

# 报春花生理生态学及分子生物学研究进展

陈 强<sup>1</sup>, 舒先智<sup>2</sup>, 潘远智<sup>1,3</sup>, 孙振元<sup>3</sup>

(1. 四川农业大学 林学院园艺学院 四川 雅安 625014; 2. 成都皇城花卉种植中心 四川 成都 610063; 3. 中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091)

**摘 要:** 通过总结近 10 多年国内外报春花的相关研究, 综述了报春花生理生态学及分子生物学研究进展, 就目前研究中存在的不足进行了探讨; 展望了报春花在生理生态及其分子生物学研究趋势和前景。

**关键词:** 报春花; 生理生态; 分子生物学

**中图分类号:** Q 945.79; Q 946 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2007)11-0074-05

报春花属报春花科(Primulaceae)报春花属(*Primula* L.)植物, 全世界约有 500 余种, 主要分布在北半球温带和高山地区, 仅有极少数种类分布在南半球。沿喜马拉雅山两侧至云南、四川西部是报春花属植物的分布中心。我国有 293 种 21 亚种和 18 变种, 主产于西藏、云南、四川、陕西、贵州次之, 其余各省甚少。报春花大多早春开花, 花色丰富而艳丽, 具有很高的观赏价值, 与龙胆(*Gentiana* ssp.)和杜鹃(*Rhododendron* ssp.)被誉为“世界三大高山花卉”。目前国内对报春花的研究主要集中在系统分类、地理分布及资源调查上, 从园林应用方面出发的研究很少。

丰富的野生报春花资源的生理生态特性是遗传改良和育种的目标和依据, 有关这方面的研究也是报春花及其它野生花卉科研中最重要的领域和比较薄弱的环节。近年来, 随着对野生报春花的认识加深, 各地陆续进行了引种栽培、生理生态、遗传育种等研究工作以及分子生物学的研究。现在总结国内外有关报春花生理生态及分子生物学研究的基础上, 就目前研究中存在的不足进行了探讨, 展望了报春花在生理生态及其分子生物学方面的研究趋势, 特别是报春花的抗性机理以及有关分子生物学研究, 将成为未来报春花新品种选育研究的重点和基础, 为以后深入开展报春花的研究和利用提供科学依据。

## 1 报春花生理生态学研究

### 1.1 光合生理生态研究

刘飞虎等<sup>[1]</sup>对昆明露地栽培的粉背灯台报春

(*Primula pulverulenta* Duthie)、橘红灯台报春(*P. bulleyana* Forr.)、灰岩报春(*P. forrestii* Balf.f.)、四季报春(*P. obconica* Hance.)等 4 种野生报春花(3 a 生)光合特性进行测定认为, 光补偿点以粉背灯台报春最高( $28 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ), 其余 3 种相近且较低( $8-15 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ), 而光饱和点以四季报春最低( $80 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ), 其光合速率也最低, 两种灯台报春的光饱和点( $500 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )和光合速率均最高, 灰岩报春居中。5 月份的光合速率日变化均呈单峰曲线, 峰值出现在 10 时左右, 曲线高低体现出种间差异。张艳丽等<sup>[2]</sup>光强是影响小报春(*P. forbesii* Franch.)光合作用的关键因子。在  $\text{CO}_2$  浓度一定的情况下, 当光照条件在达到最大光饱和点  $1400 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  以前逐渐升高时, 光合速率也随之增大, 低于光饱和点的高光强可以促进小报春的光合作用; 当光强过高时, 会对植株生长发育产生抑制, 甚至产生损害。因此, 小报春植株有一定的耐荫性, 不适合在强阳光直射的地方生长, 种植应用时应给予一定的遮荫。

UV-B 辐射对光合作用的影响主要包括叶绿体微结构的伤害、天线色素间激发态转移的改变和 Calvin 循环酶活性的降低、气孔的开闭速率等。同时植物体在长期的进化过程中, 产生了对 UV-B 辐射的屏蔽作用, 其机理包括产生 UV-B 吸收物质(如类黄酮、羟基肉桂酸酯、花色素苷等)和叶表皮附属物质(如角质层、蜡质层、绒毛等)以及其它相关物质。在增强 UV-B 辐射下, 报春花(*P. malacoides* Franch.)叶片中叶绿素含量降低, 且随 UV-B 辐射时间的延长, 降低程度加大, 叶片质膜透性增加; 叶片类黄酮含量随着 UV-B 辐射强度的增加而增加, 在辐射至 40 d 时, 叶片类黄酮含量达到最大值; 增强 UV-B 辐射, 报春花花瓣中花青素含量增加<sup>[3]</sup>。通过对普洱、勐腊、华坪、丽江和昆明 5 地区的云南报春花(*P. henryi* Hemsley)<sup>[4]</sup>的研究发现, 其 chl a 与 chl b 含量的

