

## ◆植物科学◆

中国杜鹃花保育研究进展<sup>\*</sup>李婧<sup>1,2,3</sup>,周艳<sup>2,3</sup>,辛培尧<sup>1\*\*</sup>

(1. 西南林业大学园林园艺学院,云南昆明 650224;2. 贵州省植物园,贵州贵阳 550004;3. 国家林业和草原局西南喀斯特山地生物多样性保护重点实验室,贵州贵阳 550004)

**摘要:** 本文从栽培技术、育种方法两方面总结了我国杜鹃花(*Rhododendron*)的保育研究进展,针对目前我国杜鹃花保育工作方法单一、野生资源保护和开发利用力度小、目标选育不够深入等不足,提出重点研究复合育种技术、加强野生杜鹃花保育研究,发挥资源优势,培育特色品种、有针对性地进行目标选育等建议,以期为今后我国杜鹃花的保育和应用发展提供参考。

**关键词:** 杜鹃花;种质资源;育种;栽培

中图分类号: S685.21 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2023)05-0855-06

DOI: 10.13656/j.cnki.gxkx.20231121.003

杜鹃花(*Rhododendron*)为杜鹃花科(Ericaceae)杜鹃属植物的统称,目前全世界记载的杜鹃花有1 200余种(含种下等级)<sup>[1]</sup>,中国有734种,其中464种为特有种<sup>[2]</sup>,是中国木本被子植物中最大的一个属,物种多样性极为丰富<sup>[3]</sup>。杜鹃花在中国分布广泛,除新疆和宁夏外的其他地方均有野生种类分布记载,西南地区是杜鹃花的分布中心,云南、四川、西藏省区内的野生杜鹃花资源最为丰富<sup>[4]</sup>。

杜鹃花是常绿或落叶、半落叶灌木或乔木,花形大小不一,花色绚丽多彩,素有花中“西施”的美称,是中国十大传统名花之一,与龙胆花(*Gentiana*)、报春花(*Primula*)合称为“中国三大天然名花”和“世界三

大高山花卉”,极具观赏价值<sup>[5]</sup>。杜鹃花是世界上较脆弱的生态系统之一的亚热带常绿阔叶林和喜马拉雅至横断山地区生态系统中的重要组成部分,对该地区的斜坡固定和流域保护等方面起着重要作用<sup>[6]</sup>。杜鹃花是我国西南地区高山、亚高山灌丛和针叶林、针阔混交林、常绿阔叶林等自然生态系统中的重要成分,对维持自然生态系统稳定具有极为重要的意义<sup>[7]</sup>;杜鹃花也是种群生物学、植物区系及生物多样性研究的主要类群,具有很高的生态价值,更是重要的园林资源<sup>[8]</sup>、药材和工业原料<sup>[9]</sup>,极具开发应用价值。

我国是最早在园林、医学等领域应用杜鹃花资源

收稿日期:2023-08-07

修回日期:2023-09-15

<sup>\*</sup> 贵州省科学技术基金项目(黔科合基础-ZK[2021]一般088),湖北省汉江流域特色生物资源保护开发与利用工程技术研究中心开放基金项目(2021-02)和贵州科学院青年基金项目(黔科院J字[2021]9号)资助。

【第一作者简介】

李婧(1989-),女,工程师,主要从事植物种质资源保育研究,E-mail:445613519@qq.com。

【\*\*通信作者简介】

辛培尧(1975-),男,教授,主要从事植物遗传育种研究与教学,E-mail:xpytgyx@163.com。

【引用本文】

李婧,周艳,辛培尧. 中国杜鹃花保育研究进展[J]. 广西科学,2023,30(5):855-860.

LI J, ZHOU Y, XIN P Y. Research Progress of *Rhododendron* Conservation and Breeding in China [J]. Guangxi Sciences, 2023, 30(5): 855-860.

