

菊花舌状花花色测定部位的探讨

孙 卫^{1,3}, 李崇晖^{2,4}, 王亮生², 戴思兰^{1,*}

(¹北京林业大学园林学院, 国家花卉工程技术研究中心 北京 100083; ²中国科学院植物研究所北京植物园, 北京 100093; ³乌鲁木齐市植物园, 乌鲁木齐 830011; ⁴中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘 要: 对红、黄、白色系典型菊花品种舌状花不同部位和不同花轮之间花色变化规律进行分析, 结果表明: 舌状小花中间部位花色对于舌状花最具有代表性, 头状花序中轮花对整个花序最有代表性。通过对 120 个不同花色品种的花色测定数据分析发现, 舌状花的正面和反面的亮度 L^* 、色相值 a^* 和 b^* 紧密正相关, 正面花色变幅大于反面。因此提出用舌状花正面中间部位的测定值定义花色更为准确。对上述 120 个菊花品种的花色测定值构成的三维散点图进行分析, 发现了一些具有珍稀花色的品种, 这些品种是培育新奇花色菊花品种的重要资源。

关键词: 菊花; 舌状花; 花色; 色差仪

中图分类号: S 682.1+1

文献标识码: A

文章编号: 0513-353X (2010) 05-0777-08

Analysis on Measuremental Position of Ligulate Floret Color of Chrysanthemum

SUN Wei^{1,3}, LI Chong-hui^{2,4}, WANG Liang-sheng², and DAI Si-lan^{1,*}

(¹ College of Landscape Architecture, Beijing Forestry University, National Engineering Technology Research Center for Floriculture, Beijing 100083, China; ² Beijing Botanical Garden, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China; ³ Urumqi Botanical Garden, Urumqi 830011, China; ⁴ Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The changes of color at different parts of the ligulate corolla and among the different whorls of the ligulate florets of red-, yellow- and white-flowered chrysanthemum cultivars were analyzed. It was found that the color of the medium part of the corolla of each ligulate floret is representative for the whole ligulate corolla, and the ligulate florets in the middle whorl are representative for the whole capitulum. The 120 chrysanthemum cultivars were randomly selected and measured the lightness L^* and chromatic components a^* and b^* . The values of lightness L^* and chromatic components a^* and b^* of the obverse side of the ligulate florets are closely positively correlated to the values of the reverse sides, and the ranges of the values of the obverse side are greater than those of the reverse side. It is thus better to use the color value of the medium part of the obverse side of the ligulate floret to define the flower color accurately. Analysis of the three-dimensional scatter plots revealed some chrysanthemum cultivars as having rare flower colors, which constitute important resources for breeding chrysanthemum with novel flower colors.

Key words: chrysanthemum; ligulate floret; flower color; colorimeter

收稿日期: 2010-01-08; **修回日期:** 2010-04-20

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30671714); 中国科学院方向性项目 (KSCX2-YW-N-043); 国家林业局林业公益性行业科研专项 (200904050)

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: silandai@gmail.com)

菊花 (*Chrysanthemum × morifolium* Ramat.) 的花朵实际是一个头状花序。花序包括了筒状花和舌状花。这种花的结构组成和花色表现方式不同于其它单花着生的花卉, 其花色主要由头状花序中许多舌状花 (ligulate floret) 共同呈现。菊花品种花色多样。有些品种同一舌状花不同部位花色也有明显差异, 如 ‘琥珀凝翠’; 有的品种在同一片舌状花上有两种颜色, 如 ‘金背大红’; 有些品种同 1 个花序上花色由外轮到内轮也呈现两种颜色, 如 ‘金波涌翠’。其次, 菊花从 1 朵舌状花到 1 轮舌状花, 到 1 个花序, 在不同层次上均表现出丰富的花色差异。菊花完全开放后, 主要呈色和观赏部位是舌状花, 舌状花狭长, 在纵向上花色变化较大, 菊花花序在不同花轮之间由外向内, 花色也表现出一定幅度变化。

