

# 坡地和沼泽地野牡丹(*Melastoma candidum*) 叶片的解剖特征与气孔气体交换特性

刘 惠, 赵 平\*, 蔡锡安, 曾小平, 孙谷畴

(中国科学院华南植物园, 广州 510650)

**摘要:** 对在坡地和沼泽地生长的野牡丹叶的解剖特征与气孔气体交换特性的研究表明: 两者在形态结构方面存在着一定的差异, 坡地野牡丹叶较窄, 上表皮细胞小而排列紧密, 气孔密度较大, 上表皮厚, 沼泽地野牡丹整个叶片和海绵组织比较厚, 最大导管直径和栅栏细胞长度/宽度比值大, 但栅栏组织厚/海绵组织厚比值较小。坡地野牡丹与沼泽地野牡丹的叶绿素 a、叶绿素 b 的含量和类胡萝卜素的含量以及叶绿素 a/b 比值的差异都很小。沼泽地野牡丹净光合速率、蒸腾速率及气孔导度较高, 常用的水分利用效率 (Pn/Tr) 接近, 沼泽地野牡丹的内在水分利用效率 (Pn/Gs) 略高于坡地, 但差异不显著。综合分析其生境条件, 土壤与野牡丹叶片解剖结构和生理生态特性相关性密切。但实验结果不足以确定两种生境下生长的野牡丹为不同的生态型。

**关键词:** 野牡丹; 生态型; 叶片解剖; 气孔气体交换

中图分类号: Q944.56

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395 (2005) 02-0109-08

## Anatomical Features and Stomatal Gas Exchange in Leaves of *Melastoma candidum* Grown in Hilly and Swampy Habitats

LIU Hui, ZHAO Ping\*, CAI Xi-an, ZENG Xiao-ping, SUN Gu-chou

(South China Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China)

**Abstract:** Anatomical features and stomatal gas exchange of the leaves of *Melastoma candidum* grown in hilly and swampy habitats were compared. The cells of upper epidermis was thicker with smaller cells which were closely arranged, and the stomatal density being higher in hilly melastoma compared to those in swampy one. Thicker sponge tissues, larger maximum vessel diameter, and higher ratio of palisade cell height to cell width were observed in swampy melastoma. However, the ratio of palisade thickness to sponge thickness was lower in swampy melastoma than that in hilly one. There were little differences in the contents of chlorophyll a and chlorophyll b, carotenoid and chlorophyll a/b between hilly and swampy melastoma. The hilly melastoma had lower net photosynthesis rate, transpiration rate and stomatal conductance than those of swampy melastoma. The diurnal courses of average water use efficiency (net photosynthetic rate/transpiration rate, WUE) were similar between plants grown in two habitats. Intrinsic water use efficiency (net photosynthetic rate/stomatal conductance, Intrinsic WUE) was lightly higher in swampy melastoma than that in hilly one, but no significant difference was found. It is proposed that these differences between two populations of melastoma might be mainly due to the different soil conditions. However, the above results could not confirm that the hilly and swampy melastoma are different ecotypes.

**Key words:** *Melastoma candidum*; Ecotype; Leaf anatomical; Stomatal gas exchange

收稿日期: 2004-05-18 接受日期: 2004-08-31

基金项目: 广东省团队项目 (003031); 国家自然科学基金面上项目 (30270239) 资助

\* 通讯作者 Corresponding author

野牡丹 (*Melastoma candidum*) 是野牡丹科野牡丹属常绿灌木, 产于热带和亚热带地区, 在我国主要分布在南部, 是一种绿化观赏植物和药用植物<sup>[1]</sup>。可生长在土壤水分较少的坡地和土壤潮湿的沼泽地。植物由于长期适应不同的生境而可能形成不同的生态型。对不同生境中同种植物不同生态型的研究国内外已有不少报道, 并根据植物在不同生境下的生长特性、生态和遗传特征来判断是否存在种内的分化, 也即生态型的形成, 但大多研究偏重于农作物和草本植物<sup>[2-7]</sup>。有学者曾对野牡丹族植物的分类和繁殖特性进行过研究<sup>[8-10]</sup>, 但对生长在不同生境的野牡丹种是否有种内分化及其与生境的关系目前未见报道。本研究选取生长于坡地和沼泽地的野牡丹, 观察叶的解剖结构, 测定其光合和蒸腾特性, 以了解生长在两种环境中的野牡丹是否为不同的生态型提供解剖学和生理学方面的证据, 同时为研究种群的生态适应性以及为种源的选择、育种和栽培提供理论依据。

## 1 生境概况

本研究实验材料取自中国科学院鹤山丘陵综合试验站 (以下简称鹤山站) 和顺德生态乐园。鹤山站位于广东省中部的鹤山市境内, 东经 112°54', 北纬 22°41'。试验站所在地属南亚热带地区, 年均温 21.7℃, 最高月均温 (7 月) 28.7℃, 最低月均温 (1 月) 13.1℃, 极端最高温 37.5℃, 极端最低温 0℃。年均降雨量 1 700 mm, 主要分布在 4-9 月。顺德生态乐园位于广东省顺德市西南部的均安镇境内, 东经 113°07', 北纬 22°43', 同属南亚热带地区气候。顺德野牡丹群落位于山下沼泽地, 土壤为赤红壤。伴生植物有水团花、算盘子等, 长势较好。鹤山野牡丹散生于坡地, 位于人工桉树林边, 土壤为赤红壤, 其长势比顺德要差。两地都光照充足。