第一作者简介: 陈强(1981-), 男, 在读硕士, 主要从事园林植物应用研究。

通讯作者: 潘远智, E-mail: scpyzls@163.com。

基金项目: 四川省教育厅基金资助项目(2005A002)。

收稿日期: 2007-07-18

时空变化趋势总体上是一致的。叶绿素总量与  $chl a$  含量在时空变化上具有正相关关系。其中  $chl a$  对 UV-B 最敏感,  $chl b$  次之, 类胡萝卜素最小。UV-B 辐射强度与叶绿素总量的关系大体上呈负相关关系。但华坪、丽江、勐腊三地有部分例外。

土壤温度和气温对光合作用都有影响, 但其生理机制不完全相同。苏文化等<sup>[5]</sup>认为紫花雪山报春(*Primula sinopurpurea* Balf. f. ex Hutch.)在 10~25℃的土壤温度范围内, 净光合速率和气孔导度和胞间  $CO_2$  浓度随土壤温度的变化为“单峰”曲线。“峰”值及其位置受气温影响。在 10~35℃气温范围内, 净光合速率随气温的变化曲线为“单峰”型, 气孔导度和胞间  $CO_2$  浓度随气温升高既有增加又有减少, 增加或是减少及变化速率与土壤温度有关。土壤温度和气温分别为 20℃和 25℃时, 紫花雪山报春叶片净光合速率最大。光合作用的最适温度范围是土壤温度 15~20℃, 气温 20~25℃, 这与粉背灯台报春光合作用的最适温度范围相同<sup>[9]</sup>。此时, 叶片净光合速率最高, 有利于植株的生长发育。

## 1.2 水分生理生态研究

蒸腾作用是一个生理过程, 受到植物体结构和气孔行为的调节。对报春花来说, 其主要蒸腾方式是气孔蒸腾, 除受到本身生理结构的影响外, 通常受到光照、温度、湿度、风速的影响。在有效光合辐射(PAR)范围内, 桔红灯台报春的蒸腾速率在  $PAR > 80 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$  以后迅速增加, 与该种的光合速率在此光强以上快速增加较为吻合, 而粉背灯台报春的蒸腾速率在  $PAR > 500 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$  时随光强增加而提高。灰岩报春、桔红灯台报春、粉背灯台报春和四季报春 5 月份的蒸腾速率日变化与光合速率一样, 均呈单峰曲线, 曲线高低体现出种间差异, 但蒸腾速率峰值出现在 13 时左右, 光合速率在 10 时左右<sup>[1]</sup>。苏文化等<sup>[5]</sup>认为随着土壤温度升高, 紫花雪山报春叶片蒸腾速率增高还是降低, 取决于土壤温度变化的范围和叶片所处的气温条件。气温为 10~30℃时, 随土壤温度从 10℃升高至 25℃时叶片蒸腾速率呈“单峰型”变化。土壤温度在一定范围内, 叶片蒸腾速率与气温呈正相关, 但叶片蒸腾速率对气温的响应由于土壤温度的不同有很大的差异。土壤温度在 15℃、气温超过 20℃或土壤温度 20℃、气温超过 25℃时, 蒸腾速率会出现下降现象。低温和高温引起气孔关闭后对蒸腾速率影响不再是通过影响气孔开闭进行。

## 1.3 发育生理生态研究

粉背灯台报春种子在不同温度下发芽率差异较大, 但 20℃与 25℃时的差异值相对较小, 发芽指数值较高, 说明其种子在 20~25℃的范围内能相对较好的发芽。随着温度降低或升高, 发芽指数值变小, 表明种子虽能发芽, 但发芽缓慢, 发芽少<sup>[6]</sup>。恒温 25℃最适合钟花报