前人关于花色测定相关研究主要是探讨色差仪在花色测定中的应用精度, 不同花色组中测定值的空间分布规律 (Tucher et al., 1991; Voss, 1992; 白新祥 等, 2006)。在康乃馨的花色测定和呈色规律上有过相关报道 (Gonnet, 1993)。由于菊花的花部构造的特殊性, 研究中需要确定统一菊花代表性花色测定部位, 通过统一测定规则保证花色研究样品采集的稳定性和准确性, 把多变的花色用稳定、准确的数值表示。通过菊花测定部位的分析和研究有利于减少花色测定误差。只有准确定义花色表型, 才能准确描述通过杂交和基因工程等培育出的新花色品种的性状。规范菊花花色测定部位, 利于花色确认和定义的统一, 便于不同研究者之间进行交流。通过分析菊花在三维色度空间连续分布状态, 分析菊花可能形成新花色的发展方向, 找出远离花色分布连续带的稀有菊花花色的品种, 也将为进一步培育菊花新花色品种奠定基础。

1 材料与方法

1.1 植物材料

研究材料取自北京林业大学菊花培育基地, 该基地收集了 800 多个中国传统菊花大菊品种。从 2008 年 10 月开始直到 12 月为止, 以随机取样的方式选取自然花期开放的 120 个菊花品种, 每个品种选取 3 株代表性的植株作为花色测定和分析对象。

1.2 花色测定方法

使用目视测色初步筛选试验样本, 采用英国皇家园艺学会比色卡 (RHSCC) 进行田间测色。应用色差仪 (NF333, Nippon Denshoku Industries Co. Ltd., Japan), 在 CIE C/2° 状态下测定菊花不同部位舌状花花色的 CIE L^* 、 a^* 、 b^* 值。 L^* 值为亮度, 色相值分别是 a^* 值、 b^* 值。当亮度 L^* 值从 0 升至 100 时, 表示由暗到明的变化; 而色相 a^* 值的增加意味着绿色的减退, 红色的增强; 色相 b^* 值的增加代表了蓝色的逐渐减退, 同时伴随着黄色增强 (Gonnet, 1993)。利用亮度 (L^*) 和两个色相成分 (a^* 值和 b^* 值) 构成的三维坐标系进行花色值分析。在菊花花色中主要存在红、黄和白色系, a^* 值变化显示菊花红度不同; b^* 值变化显示菊花黄度不同。

舌状花不同部位亮度和色相值的测定: 在同一个舌瓣上从着生点到舌状花顶端, 等距离确定 5 个点位, 分别设定为点位 1~5, 测定其亮度和色相值。随机选定 5 个舌状花, 测定 5 个重复, 每个点位取 5 个值平均值为此点位的值。

花轮花色测定: 按菊花头状花序从外到内的顺序, 最外轮花设为第 1 轮, 直到花中心第 n 轮已开放的舌状花。测定各花轮中全部正常生长无损害的舌状花片亮度和色相值, 同一轮花中的平均值代表该花轮的亮度和色相值。

1.3 数学分析方法

应用 EXCEL2003 对菊花舌状花不同部位与其亮度之间线性回归关系进行拟合显著性检验。应用 Oringe 8 分析菊花亮度和色相值的三维散点图。

2 结果与分析

2.1 舌状花不同部位花色变化

菊花中主要有白色、黄色、红色三大色系的花色，分别以‘神马’、‘大宝珠’、‘李逵醉酒’代表三色系进行舌状花和花轮间花色的测定分析。

测定白色系‘神马’单个舌状花从着生点到先端的 5 个点位的 L^* 、 a^* 、 b^* 值如表 1。按表 1 的数据进行线性回归拟合显著性检验并且求得亮度和各色相值之间极差，绘制线性回归图（图 1）。

分析可知，舌状花由着生点向外到舌状花顶端，在不同部位与其亮度之间线性回归拟合水平极显著（表 1），线性回归图显示随舌状花由着生点向外，亮度线性下降。在线性关系中，其中间点的值和 5 个点的平均值相等。因此，在白色花‘神马’中，中间部位测定 L^* 、 a^* 、 b^* 值对于舌状花花色代表性更好。

