

# 色素万寿菊研究现状及发展前景

李娜, 王平, 吴志刚, 赵景云, 张玉静

(辽宁省农业科学院花卉研究所 辽宁 沈阳 110161)

**摘要:** 从育种、栽培及叶黄素提取等方面对色素万寿菊国内外研究现状及存在问题进行综述, 并对色素万寿菊发展前景进行评论。

**关键词:** 万寿菊; 研究现状; 发展前景

**中图分类号:** S 681.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)10-0228-04

万寿菊 (*Tagetes erecta* L.) 为菊科 1 a 生草本, 原产墨西哥, 抗性强, 对土壤要求不严, 耐移植, 生长迅速, 栽培容易, 病虫害较少<sup>[1]</sup>。万寿菊花大色艳, 花期长, 栽培品种极多, 为园林绿化、节庆摆花的主要品种。依用途可分为观赏型万寿菊和色素万寿菊(生产型万寿菊)。20 世纪 90 年代, 我国甘肃地区对万寿菊进行了适应性、丰产性鉴定试验, 随后万寿菊作为庭院绿化, 天然食用色素植物在河西走廊进行大面积栽植<sup>[2]</sup>。

万寿菊橙黄色的鲜花中含有丰富的天然叶黄素是生物中的天然色素, 它能够延缓老年人因黄斑退化而引起的视力退化和失明症, 以及因机体衰老引发的心血管硬化、冠心病和肿瘤疾病。美国从 20 世纪 70 年代起就开始从万寿菊中提取叶黄素, 最早是加在鸡饲料里, 可以提高鸡蛋的营养价值。叶黄素具有抗氧化、稳定性强、无毒害、安全性高等特点, 广泛运用于食品、化妆品、烟草、医药及禽类饲料中, 国际上含 10% 的叶黄素油每吨售价达 12 万元, 素有“软黄金”的美誉, 发展前景非常广阔<sup>[3]</sup>。

## 1 色素万寿菊国内研究现状

### 1.1 栽培研究

目前, 从国外引进的万寿菊品种主要有 5 个系列: 安提瓜系列、印加系列、完美系列、提素系列和奇迹系列, 进口品种总体性状远优于国内原有的品种。国内对色素万寿菊的栽培技术研究较多。芦新友等从产量及水肥指标、播前准备、播种、田间管理、采收几方面分别阐述了色素万寿菊高产栽培技术<sup>[4]</sup>。周叶林通过对引进美国提色素用万寿菊 3 个品种进行筛选和种植技术的探讨, 通过 3 a 的生物学特性、产量、叶黄素含量等的观察结果表明, 得出以橙红品种综合价值最高, 深橙品

种次之, 橙色品种第三的结论。并且种植密度以 75 000 株/hm<sup>2</sup> 为宜, 花中叶黄素含量以开花后 12 d 最高。并总结了万寿菊种植配套技术<sup>[5]</sup>。薛龙等对墨西哥 ALCOSA 工业公司提供的万寿菊进行了适应性、丰产性鉴定试验。得出墨西哥万寿菊能完全适应河西灌区海拔 1 300~1 600 m 的地区种植。生产上应以双行垄作, 垄沟宽 35 cm、垄面宽 120 cm、株距 30 cm 或单行平作, 行距 80 cm、株距 30 cm 覆膜种植较好。由于万寿菊植株高大, 分枝较多, 且以收获鲜花为目的, 因此, 除施足氮肥外, 还要增施磷、钾肥, 确保足够养分的栽培方式<sup>[6]</sup>。刘凤君等对沈阳地区引种色素万寿菊的栽培技术、普通日光温室冬季播种育苗做了详细阐述<sup>[7]</sup>。林淦等用万寿菊植株生长状态的叶片组织作为外植体, 无菌条件下接种于 MS+1.2 mg/L 6-BA+0.9 mg/L NAA 的培养基中培养 7 d, 叶片细胞逐渐增殖培养生成芽苗; 将芽苗切割分离接种于 MS+0.6 mg/L 6-BA+1.0 mg/L NAA 培养基中进行无菌培养, 5 d 后, 芽苗周围诱导出万寿菊幼苗; 将万寿菊幼苗转接入含植物激素 0.5 mg/L NAA 的 MS 培养基中, 培养 6 d 后, 幼苗诱导生根, 形成完整的万寿菊组织培养植株进行了描述<sup>[8]</sup>。王成玉等为提高法库县色素万寿菊的产量, 对影响色素万寿菊产量的因素进行科学分析, 并从品种选择、施肥技术、栽培方式及病虫害防治等方面对其高产栽培措施进行探讨<sup>[9]</sup>。王晓琴、李彦对色素万寿菊的主要病害、虫害及其防治作了介绍<sup>[10]</sup>。

