

徐君,李欣,江君,等. 不同花色荷花色素成分及稳定性分析[J]. 江苏农业科学,2016,44(2):331-335.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.02.097

不同花色荷花色素成分及稳定性分析

徐君,李欣,江君,李静会,姜红卫

(江苏太湖地区农业科学研究所,江苏苏州 215155)

摘要:为分析荷花花色形成机理,以不同类型的14个荷花品种花瓣为材料,进行花色表型测定、花色成分分析及花色苷稳定性鉴定。结果表明:荷花花色素的主要成分为类黄酮物质,包括黄酮、黄酮醇、二氢黄酮醇等,不含类胡萝卜素;红莲型和粉莲型荷花花色素含有花色苷类物质;复色莲型荷花含有微量的花色苷类物质,可能分布在花瓣尖部。花色苷稳定性试验显示,温度不超过50℃,花色苷含量不随温度升高而降低,而低pH值有利于荷花花色苷的稳定。本研究为阐明荷花花色形成的机理、利用基因工程培育新花色品种等提供了理论基础。

关键词:荷花;花色素;类黄酮;花色苷;稳定性

中图分类号:TS201.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2016)02-0331-04

植物花色是由内外多种因子协同作用的结果,但在本质上是由某些特定色素在花瓣细胞中特定表达决定的。色素的种类、含量、结构、组合及分布最终决定了花色的变化^[1]。自然界中,植物花色素包含了类胡萝卜素、类黄酮和生物碱3大类^[2],现阶段对不同花色的花色素机理研究主要集中于类胡萝卜素和类黄酮^[3-5]。类胡萝卜素包括胡萝卜素和叶黄素,赋予植物花瓣黄色或橙色^[6]。类黄酮可分为黄酮、黄酮醇、黄酮酮、异黄酮、黄烷醇及花色苷等6类^[7],其中黄酮、黄酮醇的颜色表达从象牙白色至浅黄色,而花色苷则控制着花瓣的红色、紫色和蓝色^[8]。

荷花(*Nelumbo nucifera*)为睡莲科莲属多年生草本水生花卉,其花色花型多样,王其超在《中国荷花志》中按照Wnscher's花卉色谱描述,将荷花分为红莲型、粉莲型、黄莲型、白莲型、复色莲型等5类^[9]。对于植物中类黄酮及花色苷的生物合成途径虽已有详细研究^[10],但荷花花色的形成是一个复杂的过程,在不同气候、不同发育时期甚至于同一植株不同花,花瓣颜色都可能存在差异,因此研究荷花花瓣色素的生化机理对于研究花色具有重要意义。目前对荷花花色形成机理研究并不多,仅对类黄酮化合物的含量及分析有一些报道:徐双双等从药理学角度,采用加速溶剂萃取-高效液相色谱法联用技术分析了7个荷花品种花瓣样品中5种类黄酮化合物的具体含量^[10];邓娇等采用高压液相色谱-二极管阵列光谱检测/电喷雾离子化质谱(HPLC-DAD/ESI-MS)串联技术分析了108个荷花材料的花瓣中类黄酮的成分及含量,结果显示红色与花青素含量密切相关,而黄色与黄酮及黄酮醇的含量相关^[11]。本研究以搜集的不同类型的14个荷花品种为材料,通过对花色表型测定、色素定性分析的研究,同时

探讨不同生理条件下荷花花色苷的稳定性,有助于全面、有效地探索荷花花色形成、表达的生化机理,为利用基因工程技术开展荷花花色相关基因的分离与功能分析研究,进而调控改变花色、培育新花色品种、提高荷花观赏品质提供重要技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

试供材料于2014年5—9月陆续收集自苏州市农业科学院观赏荷花资源圃,共14个品种(系),其中黄莲型3个、白莲型2个、粉莲型4个、红莲型2个和复色莲型3个。具体品种、花特征及种源见表1。

1.2 试验方法

1.2.1 荷花花色测定方法 在荷花盛开状态下,每个品种随机选3个单株。取花瓣中心部,用色差仪(NF333型,C/2°光源)测定CIE $L^* a^* b^*$ 表色系统下的明度 L^* 值、色相 a^* 值和 b^* 值,计算各品种平均值,并使用SPSS绘制三维散点图观察不同荷花品种花瓣色分布。