的国家,杜鹃花在我国相关文字记载上已有2 000多年的历史。欧美国家是世界上较早对我国高山常绿杜鹃花进行大规模引种保育和分类学研究的国家,我国大量的杜鹃花资源自19世纪中后期起就不断地流入西方园林和相关科学研究部门。迄今为止,欧美国家已登记的杜鹃花新品种数量高达几万个,而我国从20世纪60年代开始引种杜鹃花,80年代后育种工作才开始起步<sup>[10]</sup>。我国有着丰富的杜鹃花资源,在西方园林的建设和发展中起到了巨大作用,但与之形成鲜明对比的是我国对杜鹃花的保育和开发应用水平较低。20世纪80年代后,国内对杜鹃花的研究主要涉及其分布规律<sup>[11]</sup>、生理生化<sup>[12,13]</sup>、花粉形态<sup>[14,15]</sup>等方面。近年来,杜鹃花的资源及利用<sup>[16,17]</sup>、遗传学<sup>[18,19]</sup>、杂交育种<sup>[20,21]</sup>等方面也逐渐受到重视。因此,笔者全面梳理相关研究资料,从栽培技术、育种方法等方面综述中国杜鹃花的保育研究进展,针对目前我国杜鹃花保育研究存在的不足提出建议,以期今后我国杜鹃花资源的保护和种质创新研究提供参考。

## 1 杜鹃花栽培技术

随着科学技术的发展,人们逐渐认识到杜鹃花栽培技术的重要性,笔者通过对前人的研究成果进行总结,得出以下杜鹃花栽培要点。

### 1.1 土壤

杜鹃花是典型的酸性土植物<sup>[22]</sup>,大部分种类适合在pH值4.5-5.5的偏酸性、透气疏松、富有营养的土壤中生长。常用的栽培基质有腐殖土、泥炭土及添加珍珠岩的混合基质。

### 1.2 温度

杜鹃花一般适合在15-25℃的环境中生长,夏季最高气温控制在35℃以下,超过35℃杜鹃花将处于半休眠状态,新梢和新叶生长缓慢。此外还应注意适当遮光和通风,避免光照直射,否则会影响叶片的正常代谢机能,造成叶片被灼伤,引起植物生理失衡。冬季气温应控制在-5℃以上,当气温低于0℃时,部分杜鹃花可能会遭受冻害,引发生长不良<sup>[23]</sup>。

### 1.3 水分

杜鹃花喜欢温润的环境,对土壤水分要求较高,不能干也不能涝,土壤水分应控制在潮而不湿最好<sup>[24]</sup>。春秋生长季一般3d浇一次水,湿度保持在60%以上,在炎热的夏季要勤浇水,可每天浇一次水,但湿度要保持在70%以下,在寒冷的冬季要适当减少浇水次数,土壤不干就不需要浇水。浇灌的水质以

偏酸性为宜,不能用碱性水浇灌,最好使用雨水或河水浇灌,如果使用自来水,需添加适当的硫酸亚铁调节水质偏酸性。

### 1.4 施肥

杜鹃花的施肥需针对其生长特性进行。一般在我国南方地区,杜鹃花的生长期为2-3月,花期4-5月,果期6-8月,花芽分化期9-10月,11月至翌年1月为休眠期;而在我国北方地区,除休眠期比南方早一些外,其他时期均比南方晚30d左右。杜鹃花喜肥,但要勤施薄肥,忌浓肥,避免伤根、伤叶,通常选择有机肥作为基肥,可酌情添加一定的复合肥,生长期可每隔7d施一次肥,施3-4次即可,从而促进幼苗快速生长。花期前可适当施一些磷钾肥,使花色艳丽、花期延长,开花后施一些氮磷钾复合肥,使植株恢复活力、萌发新梢。花芽分化期需每隔14d施一次磷肥,促进花芽分化。休眠期、病株不施肥<sup>[25]</sup>。

