报:自然科学版,2007,22(3):332-336.

[16]章宁,苏明华,徐凤侠,等. 应用 RAPD 技术辅助蝴蝶兰辐射育种[J]. 亚热带植物科学,2007,36(3):19-22.

[17]张志胜,谢利,萧爱兴,等. 秋水仙素处理兰花原球茎对其生长和诱变效应的影响[J]. 核农学报,2005,19(1):19-23.

[18]陈晓梅. 蕙兰(*Cymbidium faberi* Rolfe)离体快繁及四倍体培育研究[D]. 重庆:西南大学,2008:1-2.

[19]王木桂,曾瑞珍,谢利,等. 墨兰多倍体的离体诱导和鉴定[J]. 中国农学通报,2011,27(2):132-136.

[20]Jaime A, Teixeira D S, Dong P C, et al. Transgenic orchid[J]. Scientia Horticulturae,2011(130):673-680.

[21]吴振兴,王慧中,施农农,等. 兰属 *Cymbidium* 植物 ISSR 遗传多样性分析[J]. 遗传,2008,30(5):627-632.

[22]文李,叶庆生,王小菁,等. 利用 RAPD 技术分析兰属品种间的亲缘关系[J]. 应用与环境生物学报,2001,7(1):29-32.

[23]Liang H J, Liu M, Zhang Z Y, et al. Identification and classification of Chinese *Cymbidium* with RAPD[J]. Acta Horticult Sin,1996,23:365-370.

[24]王玉东. 兰属和石斛属植物的遗传多样性研究[D]. 杭州:浙江工业大学,2004:2-3.