

大花卫矛秋季叶色素变化及与温度的关系

孙 宜, 李 鹏

(北京市植物园, 北京 100093)

摘 要:以大花卫矛为试材,于2013年10—11月采用分光比色法,测定了大花卫矛叶片叶绿素、类胡萝卜素、花青素的含量,并探讨各色素与温度因子的关系。结果表明:在10—11月大花卫矛叶片变色过程中,随着时间的变化叶片中叶绿素a含量、叶绿素b含量和叶绿素a+b含量呈明显下降的趋势,其中叶绿素a含量下降幅度为79.1%,叶绿素b含量下降幅度为88.8%,叶绿素a+b含量下降幅度为80.9%,类胡萝卜素含量下降幅度为44.1%。随着时间的变化,花青素含量呈明显的上升趋势,上升幅度为2063.6%。叶绿素含量与平均最高和最低气温呈极显著正相关,类胡萝卜素含量与日平均最高和最低气温呈显著正相关,花青素含量与日平均最高和最低气温呈极显著负相关。

关键词:大花卫矛;叶绿素;类胡萝卜素;花青素;温度

中图分类号:S 688 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)10-0075-04

秋色叶的叶色变化主要是由光合产物的变化,引起植物叶片内各种色素的比例发生变化,致使叶片呈现不同色彩^[1]。叶绿素主要包括叶绿素a和叶绿素b,呈蓝绿或黄绿色,性质不稳定,在强光下和低温下容易分解^[2]。类胡萝卜素包括叶黄素和胡萝卜素2种,呈(橙)

黄色,性质比较稳定^[3]。花青素是一大类化合物的总称,属黄酮类化合物;植物的花、果、叶呈现不同的颜色主要和花青素有关^[4]。叶片中色素含量的变化不仅反映了植物的生长和营养状况,而且反映了植物对环境因子的响应^[5]。

大花卫矛(*Euonymus grandiflorus*)属卫矛科卫矛属半常绿乔木或灌木,高可达10 m^[6]。其秋季叶色变为紫红色,色彩十分鲜艳、亮丽,并且彩叶期长,在北京地区于11月底至12月初叶片才全部落光。其秋季叶色美丽且抗性强,是城市园林绿中优秀的彩叶树种。由于大

第一作者简介:孙宜(1972-),女,高级工程师,现主要从事新优植物的引种与园林应用的工作。E-mail:sunyi72@163.com.

基金项目:北京市公园管理中心科技资助项目(ZX2013013);北京市科技计划资助项目(Z141100006014036)。

收稿日期:2015-01-28

Study on Drought Adaptability of Wild *Sedum*

CHENG Xiao-jing¹, ZHOU Chu-qi¹, ZHOU Li-ying¹, JIANG Shou-yang¹, XING Guo-min², YANG Zheng-an¹

(1. Institute of Horticulture and Landscape, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201; 2. Institute of Horticulture, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030800)

Abstract: Taking four kinds of gardening *Sedum* with market potential and two kinds of wild *Sedum* with the development value as materials, using the methods with the score of appearance drought resistance index, coverage and color, by analyzing the membership function of test data to make a comprehensive evaluation of six kinds of plants under drought and normal management, the six stonecrop plants' drought resistance and adaptability. The results showed that the sequence of drought applicability from strong to weak was, *Sedum sarmentosum* > *Sedum sarmentosum*. cv. > *Sedum reflexum*. cv. > *Sedum sexangulare*. cv. > *Sedum linera*. cv. > *Sedum polytrichoidis*. Under normal management, the result was *Sedum sarmentosum* > *Sedum sarmentosum*. cv. > *Sedum reflexum*. cv. > *Sedum linera*. cv. > *Sedum sexangulare*. cv. > *Sedum polytrichoidis*. To provide the theoretical basis, and promote landscaping application and production in the future.

