

杨肖华,郭圣茂,冯美玲,等. 2 种鸢尾科药用植物光合生理特性日变化研究[J]. 江苏农业科学,2018,46(22):115–118.  
doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2018.22.025

## 2 种鸢尾科药用植物光合生理特性日变化研究

杨肖华,郭圣茂,冯美玲,赖晓莲

(江西农业大学园林与艺术学院,江西南昌 330045)

**摘要:**以自然条件下 2 年生鸢尾科植物鸢尾和射干为试验材料,采用 LI-6400XT 便携式光合作用测量仪对鸢尾和射干的光合指标进行测定。结果表明:鸢尾和射干的净光合速率( $P_n$ )日变化呈“双峰”曲线,峰值分别在 10:00 和 16:00,存在明显的“午休”现象,射干和鸢尾的净光合速率( $P_n$ )下降,气孔导度( $G_s$ )也下降,胞间  $\text{CO}_2$  浓度( $C_i$ )则在增大,可以推断射干和鸢尾的光合“午休”现象是由非气孔限制因素引起的,射干的蒸腾速率( $T_r$ )大于鸢尾,说明射干的吸收和运输能力比较强。相同生长条件下,鸢尾的日均水分利用效率( $WUE$ )是射干的 1.46 倍,说明鸢尾的水分利用效率高于射干。相关性分析表明,射干的净光合速率( $P_n$ )与水分利用效率( $WUE$ )呈极显著正相关,气孔导度( $G_s$ )与相对湿度( $RH$ )呈显著正相关,胞间  $\text{CO}_2$  浓度( $C_i$ )与空气温度( $T_a$ )呈显著负相关,空气温度( $T_a$ )与相对湿度( $RH$ )呈极显著负相关,与光合有效辐射( $PAR$ )呈显著正相关;鸢尾的空气温度( $T_a$ )与相对湿度( $RH$ )呈极显著负相关,与光合有效辐射( $PAR$ )呈显著正相关。

**关键词:**鸢尾科;光合特性;环境因子;日变化;相关性分析

**中图分类号:**S567.23+9.01 **文献标志码:**A **文章编号:**1002–1302(2018)22–0115–03

鸢尾(*Iris tectorum* Maxim)为鸢尾科植物,其干燥根茎为川射干,有消积、破瘀、行水、解毒之功效<sup>[1]</sup>,主治关节炎、跌打损伤、食积、肝炎等症<sup>[2]</sup>。射干为鸢尾科植物射干[*Belamcanda chinensis* (L.) DC]的干燥根茎,药用历史悠久,其主产于湖北、河南、江苏、安徽、湖南、浙江及西南地区等地<sup>[3]</sup>,射干被《中国药典》所收载,味苦,性寒,有毒,入肺、肝经,具有清热解毒、利咽消痰、散血消肿的功效,用于热毒痰火郁结、咽喉肿痛、痰涎壅盛等<sup>[4]</sup>。所以,鸢尾和射干的药用成分研究开发及利用成为了热点,相关保健产品备受大众的青睐。

光合作用是植物干物质累积的基础和决定生产力高低的重要因素,又是一个对环境条件变化很敏感的生理过程<sup>[5]</sup>。随着鸢尾和射干的需求量加大,人工栽培成为了主要来源。因此,对鸢尾和射干栽培的光合生理生态特性进行研究,对于正确认识和有效控制鸢尾和射干药材产量和品质,规范化种植鸢尾和射干具有重要的理论依据和实践意义。目前关于鸢尾和射干的研究主要集中在化学、临床和药理作用等方面,鲜见其在光合特性日变化方面的报道。本研究主要通过对鸢尾和射干光合特性的比较,探讨其对环境因子的响应,以期对鸢尾和射干的人工栽培养护提供理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验地概况与材料