1.2.2 材料采集与处理 将上述花瓣材料采摘后装入牛皮纸信封中,在60℃下烘干24h至恒质量。用研钵研成粉末,按品种分装入自封袋密闭后在常温下保存,备用^[13]。

1.2.3 不同花色型荷花品种花色素提取及初步定性方法 称取荷花花瓣粉末0.1g左右,每个品种3份,分别放入具塞试管,每个品种3个试管中分别加入石油醚、10%盐酸、30%氨水各5mL,观察试管中颜色的变化,并进行记录^[1]。

1.2.4 不同花色型荷花品种类黄酮显色反应方法 精确称取各荷花品种花瓣粉末0.1g,放入具塞试管中,加入15mL 1%的盐酸甲醇溶液,黑暗条件下提取24h,用定性滤纸过滤后,定容至25mL。分别取2mL提取液,进行以下4类9项显色反应^[14-15]:(1)还原显色反应:浓盐酸-镁粉反应、浓盐酸-锌粉反应、四氢硼钠反应;(2)金属盐类络合反应:醋酸铅反应、三氯化铁反应、三氯化铝反应、氨性氯化锶反应;(3)碱性试剂反应;(4)硼酸反应。

1.2.5 不同花色型荷花品种花色素紫外-可见光谱测定 编

收稿日期:2015-03-19

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号: CX(13)3018];江苏省林业三新工程(编号:lyss[2013]35)。

作者简介:徐君(1982—),男,江苏苏州人,硕士研究生,主要研究地方特色资源收集与评价工作。E-mail: flyforever007@163.com。

通信作者:姜红卫。E-mail: sacjhw@163.com。

表1 试供荷花品种

编号	种名	特征	种源
1	锦衣卫	黄莲型、少瓣、中小株型	江苏太湖地区农业科学研究所选育
2	黄仙子	黄莲型、重瓣、中小株型	引自南京艺莲苑
3	美洲黄莲	黄莲型、少瓣、大株型	引自美国
4	白衣战士	白莲型、少瓣、中小株型	引自武汉东湖风景区
5	N8	白莲型、重瓣、中小株型	江苏太湖地区农业科学研究所选育新材料
6	碧水芙蓉	粉莲型、重瓣、大株型	引自建宁县莲科所、籽莲
7	首领	粉莲型、重瓣、中小株型	引自南京艺莲苑
8	太空莲 36	粉莲型、少瓣、大株型	引自建宁县莲科所、籽莲
9	星空牡丹	粉莲型、重瓣、大株型	引自建宁县莲科所、籽莲
10	苏绣	红莲型、重瓣、大株型	江苏太湖地区农业科学研究所选育
11	N11	红莲型、重瓣、中小株型	江苏太湖地区农业科学研究所选育新材料
12	锦霞	复色莲型、重瓣、中小株型	引自南京艺莲苑
13	N6	复色莲型、重瓣、中小株型	江苏太湖地区农业科学研究所选育新材料
14	N9	复色莲型、重瓣、中小株型	江苏太湖地区农业科学研究所选育新材料

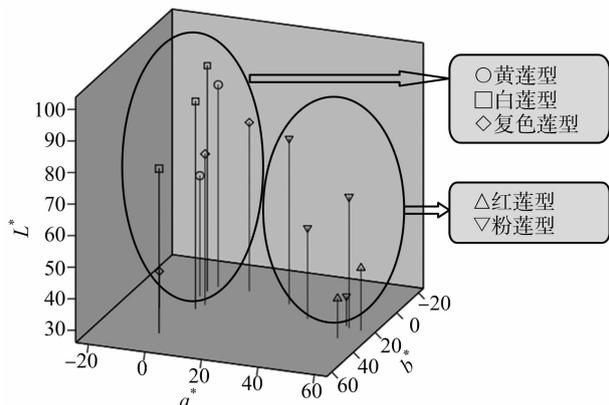
号3(黄莲型)、编号4(白莲型)、编号7(粉莲型)、编号10(红莲型)、编号12(复色莲型)5个品种,精确称取“1.2.2”节中各荷花品种花瓣粉末0.1 g,加1%盐酸化甲醇溶液20 mL于具塞试管中,混匀后在常温下避光提取24 h。提取液定性滤纸过滤后,使用UV-2450型(SHIMAOZU)紫外-可见分光光度计在200~800 nm光谱范围内扫描^[16]。

