

刘晓青,苏家乐,李畅,等. 杜鹃花种质资源的收集保存、鉴定评价及创新利用综述[J]. 江苏农业科学,2018,46(20):13-16.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.20.003

杜鹃花种质资源的收集保存、鉴定评价及创新利用综述

刘晓青,苏家乐,李畅,何丽斯,肖政

(江苏省农业科学院休闲农业研究所,江苏南京 210014)

摘要:综述了国内外杜鹃花种质资源的收集保存、鉴定评价及种质创新工作,其中江苏省农业科学院园艺研究所自2005年起,共收集国内外杜鹃花种质资源400余份,建立种质资源基地并对其进行了鉴定评价,筛选出个适于江苏地区种植的品种10个,其中有9个通过省内鉴定,且2个已经获得国家品种权。

关键词:种质资源;杜鹃花;收集保存;鉴定评价;创新利用;基因库

中图分类号: S685.210.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)20-0013-04

杜鹃花是杜鹃花科(Ericaceae)杜鹃花属(*Rhododendron*)的著名观赏植物,它不仅是我国十大名花之一,也是世界三大著名高山花卉之一^[1]。杜鹃花品种繁多、花色艳丽、花期长久、寓意吉祥,不仅可以作为盆栽供应年宵花市场,也可以露地栽培成为园林绿化美化的重要材料,发展前景十分广阔。

1 种质资源的收集与保存

1.1 种质资源概述

杜鹃花属是一个大属,有1000种左右,分布于亚洲、北美洲和欧洲,起源于距今6700万年至13700万年的白垩纪^[1-2],其中亚洲分布最多,约有850种,中国有560余种,仅云南、西藏和四川就有403种,是世界杜鹃花的发祥地和现代分布中心。经近代植物学家调查,中国杜鹃花的分布现已基本清楚,以长江为界,长江以南种类较多,长江以北较少。全国除新疆、宁夏等干旱荒漠地带外,其他各省份皆有分布^[2]。

收稿日期:2017-03-20

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(14)2026]。

作者简介:刘晓青(1970—),女,山东平度人,研究员,主要从事杜鹃花栽培及育种工作。E-mail:1376660436@qq.com。

我国是世界上最早记载和利用杜鹃花资源的国家,早在公元492年就有关于羊躑躅命名的记载,比瑞典早1250多年。而日本引种中国杜鹃花当推至唐朝,并将其与本土杜鹃杂交,培育出大量品种。至于欧美,则从1843年开始于云南采集各种野生杜鹃花及种子^[2]。

我国园艺学家通常将杜鹃花栽培品种,据形态、性状、亲本和来源划分为东鹃、夏鹃、毛鹃、西鹃和所谓的“高山杜鹃”^[3]。东鹃主要是石岩杜鹃(*R. obtusum*)的变种及其众多杂交后代的总称,因源自日本,与西洋杜鹃对应特称东洋鹃,简称东鹃,主要特征是体型矮小,分枝多密,着花繁茂,花朵较小,一般花径2~4cm,最大至6cm,单瓣或由花萼瓣化而成套筒瓣,少有重瓣^[4]。夏鹃指初夏开花的一类,以日本的皋月杜鹃(*R. indicum*)作为亲本选育而成。西鹃又称比利时杜鹃,系指荷兰、比利时等国利用皋月杜鹃、映山红和白毛杜鹃等经反复杂交育成的一类花色艳丽、花期较长的品种。而“高山杜鹃”则主要指利用常绿杜鹃亚属的种质资源类型育成的一些叶革质、常绿、花叶硕大的品种类型。

1.2 种质资源收集与圃地保存

对于野生资源,早在19世纪,国外就有许多规模较大的植物园用以保存杜鹃花活体植株,保育数量较多的依次有英

landscape types in environmental psychology[J]. Urban Forestry and Urban Greening, 2007,6(4):199-212.

[50] Grahn P, Stigsdotter U A. Landscape planning and stress[J]. Urban Forestry and Urban Greening, 2003,2(1):1-18.