试验在江西省南昌市江西农业大学中药园(28°46'N, 115°55'E)内进行,该地区属于亚热带季风气候,热量丰富、雨水充沛、光照充足。一年中雨季集中在 4—6 月份,历年平均降水量 1 567.7 ~ 1 654.7 mm,历年平均气温在 17.1 ~ 17.8 °C 之间,历年平均日照时数 1 772 ~ 1 845 h,7—8 月最多,2—3 月最少。本研究选用 3 株相同生境下健康无病虫害的 2 年生鸢尾和射干为试验材料。

#### 1.2 测定指标及方法

于 2017 年 5 月上旬选取 2 d 晴朗天气,采用 LI-6400XT 便携式光合作用测量仪,对不同植株相同叶位的成熟叶片进行光合指标测定,测定时间为 08:00—18:00,每 2 h 测定 1 次,每株重复 3 张叶片,重复测定 3 株。测定时选择红蓝光源模式, $\text{CO}_2$  浓度根据自然条件用缓冲瓶控制,光合有效辐射根据外界自然光强设定。测定指标有空气温度( $T_a$ )、光合有效辐射( $PAR$ )、相对湿度( $RH$ )、净光合速率( $P_n$ )、气孔导度( $G_s$ )、胞间  $\text{CO}_2$  浓度( $C_i$ )、蒸腾速率( $T_r$ )、水分利用效率( $WUE$ ), $WUE = P_n / T_r$ 。

#### 1.3 数据处理

试验数据采用 WPS Office 2016 进行整理绘图,用 SPSS 17.0 软件进行统计和相关性分析。

### 2 结果与分析

#### 2.1 环境因子日变化

由图 1 可知,空气温度  $T_a$ 、光合有效辐射  $PAR$ 、相对湿度  $RH$  的日变化均为“单峰”曲线,在 14:00,  $T_a$  和  $PAR$  达到一天的最大值,分别为 37.5 °C 和 1 400  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,随着  $T_a$

收稿日期:2017–07–10

基金项目:中央财政林业科技推广示范项目(编号:JXTG[2016]–08 号);江西省科技支撑计划(编号:20133BBF60012);江西省教育厅科技项目(编号:GJJ13279)。

