

# 报春叶片解剖结构与耐热性的关系\*

胡伟娟 张启翔\*\* 潘会堂 董玲玲

北京林业大学园林学院, 北京 100083

**摘要** 为研究适宜报春属植物耐热性的评价指标体系, 筛选出耐热性强的报春种, 测定了6种报春的热害指数, 并利用扫描电镜对6种报春进行了叶片解剖结构的观察。结果表明: 灰岩皱叶报春(*Primula forrestii*)及小报春(*P. forbesii* franch)的耐热性较强, 黄花九轮草(*P. veris*)、岩生报春(*P. saxatilis*)和鄂报春(*P. obconica*)的耐热性中等, 滇北球花报春(*P. denticulata* ssp. *sinodenticulata*)耐热性较差; 影响报春属植物耐热性的叶片解剖性状主要有叶片厚度、叶肉细胞排列紧密程度、开张气孔数量及叶片的表皮毛及粉粒数量等指标。

**关键词** 报春; 叶片解剖结构; 耐热性

**中图分类号** S 682.1<sup>+</sup>5 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2010)03-0363-06

近年来全球气温持续升高, 高温造成的生产损失越来越严重, 对植物耐热性的研究已经引起人们的广泛重视。对于观赏植物而言, 高温胁迫不但影响其生长表现和观赏价值, 更是制约高山观赏植物资源引种的一个重要因子。报春属植物是著名的高山花卉, 以其丰富绚丽的花色、各具特色的花型而备受世界各地人们的喜爱, 被国外尤其是欧美国家的花卉园艺者赞为“世界三大花园植物”之一<sup>[1]</sup>。由于报春大多分布在高山地区, 生长发育要求冷凉的环境条件, 对高温的忍耐力不强<sup>[2]</sup>。在近几年对该属植物的引种栽培研究中发现, 温度是影响其引种利用的主要因子之一, 耐热性是引种及育种成功的关键, 所以研究报春属植物的耐热性, 探讨报春属植物组织结构与耐热性的关系, 筛选出耐热性强的种质资源, 建立一套完备快捷的耐热性评价指标体系是十分必要的基础工作。

植物由于长期适应不同的生长环境, 形成了具有相对稳定的与其生长环境相适应的结构特点<sup>[3]</sup>。叶是植物进行同化与蒸腾作用的主要器官, 植物对环境的适应性也更多地反映在叶的形态与结构上。植物叶片各组织层是结构上的特征, 就功能对结构而言, 结构是第一性的<sup>[4]</sup>。植物叶片的组织结构是植物长期适应环境的结果, 组织结构特征与耐热性有一定的相关性。本试验测定了6种报春在高温胁迫

下热害指数的变化, 并利用扫描电镜对6种报春叶片的结构进行了观察、拍照, 统计了叶片厚度、气孔密度、气孔大小等指标, 旨在通过不同种报春的解剖结构差异及热害指数的相关性分析, 探讨报春属植物的解剖结构与耐热性的关系, 并从中筛选出耐热性较强的报春种。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

选用灰岩皱叶报春(*Primula forrestii*)、滇北球花报春(*P. denticulata* ssp. *sinodenticulata*)、鄂报春(*P. obconica*)、黄花九轮草(*P. veris*)、小报春(*P. forbesii* franch)及岩生报春(*P. saxatilis*)6种报春为材料。

2008年12月在北京林业大学胖龙温室进行穴盘播种, 6周后移栽至直径8 cm的营养钵, 盆基质中 $V_{\text{草炭土}} : V_{\text{珍珠岩}} = 3 : 1$ , 试验期间根据温室条件进行常规的养护管理和病虫害防治, 幼苗在处理前的生长条件为白天平均温度21℃, 夜晚平均温度16℃; 每天光照时间约为10~12 h; 水分充足。

