

凤仙花属不同花色株系间色素及营养物质含量的差异性研究

张永福^{1,2}, 吕金富³, 韩丽^{1,2}, 任禔^{1,2}, 莫丽玲^{1,2}, 吕晶^{1,2}

(1. 昆明学院 农学院, 云南 昆明 650214; 2. 云南省高校都市型现代农业工程研究中心, 云南 昆明 650214;

3. 云南省会泽县五星乡农业综合服务中心, 云南 会泽 654202)

摘要:以凤仙花的9种花色株系为试材,通过盆栽试验,测定花瓣、叶片和茎干的色素物质、非结构性碳水化合物及可滴定酸含量,并进行了相关性分析。结果表明:花瓣越红,花青苷含量越高,且差异显著;橙色、浅红和白色花瓣的类黄酮和总酚的含量显著低于深红色系花瓣;粉红、浅红和紫红色花瓣类胡萝卜素含量显著高于其它色系花瓣;但紫色花瓣中花青苷含量较低,说明其主要色素物质可能不是花青苷。此外,在叶片和茎干内也检测到了少量的花青苷,花色越红其含量越高。各试材间叶片叶绿素a含量差异不大,而红色花瓣的株系叶片叶绿素b和叶绿素a+b含量显著高于白色和浅红色株系。通过相关性分析发现,花瓣可溶性糖含量与花青苷含量呈显著正相关;类黄酮含量与叶片淀粉和可滴定酸含量呈显著正相关,而与叶片淀粉含量呈极显著负相关;花瓣总酚含量与可滴定酸含量呈显著正相关;类胡萝卜素含量与叶片可滴定酸呈极显著正相关,而与茎干淀粉含量呈极显著负相关。

关键词:凤仙花;株系;色素;营养物质;相关性

中图分类号:S 681.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)14-0077-05

凤仙花属(*Impatiens* L.)主要分布于热带和亚热带地区,目前作为观赏植物广泛栽培的种类有凤仙花(*I. balsamina*)和新几内亚凤仙(*I. hawkeri*)等^[1]。其中,凤仙花原产中国、印度和马来西亚,在我国大部分地区也有分布,多栽植于庭院作观赏用,也可入药。新几内亚凤仙是目前风靡世界的草花新秀,广泛用于盆栽、吊篮

及各种花坛景观布置,因其花朵漂亮、色彩丰富,以及花期极长和适应性较强而备受消费者青睐^[2]。无论是凤仙花还是新几内亚凤仙均具有丰富花色、花期长、抗性强、易栽培等特点,在园林造景中应用广泛^[3]。此外,二者全草、种子、茎、叶、花、根和果皮均可入药,有祛风、活血、消肿、止痛之功效^[4],且作为天然色素资源,充分开发利用以替代人工合成色素,使其在食品、制药以及化妆品生产等领域发挥重要作用^[5-6]。

凤仙花除了含有普通植物所共有的碳水化合物、脂质、蛋白质、单宁等常规化学成分外,还含有多种醌类和黄酮类化合物。研究表明,凤仙花中的醌类和黄酮类化合物具有抗菌、抗氧化等活性,故可用于医疗保健、天然食品添加剂及化妆品生产^[7]。该研究通过分析不同花

第一作者简介:张永福(1981-),男,博士,讲师,研究方向为花卉遗传育种。E-mail: yeefoo@163.com.

基金项目:云南省教育厅科学研究基金资助项目(2012Z097);昆明学院引进人才科研资助项目(YJL11030, YJL12002);昆明学院科学研究资助项目(XJ11L005)。

收稿日期:2013-03-05

Abstract: Taking three Crassulaceae plants *Sedum sarmentosum*, *Sedum emarginatum*, and *Sedum kamtschaticum* var. *ellacombeum* as test materials, and taking sawdust compost, coal cinder, horticultural ceramisite and river sand as the component materials in the substrate formulation, the substrate formulation screening test of different ratios in lightweight roof greening was done. The substrate physical-chemical properties and cultivation effect were evaluated by cluster analysis and projection pursuit method, in order to screen the optimum formulations. The results showed that efficiency of the projection pursuit method was demonstrated to substrate formulation screening by reducing the multiple parameters of plant growth, and the obtained substrate formulations were fit for the characters of lightweight roof greening system in China, promising with preferable promotion value.