作者简介:杨肖华(1990—),女,河南鹤壁人,硕士研究生,主要从事森林培育研究。E-mail:1367596110@qq.com。

通信作者:郭圣茂,博士,副教授,主要从事药用植物栽培和林业生态工程研究。E-mail:shmguo@163.com。

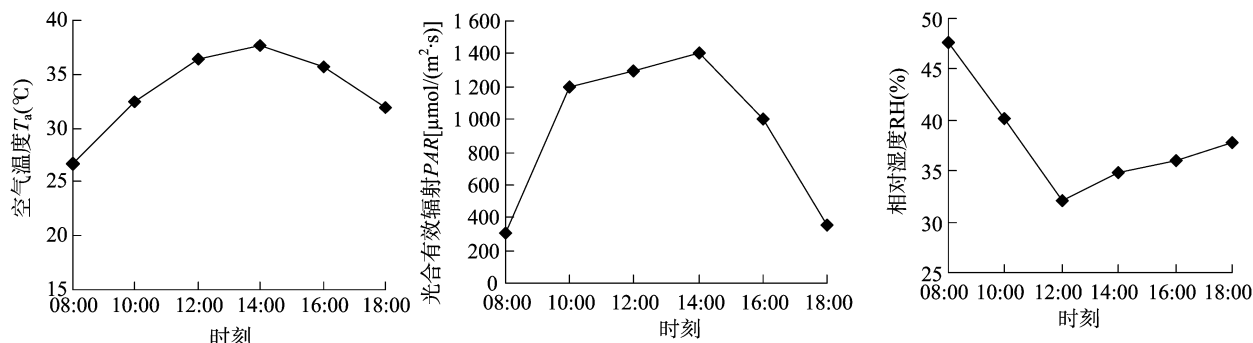


图1 空气温度、光合有效辐射、相对湿度日变化

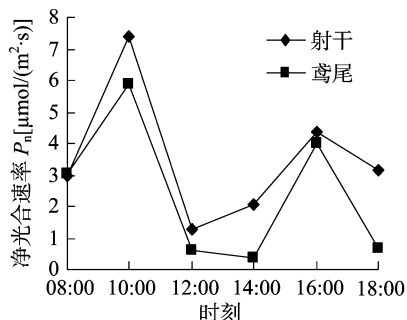
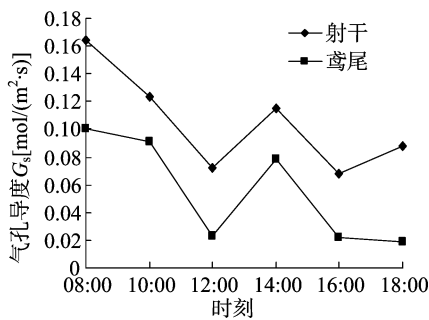
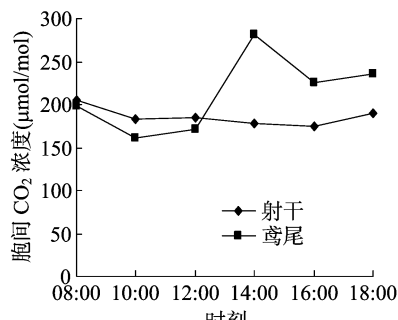
和 PAR 的升高,相对湿度 RH 在 12:00 达到一天的最低点,为 32.1%,之后随着  $T_a$  和 PAR 的降低,RH 有所上升。

## 2.2 净光合速率( $P_n$ )的日变化

净光合速率是表示光合作用强弱变化的核心指标之一<sup>[6]</sup>。由图 2 可以看出,射干和鸢尾叶片的净光合速率  $P_n$  日变化呈不对称“双峰”曲线。射干的峰值分别出现在 10:00 和 16:00 左右,且第 1 个峰值比第 2 个峰值高,其最大  $P_n$  值为  $7.38 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,12:00 左右降至最低,出现明显的“午休”现象;鸢尾的最大峰值也出现在 10:00, $P_n$  值为  $5.9 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,10:00—14:00 随着温度和光强的增加, $P_n$  持续下降,在 14:00 达到低谷后又开始回升至第 2 个峰值  $3.98 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。从图中可以看出,鸢尾整体的  $P_n$  值小于射干。

## 2.3 气孔导度( $G_s$ )的日变化

气孔是植物叶片与外界环境进行气体交换的通道,气孔

图2 鸢尾科植物净光合速度  $P_n$  的日变化图3 鸢尾科植物气孔导度  $G_s$  的日变化图4 鸢尾科植物胞间  $\text{CO}_2$  浓度  $C_i$  的日变化

## 2.5 蒸腾速率( $T_r$ )的日变化

蒸腾速率为植物从根部吸收矿物质向叶片运输提供动力,它不仅受外界环境条件的影响,而且还受植物本身的调节和控制<sup>[8]</sup>。蒸腾速率的大小反映植物吸收和运输能力的强弱<sup>[9]</sup>。由图 5 可知,在一天中射干  $T_r$  的最高值出现在 14:00 左右,呈“单峰”曲线,下午 14:00 后迅速下降,16:00 之后,随着温度和光强的下降, $T_r$  有小幅回升;鸢尾的  $T_r$  则呈“双峰”曲线,峰值分别出现在 10:00 和 16:00 左右,在第 1 个峰值后,急速下降,到 14:00 下降至一天的峰谷,之后升高到第 2 个峰值后缓慢下降。从图 5 可以看出,射干的  $T_r$  高于鸢尾。