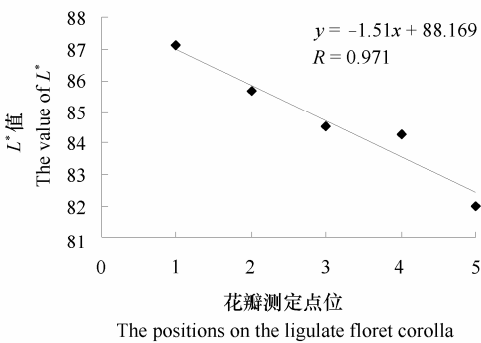


图 1 ‘神马’不同部位花色亮度变化趋势
Fig. 1 The tendency of lightness of the ligulate corolla from the base to the tip

表 1 ‘神马’，‘大宝珠’和‘李逵醉酒’舌状花不同部位花色 L^* ， a^* ， b^* 值
Table 1 The value of L^* ， a^* ， b^* in different positions of the ligulate floret of chrysanthemum ‘Jinba’，‘Dabaozhu’ and ‘Likui Zuijiu’

舌状花点位 Position of ligulate floret	神马 Jinba			大宝珠 Dabaozhu			李逵醉酒 Likui Zuijiu		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
1	87.10	-8.04	5.75	90.95	-19.43	47.75	17.10	31.17	6.03
2	85.65	-7.82	5.39	90.45	-19.68	50.58	13.76	28.70	5.59
3	84.52	-7.78	5.48	90.24	-19.93	52.23	13.14	25.60	4.23
4	84.31	-7.93	5.78	89.15	-20.08	55.84	12.96	22.18	3.00
5	82.02	-8.00	6.09	88.83	-19.62	57.25	13.42	19.46	1.50
极差 Maximum margin	5.08	0.26	0.70	2.12	0.65	9.50	4.15	11.71	4.54
线性回归显著性	**	—	—	**	—	**	—	**	**
Significance of linear regression									

对另外两种花色品种 L^* 、 a^* 、 b^* 值进行如上相同的分析，其测定数据和分析结果归纳入表 1。从表 1 中数据可以看出，在白色舌状花中差异最大的是亮度 L^* 值，在黄色舌状花中差异最大的是黄度 b^* 值，在红色花中差异最大的是红度 a^* 值，这些值均在不同部位与其亮度值表现为极显著线性相关。其中黄色舌状花中的 L^* 值，红色舌状花中的 b^* 值也表现为极显著线性相关。在 5 个点位数据具有线性相关，因此其中间点位的 L^* 、 a^* 、 b^* 值对于整个舌状花更具有代表性。

2.2 不同花轮之间的花色变化

按菊花头状花序从外到内的顺序，分别测定各花轮的 L^* 、 a^* 、 b^* 值（表 2）。在‘神马’样品中，亮度值与花轮层次之间呈显著线性相关（图 2）。同样在其它花色品种的花轮位置和花轮 L^* 、 a^* 、 b^* 值之间建立线性回归。不同花轮之间花色极差与回归显著性水平归纳入表 2。从分析数据可以看出，在白色菊花不同花轮之间， L^* 值极差较大；黄色花中 b^* 值极差较大；红色花 a^* 值极差较大，在 L^* 、 a^* 、 b^* 极差较大值上线性回归拟合水平平均达到显著（ $P < 0.05$ ）或极显著（ $P < 0.01$ ）水平（表 2）。因此菊花以中轮花测定的 L^* 、 a^* 、 b^* 值代表性更准确。

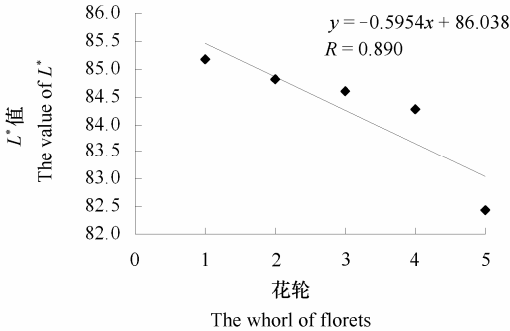


图 2 ‘神马’不同花轮由外到内花色亮度变化趋势
Fig. 2 The tendency of lightness of the whorl of florets from outside to inside