春萌发, 而 25℃/15℃(昼 12h/夜 12h)更利于偏花报春萌发<sup>[7]</sup>。小报春萌发的适宜温度要高于 20℃, 在 28℃条件下仍可以有较高的发芽率<sup>[8]</sup>。通过在不同培养基质及条件下对海仙花报春(*P. poissonii* Franch.)、香海仙报春(*P. wilsonii* Dunn)、多脉报春(*P. polyneura* Franch.)的种子萌发及幼苗生长研究, 认为 MS 及  $N_6$  培养基对 3 种报春花种子萌发及幼苗生长比改良 WPM、Miller 培养基好<sup>[9]</sup>, pH4.5~6.5 及不同糖浓度对这 3 种报春花种子萌发及幼苗生长无明显影响, 其种子萌发顺序是多脉报春> 香海仙> 海仙花报春。光照对这 3 种报春花种子萌发有促进作用, 而光照对小报春种子的萌发影响不显著, 光照条件下小报春的发芽率比黑暗条件约高 4%<sup>[8]</sup>。光照强度增强, 会使海仙花报春、香海仙报春、多脉报春的幼苗叶片白化, 产生光抑制, 造成幼苗的死亡, 但海仙花报春比多脉报春有较强的适应性<sup>[9]</sup>。

## 1.4 逆境生理生态研究

超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)等是植物酶促防御系统的重要保护酶。由于大多数报春花都生长在高海拔地区, 对外界不良环境的抵抗能力较差, 因此这些保护酶的产生和多少对报春花抗逆性有重要作用。古今等<sup>[10]</sup>认为在低纬高原地区, 当云南报春花(*P. malacoides* Franch.)处于幼苗生长期(2月)时, UV-B 辐射强度小, SOD、POD 活性较弱; 进入生长旺盛期和开花期(3月、4月), UV-B 辐射增强, 此时 SOD、POD 活性也随之增强; 进入衰老期(5月), 而 UV-B 继续增强, 植物 SOD、POD 酶活性下降。

周蕴薇<sup>[11]</sup>从质膜相对透性与膜脂过氧化作用、可溶性蛋白质与游离脯氨酸含量、活性氧与保护酶、叶细胞超微结构以及光合与蒸腾作用等方面对翠南报春(*P. siboldii* E. Morren)生理特性的变化进行了系统的研究, 探讨了翠南报春的抗寒生理生态学适应机制, 并证明了低温锻炼可以提高翠南报春的抗旱性。

## 2 报春花分子生物学研究

### 2.1 DNA 的提取

陈明林等<sup>[12]</sup>认为要得到扩增效率高、稳定性强的片段, 重复、优化每一个实验是十分必要的。因此, 他们采用 CTAB 法从珍稀濒危植物安徽羽叶报春(*P. merrilliana* Schltr.)的幼叶中提取 DNA, 进行随机扩增多态 DNA(RAPD)实验, 通过  $Mg^{2+}$ 、dNTP、Taq 酶、模板浓度的优化, 确立了 RAPD 反应的最佳体系(25 $\mu$ L)范围:  $Mg^{2+}$  浓度为 2.0~2.5 mmol/L, 模板浓度为每个反应 50~150 ng, dNTP 浓度为 200~250  $\mu$ mol/L, Taq 酶为 1.5~2.0 U。按照这种优化的 RAPD 条件进行重复实验, 重现性良好。