### 1.2 热害指数的测定

当幼苗长至6~8片叶时, 每种报春各选取生长状态一致的30株幼苗置于人工气候箱中进行高温胁迫。设置温度为42℃, 光照强度为10 000 lx, 处

收稿日期: 2009-10-21; 修回日期: 2010-03-15

\* 国家“十一五”科技支撑计划课题(2006BAD01A18)和国家林业局重点项目(2003-008-L0)资助

\*\* 通讯作者. E-mail: zqx@bjfu.edu.cn

胡伟娟, 女, 1980年生, 博士研究生. 研究方向: 园林植物与观赏园艺. E-mail: happycaddy@163.com

理时间 12 h,2 周后进行热伤害的调查和分级,每次 10 株,重复 3 次。

热害指数的统计和计算参考罗少波等<sup>[5]</sup>的方法,将高温伤害程度划分为如下 5 级:无热伤害症状为 0 级;1~5 片叶变黄为 1 级;5~10 片叶变黄、1~3 片叶枯死为 2 级;多于 10 片叶变黄为 3 级;整株枯死为 4 级。热害指数计算公式为:热害指数 =  $\frac{\sum(x \times x_i)}{A \times N} \times 100$ ,  $x_i$  代表  $x$  热害级数下植株的数量,  $A$  代表出现热害的最高级数,  $N$  代表调查的总株数。

1.3 电镜扫描

分别取成熟的 6 种报春的新鲜叶片,用蒸馏水冲洗,在中部剪取 2 mm×2 mm 大小的 6 片叶,每 3 片放入 1 个离心管中,同时在中部剪取 1 mm×3 mm 的 3 条条状叶片放入离心管中,用戊二醛溶液固定,蒸馏水冲洗,叔丁醇干燥,然后将干燥好的样品按照 3 个上表皮观察面、3 个下表皮观察面及 3 个纵切观察面朝上粘样,经过离子溅射仪喷金后,放置于 FEI COMPANY 的 QUANTA 200 扫描电镜下观察。

对每个不同的观察面即上表皮、下表皮及纵切面各选择 10~30 个视野,并对气孔器等重要特征部位进行拍照。利用 image-pro plus 软件对照片进行处理分析,统计气孔器数目,选取 30 个气孔器对其长径、短径进行微距测定,测量叶片厚度等指标<sup>[6]</sup>。并用 DPS 软件进行数据分析。

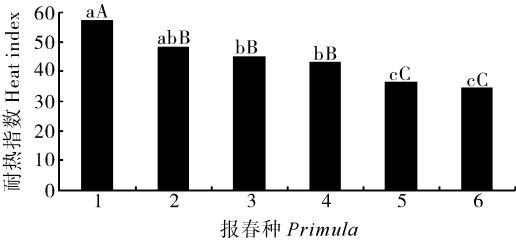
2 结果与分析

2.1 热胁迫下报春属植物热害指数的测定

植株的外部形态发生变化是高温对植物产生胁迫最直接表现的表现,叶片失绿变黄是高温处理后的主要症状;以热胁迫 0 h 作对照,随着胁迫时间的延长,首先表现为叶片失水,萎蔫下垂,叶片边缘发生卷曲变黄,然后变黄蔓延到整个叶片,严重时整株枯死,不同种类的报春叶片受害变化类似,但在发生变化的时间上有一定的差异。

热害指数反映了报春的耐热能力,耐热种类的热害指数较低,不耐热种类的热害指数较高。由图 1 可以看出:不同种报春在高温胁迫下热害指数差异显著,滇北球花报春 2 周后的热害指数极显著高于其他种,说明其受到的热伤害最严重,自身耐热性能最差;黄花九轮草、岩生报春和鄂报春的热害指数

显著小于滇北球花报春,且显著大于小报春及灰岩皱叶报春,耐热性中等;灰岩皱叶报春和小报春 2 周后的热害指数极显著低于其他种,说明其自身耐热性能最强。



1. 滇北球花报春 *P. denticulata*; 2. 鄂报春 *P. obconica*; 3. 岩生报春 *P. saxatilis*; 4. 黄花九轮草 *P. veris*; 5. 小报春 *P. forbesii* franch.; 6. 灰岩皱叶报春 *Primula forrestii*.

图 1 不同种报春耐热指数比较

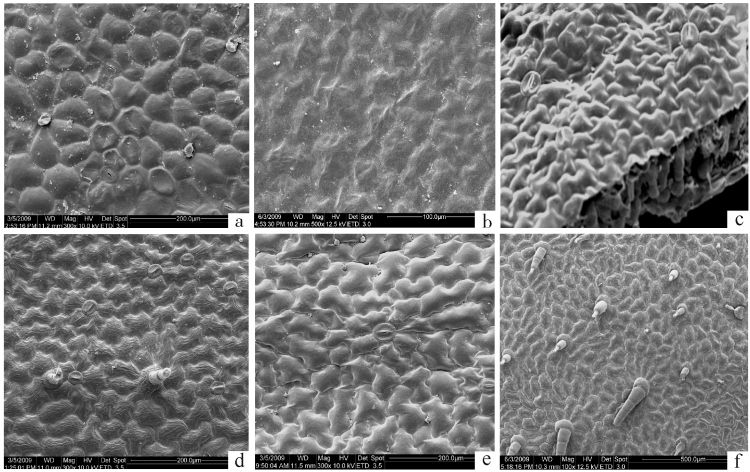
Fig. 1 Multiple comparison of heat index of different species of *Primula*