表 2 ‘神马’，‘大宝珠’和‘李逵醉酒’不同花轮之间花色 L^* 、 a^* 和 b^* 值
Table 2 The value of L^* , a^* , b^* in different whorls of chrysanthemum ‘Jinba’, ‘Dabaozhu’ and ‘Likui Zuijiu’

花轮 Whorl of florets	神马 Jinba			大宝珠 Dabaozhu			李逵醉酒 Likui Zuijiu		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
1	85.17	-7.90	5.30	90.43	-19.51	50.33	14.62	26.19	4.26
2	84.80	-7.58	5.07	91.09	-19.60	49.96	12.61	25.78	3.99
3	84.58	-7.52	5.22	90.90	-19.67	51.20	12.38	29.52	5.22
4	84.27	-7.37	5.16	90.28	-20.06	52.79	14.13	33.73	7.05
5	82.45	-7.47	5.34	90.38	-20.45	55.04	16.39	36.56	6.94
6				89.58	-20.63	58.30	16.17	40.52	7.33
7							17.45	40.81	7.15
8							18.83	40.25	5.39
极差 Maximum margin	2.71	0.53	0.27	1.51	1.12	8.33	6.45	15.02	3.34
线性回归显著性	*	—	—	—	**	**	**	**	—
Significance of linear regression									

2.3 舌状花瓣正反两面的花色差异分析

以菊花完全开放后，向上的面为正面，其反面为背面。在盛开菊花的中轮花中，随机选 5 个舌状花，以中间部位进行花色测定，每品种测定 3 个重复。对 120 种菊花，分别测定花色正反两面数据，发现部分花色的 L^* 、 a^* 、 b^* 值在正反两面差异较大。

根据正反面 L^* 、 a^* 、 b^* 值做散点图。以正面 L^* 、 a^* 、 b^* 值为散点横轴值，反面 L^* 、 a^* 、 b^* 值为纵轴值，拟合得到散点图（图 3，图 4，图 5），得到的坐标点就是菊花正反两面花色 L^* 、 a^* 、 b^* 值在二维平面中的比较。过原点的角平

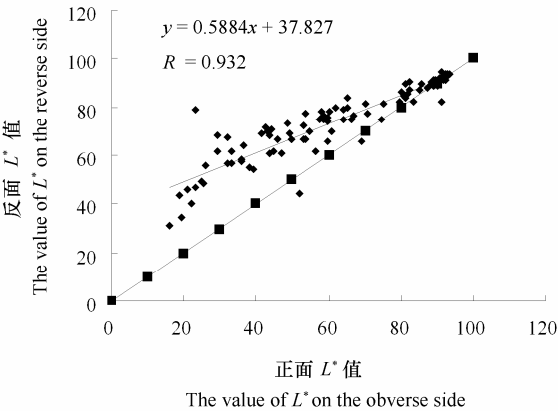


图 3 菊花正反两面花色 L^* 值的关系
过原点线为角平分线。

Fig. 3 The value of L^* on both sides of ligulate floret
The line through the grid origin is the bisector.

分线是纵横坐标值相等线，在角平分线以下正面值大于反面值，平分线以上，则反面值大于正面值。

分析结果发现：菊花舌状花正反两面的 L^* 、 a^* 、 b^* 值均表现出高度正相关，说明正反两面花色一定程度上可以互相取代。在亮度上，舌状花反面亮度普遍大于正面亮度，花色越深， L^* 值越小，正反两面的亮度差异越大（图 3）。当正面亮度值大于 80 以上时，正反面花色亮度值接近相等。大多数菊花舌状花的正面 a^* 值大于反面（图 4），而且在 a^* 值大于 20 时，菊花多属于红色花， a^* 值的变异幅度比较大，远离角平分线，且位于线下，说明在红色系菊花中，舌状花的正面花色红度远大于反面并且正反两面花色差异较大。菊花正反两面 b^* 值线性回归趋势线和角平分线接近（图 5），说明菊花中 b^* 值在正反两面差异不大，当 b^* 值大于 60 时，大多是黄色花，正面的黄度值明显大于反面。