### 1.2 育种研究

国内目前对于色素万寿菊的育种研究多停留在引种与常规育种方面, 而万寿菊育种的研究工作开展较为全面。曾丽等根据上海及周边地区的气候条件和前期工作基础, 采用品种比较试验和不同栽植密度试验进行选育, 从收集的品种中筛选出 5 个品种及其代号分别为 ‘99001’ (*T. erecta* L. cv Orangeade), ‘99022’ (*T. erecta* L. cv Deep orangeade), ‘99146’ (*T. erecta* L. cv Scarletade), ‘99154’ (*T. erecta* L. cv France), ‘99203’ (*T. erecta* L. cv

第一作者简介: 李娜(1976-), 女, 助理研究员, 现从事花卉育种和生物技术研究工作。E-mail: lns2001@163.com。

基金项目: 沈阳市科技攻关计划资助项目 (1071131-3-00)。

收稿日期: 2010-02-22

Africe)优良品种<sup>[1]</sup>。刘振廷利用天然雄性不育色素万寿菊材料培育出雄性不育两用系,用该系雄性不育植株作为母本,与自交系杂交,配制出  $F_1$  代杂交种子。此方法制种效率高,该两型系的雄性不育株同多个自交系配合力较好,自然授粉结实率达到 70%~80%,合 667 m<sup>2</sup> 产 15~20 kg,每 667 m<sup>2</sup> 比人工授粉节省人工 60 个,适合大面积制种。杂种优势明显, $F_1$  代杂交种增产显著,比对照增产 56%,该方法育出的品种抗病性状突出,并且色素含量大幅度提高,比对照常规品种含叶黄素提高 23%<sup>[12]</sup>。赵景云等对色素万寿菊主要数量性状的配合力分析,按( $P_1 \times P_2$ )不完全双列杂交设计,分析了 7 份亲本材料的产量、单花重、花瓣层数、单株花数、株高、花径和株幅 7 个性状的一般配合力和特殊配合力。结果表明,亲本材料 6W2 和 W309 的一般配合力较高,是两个综合性状优良的亲本;组合 6W2 $\times$ W312 在产量、单花重、花瓣层数、花数性状上表现出较优的配合力效应,是一个优良组合<sup>[13]</sup>。张西西等应用 SRAP (sequence-related amplified polymorphism) 分子标记对当前市场上推广的 48 个万寿菊杂交一代品种进行遗传多态性研究,用 60 个引物组合进行扩增,从中筛选到 20 个多态性引物组合,共产生 289 个多态性条带,平均每个引物组合产生 14.45 个多态性条带,显示了较高的多态性比率。聚类分析 20 个引物组合的扩增结果,48 份材料分为两大类, Jaccard's 相似系数在 0.25~0.91 之间<sup>[14]</sup>。孙伯筠等通过连续姊妹交和单株定向选择,形成雄性不育两用系。通过组合筛选,从 46 个自交系中筛选出 6 个适合生产的万寿菊父本:黄色系列 4 个:万寿菊 BLY001、BLY002、BLY003、BLY006;桔色系列 2 个:万寿菊 BLY001、BLY003。孔雀草黄红双色 2 个:PBHO026、PBHO029。利用雄性不育两用系构建原种生产体系和万寿菊制种生产体系,应用于生产。万寿菊  $F_1$  具有植株矮小、紧凑、花多、花大、花期长、花色纯正美观、叶浓绿、植株健壮、抗性强的杂种优势<sup>[5]</sup>。李福荣等对万寿菊与孔雀草杂交育种进行了研究,以万寿菊雄性不育系为母本,孔雀草为父本,进行杂交,选育子代不育的、且具有远缘杂种优势的组合。结果,选出 2 个不育组合 ACHY021 $\times$ PBHO026 和 ACHY021 $\times$ PBH0029,并对亲子代的性状(株高、株型、花型、抗性、花期、花朵数、花器等)进行分析得出, $F_1$  代的株型、根茎颜色、花型、花色,表现为父本孔雀草性状;而叶型、叶色、茎粗壮程度表现为母本万寿菊性状;超亲性状为花径、抗性、生长势;对杂种花器观察表明,雄蕊、雌蕊都表现不正常,子代表现高度的不育。对亲本及子代的染色体鉴定得出:万寿菊  $2n=2x=24$ ,孔雀草  $2n=4x=48$ ,二者杂交子代  $2n=3x=36$ ,说明此 2 个组合的子代不育是 3 倍体造成的,从而为万寿菊多倍体育种开辟新途径<sup>[19]</sup>。田海燕等对万