Key words: lightweight roof greening; culture substrate; formulation screening

色株系的色素物质及可溶性糖、淀粉等营养物质含量的差异,探索色素物质与非结构性碳水化合物之间的相关性,进一步明确凤仙花色素合成的生理机制,以期凤仙花的开发利用提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为2 a生花色为深红色、胭脂红、橙黄色和浅粉色的新几内亚凤仙和当年3月播种的花色为白色、粉红色、紫色、桃红色和紫红色的凤仙花共9份,每份材料分别栽培10盆。基质采自昆明学院校园红壤:泥炭:珍珠岩=2:2:1,从4月起每周浇1次1/2 Hoagland's营养液,每月喷洒1次1000倍甲基托布津。试验用盆20 cm×20 cm,栽植后放置于昆明学院农学院校园实训基地。

1.2 试验方法

到6月进入盛花期后,每天上午10:00分别从每个植株上将刚盛开的花瓣收集起来,保存于一80℃冰箱里,到花瓣收集足够多时进行试验;叶材料于6月底采摘,要求成熟度、生长位置一致,健壮、无病虫害;叶材料采集后进行茎材料的采集,茎材料为直径1.5~2.0 cm的主干部分。材料采集后立即进行各项生理指标的测定。

1.3 项目测定

花青苷含量的测定采用pH差示法^[8];总酚含量的测定采用福林-酚比色法^[9];总黄酮含量的测定采用NaNO₂-Al(NO₃)₃显色法^[10];可滴定酸含量的测定采用酸碱中和法^[10];叶绿素和类胡萝卜素含量的测定采用酒精提取法^[10];可溶性糖含量的测定采用苯酚-硫酸显色

法^[10];可溶性蛋白质含量的测定采用考马斯亮蓝G-250显色法^[10]。

1.4 数据分析

所有数据均采用SPSS 11.5软件进行统计分析,多处理间差异采用Duncan氏新复极差检测,差异显著性水平为 $P<5\%$,极显著水平为 $P<1\%$ 。此外,所有图用Excel 2007绘制。

2 结果与分析

2.1 不同花色凤仙花株系间色素物质及可滴定酸含量的差异

由图1可知,凤仙花的花瓣越红,花青苷含量越高,其中大红、胭脂红和紫红色的含量均高于210 μg/g FW,显著高于其它试材,而白色和浅红色花瓣的含量均低于15 μg/g FW,显著低于其它试材;橙黄色、粉红色和桃红色则居中,例外的是紫色花瓣所含花青苷仅为49.43 μg/g FW,可见其主要色素物质并不是花青苷。花瓣为胭脂红和橙黄色株系的叶片花青苷含量显著高于其它花色的,含量均在70 μg/g FW以上,而花瓣为浅红、桃红和紫色的株系则显著低于其它,含量均在30 μg/g FW以下。茎中的花青苷含量普遍较低,其中花瓣为桃红色的株系显著高于其它,含量为25.67 μg/g FW,而花瓣为橙黄、粉红、白色和浅红的株系则含量在3 μg/g FW以下,显著低于其它株系。凤仙花不同花色株系间可滴定酸含量差异也很大,其中白色花瓣含量显著高于其它色系,接近0.2%,大红色、胭脂红和紫红色花瓣则次之,而以紫色花瓣最低,仅0.018%。叶片可滴定酸含量以大红、粉红和紫红色的株系最高,含量均在0.15%以上,紫色株系则次之,而以胭脂红株系的含量最