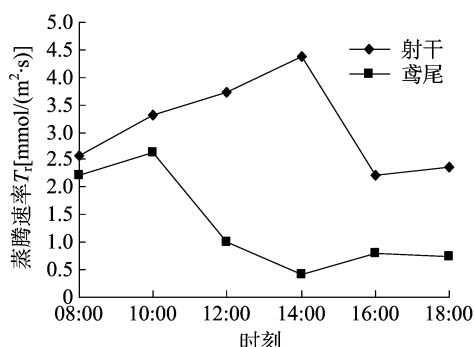
## 2.6 水分利用效率(WUE)的日变化

水分利用效率 (WUE) 是植物生理活动过程中消耗水形成有机物质的基本效率,成为确定植物体生长发育所需要的最佳水分供应的重要指标之一<sup>[10-11]</sup>。由图 6 可以看出,鸢尾

导度表示气孔张开的程度,气孔导度的变化影响  $\text{CO}_2$  进入叶片细胞,还影响叶片水分的散失等,因此,气孔导度是影响植物光合速率的重要因素<sup>[7]</sup>。由图 3 可知,射干叶片的  $G_s$  日变化总体呈“W”趋势,在 12:00—16:00 间出现峰值;鸢尾的  $G_s$  呈先下降后上升,出现峰值后又小幅下降的趋势。2 种鸢尾科植物的气孔导度峰值出现时间点一致,都出现在 12:00—16:00 间,其值分别为  $0.115 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  和  $0.078 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。从数值来看,射干的  $G_s$  值大于鸢尾。

## 2.4 胞间 $\text{CO}_2$ 浓度( $C_i$ )的日变化

胞间  $\text{CO}_2$  浓度是外界  $\text{CO}_2$  进入叶片细胞的浓度,是植物光合速率的主要影响因子<sup>[8]</sup>。从图 4 可以看出,08:00—10:00 射干和鸢尾的  $C_i$  值急速下降,射干在 10:00—14:00 间出现峰值,其值为  $185 \mu\text{mol}/\text{mol}$ ,而鸢尾在 10:00—14:00 持续上升,在 14:00 出现峰值,其值为  $281.51 \mu\text{mol}/\text{mol}$ ,在 16:00 后,2 种鸢尾科植物  $C_i$  又都缓慢上升。

图5 鸢尾科植物蒸腾速率  $T_r$  的日变化

和射干的水分利用效率日变化呈“双峰”曲线。相同环境条件下,鸢尾的水分利用效率高射干,日均水分利用效率是射干的 1.46 倍。2 种鸢尾的峰值都出现在 10:00 和 16:00,射

干的最大水分利用效率出现在上午,而鸢尾的最大利用效率出现在下午,且鸢尾的第 2 峰值(4.89  $\mu\text{mol}/\text{mmol}$ )明显高于第 1 个(2.25  $\mu\text{mol}/\text{mmol}$ )峰值。从图 6 可以看出,鸢尾的 WUE 高于射干。

2.7 光合特性参数和环境因子的相关性分析

射干的相关性分析表明,射干的净光合速率  $P_n$  与水分利用效率 WUE 呈极显著正相关,气孔导度  $G_s$  与相对湿度 RH 呈显著正相关,胞间  $\text{CO}_2$  浓度  $C_i$  与空气温度  $T_a$  呈显著负相关,空气温度  $T_a$  与相对湿度 RH 呈极显著负相关,与光合有效辐射 PAR 呈显著正相关(表 1);鸢尾的相关性分析表明,鸢尾的空气温度  $T_a$  与相对湿度 RH 呈极显著负相关,与光合有效辐射 PAR 呈显著正相关(表 2)。