## 2 研究方法

### 2.1 土壤理化特性分析

混合土样采集 0-15 cm 表层土, 样品风干磨细过筛, 有机质的测定用重铬酸钾氧化-高温外加热法; 全氮的测定采用半微量开氏法; 水解性氮的测定采用碱解扩散法; 全磷的测定采用硫酸-高氯酸消煮-钼锑抗比色法; 速效磷的测定采用 0.03 mol/L 氟化铵-0.025 mol/L 盐酸浸提法; 全钾的测定采用轻氟酸-高氯酸消煮-火焰光度法; 速效钾的测定

采用乙酸铵浸提-火焰光度法; pH 的测定采用电位法; 土壤含水量采用烘干法<sup>[11]</sup>。

### 2.2 叶片形态参数的测定

参照严昌荣等<sup>[12]</sup>的方法测定。

### 2.3 叶片解剖结构观察

分别在两种生境生长的野牡丹中选择长势较一致的 10 株植株, 采摘从顶端开始第 2 片充分展开的成熟叶片 3-5 片, 对所采集的样品进行编号并即时用刀片沿叶片中脉切取叶片中间 0.5-0.8 cm 的小片, FAA 液固定待用。将部分材料从 FAA 液中取出, 用常规石蜡法切片, 爱氏苏木精染色, 切片厚 8-15 μm, 光学树胶封片, 在 Olympus BH2 型双筒显微镜下观察并进行测量和统计, 所得数据为 n=30 个视野的平均值。气孔密度的测定参照严昌荣等<sup>[11]</sup>的方法。从 FAA 液中取出被固定的材料, 部分用重铬酸脱去角质层。然后进行不同梯度的乙醇脱水 (30%→50%→70%→80%→90%), 每种浓度下脱水 15 min, 进入无水乙醇中浸泡 3 次, 每次 10 min, 再移入醋酸异戊酯内浸泡 30 min, 最后进行临界干燥。把已干燥的材料粘在样品台上, 每种样品正反两面各 3 个, 另观察剖面的样品各 3 个, 进行离子溅射镀金膜, 用 JSM-T300 型扫描电镜观察并摄影。在每一样品上随机选择 3-5 个视野记录气孔和上皮细胞数, 并根据放大倍数计算出叶片上实际的气孔密度值和上皮细胞数。

### 2.4 叶片气体交换的测定

2002 年 9 月初, 选择晴朗无云天气, 分别在顺德沼泽地与鹤山坡地进行测量, 虽不同日测定, 但两天连续, 同时天气接近, 因此具有可比性。选择生长一致的野牡丹各 3 株, 用美国 CID 公司生产的 CI-301PS 便携式光合作用测定系统, 接配叶面积为 2.54 cm<sup>2</sup> 的叶室, 测定每株第 2-3 片健康叶片的净光合速率 (Pn)、蒸腾速率 (Tr)、气孔导度 (Gs)、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度 (Ci), 同时记录空气相对湿度 (RH)、光合有效辐射 (PAR)、叶温 (T<sub>leaf</sub>) 和气温 (T<sub>air</sub>)。测定重复 3 次, 测定时气流回路为开放式。测定时间从 7:00-17:00 时, 每隔 1 h 观测 1 次。

### 2.5 叶片色素含量的测定

取叶圆片用 80% 丙酮浸提, 按韦彩妙等<sup>[13]</sup>的方法用 UV-Vis 分光光度计 (Lambda25, Perkin Elmer Ins., USA) 测定野牡丹叶片的叶绿素含量和类胡萝卜素含量。

### 3 结果和分析

#### 3.1 生境的土壤特性

由表 1 可以看出,沼泽地土壤的有机质、全氮、全磷、全钾、水解氮、速效磷、速效钾都略高于坡地土壤,坡地土壤较沼泽地土壤贫瘠,这是由于坡地易被雨水冲刷致使土壤养分含量低。两地的土壤均为酸性,沼泽地土壤含水量高于坡地,由于是在下雨后的第 2 天取的土,所以坡地土壤较湿润。

#### 3.2 叶的解剖特征

生态适应是生物个体为了适应环境的变化,从形态结构、生理特征等方面作出有利于生存的改变。生物长期生活在不同环境条件下,可以形成不同的适应方式与途径<sup>[14]</sup>。叶片是进行光合作用、蒸腾作用最重要的器官,接触周围环境的表面积远比其他器官大,所以植物对环境的反应比较多地表现在叶片的形态结构上<sup>[15]</sup>。对不同生境中同种植物叶解

