

中原牡丹品种基于花色测定的聚类分析

韩江南¹, 樊金玲¹, 巩卫东², 朱文学¹, 马海乐¹, 程源斌¹

(1. 河南科技大学 食品与生物工程学院, 河南 洛阳 471003; 2. 河南出入境检验检疫局检验检疫技术中心 洛阳分中心, 河南 洛阳 471003)

摘要:利用色差仪按国际照明委员会(CIE)表色系统对 94 个中原牡丹品种的花色进行测定,通过聚类过程将花色三刺激值(明度 L^* 、色相 a^* 和 b^*)采用 Ward 离差平方和法进行了聚类分析。结果表明:94 个中原牡丹品种花色在 CIE 表色系统坐标系上的分布广泛,聚类分析将其分为 9 个色系:白、绿、浅粉、粉红、粉兰、红、紫、红紫、红黑,不同色系牡丹的 L^* 、 a^* 和 b^* 值特征明显。白色、浅粉、粉色和红色系以及粉兰、紫色和红紫色系的 L^* 与 a^* 、 L^* 与彩度(C^*)均表现出显著的负相关性。多数色系牡丹的 L^* 与 b^* 呈显著的正相关关系(R^2 为 0.8653)。

关键词:牡丹;花色;聚类分析;CIE 表色系统

中图分类号:S 685.11 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2010)03-0075-05

牡丹(*Paeonia suffruticosa* Andr.)为芍药科芍药属牡丹组,起源于中国,是传统名花。花色是牡丹主要的观赏性状,人们很早就注意到了牡丹丰富的花色变异,并选育出了红、粉、白、蓝、紫、绿、黄、黑和复色 9 大系列。目前花色已作为一个固定的性状参与了牡丹研究的各个领域,如品种分类、花色的分子生物学、花色的遗传调控和育种等^[1]。

长期以来,牡丹花色的评价主要依靠人为观测和定性描述,具有很大的主观性和随意性。仪器测色法将花色数量化,有利于花色的精确测定,在园艺植物花色测量上使用十分广泛,曾被用于菊花、洋桔梗、月季、香石竹、兰花、蝶豆、矮牵牛、郁金香、芍药等花卉的花色测定等^[2]。Wang^[3]和 Zhang 等^[4]采用色差仪分别测定了中原牡丹、西北牡丹的花色表型。现利用分光色差仪按国际照明委员会(International Commission on Illumination, CIE)表色系统对 94 个中原牡丹品种的花色进行测定,并在此基础上,通过 CLUSTER 过程,采用 Ward 离差平方和法将花色三刺激值 L^* 、 a^* 和 b^* 进行了聚类分析,为深入研究牡丹花色提供了前提条件,对于牡丹品种分类、新品种鉴定、花色遗传育种、牡丹种质资源保护等均具有重要意义。

第一作者简介:韩江南(1980-),男,河南洛阳人,在读硕士,研究方向为天然产物化学。E-mail:hanjiangnan@126.com。

通讯作者:樊金玲(1973-),女,博士,研究方向为天然药食科学。E-mail:fan20032006@yahoo.com.cn。

基金项目:河南省教育厅自然科学研究计划资助项目(2009B180005)。

收稿日期:2009-10-10

1 材料与方法

1.1 试验材料

牡丹花于 2009 年 4 月上旬至 4 月下旬采自洛阳市土桥花木种苗有限公司,共 94 个品种,品种名及编号见表 1。

1.2 牡丹花色测定

花朵采集后取新鲜花瓣,用色差仪(NF333 spectrophotometer, Nippon denshokn,光源 C/2°)按国际照明委员会表色系统测定花色。花色的 CIE 表色系统的明度 L^* 值、色相 a^* 值、色相 b^* 值在三维色度坐标系上, L^* 轴垂直于 a^* 轴、 b^* 轴组成的平面。 L^* 值从 0 到 100 的变化过程中,表示明度由黑变亮逐渐增加;红绿属性 a^* 值由负值变化到正值,表示绿色减退红色增强;黄蓝属性 b^* 值由小变大,表示蓝色的减退黄色的增强。彩度 C^* 和色相角 h 分别根据公式 $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ 和 $h = \arctan(b^*/a^*)$ 计算。 C^* 值表示到 L^* 轴的垂直距离,距离越大,彩度越大^[5]。每个品种均取 5 个不同植株上的花瓣,每瓣测定 3 个位置,对准集光孔进行测量,然后取平均值。