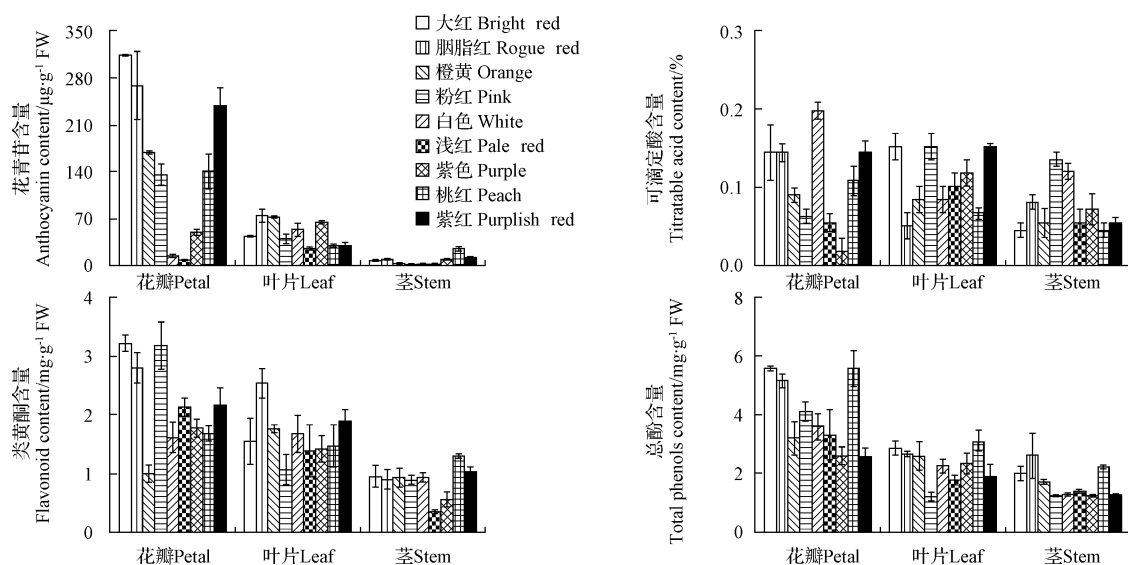


图1 不同花色株系间色素物质及可滴定酸含量的差异

Fig. 1 Difference of pigment and titratable acid contents among different flower's colour strains

低,仅为最高的 1/3。茎中的含酸量以粉红色株系最高,为 0.135%,白色株系次之,而大红和桃红色株系则最低,接近最高者的 1/3。

大红和粉红色花瓣类黄酮含量显著高于其它颜色,含量在 3 mg/g FW 以上,胭脂红的次之,而最低为橙黄色花瓣,含量仅为 1 mg/g FW 左右。胭脂红叶片的类黄酮含量显著高于其它,含量为 2.53 mg/g FW,而粉红色叶片含量最低,为 1.06 mg/g FW。茎的类黄酮含量则以桃红色的株系最高,含量为 1.30 mg/g FW,而浅红色的最低,含量仅 0.34 mg/g FW。总酚在花瓣、叶片和茎中的分布情况接近于类黄酮,其中大红、胭脂红和桃红色的花瓣中总酚含量显著高于其它株系,超过 5 mg/g FW,而紫色和紫红色的花瓣含量最低,仅 2.5 mg/g FW 左右。叶片中以桃红色株系最高,超过 3 mg/g FW,而粉红色株系则最低,仅 1.21 mg/g FW。茎中以胭脂红株系含量最高,为 2.61 mg/g FW,大红和桃红色株系则次之,而粉红、白色、紫色和紫红的株系含量则较低,在 1.2 mg/g FW 左右。

2.2 不同花色凤仙花株系间叶绿素和类胡萝卜素含量的差异

从图 2 可以看出,在各种颜色的花瓣中均未检测出叶绿素;叶片中的叶绿素 a 以浅红色株系为最高,胭脂红株系最低,但二者无差异显著性;茎中的叶绿素 a 仅在大红、橙黄、紫色和桃红的株系中检测出来,但含量均低于 50 $\mu\text{g/g}$ FW。叶片中叶绿素 b 含量的差异较大,其中大红、胭脂红和橙黄色的株系含量均显著高于其它株系,在 1 200 $\mu\text{g/g}$ FW 以上,而浅红色株系的含量则显著低于其它株系。在胭脂红、橙黄、紫色和桃红色株系的茎中检测出了含有叶绿素 b,其中胭脂红株系的含量超过 300 $\mu\text{g/g}$ FW,其余 3 种株系的含量均不到 35 $\mu\text{g/g}$ FW。