[51] Shimizu T, Nagashima S, Mizoue T, et al. A mental health care program and sickness absence in a Japanese manufacturing plant[J]. Journal of Occupational Health,2003,45(4):234-237.

[52] 郭文斌. 马斯洛人际关系心理学思想初探[J]. 渭南师范学院学报,2006,21(1):82-85.

[53] 闻吾森,王义强. 社会支持、心理控制感和心理健康的关系研究[J]. 中国心理卫生杂志,2000,14(4):258-260.

[54] 宁艳,胡汉林. 城市居民行为模式与城市绿地结构[J]. 中国园林,2006,22(10):51-53.

[55] Maas J, Dillen S M E V, Verheij R A, et al. Social contacts as a possible mechanism behind the relation between green space and health[J]. Health & Place,2009,15(2):586-595.

[56] Kaplan R. The nature of the view from home:psychological benefits[J]. Environment and Behavior. 2001,33(4):507-542.

[57] 樊星,杨志平,樊代明. 整合医学再探[J]. 医学与哲学,2013,34(5):10-15,31.

[58] Adevi A A, Mårtensson F. Stress rehabilitation through garden therapy:the garden as a place for recovery from stress[J]. Urban Forestry & Urban Greening,2013,12(2):230-237.

[59] 王洪俊. 城市绿地空气负离子分布规律的研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2004.

[60] Shargawi J M, Theaker E D, Drucker D B, et al. Sensitivity of candida albicans to negative air ion streams[J]. Journal of Applied Microbiology,1999,87(6):889-897.

[61] 高娜. 室内植物色彩对人类心理影响的研究[D]. 长沙:湖南师范大学,2013.

[62] 万禹,潘远智. 芳香植物的应用特点及应用方式探析[J]. 安徽农业科学,2011,39(19):11624-11626.

国的爱丁堡植物园、美国的杜鹃花植物种植园、英国的布鲁迪克城堡园、英国的英威园和美国的阿诺德树木园^[2]。此外,保育杜鹃花种类百种以上的植物园在澳大利亚和日本也并不少见。国内则从20世纪60年代开始了对杜鹃花野生资源的引种驯化研究,目前昆明植物园已成功引种驯化并保存141种云南野生常绿杜鹃花。此外,庐山植物园、井冈山园林所、贵州植物园、杭州植物园、沈阳园林科研所、中国科学院植物所、华西植物园等也进行了杜鹃花的迁地保护研究^[1]。20世纪80年代初,由中国科学院庐山植物园与昆明植物园共同开展了我国杜鹃花属植物资源的搜集与保育工作,搜集了国产杜鹃花资源300种以上,成功保育率分别约为70%和50%^[2,5]。之后,中国科学院植物所华西亚高山植物园经过20余年的坚持,搜集保育的种类达360种。此外,保育种类在50~70种的机构还有井冈山园林所、重庆南山植物园、贵州植物园、中国科学院华南植物园和湖南森林植物园等^[2]。

对于品种资源,自20世纪20年代起,我国沿海城市如上海、宁波、青岛、丹东等地的部分民间杜鹃花爱好者通过各种渠道从国外引进杜鹃花园艺品种(现今这些地方大部分成为国内杜鹃花的主要产区和栽培应用区),其中比较著名的有无锡的沈渊如先生、上海的黄岳渊先生等,累计共引种杜鹃花品种1000余种,包括毛鹃30余种、夏鹃700余种、东鹃500余种及西洋鹃近100种,但抗日战争期间,大多品种遭到破坏而流失^[4]。目前,国内品种保有量比较大的单位有无锡锡惠公园杜鹃园、江苏省农业科学院园艺研究所、浙江省金华市永根杜鹃花培育有限公司等。其中,江苏省农业科学院园艺研究所从2005年开始杜鹃花种质资源的收集保存、鉴定评价及种质创新研究,到目前为止,共引进杜鹃花资源400余份,其中野生资源59份,品种资源356份(囊括各大品种群)。2016年10月,江苏省农业科学院园艺研究所被中国花卉协会认定为首批国家杜鹃花种质资源库,同时被认定的还有浙江省金华市永根杜鹃花培育有限公司。