1.3 聚类分析

利用 SAS 软件(9.0 版本),通过 CLUSTER 过程将 CIE 表色系统的 L^* 、 a^* 和 b^* 采用 Ward 离差平方和法进行聚类分析^[6]。

2 结果与分析

2.1 中原牡丹品种花色的测定

经过多年的培育和驯化,牡丹具有越来越多的观赏性状,花色表现尤为突出。目前已形成了红、粉、紫、白、黄、黑、绿、蓝、复色等色系。各色系又派生出不同的近似色、过渡色,如红色系有桃红、脂红、肉红、紫红等^[7]。以洛阳牡丹为代表的中原牡丹品种群是我国最大的牡

丹品种群,是中国牡丹的精华所在。该项研究采用分光色差仪对 94 个中原牡丹品种的花色进行测定分析,结果如表 1 所示,94 个品种牡丹花色在 CIE 表色系统坐标

系上分布广泛,红绿属性 a^* 值的范围介于-10.04~49.38之间,黄蓝属性 b^* 值介于-18.97~37.15 之间,亮度 L^* 值介于 23.17~88.99 之间。

表 1 94 个中原牡丹品种花色的测定值

数量	品种	CS ^b	CIE $L^* a^* b^*$ coordinate ^a				
			L^*	a^*	b^*	C^*	h
1	三变赛玉	白色	88.57	-4.98	9.59	10.81	117.44
7	香玉	白色	88.05	-6.27	9.28	11.19	124.04
10	玉楼点翠	白色	87.54	-5.37	10.25	11.57	117.65
2	凤丹白	白色	86.94	-6.32	10.81	12.52	120.32
3	白雪塔	白色	88.17	-6.58	10.54	12.42	121.97
18	池塘晓月	白色	87.82	-7.16	11.18	13.27	122.63
12	金玉交章	白色	85.81	-5.85	12.21	13.54	115.60
14	黄花魁	白色	82.36	-2.91	12.63	12.95	102.96
5	夜光白	白色	88.02	-8.66	12.73	15.39	124.22
13	黄金轮	白色	87.84	-8.01	13.44	15.64	120.79
16	中秋月光	白色	88.44	-8.42	13.27	15.71	122.38
6	白玉	白色	87.72	-7.78	12.26	14.52	122.41
15	黄金盏	白色	87.38	-7.26	12.79	14.70	119.56
17	种生黄	白色	87.07	-7.42	14.10	15.93	117.76
19	金贵飘香	白色	88.99	-9.16	14.70	17.32	121.91
4	白鹤卧雪	白色	87.58	-3.63	8.36	9.11	113.48
8	冰壶献玉	白色	87.08	-4.78	7.67	9.03	121.92
11	蓝宝石	白色	86.09	-4.41	7.87	9.02	119.28
9	紫斑牡丹	白色	84.73	-1.21	7.55	7.65	99.07
61	蓝田玉	白色	85.34	-0.41	5.34	5.36	94.34
94	豆绿	绿色	73.84	-10.04	37.15	38.48	105.12
35	赵粉	浅粉	75.95	18.13	1.60	18.20	5.04
36	粉中冠	浅粉	77.09	15.39	2.29	15.56	8.45
44	银粉金鳞	浅粉	74.50	15.44	0.71	15.46	2.61
63	叔仲红	浅粉	78.02	11.06	3.16	11.50	15.93
58	种生凤丹	浅粉	79.84	5.52	1.81	5.80	18.17
62	池兰	浅粉	81.60	4.20	1.50	4.46	19.59
59	粉色凤丹	浅粉	80.98	5.75	3.72	6.85	32.87
60	雨后风光	浅粉	82.18	1.11	2.86	3.07	68.79
34	银红楼	粉红	65.83	28.13	-6.78	28.94	-13.55
37	银红巧对	粉红	69.15	26.53	-3.07	26.70	-6.59
38	肉芙蓉	粉红	69.55	25.50	-4.32	25.86	-9.62
39	贵妃出浴	粉红	68.18	28.06	-2.10	28.14	-4.27
40	鲁粉	粉红	74.23	20.60	0.05	20.60	0.14
41	贵妃插翠	粉红	72.25	21.14	-1.13	21.17	-3.06
43	春红娇艳	粉红	72.80	21.60	-2.73	21.77	-7.19
42	宏图	粉红	68.87	29.30	2.04	29.37	3.97
49	蓝线界玉	粉红	67.49	17.98	-6.76	19.21	-20.60
54	少女裙	粉红	71.19	17.61	-5.27	18.38	-16.66
77	葛巾紫	粉红	70.38	13.50	-6.26	14.88	-24.86
56	紫罗兰	粉红	70.69	15.57	-8.11	17.56	-27.51
57	群英	粉红	71.61	16.79	-8.56	18.85	-27.01
45	宫样妆	粉蓝	65.44	26.78	-11.77	29.25	-23.72
46	育苗状	粉蓝	63.81	28.75	-12.00	31.15	-22.66
50	彩绘	粉蓝	66.12	26.56	-9.72	28.28	-20.10
47	银鳞碧珠	粉蓝	62.46	25.13	-11.69	27.71	-24.95
53	紫兰魁	粉蓝	59.10	25.27	-12.27	28.08	-25.89
64	朱沙垒	粉蓝	60.69	30.80	-11.36	32.83	-20.24
70	萍实艳	粉蓝	60.89	31.41	-9.92	32.93	-17.52
67	似荷莲	粉蓝	61.65	32.62	-13.44	35.28	-22.38
48	胜葛巾	粉蓝	63.10	21.21	-14.07	25.45	-33.56
55	酒醉杨妃	粉蓝	64.58	19.87	-11.81	23.11	-30.73
51	凌花湛露	粉蓝	68.64	19.97	-9.76	22.22	-26.05