叶片中叶绿素 a+b 含量以大红、胭脂红和橙黄色的株系最高,且差异显著,超过 2 000 $\mu\text{g/g}$ FW,而以白色和浅红色的株系含量最低,在 1 600 $\mu\text{g/g}$ FW 左右。茎中在胭脂红的株系中叶绿素 a+b 含量最高,为 347 $\mu\text{g/g}$ FW,在大红、橙黄、紫色和桃红色株系中含量均低于 70 $\mu\text{g/g}$ FW。

各株系间花瓣类胡萝卜素含量的差异较大,其中粉红、浅红和紫红色的花瓣含量在 40 $\mu\text{g/g}$ FW 以上,显著高于其它,而大红、胭脂红、橙黄和桃红色的花瓣含量在 13 $\mu\text{g/g}$ FW 以下,显著低于其它。在叶片中未检测出类胡萝卜素。茎中的类胡萝卜素以白色株系含量最高,为 36.85 $\mu\text{g/g}$ FW,大红和桃红色株系次之,差异显著;而在胭脂红株系中并未检测出类胡萝卜素。

2.3 不同花色凤仙花株系间非结构性碳水化合物含量的差异

由图 3 可以看出,花瓣和茎中的淀粉含量均远小于叶片中的含量。其中,花瓣中的淀粉含量以大红、粉红和紫色为高,在 0.8 mg/g FW 左右,而以白色花瓣含量为低,仅 0.15 mg/g FW;叶片叶绿素含量以粉红色株系最高,为 8.88 mg/g FW,而紫红色株系含量最低,仅为前者的一半;茎中淀粉含量以大红、橙黄、白色、紫色和桃红色的株系为高,含量均在 0.9 mg/g FW 左右,而紫红色株系则最低,为 0.26 mg/g FW。除白色株系外,花瓣可溶性糖含量远高于叶片和茎的含量。其中,胭脂红、粉红和浅红色的花瓣含量最高,均超过 36 mg/g FW,而白色花瓣含量最低,仅 1.02 mg/g FW;叶片中则以粉红色株系含量最高,为 19.18 mg/g FW,而胭脂红株系则最低,仅 5.97 mg/g FW;茎中的含量比花瓣和叶片低,其中橙黄色株系的含量最高,为 3.93 mg/g FW,白色株系次之,而紫红色株系则最低,仅 1.76 mg/g FW。

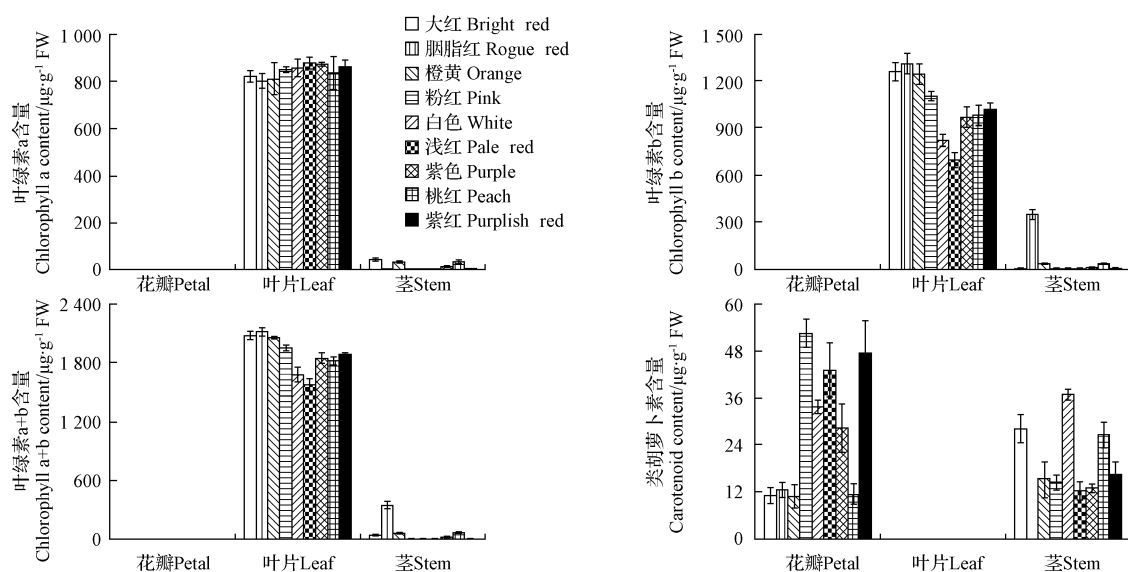


图 2 不同花色株系叶绿素及类胡萝卜素含量的差异

Fig. 2 Difference of chlorophyll and carotenoid contents among different flower's colour strains