2.2 不同种报春的叶片解剖结构比较

1)滇北球花报春的叶片解剖特征。滇北球花报春叶片上表皮细胞由规则或不规则的六边形的细胞组成,叶片表面较平坦,叶片上表面气孔很少,呈不均匀分布,气孔结构类型属于无规则型(图 2-a);叶片下表面的气孔数目要明显多于上表皮,且多数气孔略高于叶表皮层的表面,气孔呈圆形或长圆形,气孔多数闭合,少数呈略微开张状态(图 3-a),气孔的长径中等(图 4-a),明显小于灰岩皱叶报春,与其他种差异不显著,气孔短径显著大于黄花九轮草,与其他种差异不显著;气孔的长短径比显著小于其他种,最接近圆形(表 1);叶片的上下表皮均有表皮毛或腺毛的分布(图 2-a,图 3-a),表皮毛或腺毛的结构不是十分一致,其中下皮多于上表皮,叶片下表皮有较为中等数量的粉粒分布(图 3-a)。

滇北球花报春叶片的厚度明显大于鄂报春,但是却显著小于其他种(表 2)。叶上表皮细胞一层,呈长方形或近长圆形,排列较为紧密,叶肉部分无明显栅栏组织和海绵组织的分化,叶肉细胞大小与表皮细胞较为接近,下表皮细胞一层,明显比上表皮细胞小(图 5-a)。

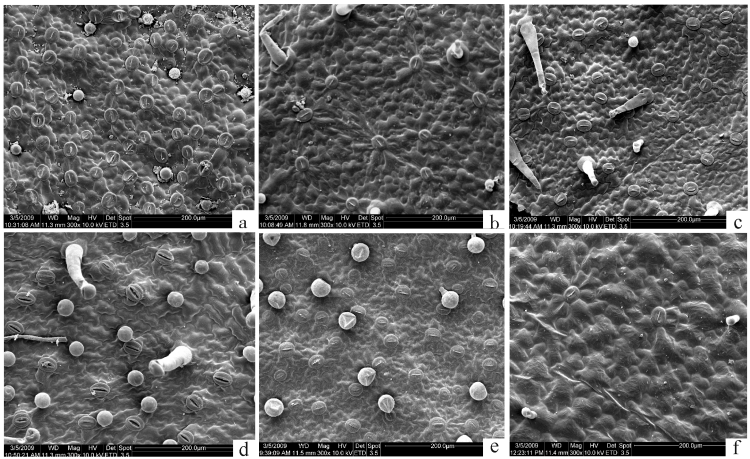
2)鄂报春的叶片解剖特征。鄂报春叶片上表皮细胞由完全不规则的细胞组成,叶片表面有不平突起;叶片上表面气孔很少,呈不均匀分布(图 2-b),气孔结构类型属于无规则型;叶片下表面的气孔数目要明显多于上表皮,且多数气孔略高于叶表皮层的表面,气孔呈圆形或长圆形,气孔多数闭合(图 3-b),



a:滇北球花报春叶片上表皮(×300) *P. denticulate* surface of uper epidermis in 300 magnification; b:鄂报春叶片上表皮(×300) *P. obconica* surface of uper epidermis in 300 magnification; c:黄花九轮草叶片上表皮(×300) *P. veris* surface of uper epidermis in 300 magnification; d:灰岩皱叶报春叶片上表皮(×300) *P. forrestii* surface of uper epidermis in 300 magnification; e:小报春叶片上表皮(×300) *P. malacoides* franch surface of uper epidermis in 300 magnification; f:岩生报春叶片上表皮(×300) *P. saxatilis* surface of uper epidermis in 300 magnification.