### 1.5 修剪

杜鹃花的修剪主要采用疏枝、摘心、剥蕾、抹芽等方法<sup>[26]</sup>。一般在杜鹃花生长期对枝杆上新生的不必要的枝条进行剪除,有必要保留的枝条不剪短,并及时剪除枯枝、病枝、残花等。杜鹃花一般在生长期进行摘心,待杜鹃花生长到适合高度时,将顶芽摘除以去除顶端优势,达到控制高度、树形,促进侧枝萌发的目的。秋冬过后至花期前,当杜鹃花花蕾长到绿豆粒大小时,可对其进行剥蕾,剥除叶腋间着生的侧蕾,使营养集中供给顶蕾开花,顶花营养充足、绚丽多姿。为了让花芽分布更合理,一般在杜鹃花生长期对茎干上萌发的不定芽进行抹芽,使根系所吸收的大部分营养供给优质花芽,避免养分分散影响树形。

### 1.6 病虫害防治

杜鹃花的病害主要有黑斑病、根腐病、叶斑病等,一般是由于不通风、缺乏光照等引起的真菌感染<sup>[27]</sup>,可通过增加空气流通和光照、喷洒百菌清和波尔多液等方法来处理。虫害主要有杜鹃蓟马(*Thrips anderwsi*)、梨冠网蝽(*Stephanitis nashi*)和卵形短须螨(*Brevipalpus obovatus*)等,可使用适合的杀虫剂进行防治。

### 1.7 花期调控

杜鹃花主要采用温度调控、催花剂、修剪等方法来调控花期<sup>[28]</sup>。杜鹃花通常在春天开花,若想要提前开花,可以在春节前将植株的生长环境温度调节至20℃,增加光照;若想要花期适当延迟,可以在初春时将植株的生长环境温度调节至5℃左右,到预定花

期前的 20 d 调节至 20 ℃。使用催花剂调控花期,要在花芽分化期喷施硼酸、磷酸二氢钾等催花剂,增加光照可促进开花,停止追肥、进行遮光可推迟开花。使用修剪法调控花期,要在开花后立刻剪下花枝,10 月下旬即可开花,在植株生长旺盛期修剪能延迟花期 30–50 d。

## 2 杜鹃花育种技术

### 2.1 育种现状

杜鹃花在早期主要是通过扦插、嫁接的方法进行繁殖,人们在不断的实践中对这两种方法进行总结和完善,技术已逐渐成熟。但某些品种使用扦插繁殖难以生根,而且扦插和嫁接都受到季节和母株材料的限制,导致商业化大量生产推广困难,进而使播种育苗和组织培养技术在杜鹃花的育种研究中越来越受到重视<sup>[29]</sup>。随着科学研究的不断深入,多倍体育种、基因工程育种等新的杜鹃花育种方法也应运而生<sup>[21]</sup>。近年来,我国在杜鹃花的新品种培育方面也取得了一定成绩,笔者对近十年来国家林业和草原局官方网站上公告的杜鹃花新品种授权信息进行了整理分析,结果如图 1 所示,我国近十年来共授权杜鹃花新品种 163 个,授权数量整体呈上升趋势,其中,2021 年授权数量最多,高达 49 个。综合来看,我国杜鹃花的育种产业正处于发展期,初步形成了以长三角地区企业围绕产业需求进行育种为主,云南等地科研院所围绕科学研究进行育种为辅的育种格局<sup>[30]</sup>。

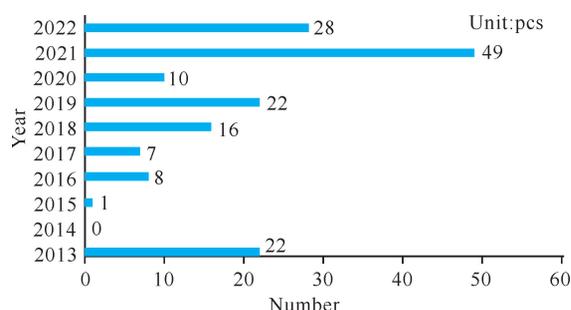


图 1 不同年份杜鹃花新品种授权数量

Fig. 1 Authorized number of new *Rhododendron* varieties in different years

### 2.2 杂交育种

杂交育种是目前杜鹃花育种中使用较为广泛且有效的方法之一,它能将不同亲本的优良性状融合形成新的品种。根据育种目标选择合适的杂交亲本是杂交育种成功的关键,如新品种需要增强香气和抗性,则至少亲本一方中应具有香气,另一方应具有强抗性。多项研究表明,杜鹃花的杂交亲和性和其系统