1.2.6 荷花花色苷稳定性检验 编号7(粉莲型)、编号10(红莲型)、编号12(复色莲型)3个品种,取“1.2.5”节对应品种的1%盐酸甲醇提取液,分别进行2个处理:(1)每品种取4份,分别置20、30、40、50℃下保存180 min;(2)每品种取8份,分别调溶剂pH值至1、2、3、4、5、6、7、8,保存180 min。采用UV-2450型(SHIMAOZU)在530 nm处测定吸光度,重复3次。所得到的数据采用SPSS^[16]进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同荷花品种花色测定结果

根据不同荷花品种花瓣CIE L^* 、 a^* 、 b^* 数值绘制三维散点图(图1),不同类型荷花品种花瓣的颜色在CIE L^* 、 a^* 、 b^* 三维坐标上的分布不同,其中粉莲型与红莲型分布相近,由于测定点在花瓣中心部,复色莲花瓣颜色分布为基部、中部偏白色、尖部为近紫红色,因此CIE L^* 、 a^* 、 b^* 测试白莲型、黄莲型与复色莲型分布相近。各类型荷花花瓣色CIE L^* 、 a^* 、 b^* 数值分布范围(表2)。

图1 不同荷花品种花瓣色在CIE $L^*a^*b^*$ 三维坐标上的分布表2 不同荷花品种花瓣色系 CIE L^* 、 a^* 、 b^* 值的范围

类型	L^*	a^*	b^*
黄莲型	78.12~97.46	-2.07~0.93	45.93~3.33
白莲型	64.24~90.01	-1.94~0.51	-1.87~8.71
粉莲型	35.45~78.45	28.23~54.81	4.97~18.93
红莲型	38.56~45.80	54.68~58.32	19.68~29.19
复色莲型	73.85~79.48	2.58~11.58	-1.70~15.69

2.2 不同花色型荷花品种花色色素初步定性分析

石油醚、10% HCl 及氨水显色反应结果见表3。在石油醚反应中,不同花色荷花品种花瓣均显示无色,说明所选品种花瓣中不含类胡萝卜素。氨水反应中,各荷花品种均不表现橙色或者红色,说明荷花花瓣色素不含类黄酮(橙酮)类,而所有品种花瓣均显示黄色至深绿色,说明所有品种均含有类黄酮物质,而不同品种、不同花色间类黄酮物质含量不同。黄莲型、白莲型荷花品种10% HCl 显色反应均显示无色,而所有粉莲型、红莲型、复色莲型显色反应均显示淡粉至粉色,说明黄莲型、白莲型荷花花瓣不含花色苷,而红莲型、粉莲型、复色莲型均含有花色苷,但不同花色间花色苷含量不同,其中复色莲型显色反应粉色显示极微弱,分析可能是由于复色莲花瓣仅尖部显紫红色部位含有花色苷,花色苷含量较少。

表3 不同荷花品种花瓣花色色素类型测试结果

编号	石油醚	氨水	盐酸	编号	石油醚	氨水	盐酸
1	无色	黄色	无色	8	无色	绿色	粉色
2	无色	黄色	无色	9	无色	绿色	淡粉色
3	无色	黄色	无色	10	无色	深绿色	粉色
4	无色	黄色	无色	11	无色	绿色	粉色
5	无色	黄色	无色	12	无色	黄绿色	淡粉色
6	无色	黄色	粉色	13	无色	黄绿色	淡粉色
7	无色	绿色	淡粉色	14	无色	黄绿色	淡粉色

