

小叶蚊母树冬季不同叶龄叶色及其光合特性研究

何小勇, 杨先裕, 练发良

(浙江省丽水市林业科学研究院, 浙江 丽水 323000)

摘要: 对小叶蚊母树 (*Distylium buxifolium*) 不同叶龄叶片特征、叶色参数及光合特性于 2015 年 1 月进行测定, 结果表明: 不同叶龄叶片叶型及叶色参数差异显著, 秋叶的叶片长、宽、面积和周长显著高于夏叶和春叶, L^* 为秋叶 > 春叶 > 夏叶, a^* 显示秋叶红色程度较高; 3 种不同叶龄叶片光合特性存在一定差异, P_n 、 T_r 、 T_f 、 G_s 、 W_{UE} 和 C_i 都随着 PAR 的增加而增加, 其中 P_n 、 G_s 、 T_f 差异显著, 均是春叶显著高于夏叶和秋叶, 3 者的 T_r 、 W_{UE} 差异不显著; C_i 随着 PAR 的增加开始呈下降的趋势, 三者之间差异不显著。

关键词: 小叶蚊母树; 叶龄; 叶型; 叶色参数; 光合特性

中图分类号: S718.45

文献标识码: A

Determination on Color Scale and Photosynthetic Parameters of Different Aged *Distylium buxifolium* Leaf in Winter

HE Xiao-yong, YANG Xian-yu, LIAN Fa-liang

(Lishui Forestry Institute of Zhejiang, Lishui 323000, China)

Abstract: Determinations were conducted on leaf index, color scale and photosynthetic parameters of different aged *Distylium buxifolium* leaves in January of 2015, in Lishui, Zhejiang province. The result demonstrated that leaf index and color scale of different aged leaves had great difference. The length, width, perimeter and area of autumn leaf was evidently higher than that of summer and spring leaves. Uniform color space determination indicated that luminance (L^*) was order by autumn leaf > spring one > summer one, while chrominance (a^*) of autumn leaf was red. Photosynthetic parameters of different aged leaves had difference. P_n , T_r , T_f , G_s , W_{UE} and C_i increased with PAR. P_n , G_s and T_f had great difference among different aged leaves, spring leaf was always higher than summer and autumn leaf. T_r and W_{UE} of different aged leaves had similar change, as well as C_i .

Key words: *Distylium buxifolium*; leaf age; leaf index; color scale; photosynthetic parameter

小叶蚊母树 (*Distylium buxifolium*) 又名节节红, 金缕梅科蚊母属常绿小灌木, 分布于广东、福建、浙江等省, 多生于河旁、干谷地和低湿洼地^[1]。小叶蚊母树每年 2-4 月开花, 花为红色或紫红色, 具有观赏价值, 可用于道路隔离带绿化、花坛绿化、庭院绿地等, 也可用于制作盆景^[2-3]。目前, 关于小叶蚊母树的研究主要集中在园林应用上, 而对其叶色及其光合特性研究较少。丽水市林业科学研究院已经选育出了小叶蚊母树林木良种 3 个和多个优良单株, 并在江浙一带推广应用, 其中 LHWM07 单株在冬季仍然表现出较好的彩叶效果。本文重点观测研究了其不同叶龄叶片冬季色彩及其光合特性, 以为园林栽培管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验在浙江省丽水市林业科学研究院进行。试验地位于丽水市区盆地边缘, 119° 53′ 47″ E, 28° 28′ 4″ N, 海拔 60 m, 属中亚热带季风气候, 年降水量 1 379 mm, 年均温 18.1℃, 极端最高温 41.5℃, 极端最低温 - 7.7℃, 无霜期 237 d, 年平均相对湿度 75%, ≥10℃年积温 5 727℃。供试小叶蚊母树为 3 年生 LHWM07 单株无性繁殖苗木, 露地栽培, 常规管理。观测株选取 1 年生枝条, 根据叶片生长季节, 分春叶、夏叶和秋叶 3 种叶龄类型, 于 2015 年 1 月下旬进行观测。