1.3 品种繁育

引入的资源中有部分是采用枝条形式,有部分采用的是种子形式,因此需进行扦插、嫁接或播种繁殖。此外,对有推广利用价值的品种也需进行规模化快繁。目前扦插是繁殖杜鹃花最常用的一种方法,国内现有的园艺栽培品种,大多以扦插繁殖为主,品种的扦插繁殖比野生资源容易,目前大部分Azalea品种类群皆可以通过激素处理或者直接扦插而取得较好的生根效果^[6-10]。有关杜鹃野生资源扦插繁殖的研究仅局限在几个种,如淀川杜鹃、毛棉杜鹃、鹿角杜鹃、糙叶杜鹃、兴安杜鹃、长蕊杜鹃、大白杜鹃和美容杜鹃等,对其扦插繁殖技术的探讨主要集中在不同的激素种类浓度及扦插基质对生根的影响,采用的激素种类主要以吲哚乙酸(IAA)、吲哚丁酸(IBA)和 α -萘乙酸(NAA)等为主^[11-17]。而对于高山常绿阔叶杜鹃品种(种)的组培快繁,国内外的相关研究颇多,技术已经非常成熟,外植体可以是茎段、嫩叶、花苞,生根方式可以在试管内也可以在试管外,这为国内高山杜鹃的产业化发展提供了坚实的技术基础^[18-28]。

1.4 种质离体保存

由于田间保存方式所需较大空间及人力物力支出,且存在物种因自然灾害等原因而遗失等缺陷,杜鹃种质的离体保

存工作有着重要意义。除了种质的圃地保存外,可通过离体培养方式保存种质,国内外也有杜鹃花种质离体保存的相关研究报道。顾地周等^[29-32]、梁宇等^[33]用小叶杜鹃、苞叶杜鹃、牛皮杜鹃、照白杜鹃、短果杜鹃的嫩芽为外植体,DR培养基为诱导培养基,MS培养基为生根及保存的基本培养基,通过低营养、常温矮化延缓生长等措施,辅以IAA、NAA等生长素及根皮苷,可使杜鹃花野生种质的试管内保存期限达到8~35个月不等,其中短果杜鹃的离体试管保存时间可达40个月之久,这为某些濒危种质的保存与保护提供了新的思路与技术手段。

2 鉴定评价

2.1 抗性评价

耐热性方面,杜鹃属植物不同亚属、组、种乃至品种的耐热性都不同,同一个种因来源、产地等的不同耐热性也有差异^[34]。有研究表明过氧化氢(H_2O_2)、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)、抗坏血酸过氧化物酶(APX)及丙二醛(MDA)等与杜鹃耐热性密切相关,可以用于杜鹃耐热性的鉴定^[35]。但张春英等在对4种常绿杜鹃花叶片耐热性的指标研究中发现叶片气孔总面积、细胞膜相对透性、游离脯氨酸含量与植物耐热性存在相关性,气孔密度、超氧化物歧化酶活性与植物耐热性无相关性^[36]。

杜鹃的抗寒性是与自然分布区中冬季温度密切相关,抗寒种类一般起源于高寒地区^[37]。有报道表明,部分品种能够耐-40℃的低温,而二倍体杜鹃品种比四倍体品种更加耐寒^[38]。耐寒的杜鹃品种不仅在叶片结构上存在一些共同的形态特征^[39],并且在低温适应过程中,可以通过提高体内膜保护系统的活性来清除活性氧,降低MDA在体内积累,防止膜脂过氧化作用,维持膜结构的完整性和稳定性^[40]。抗寒杜鹃品种自身或在耐寒适应过程中会积累较多的不饱和脂肪酸,而膜脂脂肪酸不饱和度和磷脂酰甘油的饱和脂肪酸水平可作为抗寒性鉴别较为可靠的生理指标,低温半致死温度可以准确直观地反映杜鹃的耐寒性^[41]。