2.3 不同花色型荷花品种类黄酮显色结果

2.3.1 还原显色反应 在浓盐酸-镁粉及浓盐酸-锌粉反应中,所有荷花品种均显示不同深度的紫红色,说明荷花花瓣可能含有黄酮、黄酮醇、二氢黄酮或二氢黄酮醇类物质。结合四氢硼钠显色反应,黄仙子、锦衣卫、美洲黄莲、N6 无紫色或紫红色产生,说明这4个品种花瓣不含有二氢黄酮或二氢黄

酮醇类物质,其类黄酮化合物为黄酮或黄酮醇类物质(表4)。

2.3.2 金属盐类络合反应 在醋酸铅反应中,所有荷花品种均产生白色沉淀,说明荷花花瓣可能含有邻二酚羟基或兼有4-酮基和3-羟基或4-酮基和5-羟基结构化合物。结合三氯化铁显色反应中,黄仙子、N6呈现黄绿色,其余品种则呈现不同程度的黄色,说明黄仙子和N6中具有酚羟基,其余品种含有C3位连接羟基的类黄酮化合物。三氯化铝显色反应中锦衣卫、黄仙子、美洲黄莲、白衣战士、N8、碧水芙蓉、星空牡丹、苏绣、锦霞N6及N9均表现出不同程度的黄色,说明其

花色素属于黄酮醇类。氯化锶显色反应中,所有荷花品种花瓣提取液均产生黄色沉淀,说明荷花花色素可能具备邻二酚羟基结构的黄酮类化合物(表4)。

2.3.3 碱性试剂反应 所有荷花花瓣色素碱性试剂反应均显示不同程度的黄色,证实其花色色素可能为C3位有游离羟基的黄酮醇类或二氢黄酮类化合物。碱性试剂反应无橙色发生,进一步说明荷花花瓣色素不含有橙酮类物质(表4)。