1.2 试验方法

叶片特征及叶色测定。试验随机选取观测株 10 株, 分别按春叶、夏叶和秋叶 3 种叶龄类型采集典型叶片, 采用 MICROTEK ScanMaker i800 多用途叶面积仪扫描叶片, 并使用其 LAS 叶面积分析系统测量叶片长、宽、长/宽、面积、周长和叶绿素参考值。将扫描得到的图像在 Adobe Photoshop 拾色器中采用 L*a*b*颜色模式, 记录叶中脉两侧从叶尖到基部各 3 个点的明度参数 L*、色相参数 a*和 b*值, 取其平均值表示叶片颜色。

光合特性的测定。试验在晴天使用LI-6400 便携式光合测定系统测定不同叶龄叶片的光响应。随机选取 3 株小叶蚊母树, 分别选取不同叶龄的典型叶片进行测定, 重复 3 次。光照强度设为 800、600、500、400、300、250、200、150、100、50、20、0 μmol · m⁻² · s⁻¹共 12 个梯度。分别记录净光合速率P_n、蒸腾速率T_r、气孔导度G_s、胞间CO₂浓度C_i、叶片温度T_l。水分利用效率(W_{UE}, μmol/mmo) 采用Fischer and Turner的方法计算^[4]:

$$W_{UE}=P_n/T_r$$

利用Photosyn Assistant软件拟合得到最大净光合速率(P_{nmax})、表观量子效率(AQE)、光补偿点(LCP)、光饱和点(LSP)、暗呼吸速率(R_d)等光合参数^[5]。

1.3 统计分析方法

数据通过 Excel 2007 软件进行整理, 采用 SPSS Statistics 18.0 进行统计学分析处理, 多重比较采用 Duncan 修复极差法分析。用 Sigmaplot 10.0 软件绘图。

2 结果与分析

2.1 小叶蚊母树冬季不同叶龄叶片特征及叶色参数

小叶蚊母树叶片倒披针形或长圆状倒披针形, 一年能多次抽梢, 枝条节间短, 利于快速形成和恢复紧密树冠。从表 1 可以看出, 小叶蚊母树冬季时不同叶龄的叶型差异显著。秋叶长宽均显著大于夏叶和春叶。秋叶长 43.02 mm, 比春叶长 21.84%, 比夏叶长 12.47%; 秋叶宽 14.48 mm, 比春叶宽 7.66%, 比夏叶宽 18.01%。秋叶、夏叶和春叶的叶片长/宽比值差异不显著。秋叶的叶面积和叶周长显著高于夏叶和春叶, 秋叶叶面积 456.05 mm², 比春叶大 23.00%, 比夏叶大 45.22%。叶片厚度则是春叶>夏叶>秋叶, 最厚的为春叶 0.31 mm, 最薄为秋叶 0.28 mm, 存在显著差异。

表 1 小叶蚊母树冬季不同叶龄叶片叶型指数
Table 1 Leaf index of different aged *D. buxifolium* leaves in winter

叶片	叶片长/mm	叶片宽/mm	叶片厚/mm	叶片长/宽	叶面积/mm ²	叶周长/mm
秋叶	43.02 ± 3.01a	14.48 ± 1.68a	0.28 ± 0.01b	2.99 ± 0.22a	456.05 ± 75.60a	100.58 ± 7.06a
夏叶	35.31 ± 1.68b	12.27 ± 0.73b	0.30 ± 0.01ab	2.88 ± 0.16a	314.03 ± 32.69b	82.91 ± 3.91b
春叶	38.25 ± 4.16b	13.45 ± 1.18ab	0.31 ± 0.01a	2.84 ± 0.19a	370.77 ± 71.68b	89.66 ± 9.23b