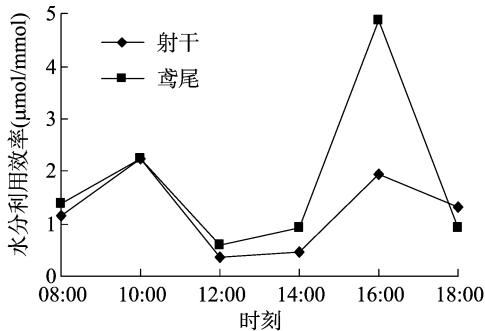


图6 鸢尾科植物水分利用效率 WUE 的日变化

表 1 射干光合各因子相关性分析

因子	相关系数							
	$P_n$	$G_s$	$C_i$	$T_r$	WUE	$T_a$	RH	PAR
$P_n$	1.000							
$G_s$	0.196	1.000						
$C_i$	-0.186	0.705	1.000					
$T_r$	-0.286	0.067	-0.280	1.000				
WUE	0.921 **	0.56	-0.159	-0.612	1.000			
$T_a$	-0.249	-0.717	-0.881 *	0.570	-0.323	1.000		
RH	0.341	0.857 *	0.781	-0.452	0.376	-0.942 **	1.000	
PAR	0.026	-0.365	-0.747	0.766	-0.206	0.834 *	-0.703	1.000

注:“\*\*”表示在 0.01 水平上显著相关;“\*”表示在 0.05 水平上显著相关。表 2 同。

表 2 鸢尾光合各因子相关性分析

因子	相关系数						
	$P_n$	$G_s$	$C_i$	$T_r$	WUE	$T_a$	RH
$G_s$	0.411	1.000					
$C_i$	-0.542	0.999 **	1.000				
$T_r$	0.767	0.667	-0.751	1.000			
WUE	0.640	-0.177	-0.016	0.046	1.000		
$T_a$	-0.347	-0.461	0.358	-0.688	0.104	1.000	
RH	0.463	0.678	-0.218	0.716	0.016	-0.942 **	1.000
PAR	0.007	-0.012	0.000	-0.206	0.068	0.843 *	-0.703

3 结论与讨论

3.1 2 种鸢尾科药用植物的光合特性日变化的探讨

植物叶片净光合速率的日变化反映了其对环境因子的适应性和利用能力<sup>[12]</sup>。在本研究中,2 种鸢尾科植物鸢尾和射干的  $P_n$  日变化均呈“双峰”曲线,表明有明显的“午休”现象,2 个峰值分别出现在 10:00 和 16:00 左右,并且第 1 个峰值高于第 2 个峰值。研究表明,叶片净光合速率与自身因素和环境因子密切相关,影响净光合速率的因素中,既有气孔限制因素又有非气孔限制因素,若气孔导度( $G_s$ )和胞间  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) 摩尔分数同时降低,光合作用原料减少,则认为植物净光合速率( $P_n$ )的下降原因是气孔因素所引起的,相反,叶片净光合速率( $P_n$ )和气孔导度( $G_s$ )降低的同时胞间  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) 摩尔分数升高,则净光合速率降低的主要原因则为叶肉细胞光合活性的下降所致,即非气孔因素<sup>[13-14]</sup>。由此可知,射干在 10:00—12:00,鸢尾在 10:00—14:00 时间段内净光合速率下降,气孔导度也下降,胞间  $\text{CO}_2$  浓度则相反在增大,可以推断射干和鸢尾的光合“午休”现象是由非气孔限制因素引起的。

植物蒸腾是植物生理特性之一,植物蒸腾速率( $T_r$ )不仅

受气候和土壤水分的影响,而且还受植物种类等多种因素的制约,因此导致不同植物表现出不同的蒸腾速率( $T_r$ )变化。植物的气孔多分布于叶子表面,既能保证植物与外界环境进行气体交换,又能适应抑制蒸腾作用<sup>[15]</sup>。本研究中,射干的蒸腾速率呈“单峰”曲线,鸢尾的蒸腾速率呈“双峰”曲线。在 08:00—10:00 间,蒸腾速率上升,到 10:00 时,鸢尾的蒸腾速率达到峰值,而射干持续上升,在 14:00 时达到峰值,说明随着光强和温度的升高,蒸腾速率也在增大,第 1 个峰值后鸢尾蒸腾速率下降,在 14:00 时降到最低,蒸腾作用午间降低是中生和旱生植物通过关闭气孔来适应午间高温或防止叶片过度蒸腾失水的一种生态适应对策<sup>[16]</sup>。