图 2 不同种报春叶片上表皮解剖结构

Fig. 2 The surface of uper epidermis of different species of *Primula*



a:滇北球花报春叶片下表皮(×300) *P. denticulate* surface of lower epidermis in 300 magnification; b:鄂报春叶片下表皮(×300) *P. obconica* surface of lower epidermis in 300 magnification; c:黄花九轮草叶片下表皮(×300) *P. veris* surface of lower epidermis in 300 magnification; d:灰岩皱叶报春叶片下表皮(×300) *P. forrestii* surface of lower epidermis in 300 magnification; e:小报春叶片下表皮(×300) *P. malacoides* franch surface of lower epidermis in 300 magnification; f:岩生报春叶片下表皮(×300) *P. saxatilis* surface of lower epidermis in 300 magnification.

图 3 不同种报春叶片下表皮解剖结构

Fig. 3 The surface of lower epidermis of different species of *Primula*

气孔的长径较小(图 4-b),明显小于灰岩皱叶报春,与其他种差异不显著,气孔短径显著大于黄花九轮草,与其他种差异不显著;气孔的长短径比中等,接近长圆形(表 1);叶片的上下表皮均有表皮毛或腺毛的分布,但数量较少,下表皮的粉粒也较少(图 3-b)。

鄂报春叶片的厚度显著小于其他种(表 2)。叶上表皮细胞一层,呈长方形或近长圆形,排列较为紧密,叶肉部分无明显栅栏组织和海绵组织的分化,叶肉细胞略大于表皮细胞,下表皮细胞一层,明显比上表皮细胞小(图 5-b)。

3)黄花九轮草的叶片解剖特征。黄花九轮草叶



片上表皮细胞由完全不规则的细胞组成,叶片细胞表面有不平突起,叶片上表面气孔很少,呈不均匀分布(图 2-c);叶片下表面的气孔数目要明显多于上表皮,气孔呈圆形或长圆形,气孔多数闭合(图 3-c);气孔的长径与短径都最小(图 4-c),显著小于灰岩皱叶报春与小报春;气孔的长短径比较小,接近圆形(表 1);叶片的上下表皮均有表皮毛或腺毛的分布,但数量较少,下表皮的粉粒也较少(图 3-c)。

黄花九轮草叶片的厚度中等,显著小于灰岩皱叶报春,显著大于滇北球花报春和鄂报春(表 2)。叶上、下表皮细胞均为一层,细胞层均较薄,叶肉部分无明显栅栏组织和海绵组织的分化,叶肉细胞略大于表皮细胞(图 5-c)。

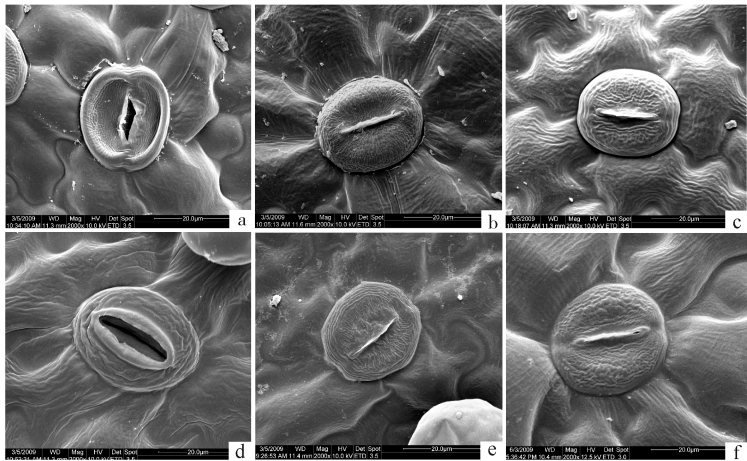
4)灰岩皱叶报春的叶片解剖特征。灰岩皱叶报春叶片上表皮细胞形状不规则,细胞表面有清晰的条状纹路;叶片上表面气孔很少,呈不均匀分布(图 2-d);叶片下表面的气孔数目要明显多于上表皮,且多数气孔略高于叶表皮层的表面(图 3-d);气孔呈长圆形(图 4-d);气孔多呈略微开张状态,气孔的长径最大;与其他种差异显著;气孔短径显著大于黄花九轮草,与其他种差异不显著;气孔的长短径比显著大于其他种,呈典型的长圆形(表 1);叶片的上下表皮均有表皮毛或腺毛的分布,其中下表皮多于上表皮,叶片下表皮有大量的粉粒分布,粉粒呈球