## 2.2 分子标记

2.2.1 SSR 标记及 ISSR 标记 人类及植物的基因组中均存在着由 1~4 个碱基对组成的简单重复序列(simple sequence repeats, 简称 SSR), 又称之为微卫星(micro-satellite)。SSR 较早应用于人类和哺乳动物的研究, 既可以作探针进行 Southern 分析, 又可以据其序列设计引物进行 PCR 检测, 是构建遗传连锁图谱非常有效的分子标记。Shimono 等<sup>[13]</sup> 利用 SSR 标记对长白山报春(*P. modesta* Bisset et Moore)遗传多样性进行了研究, 设计了 48 个引物对有 11 对成功扩增, 其基因杂合度为 0.161~0.828。Kreivi 等<sup>[14]</sup> 利用 SSR 标记揭示了天山报春(*P. nutans* Georgi)的 7 个多态性微卫星位点, 从芬兰、挪威、俄罗斯采集的众多样品中, 每位点有 2~4 个等位基因, 实测杂合度为 0.003~0.229。ISSR(inter-simple sequence repeat)标记技术是在 SSR 基础上发展起来的一项新的标记技术, 由于其引物设计比 SSR 简单, 不需要知道 SSR 两端的碱基序列, 多态性高, 重复性好, 能够提供更多的信息, 已在多种动植物的种质鉴定、遗传作图、基因定位、遗传多样性等研究方面得到应用。Peng 等<sup>[15]</sup> 利用 ISSR 标记对湖北、四川 4 个不同自然居群和人工栽培的鄂报春进行分析, Nei 氏遗传多样性水平和 Shannon 多样性指数表明自然分布的鄂报春遗传多样性高于人工栽培的, 湖北大老岭高于四川瓦屋山, 但用 UPGMA 法建立系统树分析表明两地区并无明显基因区别。薛大伟等<sup>[16]</sup> 用 ISSR 标记对景东报春(*Primula interjacens* Chen)2 个变种原变种景东报春(*P. interjacens* Chen var. *interjacens*)现存一个居群和光叶景东报春(*P. interjacens* Chen var. *epilosa* C. M. Hu)现存的 2 个居群进行遗传多样性分析, 发现尽管居群小分布区狭窄, 但景东报春的遗传多样性却很高, 从而推测异型花和杂交可能是维持高的遗传多样性的原因。同时, Nei 氏遗传多样性水平和 Shannon 多样性指数显示出居群间存在中度分化。尽管景东报春原变种和变种在形态上有区别, 但用非加权配对算数平均法(UPGMA)聚类却发现两者并没有明显的遗传分化。王凤英等<sup>[17]</sup> 应用 ISSR 技术对喜马拉雅-横断山区钟花报春(*Primula sikimensis* Hook.)进行居群遗传分析, 认为喜马拉雅-横断山区钟花报春的 13 个居群具有很高的遗传多样性, 并且居群间的分化也很大, 认为相对低的基因流可能是维持钟花报春居群遗传分化的原因。刘小莉等<sup>[18]</sup> 利用 ISSR 标记对 10 种报春花种的间变异进行了研究, 种间的 Nei 氏遗传多样性和用 UPGMA 法构建的系统树表明这 10 种报春花明显聚为三大类, 即鄂报春(*P. obconica* Hance ssp. *obconica*)、无粉头序报春(*P. capitata* - Hook. ssp. *sphaerocephala* W. W. Smith et Forr.), 灰岩报春聚为一类; 滇北球花报春(*P. denticulate* Smith ssp.

*obconica*)、报春花(*P. malacoides* Franch.)、欧报春(*P. vulgaris* Huds.)聚为一类; 香海仙报春、橘红灯台报春(*P. bulleyana* Forr.)、霞红灯台报春(*P. baesiana* Forr. var. *baesiana*)、海仙花聚为一类, 其中第 3 类与形态学分类结果一致。香海仙报春与海仙花的遗传距离达 0.447, 可以证明是两个独立的种, 消除了香海仙报春是海仙花变种的疑问。同时, 又利用 ISSR 标记揭示了 7 种野生报春花种内变异由大到小依次为香海仙报春>橘红灯台报春>报春花>海仙花>霞红灯台报春>灰岩报春>无粉头序报春, 且种内个体间遗传变异水平都较低<sup>[19]</sup>。对欧报春杂种一代 4 个花色整齐一致的组合经过 ISSR 分子标记扩增后, 发现 12 个引物中有 11 个引物对 10 个单株的扩增结果是完全一致的, 而 3 个花色不一致的组合扩增图谱比较复杂, 是多种形态性状差异在分子水平上的表现<sup>[18]</sup>。

2.2.2 其它分子标记 Glover 等<sup>[20]</sup> 研究了奥克尼群岛的 5 个居群和苏格兰的 9 个居群的 *Primula scotica* - Hook., 同工酶分析表明只检测到 15 个酶编码位点中的一个, 再次选用其中 4 个居群的样品用 RAPD 分析表明, 这些报春花不存在遗传差异, 环境仍是影响其生长分布的限制条件。Jacquemy n 等<sup>[21]</sup> 利用 AFLP 分析了形成时间不同的森林斑块中的 *Primula elatior* 居群的遗传多样性, 认为空间环境的变化导致居群遗传结构的异质性, 从而促进居群的分化。Iain 等<sup>[22]</sup> 利用 RAPD、SCAR、RFLP 等分子标记技术以欧报春为材料研究了报春花属植物与丝状花等位基因相关的 S 位点的 DNA 序列, 发现其具有与其它具有 S 位点的植物相似的高度重复性的序列结构, 也包含了一些类似于 Gypsy-like 反转位子片段。