2.3.4 硼酸反应 所有荷花品种无亮黄色发生,说明荷花花瓣色素不含有5-羟基黄酮及2-羟基查尔酮(表4)。

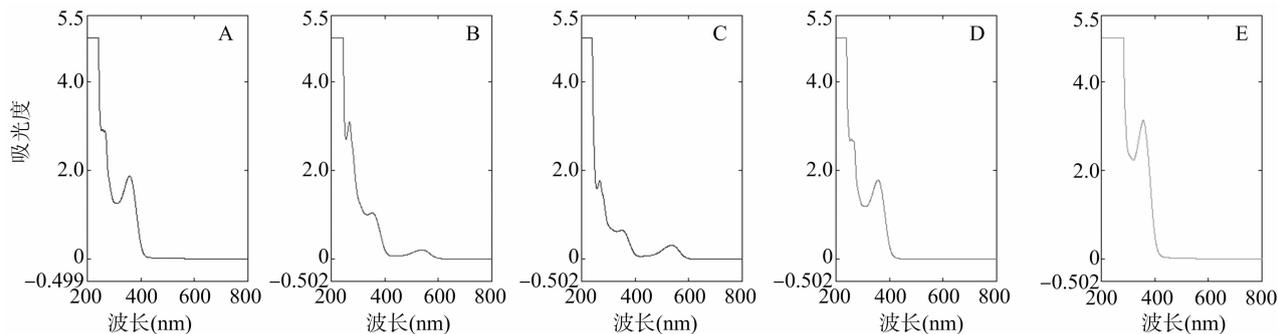
表4 不同荷花品种类黄酮显色反应结果

编号	还原显色反应			金属盐络合反应				碱性试剂		硼酸
	HCl-Mg	HCl-Zn	NaBH ₄	Pb(CH ₃ COO) ₂	FeCl ₃	AlCl ₃	SrCl ₂	密封	通气	
1	淡紫红色	微紫红色	淡黄色	白色沉淀	黄色	淡黄色	黄色沉淀	淡黄色	棕色	淡粉红色
2	紫红色	淡紫红色	淡黄色	白色沉淀	黄绿色	淡黄色	黄色沉淀	黄色	棕色	微粉红色
3	淡紫红色	微紫红色	淡黄色	白色沉淀	黄色	淡黄色	黄色沉淀	淡黄色	棕色	淡粉红色
4	淡紫红色	微紫红色	微粉红色	白色沉淀	黄色	淡黄色	黄色沉淀	黄色	棕色	淡粉红色
5	淡紫红色	淡紫红色	微粉红色	白色沉淀	黄色	淡黄色	黄色沉淀	淡黄色	棕色	淡粉红色
6	紫红色	淡紫红色	微粉红色	白色沉淀	黄色	黄色	黄色沉淀	淡黄色	棕色	微粉红色
7	紫红色	淡紫红色	微粉红色	白色沉淀	黄色	淡粉色	黄色沉淀	淡黄色	棕色	淡粉红色
8	紫红色	淡紫红色	微粉红色	白色沉淀	黄色	橙色	黄色沉淀	淡黄色	棕色	微粉红色
9	淡紫红色	淡紫红色	微粉红色	白色沉淀	黄色	淡黄色	黄色沉淀	淡黄色	棕色	微粉红色
10	紫红色	淡紫红色	淡粉红色	白色沉淀	黄色	淡黄色	黄色沉淀	淡黄色	棕色	淡粉红色
11	深紫红色	紫红色	粉红色	白色沉淀	黄色	粉色	黄色沉淀	黄色	棕色	淡粉红色
12	紫红色	淡紫红色	微粉红色	白色沉淀	黄色	淡黄色	黄色沉淀	黄色	棕色	淡粉红色
13	紫红色	淡紫红色	淡黄色	白色沉淀	黄绿色	黄绿色	黄色沉淀	黄色	棕色	淡粉红色
14	紫红色	淡紫红色	淡黄色	白色沉淀	黄绿色	黄绿色	黄色沉淀	黄色	棕色	淡粉红色

2.4 不同花色型荷花品种花色素紫外-可见光谱结果分析

选用200~800 nm区间对5个荷花品种的花瓣盐酸甲醇提取液进行波长扫描,结果见图2。5个品种在330 nm处均出现显著吸收波峰,红莲品种苏绣、粉莲品种首领、白莲品种白衣战士在295 nm也出现显著吸收峰,而黄莲品种黄仙子、复色莲品种锦霞在295 nm处的吸收峰则不明显,但有波动,进一步说明荷花花瓣中含有不同量的黄酮、二氢黄酮、黄酮醇

或二氢黄酮醇等类黄酮物质。红莲品种苏绣、粉莲品种首领在520 nm处有显著吸收峰,复色莲品种锦霞吸收峰则不明显,但有微量波动,说明红莲型荷花、粉莲型荷花花瓣含有花色苷物质,而复色莲品种锦霞的花色苷物质含量微少,分析原因可能是由于其花瓣仅尖部含有花色苷,总体含量较少。而白莲品种白衣战士、黄莲品种黄仙子则无吸收峰,说明不含有花色苷物质。



A—锦霞; B—首领; C—苏绣; D—白衣战士; E—黄仙子

图2 5个荷花品种花瓣色素紫外-可见光谱

2.5 荷花花色苷稳定性分析

2.4.1 温度对荷花花色苷稳定性的影响 由图3可知,所有品种花瓣色素在温度上升时,都有吸光度上升的趋势,实际情况中,高温处理后花色苷提取液颜色有显著加深。说明在本试验条件下(50℃以内),荷花花色苷没有降解趋势。从方差分析结果(表5)看出,3个花色间花色苷含量、不同温度处理后花色苷含量、品种×温度互作水平均达到极显著差异

水平($P < 0.01$)。

2.4.2 pH值对荷花花色苷稳定性的影响 pH值 ≥ 7 时,花色苷提取液红色消失,并有絮状沉淀产生。计算pH值 ≤ 6 时,各品种在不同pH值条件下保存后530 nm处吸光度差异,从方差分析结果(表6)可知,酸性条件下不同值对花色苷稳定性无显著差异,由图4看出所有品种花瓣色素在pH值降低即酸度上升时,都有吸光度上升的趋势。