L*a*b*是一种测定颜色的模式, 由明度参数 L*、色相参数 a*和 b*三个要素组成。L* 表示光泽明亮度; a 值表示红/绿, 正值表示红色程度, 负值表示绿色度, a*值越大, 红色越深, a*值越小, 绿色越深; b*值表示黄/蓝, 正值表示黄色程度, 负值表示蓝色程度。从表 2 可以看出, 小叶蚊母树秋叶、夏叶和春叶叶色参数差异显著。L*秋叶 > 春叶 > 夏叶, 说明秋叶的光泽明亮度最高; a*秋叶 > 夏叶 > 春叶, 秋叶为正数, 夏叶、春叶为负数, 说明秋叶叶色偏红, 夏叶、春叶偏绿; b*秋叶 > 春叶 > 夏叶, 秋叶、夏叶和春叶均表现出较高的黄

色程度,但是三者之间差异显著。LAS 叶面积分析系统测量得到的叶绿素参考值春叶、夏叶、秋叶分别为 0.56、2.87 和 2.78,夏叶和春叶显著高于秋叶(表 2)。

2.2 小叶蚊母树冬季不同叶龄叶片的光合参数

小叶蚊母树 3 种叶龄叶片的 P_n — PAR_i (光合有效辐射)响应曲线见图 1。从图 1 可以看出,当 PAR_i 超过 600 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 后,3 种不同叶龄叶片均出现了明显的光饱和现象。利用Photosyn Assistant软件拟合得到的光合

表 2 小叶蚊母树冬季不同叶龄叶片叶色参数

Table 2 Color space of different aged *D. buxifolium* leaves

叶片	参数 L*	参数 a*	参数 b*	叶绿素参考值
秋叶	33.87 ± 0.71a	1.17 ± 0.73a	16.24 ± 0.40a	0.56 ± 0.14b
夏叶	25.02 ± 0.52c	-1.83 ± 0.16b	6.91 ± 0.22c	2.87 ± 0.19a
春叶	27.24 ± 0.34b	-2.04 ± 0.21b	8.35 ± 0.32b	2.78 ± 0.11a

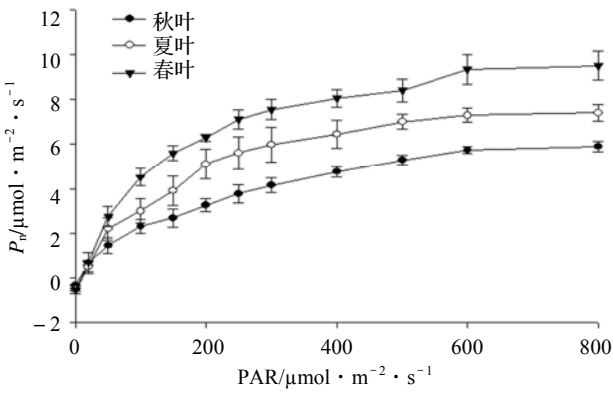


图 1 小叶蚊母 3 种叶龄叶片的 P_n 与 PAR 的关系

Figure 1 Relationship between P_n and PAR of different aged *D. buxifolium* leaves

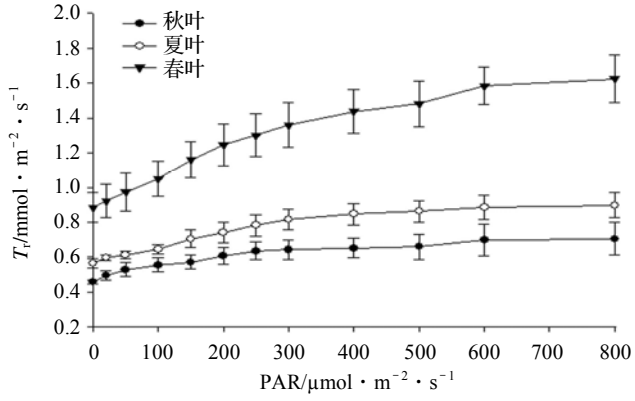


图 2 小叶蚊母 3 种叶龄叶片的 T_r 与 PAR 的关系

Figure 2 Relationship between T_r and PAR of different aged *D. buxifolium* leaves