数量	品种	CS ^b	CIE L* a* b* coordinate ^a				
			L*	a*	b*	C*	h
52	雁落粉荷	粉蓝	68.19	21.74	-9.28	23.63	-23.11
20	少女妆	红色	55.11	43.64	-1.36	43.66	-1.79
22	丛中笑	红色	57.60	44.30	-0.66	44.30	-0.85
24	飞燕红妆	红色	58.02	42.94	-0.58	42.94	-0.77
29	胡红	红色	58.06	43.69	-1.48	43.71	-1.93
30	珊瑚台	红色	61.42	39.31	-0.57	39.31	-0.82
23	山花烂漫	红色	60.96	44.45	2.93	44.54	3.77
21	映日红	红色	59.27	36.69	-4.80	37.00	-7.45
25	红宝石	红色	48.03	49.38	-4.76	49.61	-5.51
28	卷叶红	红色	50.43	47.84	-5.34	48.14	-6.36
33	万花盛	红色	52.33	47.12	-4.29	47.31	-5.20
26	胭脂红	红色	52.20	48.94	1.50	48.96	1.75
27	火炼金丹	红色	51.18	46.92	4.37	47.12	5.32
31	虞姬艳妆	红色	54.73	48.99	3.89	49.14	4.53
32	种生红	红色	48.47	48.61	7.62	49.20	8.91
65	鲁荷红	紫色	54.31	40.40	-11.61	42.03	-16.04
68	红莲	紫色	54.55	37.75	-11.76	39.54	-17.30
71	十八号	紫色	56.13	38.09	-11.51	39.79	-16.82
69	映红	紫色	57.54	37.95	-12.07	39.82	-17.64
66	富贵满堂	紫色	57.09	37.95	-14.79	40.73	-21.29
72	锦袍红	紫色	50.07	32.82	-17.88	37.37	-28.58
74	茄兰丹砂	紫色	49.11	30.87	-18.44	35.96	-30.84
78	盘中取果	紫色	46.33	34.90	-15.00	37.99	-23.26
81	映金红	紫色	43.60	34.23	-17.20	38.30	-26.68
73	魏紫	紫色	52.95	26.79	-16.55	31.49	-31.71
76	赵紫	紫色	56.19	27.03	-18.18	32.57	-33.92
75	车轮紫	红紫	41.81	42.08	-16.01	45.02	-20.83
79	洛阳红	红紫	42.97	40.37	-16.24	43.51	-21.91
84	五洲红	红紫	41.09	40.57	-14.01	42.92	-19.05
89	乌龙捧盛	红紫	41.54	42.00	-12.27	43.75	-16.29
80	红狮子	红紫	39.83	38.75	-18.97	43.14	-26.08
82	首案红	红紫	35.09	40.58	-17.21	44.07	-22.98
83	春归华屋	红紫	35.83	37.87	-18.34	42.07	-25.84
85	状元红	红黑	29.97	35.76	0.84	35.77	1.34
90	魔剪绒	红黑	23.17	28.18	-0.28	28.18	-0.56
86	藏枝红	红黑	32.20	40.91	-8.08	41.70	-11.17
87	锦绣球	红黑	29.19	39.45	-3.78	39.63	-5.47
93	青龙卧墨池	红黑	26.74	34.34	-6.96	35.04	-11.46
88	大棕紫	红黑	31.13	39.02	-11.47	40.67	-16.38
92	源红蕾	红黑	32.13	37.49	-13.15	39.73	-19.32
91	八宝镜	红黑	33.30	35.86	-10.96	37.50	-16.99