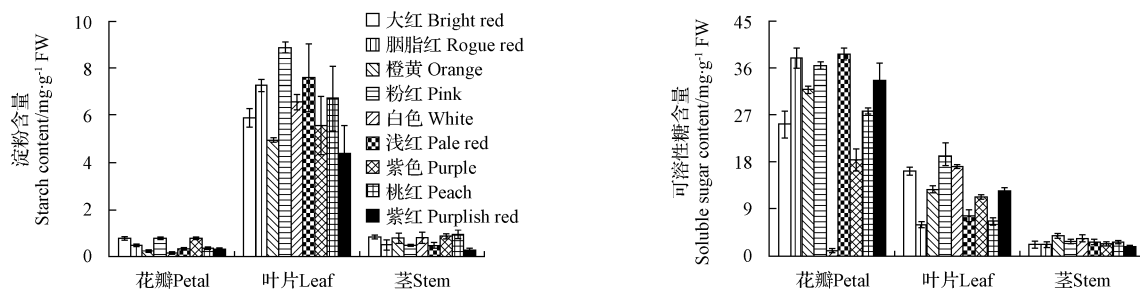


图3 不同花色株系间非结构性碳水化合物含量的差异

Fig. 3 Difference of non-structural carbohydrates content among different flower's colour strains

2.4 植株内非结构性碳水化合物及可滴定酸与花瓣色素之间的相关性

从表1可以看出,花瓣可溶性糖含量与花青苷含量呈显著正相关($P<5\%$);叶片可滴定酸含量与花瓣类胡萝卜素含量呈极显著正相关,而茎淀粉含量则与花瓣类

胡萝卜素含量呈极显著负相关($P<1\%$);叶片淀粉含量、叶片可滴定酸含量与花瓣类黄酮含量呈显著正相关,而叶片可溶性糖含量则与花瓣类黄酮含量呈极显著负相关;花瓣可滴定酸含量与总酚含量呈显著正相关。

表1 不同花瓣颜色凤仙花株系植株内非结构性碳水化合物、可滴定酸与花瓣色素之间的相关性

Table 1 Relativity between plant non-structural carbohydrates, titratable acid and petal pigment

生理指标 Physiological index	花青苷 Anthocyanin	类胡萝卜素 Carotenoid	类黄酮 Flavonoid	总酚 Total phenols
花瓣淀粉 Starch content of petal	0.189	-0.186	0.358	0.226
花瓣可溶性糖 Soluble sugar content of petal	0.397 *	0.098	0.328	0.037
花瓣可滴定酸 Titratable content of petal	0.327	-0.225	0.037	0.387 *
叶淀粉 Starch of leaf	-0.233	0.215	0.451 *	0.152
叶可溶性糖 Soluble sugar content of leaf	-0.376	-0.192	-0.588 * *	-0.165
叶可滴定酸 Titratable acid of leaf	0.208	0.522 * *	0.436 *	-0.362
茎淀粉 Starch of stem	-0.173	-0.574 * *	-0.354	0.265
茎可溶性糖 Soluble sugar content of stem	0.005	0.346	0.245	-0.290
茎可滴定酸 Titratable acid of stem	-0.318	0.458 *	0.216	-0.264

注: * 在 0.05 水平上显著相关; * * 在 0.01 水平上显著相关。

Note: * significant correlation at the 0.05 level; * * significant correlation at the 0.01 level.

