

## 金边黄杨与大叶黄杨光合特性的比较

庄猛<sup>1,2</sup> 姜卫兵<sup>1,\*</sup> 花国平<sup>3</sup> 曹晶<sup>1</sup> 李刚<sup>1</sup>

<sup>1</sup>南京农业大学园艺学院, 南京 210095; <sup>2</sup>江苏华西都市农业科技发展有限公司, 江苏江阴 214421; <sup>3</sup>江阴市未来园林绿化有限公司, 江苏江阴 214421

**摘要** 在田间条件下, 比较金边黄杨与大叶黄杨光合生理特性的结果表明: (1)金边黄杨的叶绿素含量极显著低于大叶黄杨, 类胡萝卜素和花色素苷含量无显著差异; (2)金边黄杨的光合能力显著低于大叶黄杨, 表观量子效率、羧化效率分别为大叶黄杨的 54% 和 50%; (3)二者的净光合速率日变化均为单峰曲线, 金边黄杨净光合速率和蒸腾速率日积分值分别为大叶黄杨的 60% 和 75%。

**关键词** 金边黄杨; 大叶黄杨; 光合特性

## Comparison of the Photosynthetic Characteristics of *Euonymus japonicus* L. f. *aureo-marginatus* Rehd. and *Euonymus japonicus* L.

ZHUANG Meng<sup>1,2</sup>, JIANG Wei-Bing<sup>1,\*</sup>, HUA Guo-Ping<sup>3</sup>, CAO Jing<sup>1</sup>, LI Gang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; <sup>2</sup>Jiangsu Huaxi Urban Agriculture Technology Development Limited Company, Jiangyin, Jiangsu 214421, China; <sup>3</sup>Jiangyin Weilai Landscape Greening Limited Company, Jiangyin, Jiangsu 214421, China

**Abstract** The photosynthetic characteristics of *Euonymus japonicus* L. f. *aureo-marginatus* Rehd. and *Euonymus japonicus* L. in the fields were studied. The results showed that: (1) The chlorophyll contents of *E. japonicus* L. f. *aureo-marginatus* Rehd. was much lower than that of *E. japonicus* L., but the carotenoid and anthocyanin contents were not significantly different between them; (2) The photosynthetic ability of *E. japonicus* L. f. *aureo-marginatus* Rehd. was obviously lower than that of *E. japonicus* L., apparent quantum yield (AQY) and carboxylation efficiency (CE) in *E. japonicus* L. f. *aureo-marginatus* Rehd. were 54% and 50% of those in *E. japonicus* L., respectively; (3) Both of the diurnal variation of  $P_n$  were "single peak curve", the diurnal calculus value of  $P_n$  and  $T_i$  in *E. japonicus* L. f. *aureo-marginatus* Rehd. were 60% and 75% of those in *E. japonicus* L., respectively.

**Key words** *Euonymus japonicus* L. f. *aureo-marginatus* Rehd.; *Euonymus japonicus* L.; photosynthetic characteristics

近年来, 彩叶植物因其优美的叶色在园林绿化中备受重视, 应用越来越广泛。作为一种特殊的观叶植物, 其叶色虽然表现各有不同, 但都涉及到色素的变化, 其光合特性很可能受到影响, 从而直接影响植株的生长速度和生长量, 并进一步影响生产周期和商品质量(姜卫兵等 2004, 2005)。因此, 研究彩叶植物的光合生理特性有一定的理论和实际应用价值。

金边黄杨(*Euonymus japonicus* L. f. *aureo-marginatus* Rehd.) 是大叶黄杨(*Euonymus japonicus* L.) 的一个变种, 其叶片边缘能较长时间地地呈现现金黄色, 是园林绿化中用途非常广泛的一种彩叶植物。目前, 金边黄杨的研究主要集中在园林应用

配置等方面(邵丽艳和黄丽2004; 张庆费等2000), 而对其光合生理特性尚无报道。本文以金边黄杨为研究对象, 以大叶黄杨为对照, 比较两者光合生理特性的差异, 从而为金边黄杨的栽培养护管理提供参考。

## 材料与方法

试验于2004年8月中旬在江阴市未来园林绿

收稿 2005-06-01 修定 2005-11-22  
资助 江苏省省级综合性农业科技示范园项目[苏农计(2003)50号]。  
\*通讯作者(E-mail: Weibingj@sohu.com, Tel: 025-84396964)。

化有限公司的苗圃中进行。选用生长一致的二年生的卫矛科卫矛属植物金边黄杨 (*Euonymus japonicus* L. f. *aureo-marginatus* Rehd.) 为材料。在其叶片边缘呈现典型的金黄色时, 取新梢中上部向阳面从顶端数第4~5片叶进行各项指标测定。以长势相近的同属植物大叶黄杨 (*Euonymus japonicus* L.) 为对照。