L* : lightness; C* : chroma (brightness); a* , b* : chromatic components; h : hue angle(°). ^b CS : color series.

2.2 中原牡丹品种花色的聚类分析

聚类分析(Cluster analysis)是一组分类方法的总称,是对变量或观察个体进行归类的统计方法,即把相似的变量或观察个体归为一类,而有较大差异的则归到不同的类别^[6]。现将 94 个中原牡丹 L*、a* 和 b* 通过 CLUSTER 过程采用 Ward 离差平方和法进行聚类分析。根据聚类过程中统计量(R²、半偏 R²和伪 F)结果的分析,94 个中原牡丹可分为 9 类;结合目测,9 类牡丹花色分别描述为:白(20 种)、绿(1 种)、浅粉(8 种)、粉(13 种)、粉兰(12 种)、红(14 种)、紫(11 种)、红紫(7 种)、红黑(8 种),聚类图见图 1。

以色相 a* 值为横坐标、色相 b* 值为纵坐标做图,可看出 9 类牡丹花色在坐标系上的分布情况有显著差异,见图 2 和表 2。可看出,中原牡丹的 L* 值按照白→浅粉→粉红→粉蓝→红→紫→红紫→红黑色系顺序依次降低。白色系牡丹的 L* 值和 b* 值最大,同时具有最小的 a* 值和较小的 C* 值。浅粉、粉红、红色系牡丹的 a* 和 C* 值依次显著增加,b* 的绝对值均较小,其中红色系牡丹具有最大的 a* 值和 C* 值,且 b* 值的变异较大。粉蓝、紫、红紫色系牡丹的 a*、b* 和 C* 值依次增加,且 b* 值明显低于其它色系。红黑色系牡丹的 a*、C* 接近紫色,b* 接近粉红色系,同时具有最小的 L* 值。

表 2 不同色系中原牡丹的品种花色测定值^a

CS ^c	NC ^d	CIE L* a* b* coordinate ^b				
		L*	a*	b*	C*	h
白	20	87.07±1.56	-5.83±2.40	10.83±2.55	12.38±3.16	116.99±8.43
绿	1	73.84	-10.04	37.15	38.48	105.12
浅粉	8	78.77±2.81	9.57±6.27	2.20±0.99	10.11±5.81	21.43±21.43
粉红	13	70.17±2.31	21.71±5.31	-4.08±3.25	22.42±4.82	-12.06±10.53
粉蓝	12	63.72±2.99	25.84±4.48	-11.42±1.51	28.33±4.20	-24.24±4.49
红	14	54.84±4.49	45.20±3.82	-0.25±3.92	45.35±3.87	-0.46±4.84
紫	11	52.53±4.64	34.43±4.62	-15.00±2.83	37.78±3.30	-24.01±6.64
红紫	7	39.73±3.08	40.31±1.56	-16.15±2.36	43.50±0.93	-21.85±3.53
红黑	8	29.7275±3.36	36.37±3.97	-6.73±5.22	37.27±4.35	-10.00±7.73

^aData in the table showed mean±standard deviation. ^bL* : lightness; C* : chroma (brightness); a* , b* : chromatic components; h: hue angle (°). ^cCS: color series. ^dNC: number of cultivars