3 讨论与结论

植物色素作为一种食品着色剂正受到广泛的重视,其累积受激素、光照、温度及糖等多种因子的影响^[5]。决定花色的物质成分主要有三大类群:类黄酮、类胡萝卜素和其它色素。其中,类黄酮包括构成从红色、紫色到蓝色的主要物质花青苷和从象牙白到深黄色的花黄色素两大类;类胡萝卜素是红色、橙色及黄色的显色色素;其它色素包括多酚类化合物、醌类化合物和叶绿素类^[11]。该研究发现,花瓣越红,红青苷含量越高,白色和浅红色花瓣的花青苷含量最低,其余各试材含量各异,差异显著。类黄酮含量也以红色系花瓣为高,橙色、浅色和白色则显著低于深红色。总酚含量的特征与类黄酮相似。白色到橙色系的花瓣类胡萝卜素含量较高,而红色系的含量则显著低于前者。比较特殊的是紫色花瓣中花青苷含量较低,说明其主要色素物质可能不是花青苷。此外,在叶片和茎中也检测到了少量花青苷,其含量基本与红色的深浅一致。叶绿素对花青苷含量有着重要影响,它不仅可以掩盖花青苷的红色显现,更会抑制花青苷的合成。只有叶绿素降解,花青苷才会的迅

速合成^[12],原因可能是叶绿素吸收大量的红光降低光敏色素的调控效率,而花青苷的合成受到红光的调控^[13]。该研究表明,各试材之间叶片叶绿素 a 含量差异不大,而红色花株系的叶片叶绿素 b 和叶绿素 a+b 含量要显著高于白色和浅红色花的株系。

碳素营养作为调控花生长和花青苷合成的物质,可以促进花青苷的积累^[14-15]。糖既是花青苷合成的原料其积累有助于花青苷的形成,也是呼吸底物可以为花的发育提供能量,调节细胞渗透压等。在新几内亚凤仙^[16]、紫色甘薯^[17]和红欒木^[18]上的研究均发现,可溶性糖积累基本与花青苷的积累同步。但陈段芳等^[16]认为,部分可溶性糖作为花青苷合成的原料参与了其生物合成,花蕾开放过程是一种快速生长过程,其动力来源于营养器官通过光合作用制造的糖。在花蕾迅速开放时,糖可能被运输到迅速膨大的子房中^[19],因此花青苷含量与可溶性糖并未一直呈现显著的正相关,在荔枝品种妃子笑中也有类似的发现^[20]。在葡萄品种藤稔成熟过程中,随着可溶性固形物含量的上升,果皮花青苷不断积累,且可溶性固形物积累的时期与花青苷积累的时期相吻合,这表明可溶性固形物可能对于花青苷的合成与积

累具有促进作用^[21]。该研究也发现,红色花瓣中可溶性糖含量显著高于白色花瓣,通过相关性分析发现,花瓣可溶性糖含量与花青苷含量呈显著正相关。此外,花瓣类胡萝卜素含量与叶片可滴定酸含量呈极显著正相关,而与茎干淀粉含量呈极显著负相关;花瓣类黄酮含量与叶片淀粉和可滴定酸含量呈显著正相关,而与叶片淀粉含量呈显著负相关;花瓣总酚含量与花瓣可滴定酸含量呈显著正相关。