剖特征研究表明:叶的形态和解剖的结构差异反映了生境的差异,生长在环境条件差异较大的同种植物,由于适应不同生态因子综合的生境,其形态与解剖结构表现出明显的趋异现象<sup>[16-19]</sup>。本研究观察结果显示:与坡地相比较,沼泽地野牡丹单位面积上表皮细胞数少,细胞较大(表 2,图版 I:1,2)。气孔位于下表皮,上表皮没有发现气孔,气孔密度比坡地小(表 2,图版 I:3,4)。两者之间的上表皮细胞数 ( $F=20.080>F_{0.01}=8.531$ ) 和气孔密度 ( $F=16.497>F_{0.01}=8.531$ ) 都呈极显著差异。从表 2 还可以看出,坡地野牡丹叶比沼泽地略窄,而长度差异不大。坡地野牡丹上表皮较厚(表 3),两者差异极显著 ( $F=10.726>F_{0.01}=7.093$ )。坡地野牡丹叶的栅栏组织细胞排列比较紧密,海绵组织细胞间隙较小。坡地野牡丹叶片厚度和海绵组织厚度比较薄,但栅栏组织厚/海绵组织厚的比值大(表 3,图版 I:5,6)。海绵组织厚度呈极显著差异 ( $F=8.305>F_{0.01}=7.093$ )。叶片厚

表 1 坡地和沼泽地土壤的特性  
Table 1 Property of hilly soil and swampy soil

类型 Type	有机质 Organic matter (g kg <sup>-1</sup> )	全氮 Total N (g kg <sup>-1</sup> )	全磷 Total P (g kg <sup>-1</sup> )	全钾 Total K (g kg <sup>-1</sup> )	水解氮 Hydrolyzable N (mg kg <sup>-1</sup> )	速效磷 Available P (mg kg <sup>-1</sup> )	速效钾 Available K (mg kg <sup>-1</sup> )	pH	含水量 Water content (%)
坡地土壤 Hilly soil	20.00	1.00	0.15	15.70	109.2	1.07	28.97	4.47	22.14
沼泽地土壤 Swampy soil	30.34	1.80	0.31	18.74	185.5	2.53	38.20	4.35	34.75

表 2 坡地和沼泽地野牡丹叶表皮及叶形态特征值  
Table 2 Characteristics of leaf epidermis and leaf shape of *M. candidum* grown in different habitats

生境 Habitat	上表皮细胞数 No. of upper epidermis cells (个 mm <sup>-2</sup> )	气孔密度 No. of stomatal (个 mm <sup>-2</sup> )	叶长度 Leaf length (cm)	叶宽度 Leaf width (cm)	叶形指数 Leaf index
坡地 Hilly	5042±444	1620±294	7.80±1.06	4.02±0.45	1.94
沼泽地 Swampy	3986±551	1174±148	7.32±1.08	4.37±0.57	1.68

表 3 坡地和沼泽地野牡丹叶解剖特征  
Table 3 Anatomic characteristics of the leaves of *M. candidum* grown in different habitats

生境 Habitat	叶片厚 Leaf thickness (μm)	上表皮厚 Upper epidermis thickness (μm)	下皮层厚 Hypoderm thickness (μm)	下表皮厚 Lower epidermis thickness (μm)	最大导管直径 Maximum vessel diameter (μm)	含晶细胞直径 Crystal cell diameter (μm)
坡地 Hilly	148.33±19.77	9.30±2.41	18.73±5.31	5.70±1.01	22.73±2.64	22.50±3.90
沼泽地 Swampy	158.00±16.54	7.50±1.89	20.33±5.89	5.80±1.45	24.33±2.36	21.83±3.83
生境 Habitat	栅栏组织厚 Palisade thickness (PT) (μm)	海绵组织厚 Sponge thickness (ST) (μm)	栅栏组织厚/ 海绵组织厚 PT/ST	栅栏细胞高 Palisade cell height (PCH) (μm)	栅栏细胞宽 Palisade cell width (PCW) (μm)	栅栏细胞高/ 栅栏细胞宽 PCH/PCW
坡地 Hilly	62.17±8.07	49.83±10.63	1.24	60.33±10.81	6.32±1.41	6.76
沼泽地 Swampy	65.33±7.84	57.17±9.40	1.14	62.83±7.49	9.07±1.18	7.39

呈显著差异 ( $F=4.455 > F_{0.05}=4.007$ )。坡地野牡丹叶片主脉最大导管直径较小, 叶片主脉最大导管直径与沼泽地的呈显著差异 ( $F=6.110 > F_{0.05}=4.007$ ), 而栅栏组织厚度、栅栏细胞长度、栅栏细胞宽度、下皮层厚度、下表皮厚度以及含晶细胞直径差异都不明显(表 3)。这些解剖特征上的变化显然与坡地相较于干旱而沼泽地较湿润的生境相适应。本实验研究材料取自大气候条件相近的同一地区, 主要差异在于土壤条件, 因此土壤条件可能是造成野牡丹叶片形态结构变化的主要原因。

