

杜鹃红山茶研究进展

林剑波, 张俊丽*, 刘和平 (阳江职业技术学院, 广东阳江 529500)

摘要 杜鹃红山茶为山茶科山茶属中一种珍稀濒危植物, 具有四季开花的优良性状, 仅在广东省阳春市境内零星分布。从杜鹃红山茶分类、分布与濒危机制、生物学特性、繁殖技术、花粉活力、生理生化特性、细胞学与分子遗传特性等方面进行总结分析, 以期对杜鹃红山茶在栽培技术、新品种培育及基础研究等方面提供参考。

关键词 杜鹃红山茶; 生物学特性; 繁殖技术; 杂交育种; 生理生化

中图分类号 S685.14 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)06-0012-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.06.004



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Research Progress of *Camellia azalea* Wei

LIN Jian-bo, ZHANG Jun-li, LIU He-ping (Yangjiang Vocational and Technical College, Yangjiang, Guangdong 529500)

Abstract *Camellia azalea* Wei is a rare and endangered plant which belongs to *Camellia*. It has a good character of four seasons flowering, and only distributes sporadically in Yangchun, Guangdong Province. We introduced the classification of *C. azalea* from its resources situation, distribution and endangered mechanism, biological characteristics, breeding technology, pollen viability, physiology and biochemistry characteristics, cytology and molecular genetics and so on, in order to provide reference for hybrid breeding of *C. azalea*, cultivation of new varieties and fundamental research.

Key words *Camellia azalea* Wei; Biological characteristics; Breeding technology; Cross breeding; Physiology and biochemistry

杜鹃红山茶(*Camellia azalea* Wei), 别名张氏红山茶、假大头茶、四季茶、杜鹃茶等。野生状态杜鹃红山茶数量不足800株, 原生地分布范围狭小, 仅在广东省阳春市境内鹅凰嶂省级自然保护区内白木河河岸两侧狭长的地带发现有零星分布^[1-5]。杜鹃红山茶除花期长、花大色艳、抗逆性强之外, 其四季开花的特性尤为珍贵, 是非常珍贵的茶花种质资源, 具有良好的市场前景和潜在的开发空间。笔者对杜鹃红山茶的分类、分布与濒危机制、生物学特性、繁殖技术、花粉活力、生理生化、细胞学与分子遗传特性等方面进行总结分析, 同时根据杜鹃红山茶繁育中存在的问题提出今后的研究方向, 以期对杜鹃红山茶在新品种培育及基础研究等方面提供参考。

1 杜鹃红山茶分类、分布与濒危机制研究

杜鹃红山茶属于山茶科山茶属。由于山茶科分类系统复杂, 不同学者对杜鹃红山茶在山茶科的分类标准不一致。杜鹃红山茶分类也存在一定分歧, 有的植物分类学家将其归在山茶亚属(*Subgen. Camellia*) 红山茶组[*Sect. Camellia* (L.) Dyer] 光果红山茶亚组(*Subsect. Lucidissima* Chang)^[2], 但有的分类学家将其归入了山茶亚属(*Subgen. Camellia*) 山茶组(*Sect. Camellia*)^[3]。

有关研究表明, 气候类型、海拔梯度是影响杜鹃红山茶群落分布格局的主导生态因子。野生杜鹃红山茶原生地分布范围狭小, 不足100 km², 主要分布在鹅凰嶂省级自然保护区海拔50~175 m的溪流两岸8~10 m的向阳处, 此处森林茂密、人迹稀少、生态环境较好, 年平均温度22.1℃, 海拔

217~237 m^[1, 6-7]。杜鹃红山茶植物群落极其丰富, 但结构比较简单, 可分为乔灌木3层, 其中乔木和灌木数量最多, 其次是草本和藤本。植物区系以泛热带成分为优势, 具有明显的热带北缘性质^[6, 8]。罗晓莹^[7]调查记录了群落隶属74科135属的182种(包括变种)维管植物, 其中壳斗科、大戟科、山茶科、禾本科、茜草科、蝶形花科、樟科、桑科、紫金牛科有5种以上植株。国家级保护植物有5种, 即紫荆木、绣球茜、土沉香、粘木和百日青; 阳春市特有植物2种, 即狭叶杨桐、钝叶折柄茶。