不同杜鹃品种之间耐旱性存在显著差异,这与其须根的发达程度密切相关^[42],西洋杜鹃和毛鹃对干旱胁迫有较好的适应性,并且西洋杜鹃比毛鹃能更好地适应干旱环境^[43]。高山杜鹃在轻度干旱胁迫下,一般水分利用效率(WUE)没有显著变化,干旱胁迫严重时,WUE值显著下降,叶片MDA含量和相对电导率显著增加,细胞膜结构受损严重^[44-45],而此过程中MDA和保护酶活性与高山杜鹃抗旱性密切相关,可以作为杜鹃耐旱性的评价指标^[46]。

2.2 土壤适应性评价

杜鹃花适合在pH值4.0~6.0的土壤中生长,多数种的最适pH值为4.5~5.5^[47]。如兴安杜鹃和迎红杜鹃2年生实生苗在pH值5.5的基质中生长状态最佳^[48]。鹿角杜鹃,马银花,映山红等杜鹃种子萌发的适宜pH值为5.0~6.5^[49]。因此,杜鹃花属植物被认为是典型的酸性土壤指示植物,喜酸怕碱的栽培要求是限制杜鹃花在中性或碱性土质中应用的一个重要因子。但也有一些杜鹃品种有一定的耐碱性,如云锦杜鹃等^[50]。

3 种质创新

3.1 常规育种

从国际登记调查来看,绝大多数杜鹃新品种来自自然或人工杂交实生苗及芽变苗的选育。随着杜鹃在世界传播及观赏利用价值的发展,人工杂交育种也深入开展。第1个杜鹃花杂交种在英国产生,记录为 *azaleodendron*, 是黄焰杜鹃花和秋花杜鹃的一个随意杂交种。1860年以后,许多英国植物采集者采走中国大量的杜鹃花资源,如由罗伯特·福琼 1856年在中国发现并命名的云锦杜鹃 (*Rhododendron fortunei*), 被认为是中国最好的杜鹃,成为20世纪杜鹃花育种中最著名亲本之一^[51]。到目前为止,国外已培育出了耐寒、大花、早花、晚花和香花品种。

国内杜鹃花的育种工作与国外相比差距较大,到2004年为止,只有34个品种进行了登记^[2]。杜鹃花的育种工作也是在20世纪80年代才开始的,且多为引种繁育的研究。张长芹等对杜鹃花的杂交育种技术进行了尝试,在杜鹃花属的59对杂交组合的试验中发现:同亚属二倍体与二倍体的杜鹃花种间杂交亲和力强,坐果率为38%~100%;二倍体与多倍体以及不同亚属之间的杜鹃花杂交不育^[52]。

江苏省农业科学院园艺研究所从2005年起,利用已收集的种质资源,进行品种(种)间杂交育种。在十余年的杂交育种工作中,每年配置杂交组合20~50个不等,每年获得杂交后代20000株以上。从这些杂交后代中,每年筛选优良单株30株以上。目前,共选育出适于江苏地区种植的品种10个,其中9个通过省内鉴定,分别为紫金玫瑰(苏鉴花201001)、紫金艳后(苏鉴花201214)、富丽金陵(苏农科鉴字2011第23号)、馥郁金陵(201320)、江南春早(苏鉴花201319)、蝶舞(苏R-SC-RH-011-2015)、胭脂蜜(苏鉴花201105)、紫金粉玉(苏鉴花201507)、霞满紫金(苏鉴花201506)。胭脂蜜(品种权号:20160071)与蝶恋(品种权号:20160070)已经获得国家品种权。

3.2 分子标记辅助育种

随着杜鹃花育种的发展,育种的难度逐渐提高,必然会促进育种相关的生物学研究。转基因、分子标记、连锁图谱的构建等现代生物学技术在杜鹃花育种研究中也得到应用。Pavingerova等应用农杆菌介导方法对几个杜鹃花品种进行基因导入,部分个体转移成功,但后来在营养繁殖中转移片段又丢失了^[53]。德国Dunemann等利用种间杂交后代建立了杜鹃花的分子遗传图谱,并对有些标记与抗碱性、叶面失绿、花色等性状的相关性进行了分析^[54];后来为进一步提高杜鹃花的耐碱性,他利用QTLs分子标记辅助选择和转基因技术培育耐碱单株,但至今没有筛选出耐土壤pH值7.0以上的品种^[55]。