关系具有相关性,一般同一亚组内的杂交亲和性大于组内亚组间,亚属间的杂交亲和性最小,存在明显的生殖障碍,杂交成功率低,但也有杂交可育的<sup>[31,32]</sup>。郑硕理等<sup>[33]</sup>为探究杜鹃花亚属内和亚属间的杂交育种规律,对 3 个亚属 6 种杜鹃花进行 22 个杂交组合,结果显示,常绿杜鹃亚属(Subgen. *Hymenanthes*)内的杂交坐果率最高为 75.0%,最低为 0,平均坐果率为 50.1%;而不同亚属间的杂交坐果率最高为 21.7%,最低为 0,平均坐果率仅为 16.0%。庄平<sup>[34]</sup>为探索杜鹃花亚属间杂交的可育性规律,对 5 个亚属 32 种杜鹃花进行 118 个杂交组合,结果发现,常绿杜鹃亚属和杜鹃亚属(Subgen. *Rhododendron*)间的杂交亲和性较高,但常绿杜鹃亚属和映山红亚属(Subgen. *Tsutsusi*)间杂交不育,马银花亚属(Subgen. *Azaleastrum*)和杜鹃亚属、映山红亚属、羊躑躅亚属(Subgen. *Pentanthera*),以及杜鹃亚属和羊躑躅亚属间杂交均不育,其他亚属间的杂交又具有一定亲和性,总体上亚属间杂交的可育比仅有 20.0%。杜鹃花的种类繁多,可用于杂交育种的亲本多种多样,亲本间的可配性需要在已有研究基础上不断地试验和完善。

### 2.3 多倍体育种

目前,国内市场上二倍体的栽培杜鹃花较多,多倍体的较少。Sax<sup>[35]</sup>首先提出杜鹃花的染色体基数  $n = 13$ ,并发现了四倍体的杜鹃花 *R. canadense* 和 *R. calendulaceum*。Ammal<sup>[36]</sup>开展了更深入的研究发现,多倍体的杜鹃花出现在一些杜鹃亚属和羊躑躅亚属物种中,最高倍性为十二倍体。多倍体会影响植物的生长、杂交可育性、基因表达等<sup>[37]</sup>。相关研究发现,可以利用多倍体作为亲本来提高育种效率<sup>[38,39]</sup>,将多倍体育种应用到杜鹃花的远缘杂交中,既能克服远缘杂交不亲和性,又能获得性状改良的新品种,是一个提高育种效率、解决远缘杂交不育问题的可行方法<sup>[40]</sup>。多倍体育种常用的方法是利用氨磺灵、秋水仙素等化学试剂对杜鹃花幼苗、种子进行诱变或者低温诱变。Jones 等<sup>[41]</sup>使用创制的氨磺灵悬液成功诱导出四倍体杜鹃花。彭绿春等<sup>[42]</sup>以腋花杜鹃(*R. racemosum*)无菌苗为材料,利用秋水仙素诱导多倍体,最终鉴定得到四倍体腋花杜鹃 141 株。

### 2.4 基因工程育种

近年来,分子标记技术、转基因技术等基因工程技术已逐渐成为杜鹃花育种研究中的热点。Pavingerová 等<sup>[43]</sup>最先使用农杆菌介导法,将携带

T-DNA 基因和 *npt II* 基因的农杆菌转入 5 个杜鹃花品种中, 并通过荧光染色法、PCR 检测及 Southern 杂交等方法, 证明了 *GUS* 基因被成功转入到这 5 个杜鹃花品种中。Knapp 等<sup>[44]</sup> 使用基因枪法将含 *npt II* 基因的报告基因 *uidA* 和 *GFP* 成功转入椭圆叶杜鹃 (*R. catawbiense*) 中, 获得再生转基因植株。高文强<sup>[45]</sup> 使用农杆菌介导法将  $\text{Na}^+/\text{H}^+$  逆向转运蛋白基因 *AtNHX1* 成功转入映山红 (*R. simsii*) 中, 提高了其耐盐性。彭绿春等<sup>[46]</sup> 基于 *GUS* 基因瞬时表达优化了云南杜鹃 (*R. yunnanense*) 的遗传转化方法。