测定光合色素含量时, 称取0.2 g左右叶片, 剪碎, 采用混合液(丙酮:无水乙醇=1:1)浸提24 h后比色(张宪政1986; 薛维等2003)。

测定花色苷相对含量时, 称取0.2 g左右叶片, 剪碎后采用0.1%盐酸甲醇溶液浸提。以每克鲜重叶片在10 mL提取液中的0.1个吸光度为1个色素单位(何奕昆等1995)。

从7:00~17:00每隔2 h在完全模拟自然的条件下, 测定净光合速率( $P_n$ )、蒸腾速率( $T_r$ )、气孔导度( $G_s$ )和水分利用效率( $WUE=P_n/T_r$ )日变化。 $P_n$ 日积分值(diurnal calculus value of  $P_n$ )和 $T_r$ 日积分值(diurnal calculus value of  $T_r$ )是表示一定时间内植物实际的光合净积累量和水分蒸腾量。根据每个时刻测定的数据, 采用AUTOCAD软件模拟植物 $P_n$ 和 $T_r$ 的日变化曲线, 求出曲线与时间轴围成的面积, 该面积即为在测定时间内的光合净积累量和水分蒸腾量。

测定 $P_n$ 的光响应曲线时, 叶室中 $CO_2$ 浓度为(380±5)  $\mu L \cdot L^{-1}$ , 叶片温度为(25±3) °C, 相对湿度为大气湿度的80%左右。将光照强度(PFD)在0~2000  $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ 范围内设定梯度, 每个光强下平衡5 min, 测定PFD- $P_n$ 曲线。通过曲线求出光补偿点(LCP)和光饱和点(LSP)。取PFD在0~200  $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ 范围内的 $P_n$ 测定值进行直线回归, 斜率即为表观量子效率(AQY)。

测定 $P_n$ 的 $CO_2$ 响应曲线时, 设定PFD为1000  $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ , 叶片温度设为(25±3) °C, 相对湿度为大气湿度的80%左右。 $CO_2$ 浓度在0~2000  $\mu L \cdot L^{-1}$ 范围内测定 $CO_2$ - $P_n$ 曲线。通过曲线求出 $CO_2$ 补偿点(CCP)。取在0~200  $\mu L \cdot L^{-1}$ 范围内测定的细胞间隙 $CO_2$ 浓度( $C_i$ )进行直线回归, 斜率即为羧化效率(CE)。

以上每个指标测定均重复5次, 以平均值±标准差表示; 显著性经邓肯检验, 以上标\*表示差异显著, \*\*表示差异极显著。

## 实验结果

### 1 金边黄杨与大叶黄杨叶中色素含量的比较

金边黄杨的总叶绿素含量[Chl (a+b)]为大叶黄杨的68%, 其中叶绿素a (Chl a)为大叶黄杨的72%, 叶绿素b (Chl b)相差更大, 只是大叶黄杨的55%, 因而导致前者的叶绿素a/b增大。而二者的类胡萝卜素(Car)含量和花色苷含量均无显著差异(表1)。

### 2 金边黄杨与大叶黄杨光合特性参数的比较

从表2可以看出, 金边黄杨的LCP与大叶黄杨相近, 而CCP显著高于大叶黄杨。金边黄杨的LSP只有200  $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ , 极显著低于大叶黄杨的1000  $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ ; 二者在试验仪器允许的范围(最高2000  $\mu L \cdot L^{-1}$ ), 均没有出现 $CO_2$ 饱和点。金边黄杨的AQY和CE均显著低于大叶黄杨, 分别只是大叶黄杨的54%和50%。

### 3 金边黄杨与大叶黄杨光合作用日变化的比较

从图1~4可见:

(1)金边黄杨和大叶黄杨的 $P_n$ 日变化均为单峰曲线, 峰值出现在11:00左右(图1)。一天中前者的 $P_n$ 始终低于后者,  $P_n$ 日积分值也显著低于后者(表2)。

表1 金边黄杨与大叶黄杨叶片色素含量的比较

Table 1 Comparison of the pigment contents of leaves in *E. japonicus* L. f. *aureo-marginatus* Rehd. and *E. japonicus* L.