国内有关杜鹃花分子育种研究目前还停留在前期准备工作中,江苏省农业科学院园艺研究所肖政等采用SRAP分子标记分析了30个杜鹃花物种的遗传多样性,通过主坐标分析(PCA)和UPGMA法构建的系统树显示:30份杜鹃花材料可分为5类,其中云锦杜鹃和光枝杜鹃、井冈山杜鹃和皱叶杜鹃、迎红杜鹃和兴安杜鹃、露珠杜鹃和大果杜鹃分别聚为一组,结果与基于表型特征的分类基本一致,表明SRAP标记具

有较准确的鉴别能力,是进行杜鹃花属植物遗传多样性分析的有效分子标记^[56]。同时肖政等还采用ISSR分子标记对25份杜鹃花种质的遗传多样性进行了分析,结果表明,杜鹃花在物种水平上表现出较高的遗传多样性^[57]。实时荧光定量PCR技术已经广泛应用于植物基因的表达研究,肖政等还通过对羊躑躅花瓣转录组数据库的研究,挑选出了11个内参基因,并分别对其在羊躑躅不同组织和花瓣发育不同时期的表达稳定性进行评价,结果表明 *EF1- α* 、*18S*、*RPL3* 是研究羊躑躅花发育的最佳参考基因^[58]。

4 总结与展望

4.1 资源共享平台建设

资源共享平台的建设,可以促进资源整合、保护、共享和利用。平台应建立杜鹃花标准描述规范,对各性状进行观测记载及电子存档,通过科学分类、统一编目和描述规范,使得杜鹃种质资源得到更好的利用。但实际上,资源共享从来只是纸上谈兵,并不可能落到实处,究其原因还是利益在作祟,利益共享也许才能真正实现资源共享。

4.2 离体培养及保存技术研究

大多数杜鹃种质资源可通过扦插繁殖及活体植株保存,但是野生资源的繁殖相对较难,且野生资源的适应性受地域条件限制,作为活体植株保存容易死亡而造成重复引种困难,因此需对其离体贮存条件及生理特性进行研究。国内目前只对少数几种杜鹃花野生种质进行了离体保存研究,大多数濒危种质和难繁种质的离体保存研究还是一片空白,相关工作有待进一步加强。

4.3 新品种选育工作

杜鹃花品种的适应性有地域限制,特别是绿化用品种。我国幅员辽阔,各地地理环境和气候条件差别巨大,大多数品种只能适应某个区域范围。因此,杜鹃花的育种者也应有关区域责任感和紧迫感,选育更多适应周边环境的品种。

参考文献:

- [1]张长芹. 杜鹃花[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2003.
- [2]方瑞征,闵天禄. 杜鹃属植物区系的研究[J]. 云南植物研究, 1995,17(4):359-379.
- [3]林斌. 中国杜鹃花[M]. 北京:中国林业出版社,2007.
- [4]黄茂如. 杜鹃花[M]. 上海:上海科学技术出版社,1998.
- [5]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.
- [6]张乐华. 杜鹃属植物的引种适应性研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2004,28(4):92-96.
- [7]王春彦,陆信娟,苗淑杏,等. 基质和生长素对比利时杜鹃嫩枝扦插的影响[J]. 江苏农业科学,2008(3):156-157.
- [8]赵冰,张东林. IBA生根剂对3个杜鹃花品种嫩枝扦插生根的影响[J]. 东北林业大学学报,2014,42(7):83-86.
- [9]陈训,巫华美. 比利时杜鹃的扦插繁殖试验及栽培[J]. 贵州科学,2000,18(4):311-312.
- [10]Lone A B, Unemoto L K, Yamamoto L Y, et al. Rooting of azalea cuttings (*Rhododendron simsii* Planch.) in the fall of IBA and different substrates[J]. Ciencia Rural,2010,40(8):1720-1725.
- [11]陈高平,苏家乐,李畅. 铁红杜鹃扦插基质的优选研究[J].