寿菊两用系 W205 的遗传规律及植物学特征进行了研究,结果表明 W205 是一对基因控制的隐性核不育两用系,其遗传由质量性状控制,为主效基因,符合孟德尔遗传规律。不育株与可育株的性状差异仅表现在雄花器上,雄花没有花瓣,不产生花粉<sup>[17]</sup>。梁顺祥等采用垂直平板聚丙烯酰胺凝胶电泳(PAGE)方法对万寿菊 9 个雄性不育品系及 3 个育性正常品系的小花、萼片、叶片进行了 POD 同工酶分析,并对其主要观赏性状进行了初步研究。结果表明,不同品系的酶带数、酶活性都存在着不同程度的差异;萼片的酶活性与各性状呈负相关;不育品系小花的酶谱比正常品系少 1 个快带区,而且酶带数较少;株高与各性状呈正相关<sup>[18]</sup>。何燕红等利用经过多年育成的 5 个万寿菊雄性不育两用系中不育株为母本,9 个孔雀草自交系为父本,按 NCII 设计进行不完全双列杂交试验,统计杂交的结实率,同时利用根尖压片技术和流式细胞仪鉴定杂交后代的倍性,并统计杂交  $F_1$  代的结实率。万寿菊和孔雀草三倍体杂交制种研究表明,杂交三倍体表型优良,花径大、花量丰富,花期长,抗性强,有很远的远缘杂交优势,其中 WE527 $\times$ KS、WD911 $\times$ K13 2 个组合  $F_1$  代表型优异,具备进一步推广的价值。但是远缘杂交的结实率不高,克服远缘杂交不亲和性,是实现万寿菊和孔雀草三倍体杂交制种的关键<sup>[19]</sup>。张永强、刘锦荣以 3 种雄性半不育的植株高大、产花量较高的万寿菊为母本,2 种色素含量较高、植株较矮、产花量较少的色素万寿菊为父本进行 6 种组合杂交,通过对杂交后代种子苗期生物性状、盛花期植物学性状、鲜花产量与色素含量比较,筛选出适宜万寿菊色素生产的杂交组合, $F_1$  种子经 3 a 品种试验,其鲜花产量达 73 233 kg/hm<sup>2</sup>,叶黄素含量 2.46 g/kg<sup>[20]</sup>。

### 1.3 色素万寿菊提取叶黄素研究

我国近年来开始了万寿菊叶黄素提取的研究工作。有研究对万寿菊花干粉中总叶黄素的分离测定采用正己烷:丙酮:无水乙醇:甲苯按 10:7:6:7 配制作为提取剂,样品经提取、热皂化、由氧化镁藻土混合柱进行色谱分离;采用柱层析结合分光光度法,分离测定万寿菊中叶黄素含量。汪殿蓓等认为万寿菊花瓣可制成 4 种形式的商品:花干粉、万寿菊油树脂、叶黄素脂以及叶黄素。花干粉是在人工控制条件下干燥,根据需要粉碎成粉状,主要供家禽饲料添加剂用或供进一步加工用;万寿菊油树脂是由万寿菊干花粉在萃取前先行造粒,然后用正己烷萃取,萃取液经脱溶后得到的黄色油状液体,再经粉制、脱臭(除去菊科植物特有气味)而成;叶黄素脂是将万寿菊油树脂溶于异丙醇,冷却后滤出沉淀,反复进行该过程可得商品叶黄素脂;叶黄素是由叶黄素脂皂化、水解后分离、提纯、精制而得,纯叶黄素为棱格状黄色结晶,有金属光泽<sup>[21]</sup>。李大婧等对万寿菊叶黄素