## 2.5 细胞工程育种

细胞工程育种是指用细胞融合的方法来获得杂种细胞, 利用细胞的全能性, 用组织培养的方法培育杂种植株。其优点是能克服远缘杂交的不亲和性, 有针对性地培育优良品种, 缺点是技术比较复杂, 难度较大。目前, 细胞工程育种的主要方式有 3 种: 一是通过细胞培养和组织培养相结合的方式, 这种方式能产生大量的变异植株, 从这些变异植株中选择优良的变异植株培育出新品种, 这种方式培育的新品种比人工诱变产生的新品种效果要好、损伤也较小, 更适合直接应用于杜鹃花的育种。二是花药培养技术, 这种方式是将单倍体花粉培育成单倍体植株, 单倍体植株经加倍后得到纯合二倍体植株作为育种亲本。这种方式能控制杂种分离, 简化了育种程序, 提高了选择效率以缩短育种年限。三是原生质体融合技术, 这种方式不但能克服有性杂交的不亲和性, 还能使父本和母本的叶绿体、线粒体等细胞质基因组合在一起, 使杂种具有双亲的遗传特性, 克服了母性遗传中难以得到父本细胞质基因的困难<sup>[47]</sup>。这种方式给杜鹃花的育种技术带来了新的突破, 对杜鹃花的新品种选育具有十分重要的意义<sup>[48]</sup>。孙振元等<sup>[49]</sup> 应用细胞工程方法对毛白杜鹃 (*R. mucronatum*) 进行耐碱突变体的离体筛选与鉴定, 结果证明利用细胞工程方法培育耐碱新品种是完全可行的。

## 2.6 抗性育种

随着育种技术的不断发展, 杜鹃花的育种方向也着力于解决栽培中遇到的难点问题。杜鹃花是典型的喜酸怕碱植物, 这个特性限制了杜鹃花在碱性土或中性土中的生长, 所以培育耐碱品种是现代杜鹃花育种的目标之一。陆娟娟<sup>[50]</sup> 对 20 个杜鹃花品种进行了耐碱能力比较研究, 成功筛选出 7 个较耐碱的杜鹃花品种。抗旱性也是杜鹃花抗性育种研究的目标之一, 为了筛选出抗旱性强的杜鹃花品种, 郑颖等<sup>[51]</sup> 和

齐鸣等<sup>[52]</sup> 分别对 6 个和 5 个杜鹃花品种进行抗旱性评价, 结果发现“紫气东升” (*R. ‘Zi Qi Dong Sheng’*) 和刺毛杜鹃 (*R. championiae*) 的抗旱性最强。杜鹃花多分布于高海拔地区, 喜冷凉湿润气候, 高温气候限制了杜鹃花在低海拔地区园林景观中的应用, 所以选育耐热品种是解决杜鹃花从高海拔地区走向低海拔地区的关键。为筛选出耐热性强的杜鹃花品种, 蔡继鸿等<sup>[53]</sup> 对 18 个杜鹃花品种进行了耐热性评价, 结果发现“绿色光辉” (*R. ‘Lv Se Guang Hui’*) 的耐热性最好。耿兴敏等<sup>[54]</sup> 以 3 个杜鹃花品种为试验材料, 通过  $\text{H}_2\text{O}_2$  预处理来调控幼苗抗氧化防御系统, 减轻高温胁迫下的过氧化损伤, 提高了杜鹃花的耐热性。选育抗寒品种是解决杜鹃花南种北引的关键。为筛选出抗寒性强的杜鹃花品种, 刘旭梅等<sup>[55]</sup> 对 20 个杜鹃花品种进行抗寒性评价, 结果发现“红玥” (*R. ‘Hong Yue’*) 的抗寒性最强。Uosukainen 等<sup>[56]</sup> 筛选出耐  $-30\text{ }^\circ\text{C}$  以下低温的杜鹃花品种, 扩大了杜鹃花的栽培应用范围。