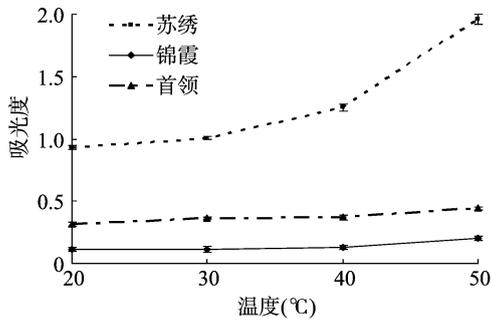


图3 温度对花色苷含量的影响

表5 不同温度条件下花瓣花色苷含量的方差分析

变异来源	自由度	F
品系间(V)	2	11 088.73 **
温度间(T)	3	787.34 **
品系 × 温度(V × T)	6	664.05 **

注: *表示差异显著($P < 0.05$), **表示差异极显著($P < 0.01$),下同。

表6 不同pH值下花瓣花色苷含量的方差分析

变异来源	自由度	F
品系间V	2	168.35 **
pH值	5	0.97
品系 × pH	10	1.73

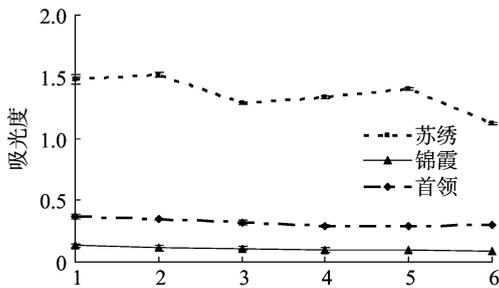


图4 pH值对花色苷含量的影响

3 结论与讨论

3.1 荷花花瓣色素成分分析

类黄酮分子在紫外可见光谱中会出现2个相应的特征吸收区域, $\lambda = 300 \sim 400 \text{ nm}$ 和 $\lambda = 220 \sim 290 \text{ nm}$ 处^[16]。本研究中不同颜色品种花瓣色素的1%盐酸甲醇溶液在紫外光范围内的最大吸收波长分别在290 nm和330 nm附近,因此不同花色型荷花花瓣色素中均含有类黄酮化合物,氨水定性显色结果与此相同。花色苷最大吸收波长一般在 $\lambda = 500 \sim 540 \text{ nm}$ 处^[16]。红莲型品种苏绣和粉莲型品种首先在光谱扫描530 nm附近的可见光范围内有最大吸收波长,表示其花瓣之所以呈红色可能是由于其花瓣色素中含有花色苷类物质,10% HCl 特征显色反应的结果亦与此相同。

显色反应还显示,荷花花瓣中不含有类胡萝卜素及橙酮类化合物。综合以上结果,可以推测,黄莲型、白莲型荷花花瓣色主要由黄色或无色的黄酮、黄酮醇、二氢黄酮及二氢黄酮醇类化合物决定,特征显色反应显示不同色型荷花品种之间类黄酮化合物组成并不完全相同,因此化合物种类、含量与分

布决定了黄色或偏白色的花色表现。红莲型、粉莲型、复色莲型荷花花瓣色主要由黄酮类和花色苷类化合物共同决定。目前发现的花色苷中只有矢车菊素(花青素)和芍药色素(甲基花青素)呈紫红色^[17]。因此推测红莲型、粉莲型荷花花瓣及复色莲型荷花花瓣尖部的红色色素为花青素、芍药色素、花青素苷、芍药色素苷的1种或几种的组合。

3.2 荷花花色苷的稳定性

作为红莲型、粉莲型、复色莲型荷花花瓣色素的重要组成部分,花色苷是不稳定的一类化合物,其表达受到光照、温度、pH值、氧化还原物及各种金属离子等因素的影响^[18-19]。荷花盛开季节为7—10月,正值高温,且荷花为露天开放,因此研究高温下温度变化对荷花花瓣中花色苷稳定性影响有重要的现实意义。本研究发现,在一定温度范围内,花色苷含量并没有随着温度的提高而减少。有研究显示,花色苷在溶剂中处于动态平衡的状态,吸热反应导致花色苷形成无色的假碱或查尔酮形态^[20],本研究中随着温度上升,花色苷提取液颜色变深、吸光度提高,说明温度不超过50℃,花色苷提取液平衡未达到向假碱或查尔酮形态转化的条件。荷花在夏季盛开时,在高温下一般花色更为艳丽,且不会褪色,可能与荷花花色苷此特性有关。本研究还对不同pH值条件下花色苷稳定性进行了试验,酸性条件下花色苷比较稳定,但各品种花色苷在pH值降低即酸度上升时,都有吸光度上升的趋势,分析可能是酸性条件下,当pH值为3.0~6.0时,花色苷有利于以无色的甲醇假碱和查尔酮假碱的形式存在^[21],因此当荷花细胞介质中酸度增加时,花色更为艳丽。