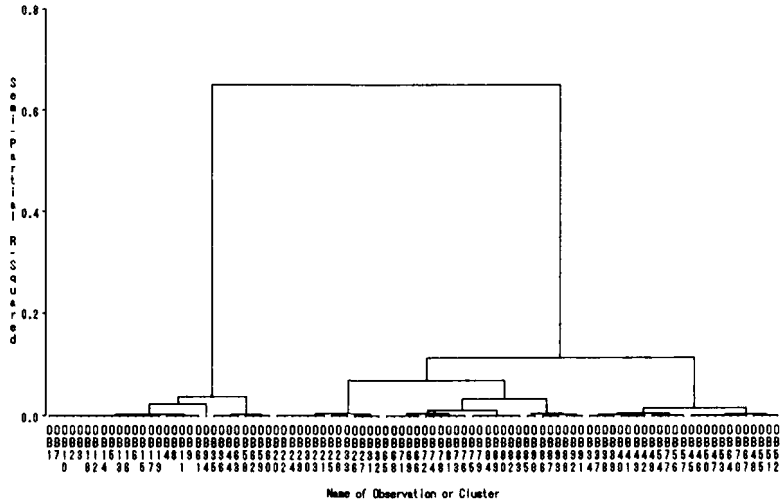


图 1 94 个中原牡丹品种花色的聚类图

注:图中横坐标中牡丹品种编号同表 1。

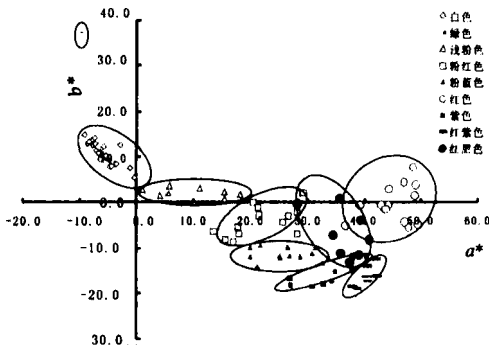


图 2 94 个中原牡丹品种花色的 CIE L* a* b* 分布图

试验中,传统的黄色品种没有被单独聚为一类,而分散在白色系品种中。这主要是因为中原牡丹缺少真正的黄色品种,多数黄色品种颜色很淡,花色介于白色向黄色的过渡色。同时测定了从日本引进用的黄色品种“海黄”的花色,其 L*、a* 和 b* 分别为 86.92、-15.17 和 43.33,C* 为 46.01,色相角 h 为 109.24,其黄蓝属性 b* 和彩度 C* 值均显著高于我国黄色品种。“豆绿”是我

国少数绿色品种的代表,其花色 b* 为 37.15,显著高于其它品种, a* 值为 -10.04,在所测品种最小。中原牡丹纯色花品种较少,多为过渡色,尤其缺乏真正的黄、绿、蓝及鲜红色品种。纯色花的花色比较好判定,而一些中间色的目测判断是比较困难的。该研究表明,依据 L*、a* 和 b* 的聚类分析可将包括过渡色在内的多数不同色系品种较好地分类。从而有利于牡丹品种分类、新品种鉴定、花色遗传育种、牡丹种质资源保护等研究。

2.3 中原牡丹品种花色三刺激值之间的关系

L* 是衡量花色明暗程度的指标,a* 和 b* 是决定花色的两个重要因子,同时 a*、b* 以及由其计算出来的彩度 C* 的变化会对亮度 L* 产生影响^[2]。从图 3 可以看出,除红黑色系外,牡丹花色的亮度值 L* 和 a*、亮度值 L* 和 C* 均表现出显著的负相关性,且相关关系因花色不同而异。白色、浅粉、粉色、红色的 L* 与 a*、L* 与 C* 的相关系数 R² 分别为 0.9703 和 0.8519,粉兰、紫色、红紫色的 L* 与 a*、L* 与 C* 的相关系数 R² 分别为 0.6067 和 0.714。此外,除红黑色和红色外,其它色系的 L* 与