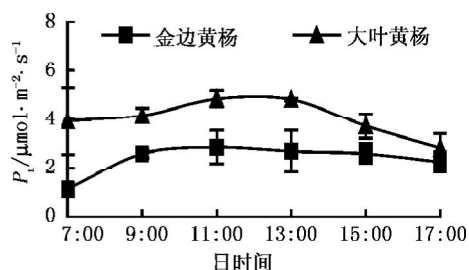
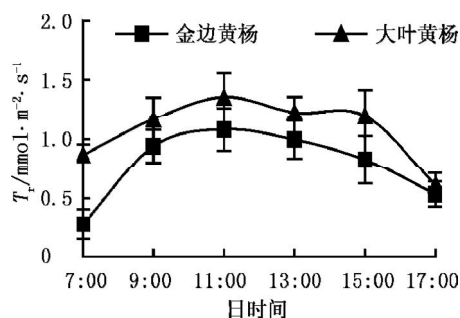
植物材料	Chl a含量/ mg·g <sup>-1</sup> (FW)	Chl b含量/ mg·g <sup>-1</sup> (FW)	Chl (a+b)含量/ mg·g <sup>-1</sup> (FW)	Car含量/ mg·g <sup>-1</sup> (FW)	Chl a/b	花色苷相对含量/ U·g <sup>-1</sup> (FW)
金边黄杨	0.59±0.03**	0.16±0.02**	0.75±0.05**	0.40±0.03	3.81±0.06**	7.75±0.64
大叶黄杨	0.81±0.12**	0.28±0.14**	1.10±0.26**	0.47±0.05	2.90±0.19**	8.19±1.12

\* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$ 。

表2 金边黄杨与大叶黄杨光合参数的比较

Table 2 Comparison of photosynthetic indexes of *E. japonicus* L. f. *aureo-marginatus* Rehd. and *E. japonicus* L.

植物材料	LCP/ $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	LSP/ $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	CCP/ $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$	AQY/ $\text{mol}(\text{CO}_2)\cdot\text{mol}^{-1}$	CE	$P_n$ 日积分值/ $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}$	$T_r$ 日积分值/ $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}$
金边黄杨	37±9	200±11**	133±7*	0.013±0.002**	0.009±0.002**	91.17±6.65**	31.30±4.17**
大叶黄杨	43±7	1 000±24**	97±2*	0.024±0.006**	0.018±0.003**	151.59±9.26**	41.61±5.25**

\* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$ 。图1 金边黄杨与大叶黄杨的 $P_n$ 日变化Fig. 1 Diurnal variation of  $P_n$  of *E. japonicus* L. f. *aureo-marginatus* Rehd. and *E. japonicus* L.图3 金边黄杨与大叶黄杨的 $T_r$ 日变化Fig. 3 Diurnal variation of  $T_r$  of *E. japonicus* L. f. *aureo-marginatus* Rehd. and *E. japonicus* L.

(2) 两种黄杨的WUE日变化基本上均为单谷曲线。上午7:00时为最高, 此后逐渐降低。金边黄杨于13:00达到最低值, 而后逐渐升高(图2)。

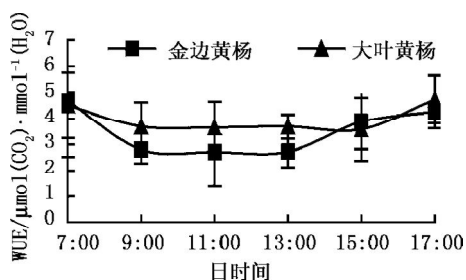
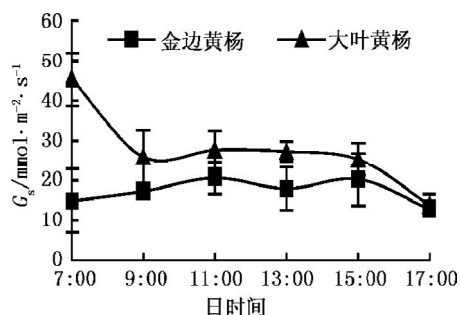


图2 金边黄杨与大叶黄杨的WUE日变化

Fig. 2 Diurnal variation of WUE of *E. japonicus* L. f. *aureo-marginatus* Rehd. and *E. japonicus* L.图4 金边黄杨与大叶黄杨的 $G_s$ 日变化Fig. 4 Diurnal variation of  $G_s$  of *E. japonicus* L. f. *aureo-marginatus* Rehd. and *E. japonicus* L.