Keywords: gardening *Sedum*; wild *Sedum*; comprehensive evaluation; drought stress

花卫矛多被用作经济树种,所以目前城市绿化中极少应用。现通过对大花卫矛不同时期叶片中叶绿素、类胡萝卜素和花青素的含量进行测定,研究叶变色期的色素动态变化,并初步探讨色素变化情况与温度变化的关系,以期探索秋季大花卫矛叶色变化的规律,为今后大花卫矛在城市园林中的推广与配置应用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为大花卫矛。

1.2 试验方法

分别于 2013 年 10 月 1 日(大花卫矛叶片未变色)、10 月 14 日、10 月 29 日、11 月 6 日、11 月 13 日、11 月 20 日(落叶初期)9:00 取北京市植物园树木区内的 8 株大花卫矛树冠外围阳面中部的叶片。回到实验室后对叶片进行清洗,晾干。剪取无病虫害和病斑的叶片,避开大的主脉,剪成长、宽均为 2 mm 左右大小的小块,并充分混匀。称取定量的叶片碎片,并加入浸提液,置于 32℃ 恒温箱中浸提一定时间,用 UV-2802S 型紫外可见分光光度计测量一定波长下的吸光度。每样品重复 3 次测量。

1.3 项目测定

1.3.1 叶绿素含量和类胡萝卜素含量的测定 称取 1.0 g 叶片碎片于小烧杯中,加入 80% 丙酮溶液 10 mL,用封口膜封好后放置于 32℃ 恒温箱内避光浸提 48 h,直到叶色变白。3 次重复。以 80% 丙酮溶液作参比液,在 663、646、470 nm 3 个波长下测定吸光度,并按照生理实验指导书上的公式计算叶绿素和类胡萝卜素的含量,单位为 mg/g。

1.3.2 花青素含量的测定 称取 0.1 g 叶片碎片于小烧杯中,加入 10 mL 0.1 mol/L 盐酸溶液,用封口膜封好后放置于 32℃ 恒温箱内避光浸提 4 h。取出后过滤,滤

液作为待测液。3 次重复。以 0.1 mol/L 盐酸溶液作为参比液,在 530 nm 下测定吸光度。花青素含量的测定参照于晓南^[7]的方法,设每 1 g 样品在 10 mL 0.1 mol/L 盐酸溶液中的浸提液中,吸光度 A 为 0.1 时花青素苷的浓度为 1 个花青素单位,以此比较花青素的相对含量。花青素含量(花青素单位/g·(10 mL 0.1 mol·L⁻¹)⁻¹盐酸)=10A·B,式中,A 为测得的吸光度;B 为稀释倍数;10 为将吸光度换算成花青素单位。

1.3.3 温度的采集 使用气象仪自动记录大气温度,计算每次测定前 7 d 的平均最高气温、平均最低气温。

2 结果与分析

2.1 不同时期大花卫矛叶片中各色素含量

2.1.1 不同时期大花卫矛叶片中叶绿素含量随时间的变化 从表 1、图 1 可以看出,随着时间的变化,叶绿素总体含量呈下降的趋势,下降幅度为 80.9%,其中叶绿素 a 含量的下降幅度为 79.1%,叶绿素 b 含量的下降幅度为 88.8%。从 10 月 14 日至 11 月 6 日叶绿素含量下降明显,此时正是叶片的变色期,随着温度的降低,叶片内叶绿素 a+b 含量呈大幅度的下降趋势,下降幅度为 61.2%。11 月 6 日后叶片基本全部变为红色,所以 11 月 6—20 日测量的叶绿素含量下降不显著,下降幅度仅为 43.6%。10、11 月,日照时间变短、温度降低使得叶绿素分解,叶片内的叶绿素含量降低。10 月 1 日和 10 月 14 日测量大花卫矛叶片中叶绿素 b 含量分别为 0.250、0.254 mg/g,数值基本相同,未见减少。该误差有可能是取样造成的。在此期间,大花卫矛只有少部分叶片背面外围初变红,因此叶片的变色差异和随机称量取样均会产生误差。该结果并不影响色素含量变化的整体趋势。由表 2 可知,叶绿素 a 含量和叶绿素 b 含量的变化与叶绿素 a+b 含量的变化呈极显著正相关。说明二者共同决定叶绿素 a+b 含量的变化。

表 1

2013 年 10—11 月大花卫矛叶片中各色素含量

Table 1 Pigments contents in *Euonymus grandiflorus* leaves from October to November in 2013