的提取及分析方法的研究作了阐述,认为新的提取方法如酶处理法,即将万寿菊花瓣先用纤维素酶处理,再用有机溶剂(氯仿或正己烷)萃取的提取方法;还有超声波辅助法,即采用超声波辅助正己烷和石油醚提取万寿菊叶黄素的方法;以及超临界流体萃取法等方法可显著提高叶黄素提取率<sup>[22]</sup>。李大婧等采用反相高效液相色谱法测定不同颜色万寿菊花(包括花瓣和花萼)中叶黄素和叶黄素酯的含量。通过与叶黄素标准品比较,并利用相同色谱条件下的色谱图确定万寿菊花中含有叶黄素和6种叶黄素二酯,即月桂酸—肉豆蔻酸酯、二肉豆蔻酸酯、肉豆蔻酸—棕榈酸酯、二棕榈酸酯、棕榈酸—硬脂酸酯及二硬脂酸酯。不同颜色万寿菊花中叶黄素和叶黄素酯的含量差别较大,黄绿色花色素含量为0.024%,橙色花色素含量高达1.148%(均以干花粉计),颜色越深,叶黄素酯含量越高。万寿菊花的色素含量与脂肪含量呈明显正相关( $R^2=0.974$ )<sup>[23]</sup>。

## 2 万寿菊国外研究现状

### 2.1 栽培研究

国外对万寿菊栽培方法、色素种类及含量的研究较多, Yadav, Chanda 及 Mohanty 等人先后对万寿菊的栽植密度、种植时间和生长环境进行研究,提出了各自的栽植密度和栽培方法<sup>[24-26]</sup>。Piccaglia 研究了收获期及环境条件与花瓣色素含量的关系<sup>[27]</sup>。Kessler J R 等对万寿菊的温室规模化生产进行详细地说明<sup>[28]</sup>。

### 2.2 育种研究

目前,国际上对万寿菊的需求量不断增加,品种更新快,花朵越来越大。美国沃勒公司因规模化生产万寿菊系列盆花而闻名美洲;英国汤普森·摩根公司以盛产万寿菊而著名;美国戈德史密斯种子、泛美种子、Deep orange ade)型种干花粉叶黄素含量 $\geq 16$  g/kg)和荷兰的斯拉斯·格鲁特(Sluis Groot)种子每年都要推出万寿菊新品种,为万寿菊的广泛应用做了不少工作;美国伯爵种子(Bodger Seeds, Ltd.)自1957年开始万寿菊育种工作,通过与野生品种不断杂交,培育了五大系列的万寿菊杂交品种:高秆品种,如“欢乐”、“丰富”和“金币”系列;矮化品种,如“发现”(Discovery)系列,20世纪90年代又培育出了“阿特兰提斯”系列,是一种适合早春种植的大花型万寿菊品种。德国、法国、英国、比利时、荷兰、丹麦、墨西哥等国万寿菊均有规模化生产。Octavio Lopez 墨西哥科学家描述了万寿菊中几种关于类胡萝卜素生物合成途径的基因:Phytoene synthase (Psy)、Phytoene desaturase (Pds)、Lycopene b-cyclase (Lcy-b) and lycopene e-cyclase (Lcy-e)。分离出的cDNA长1 376~1 916 bp,其氨基酸序列与已知的(NCBI gene bank)序列有66%~100%同源性。Northern 斑点分子杂交法分析3个万寿菊品种,多数的基因转录产物在花

的发育阶段就已经表达。不同品种的万寿菊在花的形态建成时期分析色素积聚得出在色素体分化阶段有微小差别。已证明在花的发育阶段色素沉淀于特殊的结构中(油脂囊泡)<sup>[29]</sup>。该研究组在2006年利用基因枪技术成功为万寿菊转基因<sup>[30]</sup>。Gregorio Godoy-Herna 等利用农杆菌作为万寿菊转基因载体<sup>[31]</sup>。Charles P. Moehs 等研究万寿菊花瓣生成时期类胡萝卜素生物合成基因的表达<sup>[32]</sup>。

### 2.3 万寿菊叶黄素应用研究

美国从20世纪70年代起就开始从万寿菊中提取叶黄素,最早是加在鸡饲料里,使禽蛋蛋黄更加诱人,并增加其营养价值;美国凯明食品公司(Kemin Food Co.)率先发明了生产叶黄素的新工艺,使叶黄素成为一种新型保健食品添加剂;人体不能合成叶黄素(Lutein),所需叶黄素只能从富含叶黄素的食物或补品中摄取,故美国食品与药品管理局(FDA)于1995年批准将叶黄素作为食品补充剂,用于食品饮料,以求高营养价值,因此叶黄素在美国市场上十分畅销,目前,已形成年产值超过4 500万美元的万寿菊产业。20世纪80年代中期,西方医学研究人员发现,万寿菊叶黄素是一种性能优异的抗氧化剂,将一定量的叶黄素加入到食品中,可防止人体因器官衰老引起的一系列疾病,如老年性眼视网膜黄斑退化引起的视力下降与失明、预防细胞衰老和肌体(器官)衰老、防止心血管疾病、冠心病和肿瘤疾病。人的眼视网膜黄斑中富集着大量的叶黄素,有助于滤掉对眼睛有破坏性的蓝光和防止自由基破坏眼睛内部的精细结构。