参考文献

- [1] 陈艺林. 中国植物志[M]. 47卷2分册. 北京:科学出版社,2001.
- [2] Bailey D A. New Guinea *Impatiens* production [J]. North Carolina Flower Growth Bulletin,1996,41(3):6-12.
- [3] 潘继兰. 凤仙花高效栽培技术[J]. 花木盆景(花卉园艺版),2010(3):9.
- [4] 南京中医药大学. 中药大辞典[M]. 上海:上海科学技术出版社,2005:676.
- [5] 何奕昆,奚惕. 凤仙花中花色苷累积与苯丙氨酸解氨酶的关系[J]. 植物生理学通讯,1989(2):35-38.
- [6] 果秀敏,陈段芬,方正,等. 新几内亚凤仙花色苷的性质研究[J]. 河北农业大学学报,2004,27(3):33-35.
- [7] 苏卜利,曾荣,黄长干,等. 凤仙花的化学成分和生物活性研究进展[J]. 食品工业科技,2012(2):418-422.
- [8] Wrolstad R E, Culbertson J D, Cornwell C J, et al. Detection of adulteration in blackberry juice concentrates and wines[J]. Journal - Association Official Analytical Chemists,1982,65:1417-1423.
- [9] Singleton V L, Rossi J A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents[J]. American Journal of Enology Viticulture,1965,16:144-158.
- [10] 张志良,瞿伟菁,李小芳. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2009.
- [11] 戴思兰. 园林植物遗传学[M]. 北京:中国林业出版社,2010.
- [12] Rea R N, Lee S K. Influence of chlorophyll, internal ethylene, and PAL on anthocyanin synthesis in 'Fuji' apple [J]. Horticultural Science,1995,36:361-370.
- [13] Jose A M, Schafer E. Distorted phytochrome action spectra in green plants [J]. Planta,1978,138:25-28.
- [14] 赵宗方,宋亭华,高红胜. 巨峰葡萄色素发育的若干规律[J]. 江苏农学院学报,1989,10(4):17-21.
- [15] Mori T, Sakurai M. Effects of riboflavin and increased sucrose on anthocyanin production in suspended strawberry cell cultures[J]. Plant Science,1995,110:147-153.
- [16] 陈段芳,张岩,方正. 新几内亚凤仙花瓣发育过程中花色苷及其相关生化物质含量的研究[J]. 河北农业大学学报,2008,31(3):28-32.
- [17] 明兴加,李坤培,叶小利,等. 紫色甘薯生长过程中花色苷含量变化研究[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2006,31(4):162-166.
- [18] 唐前瑞,陈德富,陈友云,等. 红榉木叶色变化的生理生化研究[J]. 林业科学,2006,42(2):111-115.
- [19] Bielecki R L. Fructan hydrolysis drives petal expansion in the ephemeral daylily flower[J]. Plant Physiol,1993,103:213-219.
- [20] 尹金华,高飞飞,祝曙光. '妃子笑'荔枝果皮花青苷合成的相关基因分析[J]. 华南农业大学学报,2001,22(2):18-22.
- [21] 郭磊,王涛,岳林旭,等. 藤稔葡萄主枝环剥对果实着色及相关基因表达的影响[J]. 园艺学报,2012,39(3):409-416.

Study on Differences of Pigment and Nutrient Substance Among Different Flower's Colour Strains of *Impatiens* L.

ZHANG Yong-fu^{1,2}, LV Jin-fu³, HAN Li^{1,2}, REN Zhen^{1,2}, MO Li-ling^{1,2}, LV Jing^{1,2}

(1. School of Agriculture, Kunming University, Kunming, Yunnan 650214; 2. Urban Modern Agricultural Engineering Research Center of Colleges and Universities in Yunnan Province, Kunming, Yunnan 650214; 3. Wuxing Township Agricultural Comprehensive Service Center of Huize County in Yunnan Province, Huize, Yunnan 654202)

Abstract: Taking *Impatiens* L. nine strains with different flower's colours as test materials, the contents of pigment, non-structural carbohydrates and titratable acid of petal, leaf and stem by pot experiment were examined, and their relativity was analyzed. The results showed that petal anthocyanin content was the redder the higher and their difference were significant. The contents of flavonoid and total phenol in orange, light red and white petals were significantly lower than petals of cardinal colour system. The contents of carotenoid in pink, pale red and purplish red petals were significantly higher than petals of other colour system. But anthocyanin content was low in purple petal, means main pigment in purple petal might not be anthocyanin. Moreover, a small amount of anthocyanin was detected in leaf and stem, and its content was the redder the higher. Chlorophyll a content of leaf had no significant among test materials, whereas the contents of leaf's chlorophyll b and chlorophyll a+b of red petal strains were significantly higher than white and pale red strains. By correlation analysis, it was found that soluble sugar content of petal had significant positive correlation with anthocyanin content; flavonoid content had significant positive correlation with the contents starch and titratable acid of leaf, whereas showed very significant negative correlation with soluble sugar content of leaf. Relativity between total phenol and titratable acid was significant positive correlation in petal, and relativity between carotenoid contents of petal and titratable acid content of leaf was very significant positive correlation, whereas showed very significant negative correlation with starch content of stem.

Key words: *Impatiens* L.; strain; pigment; nutrient substance; relativity