	日期/月-日					
	10-01	10-14	10-29	11-06	11-13	11-20
叶绿素 a 含量 Chlorophyll a content/(mg·g ⁻¹)	1.167±0.10a	0.988±0.02b	0.679±0.01c	0.432±0.03d	0.383±0.04d	0.244±0.01e
叶绿素 b 含量 Chlorophyll b content/(mg·g ⁻¹)	0.250±0.04a	0.254±0.01a	0.123±0.01b	0.051±0.01c	0.051±0.004c	0.028±0.01c
叶绿素 a+b 含量 Chlorophyll a+b content/(mg·g ⁻¹)	1.427±0.14a	1.242±0.03b	0.810±0.02c	0.482±0.04d	0.434±0.03d	0.272±0.01e
类胡萝卜素含量 Carotenoid content/(mg·g ⁻¹)	0.358±0.02a	0.277±0.01b	0.235±0.004c	0.193±0.01d	0.205±0.01d	0.200±0.01d
花青素含量 Anthocyanin content/(g·(10 mL 0.1 mol·L ⁻¹)盐酸)	2.53±0.1a	4.72±0.4a	19.22±0.6a	39.02±0.1b	47.01±0.2b	54.74±0.9b

注:采用单因素方差分析法对数据进行分析,表中数据为平均值±标准差,不同小写字母代表在 5% 水平上显著差异。

Note: Data are analyzed by one-way ANOVA method. Data in the table are the average±SE, different lowercase letters show significant difference of 5% level.

2.1.2 不同时期大花卫矛叶片中类胡萝卜素含量的变化 由表 1、图 2 可知,大花卫矛中类胡萝卜素的含量随着时间的变化呈下降趋势,下降幅度为 44.1%。类胡萝卜素性质相对较稳定,受温度变化的影响不显著。在 10 月 1 日至 11 月 5 日叶片变色期间类胡萝卜素含量有所

下降,11 月 5 日以后叶片完全变色,类胡萝卜素含量基本不变。

2.1.3 不同时期大花卫矛叶片中花青素含量的变化

从表 1、图 3 可以看出,大花卫矛中花青素含量随着时间的变化呈明显的上升趋势,上升幅度为 2 063.6%,其含量

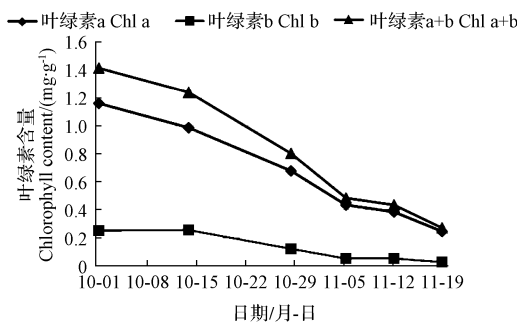


图1 大花卫矛叶绿素含量随时间动态变化
Fig. 1 The changes of chlorophyll contents in *Euonymus grandiflorus* leaves from October to November

表2 叶绿素 a 含量和叶绿素 b 含量与
叶绿素 a+b 含量的相关关系

Table 2 Correlations of Chl a, Chl b and Chl a+b in
leaves of *Euonymus grandiflorus*

	叶绿素 a 含量 Chl a content	叶绿素 b 含量 Chl b content
叶绿素 a+b 含量 Chl a+b content	0.999 ** $P<0.001$	0.988 ** $P<0.001$

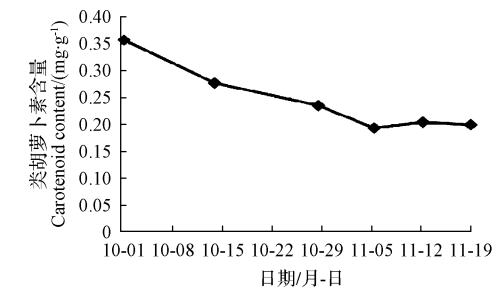


图2 大花卫矛类胡萝卜素含量随时间动态变化
Fig. 2 The changes of carotenoid content in *Euonymus grandiflorus* leaves from October to November