水分利用效率(WUE)是指植物消耗单位质量的水所固定二氧化碳的量,是评价植物耗水量多少或适应干旱胁迫能力的一个重要的生理生态指标,其值越大,说明植物对水分的利用效率越高<sup>[17]</sup>,植物对环境的适应性就可能发生改变<sup>[18]</sup>。净光合速率和蒸腾速率共同影响着水分利用效率,射干和鸢尾的水分利用效率(WUE)都呈“双峰”曲线,射干在上午的水分利用效率高于下午,说明此时随着光强的增加,气孔充分打开,且空气湿度较大,净光合速率增加,蒸腾速率减小,所以水分利用效率较高;鸢尾则在上午的水分利用效率低于下午,说明下午光照增强、温度升高、空气相对湿度下降,部分气孔关闭,光合速率小幅下降,蒸腾速率也降低,所以水分利用效率减小。

3.2 影响鸢尾科药用植物光合特性的生理生态因子

射干的净光合速率  $P_n$  与水分利用效率 WUE 呈极显著正相关,气孔导度  $G_s$  与相对湿度 RH 呈显著正相关,空气温度  $T_a$  与光合有效辐射 PAR 呈显著正相关,说明水分利用效率是影响射干光合速率的重要因素,相对湿度对气孔导度起着调控作用,温度和光合有效辐射密切相关;而鸢尾的空气

罗安才, 阎晓灵, 李利霞, 等. 鸡爪槭叶色变化机制研究[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(22): 118–122.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.22.026

# 鸡爪槭叶色变化机制研究

罗安才, 阎晓灵, 李利霞, 赵正武, 唐安军

(重庆师范大学生命科学学院, 重庆 400047)

**摘要:**以鸡爪槭为材料, 研究其叶色变化机制, 通过检测与叶色相关的生理指标, 探究其与叶色变化的相关性; 并用 SRAP 分子标记技术对鸡爪槭的叶色基因初步定位。结果显示, 鸡爪槭叶色变化和含水量没有显著相关性; 与叶绿素含量呈显著的负相关性; 但与花色素苷与叶绿素的比值呈正相关关系。花色素苷含量越高, 叶片越红; 可溶性糖和苯丙氨酸解氨酶与花色素苷的合成相关, 其含量或活性的高低和叶片颜色变化有显著相关性。5-氨基酮戊氨酸和胆色素原与叶绿素的合成相关, 其含量越低, 叶片越红。SRAP 标记未能定位到鸡爪槭的叶色基因。

**关键词:**鸡爪槭; 叶色; 生理指标; SRAP

**中图分类号:** S184; S687.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)22-0118-05

鸡爪槭(*Acer palmatum*)是槭树科槭属植物, 典型的彩叶树种, 随着秋季光合作用产物的变化, 叶片中色素种类、含量和比例会发生相应改变, 从而导致叶片颜色改变<sup>[1]</sup>。但是目前关于槭树科植物叶色变化的研究主要集中在环境因素、色素含量及可溶性糖等生理指标变化方面<sup>[2-7]</sup>, 没有关于某一特定品种鸡爪槭叶色变化的系统性研究, 如关于细叶鸡爪槭叶片常年是绿色而紫红叶鸡爪槭叶片常年是红色的原因是什

么, 还不曾有人进行探究; 分子方面关于颜色变化相关基因准确定位的研究也没有报道。本研究以 3 种鸡爪槭为研究材料, 测量鸡爪槭变色期相关生理指标, 通过比对及差异性分析, 探究紫红叶鸡爪槭叶片变红的机制, 并用 SRAP 分子标记技术<sup>[8]</sup>初步探索控制鸡爪槭叶片颜色改变的基因, 从而为鸡爪槭在景观配置中多彩化和合理化应用提供一定的参考, 为彩叶植物新品种的引进提供参考依据。