形、表面光滑(图 3-d)。

灰岩皱叶报春叶片的厚度明显大于其他种(表 2)。叶上表皮细胞一层,呈长方形或近长圆形,细胞层厚度中等;叶肉部分无明显栅栏组织和海绵组织的分化,但叶肉极其紧密,叶肉细胞略微大于表皮细胞;下表皮细胞一层,明显比上表皮细胞小(图 5-d)。

5)小报春的叶片解剖特征。小报春叶片上表皮细胞由不规则的细胞组成,叶片表面较为光滑平坦;叶片上表面气孔很少,呈不均匀分布(图 2-e);叶片下表面的气孔数目要明显多于上表皮(图 3-e);气孔呈圆形或长圆形(图 4-e),气孔多数闭合,气孔的长径中等,明显小于灰岩皱叶报春,与其他种差异不显著,气孔短径显著大于黄花九轮草,与其他种差异不显著;气孔的长短径比中等,明显小于灰岩皱叶报春,大于其他种(表 1);叶片的上下表皮均有表皮毛或腺毛的分布,其中下表皮多于上表皮,叶片下表皮有大量的粉粒分布,粉粒呈球形,表面有三角形凹陷(图 3-e)。

小报春叶片的厚度中等,显著小于灰岩皱叶报春,显著大于滇北球花报春和鄂报春(表 2)。叶上、下表皮细胞均为一层,细胞层均较薄,叶肉部分有明显的栅栏组织和海绵组织的分化,但栅栏组织厚度要明显小于海绵组织的,其平均比例为 0.59,这点



a:滇北球花报春叶片气孔形态(×300) *P. denticulate* stomata morphology of leaf in 300; b:鄂报春叶片气孔形态(×300) *P. obconica* stomata morphology of leaf in 300 magnification; c:黄花九轮草叶片气孔形态(×300) *P. veris* stomata morphology of leaf in 300 magnification; d:灰岩皱叶报春叶片气孔形态(×300) *P. forrestii* stomata morphology of leaf in 300 magnification; e:小报春叶片气孔形态(×300) *P. malacoides* franch stomata morphology of leaf in 300 magnification; f:岩生报春叶片气孔形态(×300) *P. saxatilis* stomata morphology of leaf in 300 magnification.

图 4 不同种报春叶片气孔形态解剖结构

Fig. 4 The stomata morphology of different species of *Primula*

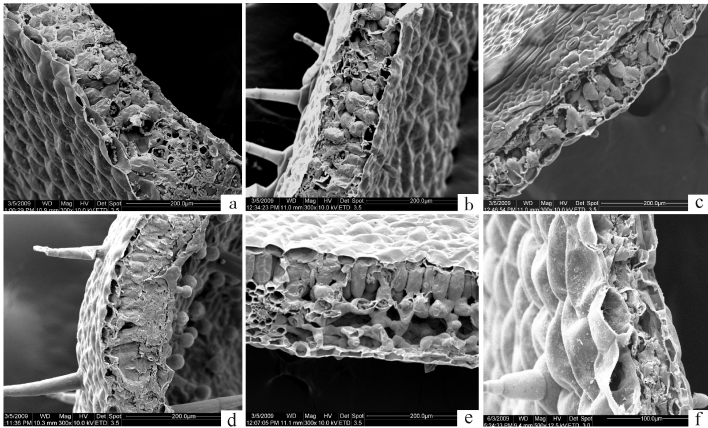


与其他种差异极为显著(图 5-e)。

6)岩生报春的叶片解剖特征。岩生报春叶片上表皮细胞也为不规则形,叶片表面较平坦;叶片上表面气孔很少,但腺毛分布较多(图 2-f);叶片下表面的气孔数目要明显多于上表皮,且多数气孔略高于叶表皮层的表面(图 3-f);气孔呈圆形或近圆形(图 4-f),气孔多数闭合;气孔长短径均较大,与其他种

差异显著(表 1);叶片的下表皮也有表皮毛或腺毛的分布,叶片下表皮有少量的粉粒分布(图 3-f)。

岩生报春叶片的厚度中等,显著小于灰岩皱叶报春,显著大于滇北球花报春和鄂报春(表 2)。上表皮细胞一层,呈长方形或近长圆形,叶肉部分无明显栅栏组织和海绵组织的分化,上层表皮细胞大于叶肉细胞,下表皮细胞一层,明显比上表皮细胞小(图 5-f)。



a:滇北球花报春叶片纵切面(×300) *P. denticulate* longitudinal section of leaf in 300 magnification; b:鄂报春叶片纵切面(×300) *P. obconica* longitudinal section of leaf in 300 magnification; c:黄花九轮草叶片纵切面(×300) *P. veris* longitudinal section of leaf in 300 magnification; d:灰岩皱叶报春叶片纵切面(×300) *P. forrestii* longitudinal section of leaf in 300 magnification; e:小报春叶片纵切面(×300) *P. malacoides* franch longitudinal section of leaf in 300 magnification; f:岩生报春叶片纵切面(×300) *P. saxatilis* longitudinal section of leaf in 300 magnification .