## 3 问题与展望

### 3.1 色素万寿菊发展存在的问题

由于色素万寿菊产品的经济价值、龙头企业的带动以及政府的重视,万寿菊的种植面积正在逐年扩大,但是万寿菊生产中还存在许多问题亟需解决:色素万寿菊品种虽然已经在国内有培育,但主要依靠从进口,培育具有自主知识产权的品种是色素万寿菊持续发展的基础与需求;从植物中开发出安全可靠的食用色素,不仅可能,而且潜力很大。由于色素万寿菊富含叶黄素,但是用来提取叶黄素的专用品种却很少;万寿菊具有杀虫、抑菌、杀螨的功效,但其杀虫、抑菌、杀螨的有效成分还未确定,仍需要做进一步的研究。

### 3.2 色素万寿菊发展的前景与展望

色素万寿菊是提取纯天然黄色素的主要原料。天然黄色素是纯绿色产品,不含任何有害物质,是工业生产中最理想的色素,必然成为人工合成色素的替代品。目前,我国生产的叶黄素远销美国、墨西哥和新加坡等国家,仅有一小部分供国内工农业生产需要,国内市场缺口很大。有关资料表明,国内天然叶黄素市场需求应

在 10 万 t 以上, 而实际产量不足 6 000 t, 尤其是生产天然叶黄素的中间体万寿菊颗粒更是需求旺盛。随着科学技术水平的不断提高, 国际组织和世界各国相继开发“无公害”绿色天然植物产品, 追求天然、保护健康已成时尚。天然黄色素作为一种重要化工色素, 越来越被各国知名企业看好, 国际许多食品、医药大企业纷纷向发展中国家大量进口天然叶黄素, 以满足企业生产需要。国际市场上天然叶黄素十分热销, 全球天然叶黄素缺口在 100 万 t 以上。万寿菊颗粒也呈现出供不应求的趋势。随着经济一体化和经济全球化的到来, 特别是中国加入 WTO 后, 中国市场将成为国际市场的一部分, 更有利于产品向国际市场销售, 国际市场十分广阔。

参考文献

[ 1] 北京林业大学园林系花卉教研组. 花卉学[ M]. 北京: 中国林业出版社, 2000.

[ 2] 张继冲, 续九如, 李福荣. 万寿菊的研究进展[ J]. 西南园艺, 2005, 33: 17-20.

[ 3] 给春华, 黄前晶, 孟桂兰. 色素万寿菊及其深加工产品国内外研究生产现状[ J]. 内蒙古农业科技, 2006(2): 65-67.

[ 4] 芦新友, 侯飞, 陈国毅. 色素万寿菊高产栽培技术[ J]. 农村科技, 2005(6): 36-37.

[ 5] 周叶林. 提色素用万寿菊品种筛选和种植技术的研究[ J]. 浙江林业科技, 2002, 22: 53-56.

[ 6] 薛龙, 王永平, 何新春. 墨西哥万寿菊引种试验初报[ J]. 甘肃农业科技, 1998(11): 29-30.

[ 7] 刘凤君, 吴林风, 孙红梅. 沈阳地区引种栽培万寿菊的发展前景[ J]. 沈阳农业大学学报(社会科学版), 2006, 8(2): 283-285.

[ 8] 林淦, 周建平. 快速离体培养万寿菊植株叶片组织[ J]. 江西农业学报, 2006, 18(3): 92-93.

[ 9] 王成玉, 孟宪武, 郭玉刚. 色素万寿菊产量影响因素分析及高产栽培措施探讨[ J]. 农业科技与装备, 2008, 187: 1-2.

[ 10] 王晓琴, 李彦. 色素万寿菊主要病虫害及防治[ J]. 温室栽培, 2005(6): 26.

[ 11] 曾丽, 周叶林, 陈光甫. 万寿菊提取叶黄素专用品种筛选及配套技术研究[ J]. 上海交通大学学报, 2002, 20: 145-149, 165.

[ 12] 刘振廷. 色素万寿菊两系杂交制种方法[ P]. 中华人民共和国国家知识产权局发明专利申请公开说明, 2006, 200610059056. X.