## 2.3 系统发育

在植物系统发育研究过程中, 通常采用的基因位点主要有叶绿体基因组的 16S rRNA, 23S rRNA, psbA, rbcL, rpoC2 及 marK 基因等<sup>[23]</sup>, 同时叶绿体基因组的内含子(Intron)区和基因间隔区(Inter genic spaces, IGS)比编码区存在更多的变异。Noriyuki Fujii 等<sup>[24]</sup> 对日本 22 个居群的 *Primula cuneifolia* Ledeb. 叶绿体基因组上非编码区 trnT-trnL、trnL-trnF、atpB-rbcL 的序列变异分析发现, 该种有 3 个主要进化分支。Honjo 等<sup>[25]</sup> 对樱草(*P. sieboldii* E. Morren)叶绿体 DNA(cpDNA)5 个编码区序列变化分析发现 59.9%cpDNA 发生变化, 樱草种内也有 3 个进化分支, 是受到了地理环境的限制。Mast 等<sup>[26]</sup> 通过对 95 种报春花属植物和易被混入报春花属的其它 24 种植物叶绿体基因组上非编码区 trnL-rpl16 的序列变异的分析, 研究了报春花属与报春花科相关属植物的系统发育关系, 认为它们之间呈 6 个进化分支, 其中 Dionysia 属与报春花属 *Sphondylia* 亚属、*Sred-*

*inskyia* 属与报春花属 *Primula* 亚属、*Dodecatheon* 属与报春花属 *Auriculastrum*、*Cortusa* 属与报春属 *Auganthus* 亚属这 4 个分支内分别具有较近的关系且报春花属 *Aleuritia* 亚属植物被分散在 3 个不同的进化分支上。颜海飞等<sup>[27]</sup> 对鄂报春叶绿体基因组上非编码区 *trnL-trnF* 的序列变异进行了分析, 探讨了长江以南大部分地区鄂报春亲缘地理关系以及几个亚种的分类学关系。

利用核糖体 DNA 内转录间隔区 (*Internal Transcribed Spacers*, ITS) 序列进行植物系统发育研究也有较广泛的应用。报春花属藏报春组 (*sect. Auganthus* Pax ex Balf. f.) 和毛茛叶报春组 (*sect. Ranunculoides* Chen et) 的界定一直是没有得到解决, 郝刚等<sup>[28]</sup> 应用核糖体 DNA ITS 序列数据探讨其系统发育关系。选取包括藏报春组和毛茛叶报春组的全部 5 个种以及其他一些相关组的代表种。ITS 系统树表明, 陕西羽叶报春 (*P. filchnerae* Knuth) 应与藏报春 (*P. sinensis* Sabine ex Lindl.) 和野藏报春 (*P. rupestris* Balf.f. et Farrer) 一起置于藏报春组; 毛茛叶报春组只含两种, 即毛茛叶报春 (*P. cicutariifolia* Pax) 和安徽羽叶报春。因此, ITS 序列可以为报春花属的系统发育重建提供大量可靠资料。

3 总结与展望

从报春花的各方面研究来看, 国内外对野生报春花生理生态的研究报道还并不多, 报春花光合生理生态、水分生理生态、生长发育生理生态、逆境生理生态方面的研究还处于初步阶段, 很多研究还处于空白。同时, 随着分子生物学的应用和发展, 分子标记等技术已应用到报春花的研究中, 主要集中在遗传多样性和系统发育及分类上。在这些研究中, 被研究的报春花种类非常有限, 其它多数野生报春花还未见报道。造成这种落后局面的主要原因, 主要还是因为野生报春花的分布地区的不均衡及生长环境的特殊性, 这也是研究高山花卉共同面临的困难。

报春花有着极高的观赏价值, 在市场上深受消费者欢迎, 但种类较少。人们正积极研究和开发野生报春花。加强对报春花生理生态学的研究, 特别是报春花逆境生理生态的研究, 不仅可以为野生报春花的引种驯化提供成功的保证, 同时也为报春花的品种改良和新品种选育提供重要依据。报春花分子生物学研究的深入与发展, 将极大促进报春花遗传育种的研究以及其它相关研究, 成为未来报春花研究的重点和热点。

参考文献

[1] 刘飞虎, 梁雪妮, 刘小莉. 4 种野生报春花光合作用特性的比较[J]. 园艺学报, 2004, 31(4): 482-486.  
[2] 张艳丽, 张启翔, 潘会堂, 等. 光照条件对小报春生长及光合特性的影响[J]. 中南林学院学报, 2003, 23(5): 22-26.  
[3] 李元, 祖艳群, 高召华, 等. UV-B 辐射对报春花的生理生化效应[J].