图 5 不同种报春叶片纵切面解剖结构

Fig. 5 The longitudinal section of leaf of different species of *Primula*

表 1 不同种报春叶片特性比较

Table 1 Comparison of leaf character of different species of *Primula*

| 种类<br>Species                 | 叶片厚度/ $\mu\text{m}$<br>Leaf thickness | 表皮毛<br>Trichomes | 粉粒<br>Powders | 栅栏组织/海绵组织<br>Palisade/spongy tissue |
|-------------------------------|---------------------------------------|------------------|---------------|-------------------------------------|
| 滇北球花报春 <i>P. denticulate</i>  | 103.9 cC                              | 极少 Rare          | 中 Medium      | 无明显分化 No obvious differentiation    |
| 鄂报春 <i>P. obconica</i>        | 85.1 dD                               | 少 Little         | 少 Little      | 无明显分化 No obvious differentiation    |
| 黄花九轮草 <i>P. veris</i>         | 126.7 bB                              | 少 Little         | 少 Little      | 无明显分化 No obvious differentiation    |
| 灰岩皱叶报春 <i>P. forrestii</i>    | 189.9 aA                              | 多 More           | 多 More        | 无明显分化 No obvious differentiation    |
| 小报春 <i>P. forbesii</i> franch | 133.9 bB                              | 多 More           | 多 More        | 0.59                                |
| 岩生报春 <i>P. saxatilis</i>      | 122.7 bB                              | 少 Little         | 少 Little      | 无明显分化 No obvious differentiation    |

表 2 不同种报春叶片下表皮气孔特征比较

Table 2 Comparison of lower epidermis stomata character in leaves of different species of *Primula*

| 种类<br>Species                 | 气孔形状<br>Stomata shape         | 长径/ $\mu\text{m}$<br>Long path | 短径/ $\mu\text{m}$<br>Short path | 长短径比<br>Long/short | 密度/ $(\text{mm}^{-2})$<br>Density |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------|-----------------------------------|
| 滇北球花报春 <i>P. denticulate</i>  | 圆形或长圆形 Circular or obround    | 28.3 bcBC                      | 26.3 abAB                       | 1.12 dC            | 340.5 aA                          |
| 鄂报春 <i>P. obconica</i>        | 圆形或长圆形 Circular or obround    | 26.9 cBC                       | 23.9 bcBC                       | 1.23 cB            | 98.6 cC                           |
| 黄花九轮草 <i>P. veris</i>         | 圆形或近圆形 Circular or subrounded | 23.9 cC                        | 21.3 cC                         | 1.18 bcB           | 129.1 cBC                         |
| 灰岩皱叶报春 <i>P. forrestii</i>    | 长圆形 Obround                   | 34.3 aA                        | 24.7 bc BC                      | 1.45 aA            | 163.2 bcBC                        |
| 小报春 <i>P. forbesii</i> franch | 圆形或长圆形 Circular or obround    | 27.5 bcBC                      | 23.9 bc BC                      | 1.27 bB            | 265.3 ab AB                       |
| 岩生报春 <i>P. saxatilis</i>      | 圆形或近圆形 Circular or obround    | 31.7 abAB                      | 29.5 aA                         | 1.17 dC            | 110.3 cBC                         |

3 讨 论

从 6 种报春 42 ℃ 高温胁迫 2 周后的热害指数

对比来看,灰岩皱叶报春及小报春的耐热性较强,黄花九轮草、岩生报春和鄂报春中等,滇北球花报春耐热性较差。

植物的适应性是植物对外界环境长期适应的结果,它不但与植物内部的生理生化活动有关<sup>[7]</sup>,而且取决于其自身的形态结构特征<sup>[8]</sup>。叶片是植物体暴露在环境中最大面积的器官,在复杂的外界环境中反应最为敏感,最容易适应环境而改变它的形态和结构<sup>[9]</sup>,叶片的解剖结构特征也与抗逆性有着密切的联系。从叶片电镜解剖结构来看,不同种报春存在着一定的差异,主要体现在叶片厚度、叶片表面着生的表皮毛及分布的粉粒数量、叶肉细胞排列的紧密程度、下表皮气孔密度、气孔形状、气孔大小及开张的气孔数量方面。