[ 13] 赵景云, 王平, 吴志刚. 色素万寿菊主要数量性状的配合力分析[ J]. 园林花卉, 2007(8): 114-115.

[ 14] 张西西, 徐进, 王涛. 等. 万寿菊杂交一代遗传多态性的 SRAP 标记分析[ J]. 园艺学报, 2008, 35(8): 1221-1226.

[ 15] 孙伯筠, 李富荣, 张荷亮. 等. 万寿菊 F<sub>1</sub> 杂交选育的研究[ J]. 华北农学报, 2005, 20(专辑): 44-46.

[ 16] 李福荣, 张继冲, 续九如. 等. 万寿菊×孔雀草杂交育种及杂种不育性的研究[ J]. 内蒙古农业大学学报, 2005, 26: 51-54.

[ 17] 田海燕, 王平, 沈向群. 等. 万寿菊 W205 雄性不育两用系的遗传及植物学特征研究[ J]. 北方园艺, 2007(2): 105-107.

[ 18] 梁顺祥, 唐道城, 郭京. 等. 万寿菊雄性不育品系 POD 同工酶及主要观赏性状的研究[ J]. 北方园艺, 2007(5): 201-20.

[ 19] 何燕红, 齐迎春, 张俊卫. 等. 万寿菊与孔雀草种间杂交培育三倍体杂种一代的研究[ Q]. 中国园艺学会十届二次理事会暨学术研讨会论文摘要集, 2007.

[ 20] 张永强, 刘锦荣, 高文学. 色素万寿菊杂交育种后代的性状表现[ J]. 中国种业, 2008(7): 47-48.

[ 21] 汪殿蓓, 陈芬芬. 万寿菊叶黄素开发利用研究进展[ J]. 北方园艺, 2007(1): 44-46.

[ 22] 李大婧, 刘春泉. 万寿菊叶黄素的提取及分析方法研究进展[ J]. 食品科学, 2005, 26: 582-587.

[ 23] 李大婧, 刘春泉, 方桂珍. 不同品系万寿菊花中叶黄素和叶黄素酯含量的测定[ J]. 林产化学与工业, 2007, 27: 105-109.

[ 24] Yadav L P, Bose T K. Influence of planting time and plant density on growth, flowering and seed yield in marigold[ J]. Bangladesh Horticulture, 1988, 16(1): 17221.

[ 25] Mohanty C R, Behera T K, Samantaray D. Effect of planting time and density on growth and flowering in African marigold[ J]. Journal of Ornamental Horticulture, 1993, 1(2): 55260.

[ 26] Chanda S, Roychoudhury N. The effect of time of planting and spacing on growth, flowering and African marigold[ J]. Horticultural Journal, 1991, 4(2): 53256.

[ 27] Piccaglia R, Marotti M, Grandi S. Lutein and lutein ester content in different types of *Tagetes patula* and *T. erecta*[ J]. Industrial Crops and Products, 1998, 8: 45-51.

[ 28] Kessler J R, 王丽勉. 万寿菊的温室规模化生产[ J]. 中国花卉园艺, 2006(6): 29-31.

[ 29] Alma A, Del Villar-Martínez A, Pedro A, Garcillán Saucedo A, Alfonso Carabez-Trejo, et al. Carotenogenic gene expression and ultrastructural changes during development in marigold[ J]. Journal of Plant Physiology, 2005, 162: 1046-1056.

[ 30] Vanegas P E, Valdez-Morales M, Valverde M E, et al. Particle bombardment, a method for gene transfer in marigold[ J]. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 2006, 84: 359-363.

[ 31] Godoy-Hernández G, Berzunza E A, Concha L C, et al. Agrobacterium-mediated transient transformation of marigold (*Tagetes erecta*) [ J]. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 2006, 84: 365-368.

[ 32] Moehs C P, Li Tian, Osteryoung K W, et al. Analysis of carotenoid biosynthetic gene expression during marigold petal development[ J]. Plant Molecular Biology, 2001, 45: 281-293.

Research Status and Development Prospects on Marigold

LI Na, WANG Ping, WU Zhigang, ZHAO Jingyun, ZHANG Yujing  
(Flower Institute, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang, Liaoning 110161)

**Abstract:** In this study, pigment marigold research status and problems were reviewed from breeding, cultivation and xanthophyll extraction, and comments on the future development of pigment marigold.

**Key words:** marigold; research status; development prospects