### 3.3 叶片气体交换的日变化

对同种植物不同生态型的研究表明光合特性可能存在差异<sup>[3,4]</sup>, 也可能没有明显差异<sup>[20]</sup>。从图 1A 可以看出, 不同生境野牡丹叶片的净光合速率有显著差异 ( $F=5.36, P < 0.05$ ), 沼泽地其净光合速率大于坡地的, 其光能转化效率较高。净光合速率日变化幅度较大, 都呈双峰趋势, 在双峰之间有一段较低的“午降”。峰值的大小与出现时间有差异, 第 1 个峰值出现的时间近乎相同, 在 10:00 时左右, 第 2 个峰值到达的时间不同, 沼泽地野牡丹的出现在

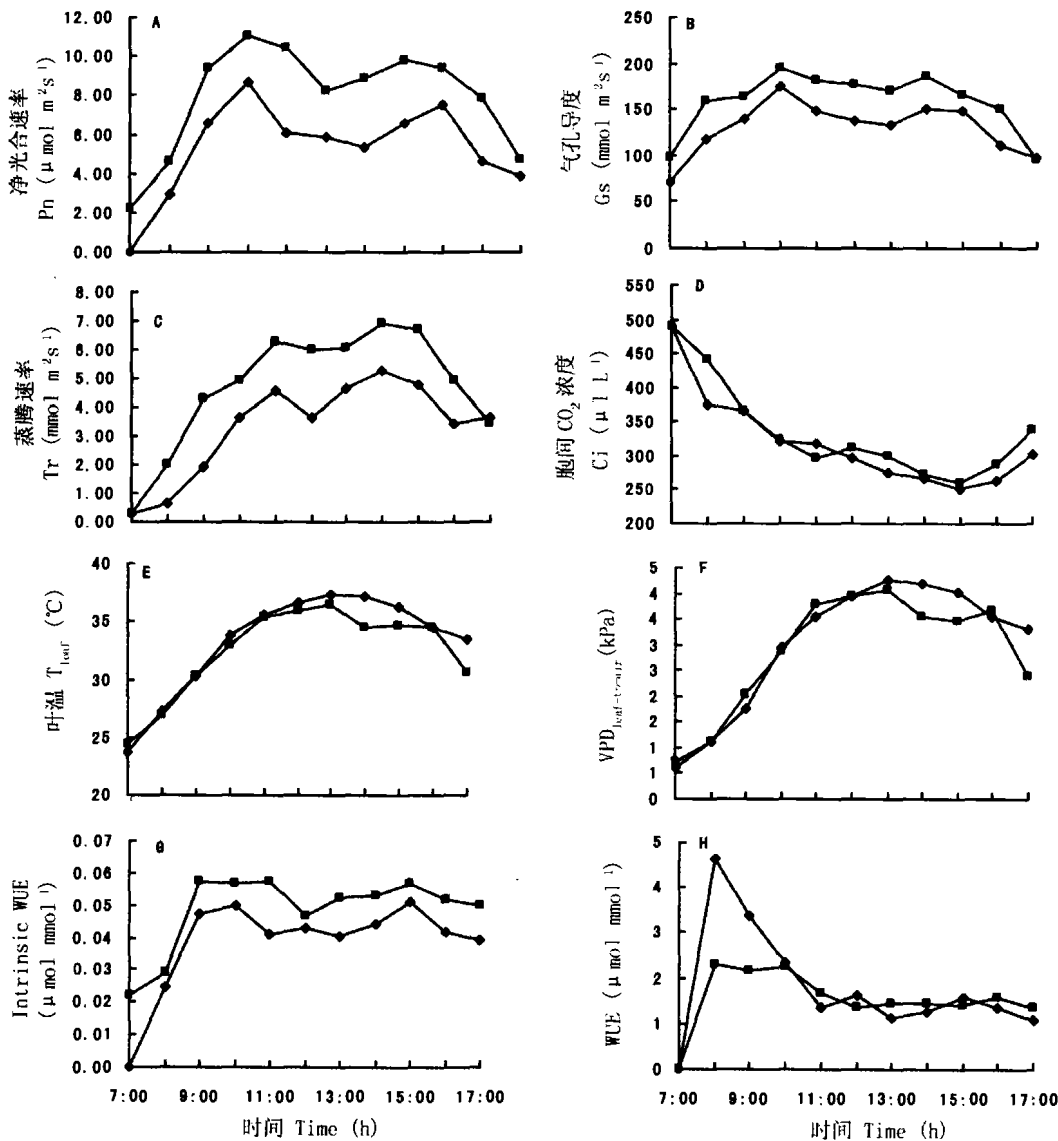


图 1 坡地和沼泽地野牡丹叶片气体交换的日变化

Fig. 1 Diurnal changes of gas exchange in leaves of hilly and swampy *M. candidum*

◆ 坡地野牡丹 Hilly *M. candidum*; ■ 沼泽地野牡丹 Swampy *M. candidum*

Pn: 净光合速率 Photosynthetic rate; Tr: 蒸腾速率 Transpiration rate; Gs: 气孔导度 Stomatal conductance; Ci: 胞间  $\text{CO}_2$  浓度 Intercellular  $\text{CO}_2$  concentration;  $T_{\text{leaf}}$ : 叶温 Leaf temperature;  $\text{VPD}_{\text{leaf-to-air}}$ : 叶片气孔内腔与空气之间的水蒸汽压差 Leaf-to-air vapor pressure deficit; WUE: 水分利用效率 Water use efficiency; Intrinsic WUE: 内在水分利用效率 Intrinsic water use efficiency.