西北植物学报, 2006, 26(1): 179-182.  
[4] 瞿先能, 强继业. UV-B 辐射对云南报春花叶绿素含量变化的影响[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(3): 587-591.  
[5] 苏文华, 张光飞. 土壤温度与气温对紫花雪山报春光合作用和蒸腾作用的影响[J]. 西北植物学报, 2002, 22(4): 824-830.  
[6] 周涛. 粉背灯台报春引种栽培试验研究(硕士学位论文)[D]. 北京林业大学, 2003.  
[7] 文艺. 滇西北报春花属植物资源考察及两种野生报春花的栽培研究(硕士论文)[D]. 北京林业大学, 2004.  
[8] 张晓曼, 孙晓光, 张启翔. 小报春种子萌芽生物学特性研究[J]. 河北农业大学学报, 2005, 28(4): 58-61.  
[9] 吴之坤, 张长芹, 程治英. 不同培养基质及条件对三种报春花种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 种子, 2005, 24(4): 1-5.  
[10] 古今, 常有礼. 云南报春花 SOD、POD 酶量月际性变化与 UV-B 辐射关系的研究[J]. 西北植物学报, 2006, 26(4): 766-771.  
[11] 周蕴薇. 翠南报春抗寒生理生态学研究(博士学位论文)[D]. 东北林业大学, 2001.  
[12] 陈明林, 张小平. 安徽羽叶报春 RAPD 分析实验条件优化的研究[J]. 安徽师范大学学报(自然科学版), 2003, 26(3): 264-267.  
[13] Shimono A, Ueno S, Tsumura Y, Washitani I. Characterization of Microsatellite Loci in *Primula modesta* Bisset et Moore (Primulaceae)[J]. Molecular Ecology Notes, 2004, 4(4): 560-562.  
[14] Marjut K, Susanna H, Jouni A. Isolation and Characterization of Polymorphic Microsatellite Markers from *Primula nutans* (Primulaceae)[J]. Molecular Ecology Notes, 2006, 6(2): 334-336.  
[15] Nan P, Shi SH, Peng SL, et al. Genetic Diversity in *Primula obconica* (Primulaceae) from Central and South-west China as Revealed by ISSR Markers[J]. Annals of Botany, 2003, 91(3): 329-333.  
[16] 薛大伟, 葛学军, 郝刚, 等. 特有珍稀濒危植物景东报春遗传多样性的 ISSR 分析[J]. 植物学报, 2004, 46(10): 1163-1169.  
[17] 王凤英, 葛学军. 喜马拉雅—横断山区钟花报春居群遗传多样性及遗传分化[J]. 热带亚热带植物学报, 2005, 13(2): 149-153.  
[18] 刘小莉, 刘飞虎, 李宗菊, 等. 10 种报春花亲缘关系的 ISSR 分析[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2004, 26(5): 454-458.  
[19] 刘小莉. 报春花遗传变异的初步研究(硕士学位论文)[D]. 云南大学, 2004.  
[20] J Glover B, J Abbott R. Low Genetic Diversity in the Scottish Endemic *Primula scotica* Hook[J]. New Phytologist, 1995, 129(1): 147-153.  
[21] Jacquemyn H, Hornay O, Galbusera P, et al. Genetic structure of the forest herb *Primula elatior* in a changing landscape[J]. Molecular Ecology, 2004, 13(1): 211-219.  
[22] Manfield I W, Pavlov V K, Li J H, et al. Molecular Characterization of DNA Sequences from the *Primula vulgaris* S-locus[J]. Journal of Experimental Botany, 2005, 56(414): 1177-1188.  
[23] 汪小全, 洪哲元. 植物分子系统学近五年的研究进展概况[J]. 植物分类学报, 1997, 35(5): 465-480.  
[24] Fujii N, Ueda K. Further Analysis of Intraspecific Sequence Variation of Chloroplast DNA in *Primula cuneifolia* Ledeb. (Primulaceae): Implications for Biogeography of the Japanese Alpine Flora[J]. Journal of Plant Research, 1999, 112(1): 87-95.  
[25] Honjo M, Ueno S, Tsumura Y, Washitani I, Ohsawa R. Phylogeographic Study Based on Intraspecific Sequence Variation of Chloroplast DNA for the Conservation of Genetic Diversity in the Japanese Endangered Species *Primula sieboldii* [J]. Biological Conservation, 2004, 120(2): 215-224.  
[26] Mast A R, Kelso S, Richards A J, et al. Phylogenetic Relationships in