## 3 展望

中国从 20 世纪 60 年代才开始杜鹃花的保育研究工作, 相对于欧美国家起步较晚, 研究基础薄弱, 经过几十年的发展, 我国杜鹃花的保育工作取得了一定进展, 保育技术不断创新, 新品种授权数量也逐步增加, 但目前仍存在以下不足: (1) 杜鹃花育种方法还是以常规的育种技术为主, 先进的育种技术还没有被广泛应用, 育种研究进程也比较缓慢。(2) 对野生杜鹃花种质资源的保护和开发利用力度不够大。(3) 对杜鹃花针对性的目标选育研究不够深入。

针对这些不足笔者建议: (1) 常规育种与先进的基因工程育种、航天诱变育种等相结合的复合育种技术研究及应用应作为今后杜鹃花保育研究的重点, 不断创新育种技术以加快育种研究进程。(2) 加强对野生杜鹃花的保育研究, 特别是对濒危物种开展急救性保育, 避免种群灭绝及遗传多样性丧失, 同时, 充分发挥我国野生杜鹃花资源优势, 重点挖掘观赏性高、抗逆性强的特有种质资源进行栽培和育种, 加大开发利用力度。(3) 在今后的育种研究中应针对性地选育具有独特花香、花色、花形或强抗逆性的杜鹃花新品种, 以丰富杜鹃花种类, 满足不同目标需求, 进而推动杜鹃花在园林景观中的应用。