14:00 时左右,而坡地的出现在 15:00 时左右。这一现象可能与在沼泽地水分充足的土壤有关,午后叶片水分亏缺补足较快(图 1F),气孔再度张开,因而光合速率恢复较快。

蒸腾作用强弱是表明植物水分代谢的一个重要的生理指标。一般光合作用速率高,蒸腾作用也较高,因为光合产物的生成需要水分以及通过水分运载的矿质营养成分的不断供应。蒸腾速率的日变化趋势与净光合速率相似,呈双峰型。上午峰值比净光合速率晚 1 h 左右,下午峰值出现在 14:00 时左右(图 1C)。下午蒸腾速率高于上午,这是由于午后气温高,空气相对湿度低的缘故。

气孔导度的变化趋势与净光合速率趋势一致,呈双峰型。沼泽地野牡丹气孔导度大于坡地(图 1B)。两者之间的气孔导度差异显著( $F=4.70, P<0.05$ )。胞间  $CO_2$  浓度的日变化曲线一直呈下降趋势,到 15:00 时左右下降到最低点,随后回升,沼泽地与坡地的胞间  $CO_2$  浓度很接近(图 1D)。

水分利用效率指植物消耗单位水分所产生的同化物质的量,它反映了植物生产中单位水分的能量转化效率。其中单叶水分利用效率通常有两种方

式来表示,一种是用净光合速率与蒸腾速率的比值( $Pn/Tr$ )来描述植物叶片的瞬时水分利用效率,另一种方式是净光合速率与气孔导度的比值( $Pn/Gs$ ),又称为内在水分利用效率。当气孔导度成为植物叶片气体交换的主要限制因子时,以内在水分利用效率的比值来描述光合作用过程的水分利用效率更为适宜<sup>[20]</sup>。从图 1H 和图 1G 可以看出,沼泽地野牡丹内在水分利用效率略大于坡地野牡丹,但两者之间的差异不显著。以  $Pn/Tr$  计算的水分利用效率日变化的规律性及其在两者间的差异不明显,而以  $Pn/Gs$  计算的内在水分利用效率的日变化曲线趋势与净光合速率的日变化趋势基本一致。

### 3.4 叶绿素和类胡萝卜素含量

植物色素的含量和比例随种、环境和叶子年龄而变化。本研究结果表明坡地野牡丹叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素的含量以及叶绿素 a/b 比值都和沼泽地野牡丹接近(表 4)。Anderson<sup>[22]</sup>认为光合速率可在叶色很大的范围内没有很大的变化,叶绿素含量比起其他控制光合速率的因子来显得不甚重要,叶绿素含量与光合速率之间不一定存在明显的相关关系。

表 4 叶绿素和类胡萝卜素含量

Table 4 Contents of chlorophyll and carotenoid in leaves of *M. candidum* grown in different habitats

生境 Habitat	叶绿素含量 a+b Chlorophyll a+b ( $mg\ g^{-1}FW$ )	叶绿素 a Chlorophyll a ( $mg\ g^{-1}FW$ )	叶绿素 b Chlorophyll b ( $mg\ g^{-1}FW$ )	类胡萝卜素 Carotenoid ( $mg\ g^{-1}FW$ )	叶绿素 a/b Chlorophyll a/b
坡地 Hilly	$1.98 \pm 0.047$	$1.57 \pm 0.037$	$0.41 \pm 0.009$	$0.48 \pm 0.027$	3.83
沼泽地 Swampy	$1.91 \pm 0.080$	$1.48 \pm 0.009$	$0.43 \pm 0.022$	$0.42 \pm 0.026$	3.44

## 4 讨论

瑞典生物学家 Turesson 认为,生态型就是生物与特定生态环境相协调的基因类群,是生物种内对不同生态条件适应的遗传现象。一般分布越广泛的生物种,生态型越多。生态型越单一的生物种,适应性越窄。Turesson 定义的生态型包括 3 方面的内容:分布广泛的生物在形态学或生理学上的特性表现出区域或空间差异;生物种内部变异和分化与特定的环境条件有密切关系;生态因子通过生物的遗传变异引起的生态变异,是可以遗传的<sup>[14]</sup>。从生态型概念的提出以及后来的研究应用,可以看出生态型主要强调的是生物对环境的反应而产生在生理上、形态上有区别的群体<sup>[17,20]</sup>。