- 江苏农业科学,2010(6):271-272.
- [12]孙学东,张艳红,王兆东. 淀川杜鹃扦插繁殖技术的初步研究[J]. 辽东学院学报(自然科学版),2006,13(4):4-6.
- [13]熊友华,吴志,王定跃,等. 毛棉杜鹃嫩枝扦插繁殖研究[J]. 北方园艺,2011(11):106-108.
- [14]李朝蝉,周艳,巫华美,等. 糙叶杜鹃扦插技术及插条营养物质变化研究[J]. 北方园艺,2012(10):90-92.
- [15]周金梅,宫敬利,建德锋. 不同激素及扦插基质对兴安杜鹃嫩枝扦插成活率的影[J]. 经济林研究,2012,30(4):123-125.
- [16]周艳,李朝蝉,周洪英,等. 大白杜鹃扦插繁殖技术研究[J]. 种子,2012,31(4):123-126.
- [17]司国臣,张延龙,顾欣,等. 秦岭野生美容杜鹃扦插繁殖技术[J]. 北方园艺,2012(3):77-79.
- [18]耿芳,张冬林,李志辉,等. IBA生根剂对卡罗来纳杜鹃插条生根的影响[J]. 华中农业大学学报,2008,27(1):127-130.
- [19]汤桂钧,张建安. 高山杜鹃的组织培养快速繁殖技术研究[J]. 上海农业学报,2004,20(3):15-18.
- [20]刘晓青,苏家乐,项立平,等. 高山杜鹃茎段组织培养和优化体系的建立[J]. 扬州大学学报,2007,28(31):91-94.
- [21]罗彭,庄平,自洁,等. 大白杜鹃、美容杜鹃和喇叭杜鹃的组织培养[J]. 植物生理学通讯,2007,43(2):362.
- [22]李玉梅,姜云天,孙智慧,等. 基于均匀设计优化牛皮杜鹃嫩叶直接再生芽苗及植株再生体系[J]. 安徽农业科学,2009,37(2):678-680.
- [23]汤映红,沈帆,刘芳. 新宁云锦杜鹃组织培养研究[J]. 北方园艺,2015(7):94-97.
- [24]张杨军,涂艺声,彭先全,等. 云锦离体再生培养基的条件优化[J]. 安徽农业科学,2010,38(11):6008-6010.
- [25]朱春艳,李志炎,鲍淳松,等. 常绿阔叶杂交杜鹃组培体系的建立[J]. 浙江农业学报,2006,18(3):163-166.
- [26]何芳兰. 高山杜鹃组织培养关键技术研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2006.
- [27]John E P, Miles R I. Plant regeneration from leaf explants of *Rhododendron* PJM hybrids[J]. *Scientia Horticulturae*,1999(48):159-170.
- [28]王蔚琼,肖建忠,李志斌,等. 高山杜鹃花苞组织培养和优化体系的建立[J]. 河北科技师范学院学报,2012,26(3):17-22.
- [29]顾地周,孙忠林,何晓燕,等. 牛皮杜鹃的组培快繁及种质试管保存技术[J]. 园艺学报,2008,35(4):603-606.
- [30]顾地周,张琪,朱俊义,等. 小叶杜鹃的离体快繁体系建立及种质试管的保存[J]. 东北林业大学学报,2009,37(10):26-28.
- [31]顾地周,邓志刚,蔡茂伟,等. 苞叶杜鹃离体培养基种质试管保存体系的建立[J]. 南京林业大学学报,2009,33(3):20-24.
- [32]顾地周,朱俊义,曹逊,等. 短果杜鹃组培快繁及其种质试管保存培养基的筛选[J]. 东北林业大学学报,2009,37(4):8-10.
- [33]梁宇,顾地周,朱俊义,等. 照白杜鹃离体快繁体系建立及种质试管保存[J]. 中南林业大学学报,2008,28(5):16-21.
- [34]赵冰,付玉梅,丁惠惠,等. Ca^{2+} 处理对秦岭高山杜鹃耐热性的影响[J]. 西北林学院学报,2010,25(6):29-32.
- [35]王凯陵,凌家慧,张乐华,等. 2种常绿杜鹃亚属幼苗耐热性的主成分及隶属函数分析[J]. 热带亚热带植物学报,2011,19(5):412-418.
- [36]张春英,戴思兰. 常绿杜鹃花叶片耐热性指标研究[C]. 中国园艺学会观赏园艺专业委员会年会论文集,2006:409-412.