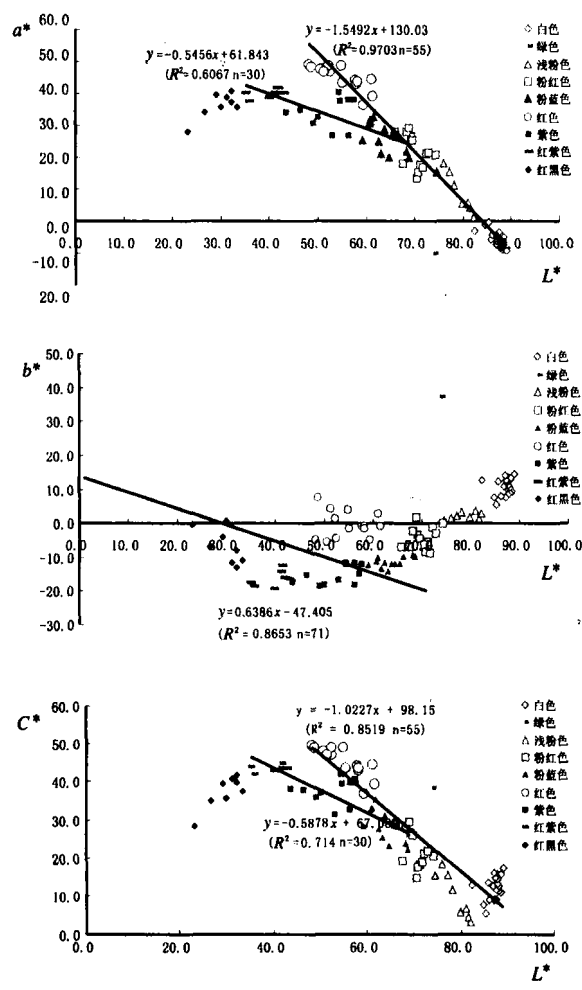


图3 中原牡丹 CIE L^* a^* b^* 表色系统的
花色测定值之间的关系

Cluster Analysis on Determination Flower Colors of Central Plains Tree Peony

HAN Jiang-nan¹, FAN Jin-ling¹, GONG Wei-dong², ZHU Wen-xue¹, MA Hai-le¹, CHENG Yuan-bin¹

(1. Food and Bioengineering College, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471003; 2. Inspection and Quarantine Technology Centre of Henan Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau of Luoyang Branch, Luoyang, Henan 471003)

Abstract: Using colorimeter on flower color was determination of 94 cultivars of central plains tree peony, according to the CIE color system, by means of cluster on CIELab using Ward's minimum-variance cluster analysis. The results showed that 94 cultivars of central plains tree peony the CIE Lab color coordinate, all cultivars were divided in to nine groups, white, green, pale pink, pink, pink blue, red, purple, reddish-purple and reddish-dark, CIE Lab characteristic distinct. showed negative correlations between Lightness(L^*) and chromatic component a^* or between L^* and Chroma (C^*) of White, pale pink and red or pink blue, purple and reddish-purple. The significant positive correlation between L^* and chromatic component b^* was showed in most groups.

Key words: tree peony, Paeonia; flower color; cluster analysis; CIE colorimetric system

b^* 呈显著的正相关关系, R^2 为 0.8653。

3 结论

94 个中原牡丹品种花色在 CIE 表色系统坐标系上的分布广泛, 聚类分析将其分为 9 个色系: 白(20 种)、绿(1 种)、浅粉(8 种)、粉(13 种)、粉兰(12 种)、红(14 种)、紫(11 种)、红紫(7 种)、红黑(8 种), 不同色系牡丹的 L^* 、 a^* 和 b^* 值特征明显。白色、浅粉、粉色和红色系以及粉兰、紫色和红紫色系的 L^* 与 a^* 、 L^* 与彩度(C^*)均表现出显著的负相关性(L^* 与 a^* 的相关系数 R^2 分别为 0.9703 和 0.6067, L^* 与 C^* 的相关系数 R^2 分别为 0.8519 和 0.714), 多数色系牡丹的 L^* 与 b^* 呈显著的正相关关系(R^2 为 0.8653)。

参考文献

[1] 赵兰勇. 中国牡丹栽培与鉴赏[M]. 北京: 金盾出版社, 2004: 1-10, 43-46.
[2] 白新祥. 菊花花色形成的表型分析[D]. 北京: 北京林业大学, 2007: 29-36.
[3] Wang L S, Shiraishi A, Hashimoto F, et al. Analysis of petal anthocyanins to investigate flower coloration of Zhongyuan (Chinese) and Daikon Island (Japanese) tree peony cultivars[J]. Plant Res, 2001(11): 33-43.
[4] Zhang J J, Wang L S, Shu Q Y, et al. Comparison of anthocyanins in non-blotches and blotches of the petals of Xibei tree peony[J]. Scientia Horticulturae, 2007, 114: 104-111.
[5] 张圆圆, 齐冬梅, 刘辉, 等. 观赏向日葵的花色多样性及其与花青苷的关系. 园艺学报, 2008, 35(6): 863-868.
[6] 汪远征, 徐雅静. SAS 软件与统计应用教程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007: 244-248.
[7] 张晶晶, 王亮生, 李政安, 等. 牡丹花色研究进展[J]. 园艺学报, 2006, 33(6): 1383-1388.