本研究表明,坡地和沼泽地野牡丹叶在形态结

构特征上有一定的差异:坡地野牡丹叶窄,上表皮细胞小而排列紧密,气孔密度较大,上表皮厚;沼泽地野牡丹整个叶片和海绵组织比较厚,最大导管直径和栅栏细胞长度/宽度比值比坡地野牡丹大,但栅栏组织厚度、栅栏细胞长度、栅栏细胞宽度、下皮层厚度、下表皮厚度以及含晶细胞直径差异都不明显。气孔数量和导管大小等是影响水分蒸腾和输导的主要结构指标,张新英等<sup>[23]</sup>认为木质部导管直径的减小是对旱化环境的适应,因此,气孔密度和导管直径的差异可能是导致坡地和沼泽地野牡丹蒸腾速率差异的原因之一。叶肉是叶片光合作用的主要部位,栅栏组织和海绵组织厚度、细胞层数及栅栏细胞的形态变化等组合的差异必然影响到光合作用的效率,因此叶肉差异也可能导致坡地和沼泽地野牡丹净光合速率的差异。

沼泽地野牡丹净光合速率、蒸腾速率及气孔导度较高。从所测定的环境因子看,气温、叶温、光照、相对湿度、 $VPD_{leaf-to-air}$  和胞间  $CO_2$  在不同生境野牡丹之间有相似的趋势,且都比较接近(图 2),表明不同生境野牡丹间净光合速率的差异与气温、叶温、光照、相对湿度、 $VPD_{leaf-to-air}$  和胞间  $CO_2$  等关系都不大。通过净光合速率与气孔导度的一元回归分析(图 3),坡地野牡丹:  $y=0.077x-4.294, n=2=9, R^2=0.767$  ( $F=$

$79.66, P<0.01$ ); 沼泽地野牡丹:  $y=0.088x-6.097, n=2=9, R^2=0.899$  ( $F=27.44, P<0.05$ ), 回归检验结果显示有效,即气孔导度与净光合速率存在很好的线性关系。但不能由此证明不同生境野牡丹叶气孔导度的差异是控制野牡丹叶气体交换的因素,因为植物的净光合速率还与非气孔因素如 Rubisco 的羧化速率等有关<sup>[3]</sup>。这有待进一步研究。

常用的水分利用效率 ( $Pn/Tr$ ) 日平均值接近,

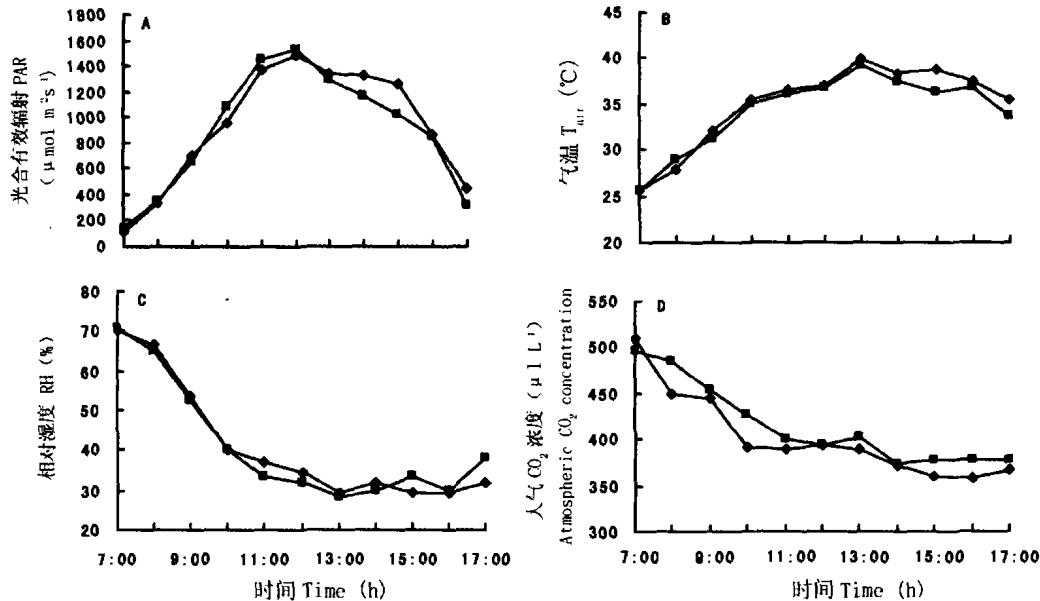


图 2 坡地和沼泽地野牡丹叶片周围环境因子的日变化

Fig. 2 Diurnal changes of environmental factors in leaves of hilly and swampy *M. candidum*

◆ 坡地野牡丹 Hilly *M. candidum*; ■ 沼泽地野牡丹 Swampy *M. candidum*

PAR: 光合有效辐射 Photosynthetic active radiation;  $T_{air}$ : 气温 Air temperature;