# 观赏植物耐涝性鉴定指标的种类及其评价方法

王 萍<sup>1,2</sup>, 胡永红<sup>2</sup>, 王丽勉<sup>2</sup>, 刘庆华<sup>1</sup>

(1. 青岛农业大学 环境艺术学院, 山东 青岛 266109; 2. 上海植物园科研中心 上海 200231)

**摘 要:** 综述了目前用于观赏植物耐涝性鉴定的形态、生长、生理生化和分子生物学指标及其综合评价的方法, 并对目前研究中存在的问题和需要研究的几个方面进行了讨论。

**关键词:** 观赏植物; 耐涝性; 鉴定指标; 评价方法

**中图分类号:** S68.03.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2007)11-0078-04

植物各项生理活动都离不开水, 但土壤水分过多或大气湿度过高都会破坏植物体的水分平衡, 不仅影响植物的生长发育, 而且还会影响植物的分布和群落结构。我国有大量的滨海低洼地、季节性积水地, 洪涝灾害频繁发生, 生态环境进一步恶化, 限制了这些地区的观赏植物分布。所以筛选和培育耐涝性强的观赏植物材料, 并在涝渍土地上种植是解决涝渍土地利用的根本途径, 也是一些具有高观赏价值的园林植物(如牡丹、月季等)扩大种植范围的有效手段。因此, 很有必要鉴定植物的

耐涝性, 以便为品种的筛选和选育提供科学的理论依据。

## 1 形态与解剖指标

### 1.1 地上部分形态

耐涝性强的植物种类、品种, 在涝渍胁迫下具有茎基增粗, 皮孔肥胖, 皮层中产生大量的融生或裂生通气组织, 基部叶片延迟衰老等特征<sup>[1-4]</sup>。叶片死亡百分数、单位面积茎的气隙百分率、叶片绿色稳定性亦可以作为植物耐水渍指标<sup>[5, 6]</sup>。

### 1.2 形成不定根

耐涝性强的植物往往具有根皮层厚、皮层细胞呈柱状排列、细胞间隙较大的特征<sup>[7]</sup>。耐涝植物在受淹条件下, 也可以在根的皮层中产生大量的融生或裂生通气组织, 形成不定根, 与茎叶的空腔和细胞间隙相通, 以缓解缺氧。

**第一作者简介:** 王萍(1980-), 女, 山东青岛人, 硕士, 研究方向为园林植物与观赏园艺。

**通讯作者:** 胡永红, 上海植物园园长, 教授级高工。

**基金项目:** 上海市绿化管理局科学技术资助项目(F050304)。

**收稿日期:** 2007-07-31

Primula L. and Related Genera (Primulaceae) Based on Noncoding Chloroplast DNA[J]. International Journal of Plant Sciences, 2004, 162: 1381-1400.  
[27] 颜海飞, 王小兰, 胡启明, 郝刚. 鄂报春亲缘地理学研究[J]. 热带亚热带植物学报, 2005, 13(6): 526-532.

带植物学报, 2005, 13(6): 526-532.

[28] 郝刚, 李南淑. 报春花属藏报春组、毛茛叶报春组的界定和系统发育关系: 核糖体 DNAITS 序列证据[J]. 植物学报, 2002, 44(1): 72-75.

## Progress in Ecophysiology and Molecular Biology in Primula

CHEN Qiang<sup>1</sup>, SHU Xian-zhi<sup>2</sup>, PAN Yuan-zhi<sup>1,3</sup>, SUN Zhen-yuan<sup>3</sup>

(1. College of Forestry, Sichuan Agricultural University, Yaan 625014, China; 2. Flowering Plants Center of Chengdu Huangcheng, Chengdu 610063, China; 3. Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China)

**Abstract:** This article reported the progress in ecophysiology and molecular biology in *Primula* through summarizing the studies in recent decade. Improving the knowledge about *Primula*, people had started to study them. The disadvantages in studying were discussed and the future research and application on ecophysiology and molecular biology in *Primula* were prospected.

**Key words:** *Primula*; Ecophysiology; Molecular biology