从杜鹃红山茶自身来看, 子房败育率高和自然结实率低是其出现濒危的2个主要原因。罗晓莹^[7]研究表明, 杜鹃红山茶种群具有呈长度分化的两型花柱, 其中L型的长花柱型占20%, S型的短花柱型占76%。因此, 其自交不亲和, 自然条件下其子房败育率达64%。主要依靠虫媒传粉, 但蝶类和蜂类等昆虫的访花频率较低, 从而导致自然结实率低^[9]。此外, 野生杜鹃红山茶由于近年来生境愈加恶劣和人为干扰, 呈衰退趋势, 现仅存不足1000株。应进一步加强建设杜鹃红山茶天然种群保护区, 进行就地保护, 严禁无序采挖, 促进杜鹃红山茶种群的自然更新。此外, 实施迁地保护, 建立种质资源圃, 开展播种育苗、扦插嫁接或组培快繁等人工繁育工作^[10]。

2 杜鹃红山茶生物学特性

杜鹃红山茶为常绿灌木或小乔木, 高1.0~2.5 m, 最高约5.0 m, 冠幅0.5~1.0 m, 株型紧凑, 枝叶密, 1年可抽3~4次梢, 嫩枝无毛略呈红色, 老枝光滑呈灰褐色。单叶, 倒卵形、长倒卵形、倒心状披针形, 叶革质, 全缘, 少见叶尖有2~5对锯齿, 先端圆, 有时微凹, 基部楔形, 互生或近轮生, 常聚生于小枝顶端, 叶柄长0.6~1.2 cm, 无毛, 叶片上表皮深绿色有光泽, 下表皮绿色微被白粉。

杜鹃红山茶具有1~8个花芽, 簇生于枝条顶端或单生

基金项目 阳江市科技计划项目(2016014); 2016年广东省高等教育专业领军人才培养对象。

作者简介 林剑波(1980—), 女, 广东湛江人, 从事园艺园林植物栽培技术与花艺设计研究。*通信作者, 讲师, 硕士, 从事园林植物繁育工作。

收稿日期 2019-08-14; **修回日期** 2019-08-27

于枝顶叶腋。不同学者对杜鹃红山茶花芽分化时期划分标准不一致。朱高浦等^[11]将其划分为5个时期,依次为花芽发育初期—花芽发育前期—花芽发育中期—花芽发育后期—花芽发育末期;李辛雷等^[12]将其划分为6个时期,依次为生理分化期—花原基分化期—萼片原基分化期—花瓣原基分化期—雄蕊原基分化期—雌蕊原基分化期;李建光^[13]将其划分为7个时期,依次为花芽初现期—花芽膨大期—花蕾初现期—花蕾膨大期—初始露红期—露红膨大期—开花期。杜鹃红山茶具有全年开花的优异性状,且一年内有2次明显的盛花期,即4月底—6月中,8月上—10月底,偶见3次盛花期株系。花朵直径6~14 cm,花色艳丽,呈鲜红色或粉色。花瓣覆瓦状排列,雄蕊多数,外轮中部以下联合成管状,花药黄色,药室纵裂;子房卵形,无毛,2~3室,每室3胚珠。四季均可结实,蒴果,果呈卵形、圆球形、卵球形或纺锤形,果期约32个月,顶端圆形或锥形,成熟时果皮由青色变成褐黑色或棕色,果皮粉碎性裂开,每室种子1~3粒,种皮黑褐色^[1-2, 14-16]。

3 杜鹃红山茶繁殖技术研究

杜鹃红山茶春夏两季均可扦插。不同树龄、不同部位的插穗扦插生根率区别较大。选用0.5~2年生叶红色且未木质化的嫩枝作插穗,平均生根率较低为3%;2年生以上枝条作插穗时,平均生根率显著提高至43%,其中以枝条基部作插穗的生根率明显高于其他部位。植物生长调节剂对扦插效果有显著影响。研究表明,吲哚丁酸(IBA)浓度与处理时间对插穗生根率有极显著影响,而萘乙酸(NAA)处理对于插穗生根率的影响不显著,其中以400 mg/L IBA+100 mg/L NAA处理4 h效果最好,生根率可达80.56%。基质方面,用黄心土作基质,扦插生根率较高为79.3%;用复合基质($V_{\text{泥炭土}}:V_{\text{黄土}}=1:1$),生根率为70%;用单一的泥炭土作基质次之,生根率约60%^[17-20]。

在气候条件相似的情况下,水分运输能力、分生组织活跃程度是影响四季红山茶嫁接成活率的2个关键因子。杜鹃红山茶可在春秋两季进行嫁接,接穗应选择生长良好的带顶芽枝条,采用常规嫁接方法,以10—11月嫁接为宜。研究表明,芽苗砧和根砧嫁接成活率最高,可达84.55%。砧木的选择以油茶为宜,浙江红山茶、大头茶次之。以油茶为砧木的腹接成活率为81.9%,高于侧枝切接、锯口接^[21-25]。