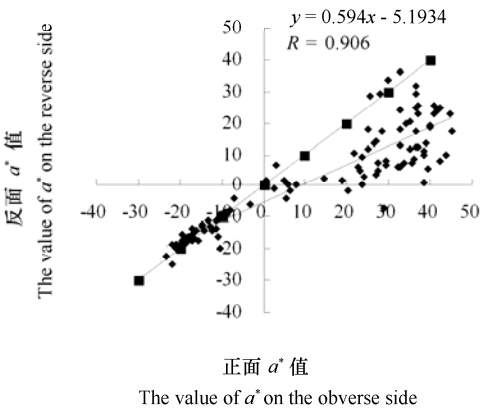


图 4 菊花正反两面花色 a^* 值的关系
过原点线为角平分线。

Fig. 4 The value of a^* on both sides of ligulate floret
The line through the grid origin is the bisector.

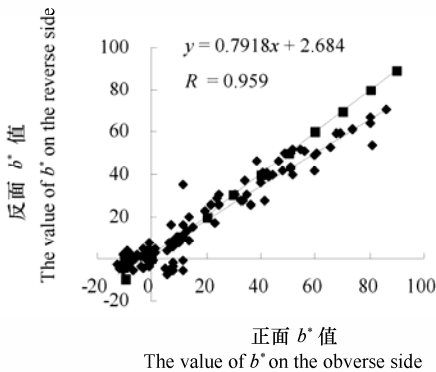


图 5 菊花正反两面花色 b^* 值（黄度）关系
过原点线为角平分线。

Fig. 5 The value of b^* on both sides of ligulate floret
The line through the grid origin is the bisector.

将 120 个测定的菊花样本舌状花正面和背面的 L^* 、 a^* 、 b^* 值中的最大值和最小值列入表 3，分析 L^* 、 a^* 、 b^* 值的变异幅度发现：舌状花正面测定值变异幅度均大于反面测定值。因此应用菊花正面测定值来区分菊花花色更具有代表性，变幅更宽，更有利于定义和区分花色。

表 3 菊花正反面花色测定比较
Table 3 Comparison of the flower color between the obverse side and the reverse side of the ligulate floret

分析项 Analysize factor	正面 Obverse side			反面 Reverse side		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
极大值 Maximum value	93.41	45.00	86.46	94.13	36.45	71.07
极小值 Minimum value	15.99	-23.35	-12.67	31.26	-24.64	-7.38
变幅 Range of variation	77.42	68.34	99.13	62.87	61.09	78.45

2.4 珍稀花色品种

应用所测定的 120 个菊花品种的 L^* 、 a^* 、 b^* 值进行花色三维空间作图，在三维空间中，不同花色品种集中在一条长链状区域，花色呈现十分明显的连续变化趋势（图 6）。从图 6 看出，个别花色品种的散点远离花色连续变化趋势线，称这些点为离散点。这些花色离散点代表的品种分别是‘红云’、‘绿朝云’、‘绿松针’、‘红丽金’、‘金红竞辉’等 5 个品种。

这些品种的花色属于菊花中稀有花色,即和大多数品种花色不一致的菊花品种。如‘绿朝云’和‘绿松针’属于绿色花,‘金红竞辉’和‘红云’在呈色上表现出介于红和黄之间的橙色,在菊花中均是少见的花色。以这些品种为亲本培育菊花,有希望形成新花色品种系列。