- [37]朱红,邱新军. 杜鹃属的抗寒性[J]. 江西农业大学学报,1992,14(2):150-155.
- [38]Anu V. Genetic and physiological aspects of cold hardiness in *Rhododendron* [M]. Helsinki:Gummerns Kirjapaino Oy,2000.
- [39]刘旭颖,沈向群,张艳红. 耐寒杜鹃叶片结构研究[J]. 湖北农业科学,2010,49(8):1903-1905.
- [40]鲍思伟. 云锦杜鹃低温半致死温度对自然降温的适应[J]. 西南民族大学学报(自然科学版),2005,31(1):99-102.
- [41]张艳红,沈向群. 辽宁园林杜鹃花抗寒能力研究[J]. 江苏农业科学,2009(3):220-222.
- [42]张长芹,罗吉凤,苏玉芬. 六种杜鹃花的耐旱适应性研究[J]. 广西植物,2002,22(2):174-176.
- [43]李波,吴月燕,崔鹏. 水分胁迫对2种基因型杜鹃生理生化特性的影响[J]. 浙江农业学报,2011,23(5):988-994.
- [44]柯世省,杨敏文. 水分胁迫对云锦杜鹃光合生理和光温响应的影影响[J]. 园艺学报,2007,34(4):959-964.
- [45]柯世省,杨敏文. 水分胁迫对云锦杜鹃光合特性日变化的影响[J]. 福建林业科技,2007,34(3):10-13.
- [46]黄承玲,陈训,高贵龙. 3种高山杜鹃对持续干旱的生理响应及抗旱性评价[J]. 林业科技,2011,47(6):48-55.
- [47]王玉华,王丽云. 碱性水土地区盆栽杜鹃花缺铁黄化防治的研究[J]. 北京林业大学学报,1997,19(2):63-68.
- [48]徐娟,曹玉峰,田艳丽,等. 不同pH值对兴安杜鹃及迎红杜鹃生理特性的影响[J]. 林业科技,2009,34(5):58-59.
- [49]岳媛,耿兴敏. 贮藏温度及不同pH值、栽培基质等对杜鹃种子发芽的影响[J]. 种子,2013,32(4):37-39.
- [50]郁书君,陈锡明,李贞植. 云锦杜鹃的耐碱反应[J]. 园艺学报,2008,35(5):715-720.
- [51]张春英. 杜鹃花的育种发展及现代育种[J]. 山东林业科技,2005(3):77-79.
- [52]张长芹,冯宝钧,吕元. 杜鹃花属的杂交育种研究[J]. 云南植物研究,1998,20(1):94-96.
- [53]Pavingerova D, Briza J, Kodýtek K, et al. Transformation of *Rhododendron* spp. using *Argo - bacterium tumefaciens* with a GUS - intron chimeric gene [J]. *Plant Science*, 1997, 122 (2): 165-171.
- [54]Dunemann F, Kahnau R, Stange I. Analysis of complex leaf and flower characters in *Rhododendron* using a molecular linkage map [J]. *Theoretical and Applied Genetics*, 1999, 98 (6/7): 1146-1155.
- [55]张春英. 杜鹃花的育种发展及现代育种[J]. 山东林业科技,2005,158(3):77-79.
- [56]肖政,苏家乐,刘晓青,等. 杜鹃花种质资源遗传多样性的SRAP分析[J]. 江苏农业学报,2016,32(2):442-447.
- [57]肖政,苏家乐,刘晓青,等. 基于ISSR标记的杜鹃花种质资源遗传多样性分析[J]. 江西农业学报,2015,27(11):6-10.
- [58]Xiao Z, Sun X, Liu X, et al. Selection of reliable reference genes for gene expression studies on *Rhododendron molle* G. Don [J]. *Frontiers in Plant Science*,2016(7):1547.