用杜鹃红山茶花蕾作外植体,4℃低温处理5 d后,在含1.0 mg/L 2,4-D+0.5 mg/L KT或0.5 mg/L 2,4-D+0.4 mg/L NAA的MS培养基上培养30 d,愈伤诱导率达35%左右^[26]。以杜鹃红山茶嫩茎、叶柄或叶片为外植体,愈伤组织诱导的最佳培养基是含2.0 mg/L 2,4-D和0.5 mg/L 6-BA的MS培养基,继代培养的最佳培养基是含1.0 mg/L 2,4-D和3.0 mg/L 6-BA和1.5 mg/L IAA的MS培养基,其中叶柄的愈伤诱导率及生长状况最好^[27]。用杜鹃红山茶茎段为外植体,在含(0.8~1.0) mg/L BA+0.01 mg/L IBA+10 mg/L GA₃的MS诱导培养基中,萌发率达50%~70%;在含(0.2~0.4) mg/L BA+(0.01~0.10) mg/L IBA+10 mg/L

GA₃的MS增殖培养基中,其成苗率达58%;在含(1/2~1/8) MS+(6~8) mg/L IBA+2%蔗糖的MS生根培养基中,生根率达60%~80%^[28-29]。

苗圃建设应选择避风向阳、排水良好、平整肥沃、微酸性的土壤,果实采收阴干后,挑选无虫无损的完好种子,种脐侧放播种,播种后加覆盖物保水保温。杜鹃红山茶的种子平均萌发率仅为38%,种子向幼苗的转化率低^[7-8, 30]。研究表明, $V_{\text{椰糠}}:V_{\text{泥炭藓}}:V_{\text{珍珠岩}}:V_{\text{粗河砂}}=10:8:1:1$ 、 $V_{\text{椰糠}}:V_{\text{泥炭藓}}:V_{\text{珍珠岩}}:V_{\text{粗河砂}}=10:4:4:1:1$ 、 $V_{\text{椰糠}}:V_{\text{珍珠岩}}:V_{\text{蛭石}}:V_{\text{粗河砂}}=10:4:4:2$ 这3种混合基质是杜鹃红山茶较为理想的栽培基质。对杜鹃红山茶的施肥试验表明,培养基质的pH、EC等是杜鹃红山茶生长的影响因素^[31-32]。

4 杜鹃红山茶花粉活力与杂交育种研究

4.1 杜鹃红山茶为兼性异交型 雌蕊异型,花柱2~4裂,花柱与雄蕊等长或稍长,雄蕊形成不同的花药位置,虽花粉活力较强期与柱头最佳可授粉期重叠,但与花期重叠较少,因此以每年1—2月、11—12月授粉效果最好^[33]。在含2.5%琼脂+10%蔗糖或含15%蔗糖+0.02%硼酸的萌发培养基上,杜鹃红山茶萌发率较高,且随培养时间推移呈抛物线型,花粉萌发的最佳观测时间为30℃下培养8 h。杜鹃红山茶花粉在4℃和-20℃下均能保存,长期保存需采用-20℃冷冻保存或液氮保存^[34-36]。当花芽长度为18~25 mm时,用秋水仙素处理,可以诱导产生杜鹃红山茶2*n*花粉,但以花芽纵轴为22~23 mm时效果最佳。常采用棉球浸润和注射法,即0.5%秋水仙素+2%二甲亚砜(DMSO)棉球浸2 d或5 d,1.0%秋水仙素+2% DMSO注射2次或3次,4个处理中2*n*花粉获得率分别为16.57%、7.88%、6.37%和6.05%。观察发现,较正常花粉,2*n*花粉的花粉管伸长缓慢,萌发时间长1~2 h,且萌发率与体积成反比^[37]。

4.2 杂交是获得新品种的常用方法 杜鹃红山茶与山茶科不同组间杂交亲和性存在明显差异,亲和性由强到弱依次是红山茶组、原始山茶组、瘤果茶组、糙果茶组、金花茶组、山茶属其他组别。需进一步利用ISSR、SSR等方法对杂交后代的亲缘关系进行鉴定真实后代,从杜鹃红山茶杂交种中决选出多个优良单株,为新品种育种取得突破^[14,33,38-39]。