3.3 展望

本研究通过特征显色、紫外-可见光谱扫描等分析方法,初步明确不同类型荷花品种花瓣色素中的部分组分,有助于阐明荷花花色表现的化学基础,为丰富花色提供科学的理论依据。今后的研究中,可通过红外光谱以及核磁共振等方法详细明确花瓣色素的结构信息,进而精确了解不同颜色品种花瓣色素中组分的差异,结合不同花色、不同器官及花发育过程中花色苷合成相关基因的表达情况,明确荷花花瓣的着色机理。此外,根据不同因子条件下荷花花色苷稳定性差异,可进一步对荷花花瓣中花色苷积累及分布开展分子研究分析,以期达到调控荷花花色表达的目的,并利于于开发更多不同类型花色的观赏荷花。

参考文献:

- [1] 安田齐. 花色的生理生物化学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1989: 15-54.
- [2] Tanaka Y, Tsudas S, Kusumi T. Metabolic engineering to modify flower color[J]. Plant Cell Physiol, 1998, 39: 1119-1126.
- [3] 何炎森, 杨碧云, 李科, 等. 多花水仙花期类胡萝卜素物质和类黄酮物质的含量变化[J]. 热带作物学报, 2013, 34(3): 504-510.
- [4] 李崇晖, 任羽, 黄素荣, 等. 蝴蝶石斛兰花色表现及类黄酮成分分析[J]. 园艺学报, 2013, 40(1): 107-116.
- [5] 夏婷, 耿兴敏, 罗凤霞. 不同花色野生百合色素成分分析[J]. 东北林业大学学报, 2013, 41(5): 109-113, 166.
- [6] 陶俊, 张上隆. 园艺植物类胡萝卜素的代谢及其调节[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2003, 29(5): 585-590.

赵敏,陈翠果,梁伟玲,等. 环保型保鲜剂对非洲菊切花生理特性的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(2):335-337.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.02.098

环保型保鲜剂对非洲菊切花生理特性的影响

赵敏¹, 陈翠果², 梁伟玲², 刘艳芬², 陈红俊¹

(1. 河北工程大学建筑学院, 河北邯郸 056038; 2. 河北工程大学农学院, 河北邯郸 056021)

摘要:以非洲菊切花为试验材料,用由蔗糖(S)、8-羟基喹啉(8-HQ)、柠檬酸(CA)、硫代硫酸银(STS)、没食子酸丙酯(PG)等配制的不同保鲜剂对非洲菊切花进行处理,通过对外部形态和衰老过程中生理指标的测定,探讨了保鲜剂对非洲菊切花的保鲜效果。结果表明,2种保鲜剂均能显著促进花枝吸水,改善体内水分状况,增加切花鲜质量和花径,延长切花盛花期,延缓质膜降解,降低MDA含量,瓶插寿命比CK延长6.84~7.42 d,保鲜效果显著,其中保鲜剂I(2% S+200 mg/L 8-HQ+150 mg/L CA+0.5 mmol/L PG)为环保型保鲜剂,应用前景广阔。

关键词:非洲菊;切花;保鲜;环保型保鲜剂

中图分类号: S682.1⁺10.9⁺3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)02-0335-03

非洲菊(*Gerbera jamesonii*)为菊科宿根多年生草本花卉。头状花序,花色艳丽,花姿独特,是花篮和艺术插花的理想材料,是鲜切花卉生产中重要的花卉。但其花茎木质化程度低,花序大而重,在采后贮运和瓶插过程中易出现花头下垂、花茎弯曲等现象,从而降低了观赏价值和瓶插寿命^[1]。因此,如何延长非洲菊鲜切花瓶插寿命、保持较长的观赏期已成为迫切需要解决的问题。