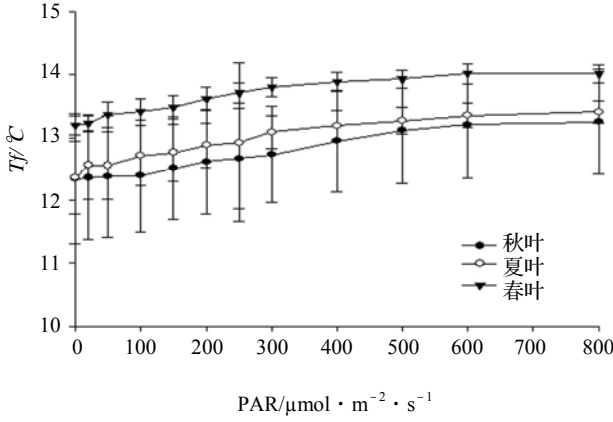


图 3 小叶蚊母 3 种叶龄叶片的 T_r 与 PAR 的关系

Figure 3 Relationship between T_r and PAR of different aged *D. buxifolium* leaves

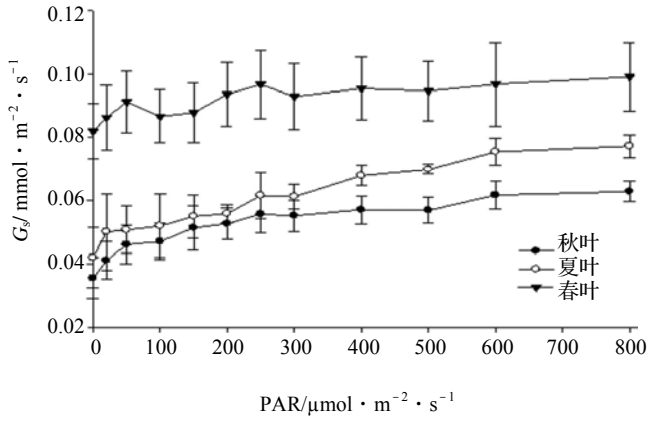


图 4 小叶蚊母 3 种叶龄叶片的 G_s 与 PAR 的关系

Figure 4 Relationship between G_s and PAR of different aged *D. buxifolium* leaves

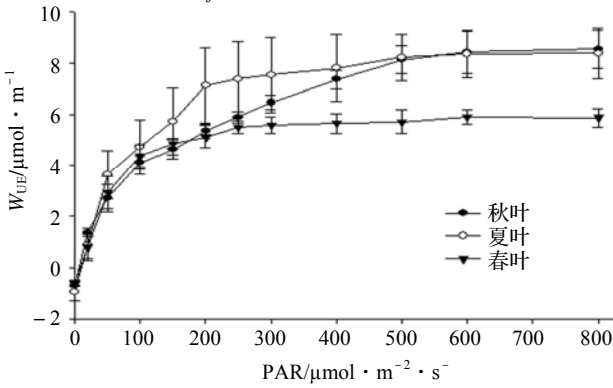


图 5 小叶蚊母 3 种叶龄叶片的 W_{UE} 与 PAR 的关系

Figure 5 Relationship between W_{UE} and PAR of different aged *D. buxifolium* leaves

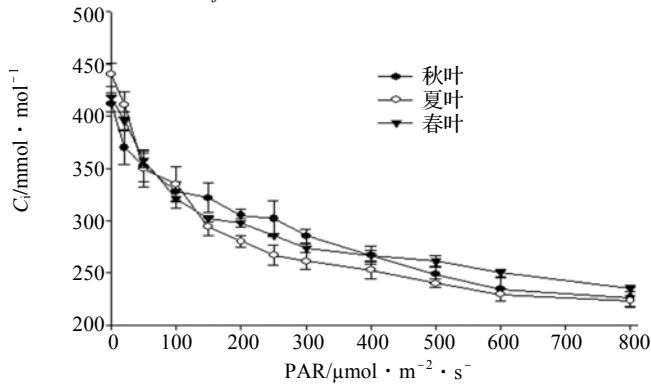


图 6 小叶蚊母 3 种叶龄叶片的 C_i 与 PAR 的关系

Figure 6 Relationship between C_i and PAR of different aged *D. buxifolium* leaves

参数详见表 3。

表 3 小叶蚊母树 3 种叶龄叶片的光合参数
Table 3 Photosynthetic parameters of different aged *D. buxifolium* leaves