5 杜鹃红山茶生理生化研究

汪越等^[40]研究表明,全光照、80%自然光照的高光照或20%自然光照的过低光照均不利于积累花青素,而50%自然光照下花青素含量最高,因此,认为光照强度对杜鹃红山茶花色素的积累及花芽分化具有显著影响。吴刘萍等^[41]研究表明,杜鹃红山茶能适应一定的干旱环境,但重度干旱使PS II受到损害,植物叶片细胞膜产生严重损伤,从而导致电导率大幅度提高。刘玉玲^[44]研究认为,不同类型杜鹃红山茶在秋冬两季净光合速率、气孔导度、蒸腾速率的日变化趋势均呈抛物线型,蒸腾速率和气孔导度之间有着密切的正相关性,胞间CO₂浓度值的日变化不大。李琳琳^[15]的研究结果表明也同样如此。

研究杜鹃红山茶的嫁接苗、扦插苗及砧木苗叶片光合作

用发现,电子传递速率光曲线均随着光合有效辐射的增强逐渐升高,至最大值后相对平稳或稍有下降。3 种苗木除了非荧光淬灭效率从高到低表现为扦插苗、嫁接苗、砧木外,相对电子传递速率、最大光化学效率、最大净光合速率、实际光化学效率、瞬时光能利用效率、光化学荧光淬灭、蒸腾速率、瞬时水分利用效率等从高到低都表现为砧木、嫁接苗、扦插苗,因此,就光合生理方面而言,砧木适应能力最强,而嫁接苗适应能力居中,扦插苗最弱,故常采用嫁接方式繁殖进行商品化苗木的生产^[42-43]。

对杜鹃红山茶色素及营养的研究结果表明,杜鹃红山茶含有丰富的蛋白质、微量元素、必需氨基酸,且有害元素含量低,可进一步合理开发利用。在花芽分化 6 个时期中,随着花芽形态的建成,可溶性糖含量先升后降到花芽分化后期有所回升,可溶性蛋白含量增长至花瓣原基分化期后有所下降,可溶性糖/可溶性蛋白质则呈先降后升趋势。RNA、总核酸含量及 RNA/DNA 含量的变化趋势基本一致,均逐渐升高至花瓣原基分化期达到最高后降低,而 DNA 含量在整个过程中一直处于较低水平且变化不大^[44-45]。但朱高浦等^[11]研究表明,可溶性糖含量在整个花芽发育阶段始终最高,可溶性蛋白含量在中期最高,在花芽发育末期,可溶性糖含量:核酸含量:可溶性蛋白含量=10:2:1。

6 杜鹃红山茶细胞学研究

杜鹃红山茶的叶片上表皮由 1 层(少见 2 层)构成,下表皮由 2 层细胞构成复表皮,是典型的异面叶。叶肉组织中,栅栏组织由 1 层(少见 2 层)圆柱状的细胞组成,其厚度约为海绵组织的 1/3。海绵组织细胞常数个细胞连接组成网状,以利于水分的动态流动和降温。叶片结构导致杜鹃红山茶具有耐日灼的特点,推测其属阳生植物。杜鹃红山茶解剖结构表明,其根皮层细胞栓质化,导管分子横切面形状多为不规则的 3~6 角形或近圆形,管孔 2~4 列排列,纵切面形状多为纺锤形或圆柱形,梯纹、网纹导管分子居多^[15]。杜鹃红山茶染色体核型为 $2n=2x=30=22\text{ m}(1\text{SAT})+6\text{sm}+2\text{st}$,属于 Stebbins 2B 型,第 3、4、9、10 条染色体的长臂上具有次缢痕,第 15 条染色体的短臂上具有随体,间期核为球形前染色体型,有丝分裂前期染色体为中间型^[13,46]。罗晓莹等^[47]应用石腊切片法研究了杜鹃红山茶的大小孢子发生及雌雄配子体的发育过程。

7 杜鹃红山茶遗传多样性研究

杜鹃红山茶遗传多样性丰富,叶片遗传变异较大,14 个叶片表型性状的变异系数为 5.30%~47.00%。叶片表型性状间(如叶长/叶形指数、叶面积/叶片干重、叶柄长和叶柄长/叶长等)具有较高程度的相关性,因此为提高育种效率,在对叶片性状进行改良时应考虑性状间的相关性并加以充分利用^[48]。对杜鹃红山茶杂交 F_1 代观察发现,叶色、叶形更倾向于杜鹃红山茶,叶缘性状为数量性状,随着叶龄变化而变化,花径受父本花影响较大,花色受一对红色基因和一对非红色基因控制,花期是受多基因的加性作用控制^[33]。