RH: 相对湿度 Relative humidity

沼泽地野牡丹的内在水分利用效率 ( $Pn/Gs$ ) 略高于坡地野牡丹,但两者的差异不显著。从其日变化趋势看, $Pn/Gs$  比  $Pn/Tr$  更适宜描述野牡丹的光合水分特性。叶绿素是光合作用中吸收光能的重要色素,对不同生态型羊草(*Aneurolepidium chinense*)的研究表明叶绿素含量是决定叶片光合特性差异的关键<sup>[4]</sup>。坡地野牡丹与沼泽地野牡丹的叶绿素 a、叶绿素 b 的含量和类胡萝卜素的含量以及叶绿素 a/b 比值的差异都很小,因此叶片光合色素含量与两地野牡丹叶片净光合速率的差异关系不大。

与生态型分化有关的因素有气候条件、土壤条件、生物学差异等<sup>[4]</sup>。综合分析野牡丹生长的坡地和沼泽地生境,两地的土壤条件差异可能是引起两种生境生长的野牡丹叶片解剖结构和生理生态特性差异的原因。根据土壤条件的不同,有学者将羊草

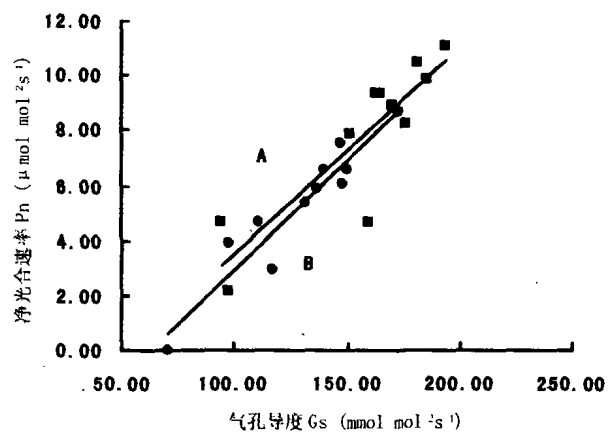


图 3 气孔导度与净光合速率的回归关系

Fig. 3 Regression relationship between stomatal conductance ( $G_s$ ) and net photosynthetic rate ( $P_n$ )

A: 坡地野牡丹 Hilly *M. candidum*;

B: 沼泽地野牡丹 Swampy *M. candidum*

分为不同的土壤生态型<sup>[16,24]</sup>。但本实验结果的这种差异还不足以说明在不同的土壤条件下,野牡丹形成了不同的生态型,因为生物的变异有非遗传性变异和可遗传变异两种,非遗传性变异主要是由环境因素引起的不可遗传的变异,而遗传变异是由遗传因子决定的稳定的可遗传的变异<sup>[25]</sup>。本实验是在野外进行的,其变异是否可遗传还有待移栽实验来检验或采种种植于同一条件下,使不同的变异类型生长在一致的环境条件下,从而可以检验出环境引起的变异是否可遗传。但本实验至少为判断野牡丹是否划分为两种生态型提供了形态结构和生理方面的依据,对不同生境野牡丹的进一步研究具有重要意义。