叶龄	$P_{nmax}/\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	$AQE/\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$	$LCP/\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	$LSP/\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	$R_d/\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
秋叶	$6.429 \pm 0.212\text{b}$	$0.022 \pm 0.001\text{b}$	$13.333 \pm 1.923\text{a}$	$652.800 \pm 72.555\text{a}$	$-0.323 \pm 0.018\text{a}$
夏叶	$8.594 \pm 0.581\text{ab}$	$0.054 \pm 0.011\text{b}$	$7.867 \pm 2.313\text{ab}$	$740.267 \pm 144.303\text{a}$	$-0.520 \pm 0.191\text{a}$
春叶	$12.348 \pm 1.818\text{a}$	$0.119 \pm 0.031\text{a}$	$5.333 \pm 1.411\text{b}$	$958.400 \pm 65.665\text{a}$	$-0.513 \pm 0.043\text{a}$

从表 3 看出, 小叶蚊母树冬季叶片 P_{nmax} 为 $6.429 \sim 12.348 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 春叶显著高于秋叶和夏叶, 达 1.44 ~ 1.92 倍; 3 种叶片的 AQE 差异较大, 最大的春叶达 $0.119 \text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$, 显著高于秋叶的 $0.022\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$; 3 种叶片的 LCP 差异也较大, 在 $5.333 \sim 13.333 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; 3 种叶片的 LSP 差异不大, 在 $652.800 \sim 958.400 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; 3 种叶片的 R_d 差异不显著, 在 $-0.323 \sim -0.513\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

2.3 小叶蚊母树冬季不同叶龄叶片光响应特性

小叶蚊母树 3 种叶龄叶片的 T_r 、 T_f 、 G_s 、 W_{UE} 和 C_i 对 PAR 的响应曲线如图 2 至图 6。

3 种叶龄叶片的 T_r 均随着 PAR 的增加而增加, 当 PAR 超过光饱和点后 T_r 增速趋于缓和, 其中春叶 T_r 最大达 $1.62 \text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 夏叶为 $0.90 \text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 秋叶为 $0.70 \text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

3 种叶龄叶片的 T_f 均随 PAR 的增加而升高, 秋叶 T_f 变化幅度为 0.91°C ($12.34 \sim 13.25^\circ\text{C}$), 夏叶 T_f 变化幅度为 1.05 ($12.36 \sim 13.41^\circ\text{C}$), 春叶 T_f 变化幅度为 0.81°C ($13.21 \sim 14.02^\circ\text{C}$), 说明 3 种叶龄叶片均表现出较强的调节叶温能力, 使叶温保持较低水平, 这种在高光照下保持较低叶温的能力对维持叶片正常生理功能具有积极的意义。

3 种叶龄叶片的 G_s 总体上随着 PAR 的增强而增大, 当 PAR 较低时, G_s 迅速增大, 当 PAR 达到 $400 \sim 800 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时, G_s 趋于稳定; 春叶 G_s 最大, 达 $0.099 \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 夏叶为 $0.077 \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 秋叶最小, 为 $0.063 \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

3 种叶龄叶片的 W_{UE} 在 $0 \sim 500 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 均随 PAR 的增强而增加, 当 $PAR > 500 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时, W_{UE} 趋于稳定。秋叶和夏叶的最大 W_{UE} 差异不显著, 为 8.54 和 8.39 $\mu\text{mol}/\text{mmol}$, 显著高于春叶 5.89 $\mu\text{mol}/\text{mmol}$ 。总体上看它们的 W_{UE} 比较低, 显示了它们耐阴喜湿的特性。

3 种不同叶龄叶片的 C_i 值均随着 PAR 的增加开始呈下降的趋势, 春叶、夏叶和秋叶的 C_i 值最大分别为 418.34、439.98 和 412.11 $\mu\text{mol}/\text{mmol}$, 当 PAR 达到 $600 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右时趋于稳定, 春叶、夏叶和秋叶的 C_i 值分别为 249.96、229.04 和 234.10 $\mu\text{mol}/\text{mmol}$, 三者之间差异均不显著。