增长 20.6 倍。从 10 月 14 日开始花青素含量上升明显,说明叶片中花青素相对含量随外界气温的降低和光照时数的减少而明显增加。受低温胁迫或衰老期间,叶片中花青素往往偏高。

表3 大花卫矛叶片中色素含量与大气温度间的相关关系

Table 3 Correlations of pigments in leaves of *Euonymus grandiflorus* and temperatures

	叶绿素 a 含量 Chl a content	叶绿素 b 含量 Chl b content	叶绿素 a+b 含量 Chl a+b content	类胡萝卜素含量 Carotenoid content	花青素含量 Anthocyanin content
平均最高温 The highest average temperature	0.976 ** $P=0.001$	0.960 ** $P=0.002$	0.976 ** $P=0.001$	0.886 * $P=0.019$	-0.952 ** $P=0.003$
平均最低温 The lowest average temperature	0.974 ** $P=0.001$	0.968 ** $P=0.001$	0.976 ** $P=0.001$	0.904 * $P=0.013$	-0.955 ** $P=0.003$

降至 0℃ 以下。第一、第二阶段随着气温的下降叶绿素、类胡萝卜素的含量呈明显下降趋势,花青素含量则呈明显上升趋势。第三阶段叶片已全变红,叶片内叶绿素含量仍有所下降,类胡萝卜素含量基本不变,花青素含量继续升高。由表 3 可知,叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素

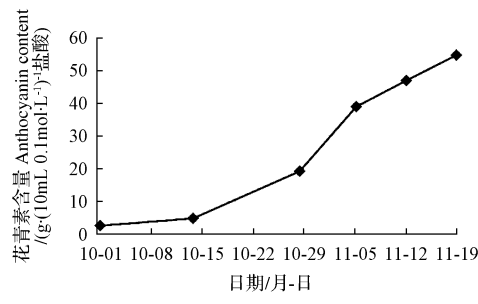


图3 大花卫矛花青素相对含量随时间动态变化
Fig. 3 The changes of anthocyanin contents in *Euonymus grandiflorus* leaves from October to November

2.2 大花卫矛叶片中各色素含量的变化与温度因子的关系

从图 4 可以看出,平均最高、最低气温随着时间的变化呈下降趋势。通过实际观察叶片变色情况可分为 3 个阶段,第一阶段为 10 月 1—15 日,此时大花卫矛的叶片初变色,仅有少量叶片背面外围变红,此阶段的日平均最高气温在 22℃ 左右,日平均最低气温在 11℃ 左右,平均昼夜温差在 11℃ 左右;第二阶段为变色中期,10 月 16 日至 11 月 5 日,此时大部分叶片逐渐变红,在此期间日平均最高气温为 16℃ 左右,最低气温为 4℃ 左右;第三阶段从 11 月 6 日至落叶,为完全变色期,此时大花卫矛的叶片完全变红,此阶段最高气温略有下降,最低气温

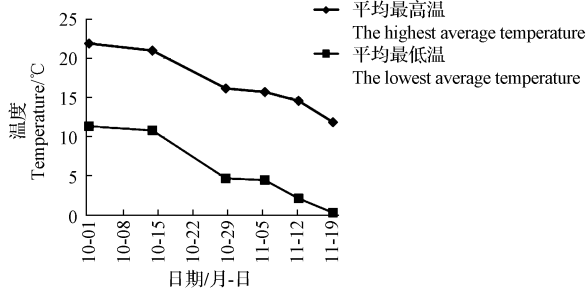


图4 大花卫矛变色期间大气温度的变化
Fig. 4 The changes of temperatures during the leaf coloration process of *Euonymus grandiflorus*

a+b、花青素的含量与平均最高、最低气温呈极显著相关,类胡萝卜素含量与平均最高、最低气温呈显著相关。其中叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素 a+b、类胡萝卜素含量与平均最高最低气温呈正相关,花青素含量与平均最高和最低气温呈负相关。