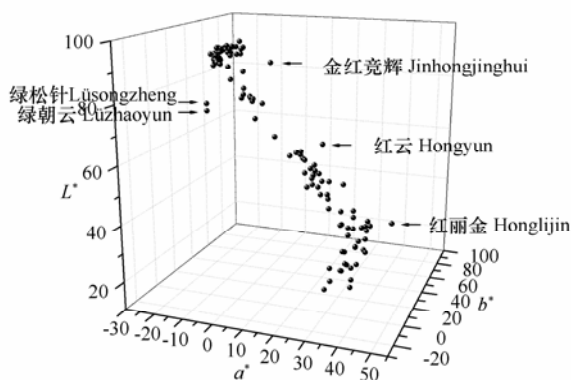


图 6 菊花花色稀少品种以离散点形式出现

Fig. 6 The rare chrysanthemum colors appearing in outer dots

3 讨论

3.1 菊花舌状花不同部位和不同着生位置舌状花间花色变化

造成菊花不同花色在舌状花不同部位和花轮间按线性关系递变差异的原因是其含有的色素影响的结果。构成花色的色素主要有 3 类:花青苷、类胡萝卜素和甜菜色素(傅荣昭等, 1995)。花青苷种类影响花色表现为,含有天竺葵素苷的舌状花可以形成红色到砖红色,含有矢车菊素苷可以形成红色、深红色的花色(Tatsuzawa et al., 2005a),而含有飞燕草素苷可以形成蓝色(Biolley & Jay, 1993; Kazuma et al., 2003; Tanaka et al., 2008)。类胡萝卜素含共轭双键生色团,主要表现为黄、橙、红和紫等颜色(Kishimoto et al., 2004)。

在白色花中不含有花青苷和类胡萝卜素,在舌状花不同部位和不同花轮之间不存在影响花色差异的色素成分,因此在 a^* 、 b^* 值上均无明显差异。在黄色花中主要含有的是类胡萝卜素色素系统(Kishimoto et al., 2004),类胡萝卜素主要对 b^* 值影响较大,形成黄色花中 b^* 值差异较大。在菊花中红色花中起主要作用的是矢车菊苷(Nakayama et al., 1997; Tatsuzawa et al., 2005b),矢车菊苷主要对花色的 a^* 值产生影响,因此在红色花中 a^* 值差异较大。

3.2 菊花舌状花正反面花色比较

菊花舌状花在正反两面均呈色,花色 L^* 、 a^* 、 b^* 值紧密正相关,在一定程度上有替代性。舌状花正反两面的 L^* 、 a^* 、 b^* 值均表现出连续变化的特性,在三维空间中表现为一条长链状分布。菊花正面 L^* 、 a^* 、 b^* 值变幅宽于反面,花色丰富,区分相近的花色能力更强。菊花正面测定的花色对于区分和定义舌状花花色更有利。

菊花舌状花的正反面亮度和红度差异较大,黄度值差异较小。这种变化是菊花具有的两种色素在舌状花中分布特性决定的。菊花舌状花中花青苷存在于上下表皮细胞,中间组织无色,而类胡萝卜素则分布于整个舌状花的细胞中(白新祥等, 2006)。含花青苷的菊花舌状花呈色受上下表皮细胞中花青苷含量多少的影响,当上下表皮细胞花青苷含量差异较大时,花色差异变大。同时舌状花

花青苷含量与亮度之间存在线性相关 (Zhang et al., 2007), 因此在花青苷影响的红色花色中亮度差异也较大。类胡萝卜素是分布于整个舌状花细胞中的, 因此从正反两面测定得到的花色是对相同量的类胡萝卜素呈色的反映, 黄色花 L^* 、 a^* 、 b^* 值相对稳定, 差异较小。