收稿日期: 2017-06-16

基金项目: 重庆市教委科技项目(编号: KJ1400526)。

作者简介: 罗安才(1962—), 男, 四川叙永人, 博士, 教授, 主要研究方向为植物生理学。E-mail: XINLAC2013@aliyun.com。

温度  $T_a$  与光合有效辐射 PAR 呈显著正相关, 说明影响空气温度的主要因子可能是光合有效辐射。

## 参考文献:

- [1] 中国科学院植物研究所. 秦岭植物志(第 1 卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1970: 386.
- [2] 康廷国. 中药鉴定学[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2003: 231–232.
- [3] 杨 伞, 何 平, 段才绪, 等. 外源物质亚精胺对射干种子萌发及幼苗光合特征的影响[J]. 中草药, 2014, 45(15): 2235–2241.
- [4] 展 锐, 焦正花, 王红丽, 等. 射干的药理作用研究概况[J]. 甘肃中医, 2011, 24(1): 78–80.
- [5] 高 超, 闫文德, 田大伦, 等. 杜仲光合速率日变化及其与环境因子的关系[J]. 中南林业科技大学学报, 2011, 31(5): 100–104.
- [6] 杨晓玲, 杨 晴, 郭守华, 等. 燕龙板栗光合作用及其相关因素的日变化[J]. 经济林研究, 2008, 26(1): 67–70.
- [7] 闫 年, 吴文友, 刘桂华, 等. 四个杨树品系夏季光合作用日变化[J]. 林业科技开发, 2011, 25(2): 48–52.
- [8] 刘 巍, 蔺胜军, 丁 勇, 等. 5 种不同杨树光合指标日变化分析[J]. 西南林业大学学报, 2015(6): 19–25.
- [9] 栾金花. 干旱胁迫下三江平原湿地毛茛草光合作用日变化特性研究[J]. 湿地科学, 2008, 6(2): 223–228.

## 1 材料与方法

### 1.1 研究材料

研究材料采自重庆市南山植物园, 取生长条件相同的紫红叶鸡爪槭(*Acer palmatum* cv. *atm-purpureum*)、细叶鸡爪槭

- [10] Martin C A, Stabler L B. Plant gas exchange and water status in urban desert landscapes[J]. Journal of Arid Environments, 2002, 51(2): 235–254.
- [11] 吕爱霞, 杨吉华, 夏江宝, 等. 3 种阔叶树气体交换特性及水分利用效率影响因子的研究[J]. 水土保持学报, 2005, 19(3): 188–191.
- [12] 杨学军, 武菊英, 滕文军, 等. 青绿苔草光合作用日变化及季节动态[J]. 草业科学, 2014, 31(1): 102–107.
- [13] 许大全. 光合作用气孔限制分析中的一些问题[J]. 植物生理学通讯, 1997, 33(4): 241–244.
- [14] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. Annual Review of Plant Physiology, 1982, 33(3): 317–345.
- [15] Sam O, Jerdz E, Dell – Amico J, et al. Water stress induced changes in anatomy of tomato leaf epidermis[J]. Bologia Plantarum, 2000, 43(2): 275–277.
- [16] 廖 行, 王百田, 武 晶, 等. 不同水分条件下核桃蒸腾速率与光合速率的研究[J]. 水土保持研究, 2007, 14(4): 30–34.
- [17] 樊卫国, 李迎春. 梨属 4 个重要种的光合特性及水分利用效率[J]. 西南农业学报, 2006, 19(6): 1144–1146.
- [18] 孙惠玲, 马剑英, 王绍明, 等. 准格尔盆地荒漠植物碳同位素组成研究[J]. 中国沙漠, 2007, 27(6): 972–976.