(3) 金边黄杨和大叶黄杨的 $T_r$ 日变化呈单峰曲线, 前者11:00时的 $T_r$ 为一天中的最高值(图3)。金边黄杨的 $T_r$ 始终低于大叶黄杨,  $T_r$ 日积分值也显著低于大叶黄杨(表2)。

(4) 金边黄杨的 $G_s$ 在一天当中变化不大, 基本上在15~20  $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 之间。大叶黄杨的 $G_s$ 于上午7:00时为最高, 而后逐渐降低。前者的 $G_s$ 低于后者(图4)。

## 讨论

已有报道表明, 彩叶植物的光合特性与同种绿叶植物是不同的(潭新星和许大全1996; Weisburg等1988; 庄猛等2005, 2006)。本文结果也表明, 金边黄杨叶中的叶绿素含量(尤其是Chl b的含量)极显著低于大叶黄杨,  $P_n$ 和WUE亦均显著低于大叶黄杨。其原因可能是金边黄杨的AQY下降, 进而引起PS II活性和原初光能转化效率均下降, 最终导致 $P_n$ 下降之果。这在一些植物的黄色突变体中也有报道(Weisburg等1988;

Downton 和 Grant 1994)。还有报道认为, 花叶类植物的白色或黄色叶片部分几乎没有光合能力, 而只是作为叶片光合作用产物的一个“库”(赵琦等 1997; Raveh 等 1998)。金边黄杨叶片黄色部分的光合能力如何尚不清楚, 金边黄杨叶片  $P_n$  下降的原因值得进一步深入研究。

本文中金边黄杨的  $P_n$ 、WUE、 $T_r$ 、 $G_s$  日变化总体趋势与大叶黄杨均没有明显差异, 但这些指标的绝对值均低于大叶黄杨, 这与刘桂林等 (2003) 在金叶国槐和普通国槐中的结果一致。这可能是两种植物生理习性相近和实际生产中观察到的大叶黄杨对环境的适应性一般较强所致。

一般认为, 黄色叶片突变捕光色素蛋白复合体的含量减少, 从而影响 PS II 供体的稳定性, 于是突变体对光照的耐受性比野生型降低 (赵琦等 1997)。本文中金边黄杨的 LSP 和对光强的耐受性均低于大叶黄杨的结果也证实了这一观点, 显示金边黄杨的 LCP 和 LSP 均不高, 所以它能适应较荫蔽的环境。

### 参考文献

- 何奕昆, 代庆阳, 苏学辉 (1995). 雁来红叶色转变与超微结构及色素含量的关系. 四川师范学院学报(自然科学版), 16 (3): 195~198
- 刘桂林, 梁海永, 刘兴菊 (2003). 国槐光合特性研究. 河北农业大学学报, 26 (4): 68~72
- 姜卫兵, 庄猛, 徐岩 (2004). 论我国彩叶树种产业的开发. 上海农业学报, 20 (4): 75~78
- 姜卫兵, 庄猛, 韩浩章, 戴美松, 花国平 (2005). 彩叶植物呈色机理及光合特性研究进展. 园艺学报, 32 (2): 352~358
- 邵丽艳, 王丽 (2004). 漫谈园林植物配置与造景. 天津农学院学报, 11 (1): 50~53
- 谭新星, 许大全 (1996). 叶绿素缺乏的大麦突变体的光合作用和叶绿素荧光. 植物生理学报, 22 (1): 51~57
- 薛淮, 刘敏, 张纯花, 潘毅 (2003). 空间搭载后的蜀葵幼苗叶中光合色素含量及抗氧化酶活性变化. 植物生理学通讯, 39 (6): 592~594
- 张庆费, 夏播, 钱又宇 (2000). 城市绿化植物耐荫性的诊断指标体系及其应用. 中国园林, 16 (6): 93~95
- 张宪政 (1986). 作物生理研究法. 北京: 中国农业出版社, 148~149
- 赵琦, 唐崇钦, 匡廷云 (1997). 玉米突变体 (zb/zb) 叶绿体光合特性. 植物学报, 39 (11): 1082~1084
- 庄猛, 姜卫兵, 马瑞娟, 俞明亮 (2005). Rutgers 桃 (红叶) 与白芒蟠桃 (绿叶) 光合生理特性的比较研究. 南京农业大学学报, 28 (4): 26~29
- 庄猛, 姜卫兵, 宋宏峰, 马瑞娟 (2006). 紫叶李与红美丽李光合特性的比较. 江苏农业学报 (已录用)
- Downton WJS, Grant WJR (1994). Photosynthetic and growth responses of variegated ornamental species to elevated  $CO_2$ . Aust J Plant Physiol, 21 (3): 273~279
- Raveh E, Wang N, Nobel PS (1998). Gas exchange and metabolite fluctuations in green and yellow bands of variegated leaf of the monocotyledonous CAM species *Agave americana*. Physiol Plant, 103: 99~106
- Weisburg LA, Wimmers LE, Turgeon R (1988). Photoassimilate-transport characteristics of nonchlorophyllous and green tissue in variegated leaves of *Coleus blumei* Benth. Planta, 175 (1): 1~8