3.3 菊花花色测定部位分析

前人研究花色测定部位认为, 以康乃馨为例选花朵从外向内第 2 轮开放的花瓣, 其上部稳定呈色, 正反两面对应位置花色相同, 则两面均可作为花色测定部位, 5 次随机测定平均值代表花色 (Gonnet, 1993)。这种测定是针对单花着生的花朵定义的。对于花序而言, 不同小花之间的差异较大, 不能只以第 2 轮的花色代表整个花序的花色。常见的花瓣形状常常是接近矩形的不规则形状, 难以确定准确的代表性部位, 而菊花为狭长的形状便于建立可靠的花色测定部位。根据菊花花色在舌状花不同部位和花轮间变化规律, 正面花变幅更宽的特点。作者认为, 准确地反映花色的测定部位是, 在菊花花序中轮花中选取舌状花, 以舌状花正面、中间部位测定花色, 每个花序随机选取 5 个舌状花测定, 取平均值, 平均值代表菊花花序花色。在花朵开放过程中, 随着花朵开放花色一般会出现亮度增加, 花色变淡的现象, 在花朵盛花期前后, 花色基本保持稳定 (李崇晖 等, 2008)。菊花花序开放状态对舌状花花色也有一定影响。消除影响的方法是确定统一的菊花开花发育时期进行菊花花色测定, 在统一发育时期测定花色有助于排除不同发育阶段对花色的影响。在测定实践中统一以菊花花序盛开期为花色测定时间。其次增加测定重复数, 每个测定值以 5 次以上重复均值代表, 以减小误差。

菊花是中国传统名花, 有悠久的栽培历史, 在长期人工选育过程中, 菊花出现了一类正反面花色显著不同的品种。如 ‘金背大红’, 同一花正反两面花色鲜明不同, 正面为红色, 背面为黄色。在一般花卉中很少见。对花色两面显著不同的品种, 在菊花花色分析时, 一个测定值不能代替两面花色, 对此类菊花品种均以特例处理, 两面花色均需测定, 不能平均表示。这些品种属于菊花花色重要育种资源, 应收集、保护、繁育, 并以此为基础进行新花色培育, 发挥传统名花种质资源优势。

本文测定部位规则是适用于菊花这种多轮舌状小花, 舌状花狭长, 正反面花色基本稳定一致的花色测定, 此测定规则对于类似具有较多花瓣片, 花瓣层次丰富, 花瓣狭长的花卉种和品种的花色测定, 有一定借鉴作用。菊花花色测定的研究在于找到一种统一准确的花色测定规则。应用统一规则测定花色, 才能获得可靠的菊花花色值, 才可以区分相近花色, 发现新品种和原有品种花色差异, 便于比较不同地区种植的菊花品种, 利于菊花花色研究交流与开展, 推动菊花花色研究发展。

References

- Bai Xin-xiang, Hu Ke, Dai Si-lan, Wang Liang-sheng. 2006. Components of flower pigments in the petals of different color *Chrysanthemum morifolium* Ramat. cultivars. *Journal of Beijing Forestry University*, 28 (5): 84 - 89. (in Chinese)
- 白新祥, 胡 可, 戴思兰, 王亮生. 2006. 不同花色菊花品种花色素成分的初步分析. *北京林业大学学报*, 28 (5): 84 - 89.
- Biolley J P, Jay M. 1993. Anthocyanins in modern roses: Chemical and colorimetric features in relation to the colour range. *Journal of Experimental botany*, 44 (268): 1725 - 1734.
- Fu Rong-zhao, Ma Jiang-sheng, Cao Guang-chen, Li Wen-bing, Sun Yong-ru. 1995. Research advance on floral color, fragrance and figure genetic engineering. *Acta Horticulturae Sinica*, 22 (4): 381 - 385. (in Chinese)
- 傅荣昭, 马江生, 曹光诚, 李文彬, 孙勇如. 1995. 观赏植物色香形基因工程研究进展. *园艺学报*, 22 (4): 381 - 385.
- Gonnet J F. 1993. CIELab measurement, a precise communication in flower colour: An example with carnation (*Dianthus caryophyllus*) cultivars. *Journal of Horticulture Science*, 68 (4): 499 - 510.
- Kazuma K, Noda N, Suzuki M. 2003. Flavonoid composition related to petal color in different lines of *Clitoria ternatea*. *Phytochemistry*, 64: 1133 - 1139.
- Kishimoto S, Maoka T, Nakayama M, Ohmiya A. 2004. Carotenoid composition in petals of chrysanthemum [*Dendranthema grandiflorum* (Ramat.) Kitamura]. *Phytochemistry*, 65: 2781 - 2787