中国丰富的杜鹃花资源是大自然赠予的瑰宝, 我们应充分发挥资源优势, 建设资源共享平台, 促进资

源整合、共享、保护和利用。同时,应加强种质资源创新工作,不断探索新的栽培方法和繁育技术,解决当下存在的问题,填补研究空白,推动杜鹃花的保育和应用发展。

#### 参考文献

- [1] 刘德团,常宇航,马永鹏. 本底资源不清严重制约我国杜鹃花属植物的生物多样性保护[J]. 植物科学学报, 2020,38(4):8.
- [2] 程洁婕. 中国野生杜鹃花属植物地理分布格局和贵州省野生杜鹃花属植物观赏价值评价[D]. 贵阳:贵州大学, 2021.
- [3] 耿玉英. 中国杜鹃花属植物[M]. 上海:上海科学出版社,2014.
- [4] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志:第五十七卷 第二分册[M]. 北京:科学出版社,1994.
- [5] 李婧,汤升虎,童琪,等. 杜鹃属植物及在园林景观中的应用[J]. 现代园艺,2020,43(15):66-68.
- [6] 张长芹,高连明,薛润光,等. 中国杜鹃花的保育现状和展望[J]. 广西科学,2004,11(4):354-359,362.
- [7] 童琪,王陈,李婧,等. 不同温度条件下 PEG 模拟干旱胁迫对百合花杜鹃种子萌发的影响[J]. 农业与技术, 2022,42(16):109-112.
- [8] 李婧,童琪,汤升虎,等. 贵州省植物园杜鹃属植物引种初报[J]. 农业与技术,2021,41(11):5-7.
- [9] 朱大海,王飞,张超,等. 横断山的杜鹃花[J]. 生命世界, 2017(10):24-31.
- [10] 汪源,鞠波. 中国野生杜鹃资源开发利用探讨[J]. 生物学杂志,2006,23(1):43-44.
- [11] 王福明,周进. 试析螺髻山生态因子对杜鹃花形成的规律考[J]. 西南民族大学学报(自然科学版),2003(6): 713-717.
- [12] 阮海星,王子坚,吴克枫,等. 黔西北马缨杜鹃花红色素的毒性试验[J]. 植物资源与环境,1997(1):25-28.
- [13] 钟国华,胡美英. 杜鹃花科植物活性成分及作用机制研究进展[J]. 武汉植物学研究,2000(6):509-514.
- [14] 高连明,张长芹,李德铎,等. 杜鹃花属花粉形态及其系统学意义[J]. 云南植物研究,2002(4):471-482.
- [15] 杨瑞林,魏学智,毕润成. 杜鹃花属照山白叶表皮及花粉形态的研究[J]. 西北植物学报,2003(5):806-810.
- [16] 胡江涛,刘小平,周勇辉,等. 赣南地区杜鹃属植物资源调查及保护利用建议[J]. 现代农业科技,2022(15): 135-138,141.
- [17] 王荣贵,戴晓勇,黄梅,等. 毕节市杜鹃花属植物资源及其利用研究[J]. 贵州林业科技,2023,51(2):83-89.
- [18] 韩振诚,翟菊,王天群,等. 贵州百里杜鹃自然保护区杜鹃种质资源遗传多样性分析[J]. 分子植物育种,2022, 20(11):3793-3801.
- [19] 李东宾,徐婧,何立平,等. 四明山野生杜鹃花资源遗传多样性和亲缘关系分析[J]. 林业科技,2023,48(1):15-19,47.
- [20] 庄平. 杜鹃花属植物的可育性研究进展[J]. 生物多样性,2019,27(3):327-338.
- [21] 耿兴敏,宦智群,苏家乐,等. 杜鹃花属植物种质创新研究进展[J]. 分子植物育种,2021,19(2):604-613.
- [22] 许桂芳,张朝阳,陈立辉. 盆栽杜鹃花培养土配方研究[J]. 北方园艺,2002(5):42-43.
- [23] 张宗应. 高山杜鹃引种栽培技术研究[J]. 普洱学院学报,2020,36(3):8-10.
- [24] 刘柏炎. 杜鹃花的设施栽培及养护管理技术[J]. 南方园艺,2010,21(2):52-53.
- [25] 程结旺. 杜鹃花的栽培管理技术[J]. 现代农业科技, 2006(7):27-28,30.
- [26] 孙晓琳. 杜鹃栽培管理技术[J]. 乡村科技,2022, 13(24):88-90.
- [27] 丁明. 高山杜鹃栽培与病虫害防治技术[J]. 种子科技, 2022,40(11):61-63,72.
- [28] 熊刚. 杜鹃花的栽培与养护技术[J]. 现代园艺, 2016(5):49.
- [29] 张艳红. 我国杜鹃花的繁育研究进展[J]. 安徽农业科学,2007,35(23):7170-7171,7209.
- [30] 解玮佳,李世峰. 我国杜鹃花育种研究进展[J]. 中国花卉园艺,2021(5):50-51.
- [31] LI X S, BA C Y, CAO H N, et al. Interspecific cross compatibility of *Rhododendron* in Changbai Mountain [J]. Agricultural Science & Technology, 2015, 16(8): 1617-1620.
- [32] 耿兴敏,赵红娟,吴影倩,等. 野生杜鹃杂交亲和性及适宜的评价指标[J]. 广西植物,2017,37(8):979-988.
- [33] 郑硕理,易陈燃,刘巧,等. 云南几种杜鹃杂交育种初探[J]. 云南农业大学学报(自然科学版),2016,31(6): 1052-1057.
- [34] 庄平. 32种杜鹃花属植物亚属间杂交的可育性研究[J]. 广西植物,2018,38(12):1566-1580.
- [35] SAX K. Chromosome stability in the genus *Rhododendron* [J]. American Journal of Botany, 1930, 17(4): 247-251.
- [36] AMMAL E K. Polyploidy in the genus *Rhododendron* [J]. Rhododendron Year Book, 1950, 5:92-96.
- [37] RANNEY T G. Polyploidy: from evolution to new plant development [J]. Combined Proceedings International Plant Propagators' Society, 2006, 56:604-607.
- [38] PRYOR R L, FRAZIER L C. Colchicine; induced tetraploid azaleas [J]. Hort Science, 1968, 3(4):283-286.
- [39] VÄINÖLÄ A. Polyploidization and early screening of *Rhododendron* hybrids [J]. Euphytica, 2000, 112:239-244.
- [40] 李佳静,陈亮明. 杜鹃花的育种研究进展[J]. 绿色科技,2022,24(7):110-112,115.