### 参考文献

- [1] Chen J(陈介). Flora Reipublicae Popularis Sinicae (中国植物志) [M]. Beijing: Science Press, 1984. 53(1):157-159. (in Chinese).
- [2] Guo C J(郭呈瑾), Xiao K(肖凯), Li Y M(李雁鸣). Study on photosynthetic performance of flag leaves in wheat varieties with different ecotypes [J]. J Triticeae Crops (麦类作物学报), 2002, 22(3):42-46. (in Chinese)
- [3] Zhao K F(赵可夫), Feng L T(冯立田), Zhang S Q(张圣强). The salinity-adaptation physiology in different ecotypes of *Phragmites communis* in the Yellow River Delta II. The characteristics of photosynthetic gas exchange in different ecotypes of *Phragmites communis* [J]. Acta Ecol Sin (生态学报), 2000, 20(5):795-799. (in Chinese)
- [4] Wang D L(王德利), Wang Z W(王正文), Zhang X Z(张喜军). The comparison of photosynthetic physiological characteristics between the two divergent *Aneurolepidium chinense* types [J]. Acta Ecol Sin (生态学报), 1999, 19(6):837-843. (in Chinese)
- [5] Zheng W J(郑文菊), Wang S(王双), Zhang C L(张承烈). A study on the leaf structure of four reed ecotypes [J]. Acta Bot Sin (植物学报), 1999, 41(6):580-584. (in Chinese)
- [6] Pupilli F, Labombarda P, Scotti C. RFLP analysis allows for the identification of alfalfa ecotypes [J]. Plant Breeding, 2000, 119(3): 271-276.
- [7] Fenster C B. Ecotypic differentiation for flood-tolerance and its morphological correlates in *Chamaecrista fasciculata* [J]. Aquatic Bot, 1997, 56(3):215-231.
- [8] Ma G H(马国华), Lin Y R(林有润), Jian S G(简曙光). Collection and propagation of wild flower plants of Melastomataceae South China [J]. Wild Plant Sour China (中国野生植物资源), 2001, 20(6):72-73. (in Chinese)
- [9] Xiong X(熊星), Ling Y R(林有润). A preliminary research on the numerical classification of the tribe Melastomataceae [J]. Guihaia (广西植物), 1995, 15(1):13-17. (in Chinese)
- [10] Chen J(陈介). On the genus *Melastoma* L. of Melastomataceae from China [J]. J South China Agri Coll (华南农学院学报), 1983, 4(1):32-36. (in Chinese)
- [11] Li Y K(李酉开). Rule Analytical Method of Agricultural Chemistry in Soil [M]. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1984. 67-99. (in Chinese)
- [12] Yan C R(严昌荣), Han X G(韩兴国), Chen L Z(陈灵芝). The relationship between the ecophysiological feature and leaf characteristics of some woody plants in Beijing moutain zone [J]. Acta Ecol Sin (生态学报), 2000, 20(10):53-60. (in Chinese)
- [13] Wei C M(韦彩妙), Lin Z F(林植芳), Kong G H(孔国辉). Effect of elevated carbon dioxide concentration on photosynthesis of seedlings of two woody species in a subtropical forest [J]. Acta Bot Sin (植物学报), 1996, 38(2):123-130. (in Chinese)
- [14] Wang B S(王伯荪), Li M G(李鸣光), Peng S L(彭少麟). Phytogeography [M]. Guangzhou:Guangdong Higher Education Publishing House, 1995. 85-131. (in Chinese).
- [15] Jackson L W R. Effects of shade on leaf structure of deciduous tree species [J]. Ecology, 1967, 48:498-499.
- [16] Lu J M(陆静梅), Li J D(李建东), Hu A L(胡阿林). Ecological and evolutionary morphological characteristics of *Aneurolepidium chinense* population [J]. Chin J Appl Ecol (应用生态学报), 1996, 7(1):44-48. (in Chinese)
- [17] Zheng W J, Zheng X P, Zhang C L. A survey of photosynthetic carbon metabolism in 4 ecotypes of *Phragmites australis* in northwest China: leaf anatomy, ultrastructure, and activities of ribulose 1,5-bisphosphate carboxylase, phosphoenolpyruvate carboxylase and glycolate oxidase [J]. Physiol Plant, 2000, 110: 201-208.
- [18] Abrams M D, Kloeppe B D, Kubiske M E. Ecophysiological and morphological response to shade and drought in two contrasting ecotypes of *Prunus serotina* [J]. Tree Physiol, 1992, 10:343-345.
- [19] Abrams M D, Kubiske M E, Steiner K C. Drought adaptation and response in five genotype of *Fraxinus pennsylvanica* Marsh: photosynthesis, water relations and leaf morphology [J]. Tree Physiol, 1990, 6:305-315.
- [20] Rice K J, Black R A, Rademaker G. Photosynthesis, growth, and biomass allocation in habitat ecotypes of cheatgrass (*Bromus tectorum*) [J]. Funct Ecol, 1992, 6:32-40.
- [21] Zhao P(赵平), Sun G C(孙谷畴), Zeng X P(曾小平). A comparative study on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence and diurnal course of leaf gas exchange of two ecotypes of banyan [J]. Chin J Appl Ecol(应用生态学报), 2000, 11(3):327-332.
- [22] Kramer P J(克累默尔), Kozlowski T T(考兹洛夫斯基). Physiology of Woody Plants [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1985. 194-265. (translated in Chinese)
- [23] Zhang X Y(张新英), Cao W H(曹宛红). Studies on the secondary xylem anatomy of *Hippophae rhamnoides* under different habitats [J]. Acta Bot Sin (植物学报), 1990, 32(12):909-915. (in Chinese)
- [24] Du Z C(杜占池), Yang Z G(杨宗贵). Comparative study on the characteristics of photosynthesis and transpiration in *Aneurolepidium chinense* of different soil types [J]. Acta Bot Sin (植物学报), 1995, 37(1):66-73. (in Chinese)
- [25] Zhu Y C(祝延成), Zhong Z C(钟章成), Li J D(李建东). Plant Ecology [M]. Beijing: Higher Education Press, 1988. 174-183. (in Chinese).

## 图版说明

## 图版 I

1. 坡地野牡丹叶的上表皮 (去掉角质层);  $\times 500$
2. 沼泽地野牡丹叶的上表皮 (去掉角质层);  $\times 500$
3. 坡地野牡丹叶的下表皮;  $\times 375$
4. 沼泽地野牡丹叶的下表皮;  $\times 375$
5. 坡地野牡丹叶的横切面;  $\times 100$
6. 沼泽地野牡丹叶的横切面。  $\times 175$

## Explanation of plate

## Plate I

1. Top view of adaxial epidermis of hilly *M. candidum* leaf (with cuticle removed);  $\times 500$
2. Top view of adaxial epidermis of swampy *M. candidum* leaf (with cuticle removed);  $\times 500$
3. Top view of abaxial epidermis of hilly *M. candidum* leaf;  $\times 375$
4. Top view of abaxial epidermis of swampy *M. candidum* leaf;  $\times 375$
5. Transverse section of hilly *M. candidum* leaf;  $\times 100$
6. Transverse section of swampy *M. candidum* leaf.  $\times 175$