已有研究表明高温胁迫中,抗热性强的植物种类、品种,有较大的叶片厚度、栅栏组织厚度与栅栏组织海绵组织比值以及较高的气孔密度<sup>[2-6,8-11]</sup>。如王凤兰等<sup>[8]</sup>研究发现影响新铁炮百合抗热性的主要因素是下角质层厚度、栅栏组织厚度、海绵组织厚度、栅栏组织/海绵组织值、叶片厚度等 5 项指标。本研究中灰岩皱叶报春的叶片厚度大、叶肉细胞排列紧密、叶片表面着生大量的表皮毛及粉粒、气孔多数呈开张状态;小报春的叶片厚度较大、叶肉细胞分化出栅栏组织、叶片表面着生大量的表皮毛及粉粒等;加之热害指数的测定结果中灰岩皱叶报春和小报春的耐热性较强;所以,影响报春属植物耐热性的叶片解剖性状主要有叶片厚度、叶肉细胞排列紧密程度、

开张气孔数量及叶片的表皮毛及粉粒数量等指标。

参 考 文 献

[1] RICHARDS J. *Primula*[M]. Poland, OR: Timber Press, 1993: 3-4.

[2] 张睿鹏. 滇西北报春资源及滇北球花报春核心种质的研究[D]. 北京:北京林业大学园林学院, 2009.

[3] 邢全, 石雷, 刘保东, 等. 枇杷叶莢蒾叶片解剖结构及其生态学意义[J]. 园艺学报, 2004, 31(4): 526-528.

[4] 李小梅, 邓秀新, 邓伯勋. 柑桔体细胞杂种的叶片结构特性[J]. 华中农业大学学报, 1999, 18(3): 272-275.

[5] 罗少波, 理智军, 飞弹健. 大白菜品种耐热性的鉴定方法[J]. 中国蔬菜, 1996(2): 16-18.

[6] 铁军, 金山, 李旭娇, 等. 濒危植物南方红豆杉叶片形态结构及气孔参数[J]. 东北林业大学学报, 2008, 36(9): 24-27.

[7] 张建霞, 李新国, 孙中海, 等. 外源钙对柑橘抗热性的相关生理生化指标的影响[J]. 华中农业大学学报, 2005, 24(4): 397-400.

[8] 王凤兰, 周厚高, 黄子峰, 等. 铁炮百合叶片抗热性形态指标初探[J]. 湖北农学院学报, 2004(2): 102-105.

[9] 高松, 苏培玺, 严巧娣, 等. C<sub>4</sub> 荒漠植物猪毛菜与木本猪毛菜的叶片解剖结构及光合生理特征[J]. 植物生态学报, 2009, 33(2): 347-354.

[10] 韩笑冰, 利容千, 王建波. 热胁迫下萝卜不同耐热性品种细胞组织结构比较[J]. 武汉植物学研究, 1997, 15(2): 173-175.

[11] 肖芳, 冯天杰, 吴娜. 野芙蓉叶片解剖结构与其抗旱性关系的研究[J]. 河北农业大学学报, 2006, 29(3): 33-35.

Relationship between Leaf Anatomical  
Structure and Heat Resistance of *Primula*

HU Wei-juan   ZHANG Qi-xiang   PAN Hui-tang   DONG Ling-ling

College of Landscape Architecture, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

**Abstract** The index of heat injury and leaf anatomical structure under the scanning electron microscope of six *Primula* species were measured to study the responsive mechanism of *Primula* to the high temperature and to select the heat-resistant *Primula* species. The results showed that *Primula forrestii* and *P. malacoides* franch had higher heat-resistance than that of *P. obconica*, *P. veris*, *P. saxatilis*, *P. denticulata*, *P. sinodenticulata* with lowest heat-resistance. Leaf anatomical structures of *Primula* associated with heat-resistance included leaf thickness, tightness of mesophyll cell arrangement, the number of open stomata, the number of epidermal hair and powders of leaves.

**Key words** *Primula*; leaf anatomical structure; heat resistance

(责任编辑:张志钰)