- [41] JONES J R, RANNEY T G, EAKER T A. A novel method for inducing polyploidy in *Rhododendron* seedlings [J]. Journal American Rhododendron Society, 2008, 62(3): 130-135.
- [42] 彭绿春, 陶俊锋, 段修安, 等. 腋花杜鹃多倍体诱导和鉴定[J]. 核农学报, 2018, 32(2): 257-265.
- [43] PAVINGEROVÁ D, BRÍZA J, KODÝTEK K, et al. Transformation of *Rhododendron* spp. using *Agrobacterium tumefaciens* with a GUS-intron chimeric gene [J]. Plant Science, 1997, 122(2): 165-171.
- [44] KNAPP J E, KAUSCH A P, AUER C, et al. Transformation of *Rhododendron* through microprojectile bombardment [J]. Plant Cell Reports, 2001, 20(8): 749-754.
- [45] 高文强. 农杆菌介导的杜鹃花遗传转化体系的建立[D]. 泰安: 山东农业大学, 2012.
- [46] 彭绿春, 周微, 汪玲敏, 等. 基于 GUS 基因瞬时表达优化云南杜鹃 (*Rhododendron yunnanense* Franch.) 遗传转化方法[J]. 云南农业大学学报(自然科学版), 2016, 31(6): 1045-1051.
- [47] 唐正义. 细胞工程在植物育种上的应用[J]. 川北教育学院院刊, 1988(2): 50-53.
- [48] 宋希强, 刘华敏, 李绍鹏, 等. 观赏植物新品种选育的方法与途径[J]. 世界林业研究, 2004(6): 6-10.
- [49] 孙振元, 徐文忠, 刘淑兰, 等. 毛白杜鹃耐碱突变体的离体筛选与鉴定[J]. 中南林学院学报, 2003, 23(5): 53-55.
- [50] 陆娟娟. 不同杜鹃品种耐碱能力比较研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2018.
- [51] 郑颖, 陈清西. 6个杜鹃品种的抗旱性评价[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(20): 163-167.
- [52] 齐鸣, 王俊, 张明, 等. 5种杜鹃对于干旱胁迫的生理响应及抗旱性评价[J]. 江西农业学报, 2022, 34(10): 52-58.
- [53] 蔡继鸿, 陈远华, 赖金莉, 等. 18个杜鹃品种耐热性评价[J]. 现代园艺, 2022(17): 6-9, 26.
- [54] 耿兴敏, 刘攀, 李泽丰, 等. 过氧化氢预处理提高杜鹃的耐热性研究[J]. 安徽农业大学学报, 2019, 46(1): 167-172.
- [55] 刘旭梅, 赵冰, 申惠翡, 等. 低温胁迫下二十个杜鹃花品种的抗寒性评价[J]. 北方园艺, 2017(5): 60-66.
- [56] UOSUKAINEN M, TIGERSTEDT P M A. Breeding of frosthardy *Rhododendrons* [J]. Agricultural and Food Science, 1988, 60(4): 235-254.

## Research Progress of *Rhododendron* Conservation and Breeding in China

LI Jing<sup>1,2,3</sup>, ZHOU Yan<sup>2,3</sup>, XIN Peiyao<sup>1\* \* \*</sup>

(1. College of Landscape Architecture and Horticulture Sciences, Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan, 650224, China; 2. Guizhou Botanical Garden, Guiyang, Guizhou, 550004, China; 3. Key Laboratory for Biodiversity Conservation in Karst Mountain Area of Southwestern China, National Forestry and Grassland Administration, Guiyang, Guizhou, 550004, China)

**Abstract:** In this review, latest progress and research status of *Rhododendron* conservation in China was summarized in terms of cultivation techniques and breeding methods. In view of the shortcomings of the current research, such as limited methods and scale in conservation and exploitation of wild resources, and insufficient depth of target selection and breeding, we put forward the suggestions of focusing on the research of composite breeding technology, strengthening the research of wild *Rhododendron* conservation, giving full play to the advantages of resources, cultivating characteristic varieties, and target selection and breeding, with a view to providing references for the future development of conservation and application of *Rhododendron* in China.

**Key words:** *Rhododendron*; germplasm resources; breeding; conservation

责任编辑: 陆雁