3 小结与讨论

(1) 小叶蚊母树枝条萌生能力强, 根据其叶片生长季节, 分春叶、夏叶和秋叶 3 种叶龄类型。其不同叶龄的叶型差异显著。秋叶的叶片长、叶片宽、叶面积和叶周长显著高于夏叶和春叶, 但是 3 者的叶片长/宽比值差异不显著; 叶片厚度是春叶 > 夏叶 > 秋叶, 差异显著。

(2) 小叶蚊母树秋叶、夏叶和春叶叶色参数差异显著, L^* 为秋叶 > 春叶 > 夏叶, a^* 显示秋叶红色程度较高, 夏叶和春叶、绿色程度较高, b^* 显示秋叶、夏叶和春叶均有较高的黄色程度。

(3) 小叶蚊母树 3 种不同叶龄叶片光合特性存在一定差异。 P_n 、 T_r 、 T_f 、 G_s 、 W_{UE} 和 C_i 都随着 PAR 的增加而增加, 其中 P_n 、 G_s 、 T_r 差异显著, 均是春叶显著高于夏叶和秋叶, 3 者的 T_f 、 W_{UE} 差异不显著; C_i 随着 PAR 的增加开始呈下降的趋势, 三者之间差异不显著。

(4) 小叶蚊母树是优秀的园林绿化观赏树种, 具有常绿性好、秋冬落叶少、周年观赏效果稳定、对生长环境适应性强等诸多优点^[6-8]。小叶蚊母树既具有良好的耐荫性, 又有很强的耐强光能力, 对光具有很强的适应性。练发良等通过对小叶蚊母树光合作用日变化和月变化规律研究发现, 其夏季光合作用呈双峰型, 冬季光合作用呈单峰型, 午休现象明显^[9-10]。本研究也发现小叶蚊母树春叶和夏叶叶片具备叶面积小、叶片厚、叶色深绿等特征, 对强光适应能力强, 尤其是夏季高强度光照; 秋叶叶面积大, 叶片薄, 叶色偏红, 适应秋冬季弱光照。3

种叶片都有较高的光饱和点和较低的光补偿点,说明其是喜阳耐阴植物,光合作用能力强,对光照适应能力强。

参考文献:

- [1] 中国科学院植物研究所. 中国高等植物图鉴(第二册)[M]. 北京: 科学出版社, 1972.
- [2] 刘德金. 小叶蚊母盆景的制作与养护[J]. 花木盆景: 盆景赏石, 2003(6): 28-29.
- [3] 方红, 章晓航. 小叶蚊母与其他地被植物的园林性状比较分析[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(17): 8938-8941.
- [4] 王建林, 于贵瑞, 房全孝, 等. 不同植物叶片水分利用效率对光和CO₂的响应与模拟[J]. 生态学报, 2008, 28(2): 525-533.
- [5] S P Long, C J Bernacchi. Gas exchange measurements, what can they tell us about the underlying limitations to photosynthesis? Procedures and sources of error [J]. J Exp Bot, 2003, 54(392): 2393-2401.
- [6] 王妍婷, 车文玉, 商侃侃, 等. 小叶蚊母及其不同品系的耐盐性研究[J]. 西北植物学报, 2014, 34(8): 1588-1595.
- [7] 钟欣, 练发良, 雷珍. 优秀地被植物小叶蚊母的水土保持作用[J]. 中国水土保持, 2009(3): 48-50.
- [8] 邹锋, 谭晓风, 何小勇, 等. 不同种源小叶蚊母气孔长度、宽度与密度的关系[J]. 西南林学院学报, 2009, 29(3): 19-21, 43.
- [9] 练发良, 楼炉煥, 曹建春, 等. 新优地被植物小叶蚊母的园林性状比较分析[J]. 技术与市场: 园林工程, 2005(10): 31-35.
- [10] 练发良, 向盛萍, 吴平荷, 等. 小叶蚊母的光合特性研究[J]. 浙江林业科技, 2010, 30(4): 6-9.