3 结论与讨论

该试验结果表明,大花卫矛叶片变色期间,叶片中叶绿素和类胡萝卜素的含量随着时间的变化呈下降的趋势。其中叶绿素 a 含量的下降幅度为 79.1%,叶绿素 b 含量的下降幅度为 88.8%,叶绿素 a+b 含量下降幅度为 80.9%。类胡萝卜素含量的下降幅度为 44.1%。大花卫矛叶片变色期间,叶片中花青素含量随着时间的变化呈明显上升趋势,上升幅度为 2 063.6%,含量增长 20.6 倍。大花卫矛叶片变色期间,随着时间的变化,温度降低,日照时数的变短,叶片内的叶绿素 a、b 含量随气温的降低下降趋势明显;类胡萝卜素含量在叶变色期间有轻微下降,完全变色后含量变化不大;花青素含量则随着温度的降低呈现明显的上升趋势。说明随着气温的降低,叶绿素和类胡萝卜素逐渐分解而花青素继续合成,在 pH 值的影响下呈现红色^[8]。在秋季叶变色期间,大花卫矛叶片中叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素 a+b 含量与平均最高、最低气温呈极显著正相关,类胡萝卜素与平均最高、最低气温呈显著正相关,花青素含量与平均最高和最低气温呈极显著负相关。花青素(花色素苷)已被证明是秋叶类植物秋季着色的直接生物基质^[9],大花卫矛秋季叶变色过程中,叶片中花青素含量显著增加,是

导致叶片变红的主要因素。

影响叶片变色的因素很多,包括光照强度、温度、湿度、土壤等多方面的环境因子。该试验仅研究了温度变化对大花卫矛叶片变色的影响,今后可继续研究其它几个环境因子对叶片变色的影响,从而更加全面地了解大花卫矛秋叶着色的生态机制。

参考文献

- [1] 胡永红,秦俊,蒋昌华,等. 上海地区秋色叶成因的调查与分析[J]. 东北林业大学学报,2004,32(5):84-86.
- [2] 潘瑞炽. 植物生理学[M]. 5 版. 北京:高等教育出版社,2004:60-66.
- [3] 周云龙. 植物生理学[M]. 2 版. 北京:高等教育出版社,2003:63.
- [4] 赵宇瑛,张汉锋. 花青素的研究现状及发展趋势[J]. 安徽农业科学,2005,33(5):904-905.
- [5] 彭涛,李鹏民,贾裕娇,等. 介绍两种无损测定植物活体叶片色素含量的方法[J]. 植物生理学通讯,2006,42(1):83-86.
- [6] 张天麟. 园林树木 1 200 种[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2004:332-333.
- [7] 于晓南. 植物叶片中花青素的分析与研究[J]. 现代仪器,2000(4):37-38.
- [8] 李效文,陈秋夏,郑坚. 枫香秋叶色素变化及与环境因子的关系[J]. 浙江农业科学,2011(2):279-282.
- [9] 蔺银鼎,梁峰. 主要气候因子对元宝枫秋叶着色的影响[J]. 中国农学通报,2010,26(2):166-170.

Relationship Between Changes of the Pigments Content in *Euonymus grandiflorus* and the Temperature Changing in Autumn

SUN Yi, LI Peng

(Beijing Botanical Garden, Beijing 100093)

Abstract: Taking *Euonymus grandiflorus* as test material, the changes of the contents of chlorophyll, carotenoid and anthocyanin of leaves in *Euonymus grandiflorus* were measured continuously by using spectrometer from October to November, and the relationship between the contents of pigments and the temperature changing was also explored. The results showed that the chlorophyll a, chlorophyll b, and the total content of chlorophyll of *Euonymus grandiflorus* were all decreased significantly from October to November in a whole. Chlorophyll a content was decreased 79.1%, chlorophyll b content was decreased 88.8%, the total content of chlorophyll was decreased 80.9%. Carotenoid content also was decreased from October to November, and the descend range was 44.1%. The content of anthocyanin was risen obviously during the different time. The range was 2 063.6%. The content of chlorophyll was very significantl postively correlated with the highest average temperature and the lowest average temperature. The content of carotenoid was significantl postively correlated with the highest average temperature and the lowest average temperature. The content of anthocyanin was very insignificantly negatively correlated with the highest average temperature and the lowest average temperature.

Keywords: *Euonymus grandiflorus*; chlorophyll; carotenoid; anthocyanin; temperature