鲜切花在瓶插期间,由于受到水分胁迫的影响、保护酶活性下降、消除自由基的减弱,导致自由基大量产生。陈晨甜等认为,非洲菊在瓶插期间对外源活性氧的效应大于乙烯,适宜

浓度的活性氧清除剂能缓解对非洲菊呼吸的抑制,延缓非洲菊衰老^[2]。没食子酸丙酯(propyl gallate, PG)属多酚化合物,是天然产物没食子酸(3,4,5-三羟基苯甲酸)的重要衍生物,可从多种植物中提取获得,具有显著的消除自由基能力,是一类公认的安全性较高的食品抗氧化剂,被广泛应用于食品、化妆品、医药制剂中^[3-4],PG对果蔬有保鲜作用^[5],但在鲜切花保鲜方面鲜有报道。本研究从无毒、安全和环保的角度出发,选用没食子酸丙酯与蔗糖、八羟基喹啉、柠檬酸组合,旨在探讨含有没食子酸丙酯(无银)的保鲜液对非洲菊切花的保鲜效果与生理特性的影响,为非洲菊保鲜技术和采后贮藏提供理论依据。

1 材料与方法

供试非洲菊切花为黄色“黄金海岸”,挑选花茎挺拔,开放程度基本一致的切花,外轮舌状花完全开放,管状花1~2

收稿日期:2015-02-17

基金项目:河北省邯郸市科学技术研究与发展项目(编号:1322101066-3)。

作者简介:赵敏(1968—),女,河北保定人,教授,从事切花保鲜方面的教学与科研工作。E-mail:hbghcdxzm@163.com。

[7] Taylor L P, Grotewold E. Flavonoids as developmental regulators[J]. *Current Opinion in Plant Biology*, 2005, 8(3): 317-323.

[8] Harborne J B, Williams C A. Anthocyanins and other flavonoids[J]. *Natural Product Reports*, 1998, 15(6): 631-652.

[9] 王其超, 张行言. 中国荷花品种图志[M]. 北京: 中国林业出版社, 2005: 7-9.

[10] 冯欢, 易姝利, 左佳琦, 等. 基因工程及花色素合成途径在花色素改良中的研究进展[J]. *基因组学与应用生物学*, 2014, 33(2): 445-451.

[11] Xu S S, Duan W J, Fang L et al. Isolation and characterization of chemical constituents from the petals of *Nelumbo nucifera*[J]. *Asian Journal of Chemistry*, 2012, 24: 10-18.

[12] Deng J, Chen S, Yin X, et al. Systematic qualitative and quantitative assessment of anthocyanins, flavones and flavonols in the petals of 108 lotus (*Nelumbo nucifera*) cultivars[J]. *Food Chemistry*, 2013, 139(1/2/3/4): 307-312.

[13] 裴仁济, 陈小强, 孙宁, 等. 不同花色品种非洲紫罗兰花色素成分初步分析[J]. *天津农学院学报*, 2011, 18(1): 1-4.

[14] 马卡姆 K. 黄酮类化合物结构鉴定技术[M]. 北京: 科学出版

社, 1990: 42-58.

[15] Harborne J B. 黄酮类化合物[M]. 北京: 科学出版社, 1983: 62-63.

[16] 高锦明. 植物化学[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 167-170.

[17] Dooner H K, Robbins T P, Jorgensen R A. Genetic and developmental control of anthocyanin biosynthesis[J]. *Annual Review of Genetics*, 1991, 25: 173-199.

[18] Stephens L C W J, Krell S L. Flower color inheritance in inherited progenies of *Impatiens* inter specific hybrids[J]. *J Heredity*, 1988, 79(2): 136-137.

[19] Tomas-Barberan F A, Robins R J. Phytochemistry of fruits and vegetables[M]. Oxford: Clarendon Press, 1997: 47.

[20] Sadilova E, Stintzing F C, Carle R. Thermal degradation of acylated and nonacylated anthocyanins[J]. *Journal of Food Science*, 2006, 71(8): C504-C512.

[21] Torskangerpoll K, Andersen O M. Colour stability of anthocyanins in aqueous solutions at various pH values[J]. *Food Chemistry*, 2005, 89: 427-440.