研究结果表明,水坝会在一定程度上限制种子流的传

播,故野生状态杜鹃红山茶存在显著的空间结构。但由于花粉的传播,水坝对基因流的阻隔作用并不明显,故杜鹃红山茶具有较高的遗传多样性和频繁的基因流,但类群分布与空间分布不相对应^[49]。运用 ISSR 分子标记技术对杜鹃红山茶 60 个单株的遗传多样性进行研究,结果表明种群间仅有 9.22% 的基因变异,而 90.78% 的变异存在于种群内个体间。因此限制杜鹃红山茶现存种群发展的主要因素为小种群及人为活动干扰。此外,为避免近交衰退现象,对杜鹃红山茶进行保护数目不能低于 176^[50]。杜鹃红山茶无性系遗传多样性较高,UPGMA 聚类分析得出,当遗传距离为 0.360 时,39 个供试材料可以分为两大类,当遗传距离为 0.304 时,可将第 II 类群再分为 6 组^[51]。

8 杜鹃红山茶分子生物学研究

杜鹃红山茶常采用硅胶脱水干燥与低温保存,基因组 DNA 则采用改进的 CTAB 和 SDS 区室法^[52]。根据山茶同源序列设计特异性引物,从杜鹃红山茶嫩叶组织中克隆出半胱氨酸蛋白酶抑制剂(cysteine proteinase inhibitor, CPI)基因,命名为 *CaCPI*。荧光定量分析表明,*CaCPI* 基因在植物根、茎、叶中均有表达,在叶中的表达量较高,叶中的表达量分别约为茎的 1.53 倍,根的 1.61 倍。过量表达 *CaCPI* 基因后,转基因烟草中目的基因表达量提高了 55.84~174.83 倍,且转基因植株抗蚜虫能力高于野生型 5.14 倍,接虫 5 d 后蚜虫存活率小于 10%^[53]。采用同样方法,从杜鹃红山茶嫩叶组织中克隆出抗坏血酸过氧化物酶(ascorbate peroxidase, APX)基因,命名为 *CaAPX1*。实时荧光定量分析发现,*CaAPX1* 在 4 种不同的山茶中均得到表达,表达量高低与测试物种的耐热性有关,依次是较耐热的微花连蕊茶(*C. minutiflora*)、中等耐热的杜鹃红山茶和“耐冬”山茶(*C. japonica*“Naidong”)、耐热性较差的“恨天高”云南山茶(*C. reticulata*“Hentiangao”)。在杜鹃红山茶 4 种组织中,*CaAPX1* 表达量从多到少为叶片、花蕾、种胚、花芽。转基因分析表明,过量表达 *CaAPX1* 后,APX 酶活性提高了 2.58 ~ 3.81 倍,抗坏血酸(ascorbate, AsA)含量也提高了 2.67 ~ 3.56 倍,转基因烟草植株及其种子的耐热能力也提高^[54]。

9 展望

杜鹃红山茶四季开花,被称为“植物界的大熊猫”,具有巨大的科研价值和潜在的社会价值,得到了茶花育种界和园林界的重视与应用。但繁殖效率低、病害、大枝嫁接衰退等原因限制了杜鹃红山茶的推广,要进一步加强杜鹃红山茶病害防治、大树嫁接等栽培繁育技术研究,为杜鹃红山茶在园林应用上提供技术支持。在自然栽培条件下,从普通杜鹃红山茶中选育出具有双瓣、粉色、复色、长瓣、宽瓣等自然变异的新品种^[55-56]。也有通过嫁接、利用砧木的影响或者感染病毒等方法获得新品种^[57]。汪梅蓉^[58]通过对广东引进的杜鹃红山茶进行驯化试验,筛选了观赏价值高、花期长、具有一定抗寒性,适应当地及周边地区生长,特别是适合商品盆花生产的优良品种。科研人员通过杂交技术取得了新品种育种的突破。但目前主要是利用杜鹃红山茶四季开花的优势,而

在杜鹃红山茶花色、花型、叶形、株型、香味、抗性等方面的育种还没有突破性进展,通过新品种培育与快速繁育关键技术研究,培育出花大、重瓣、有香味和抗性强的杜鹃红山茶新品种(系)并推广,前景十分诱人。更重要的是,科研人员要加强杜鹃红山茶的基础研究,探索四季开花成花机理,挖掘四季开花成花基因,为植物开花机理研究提供基础数据与理论支持。

参考文献

- [1] 卫兆芬. 中国山茶属一新种[J]. 植物研究, 1986, 6(4): 141-143.
- [2] 张宏达, 任善湘. 中国植物志: 第 49 卷 第 3 分册[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [3] 汪松, 解焱. 中国物种红色名录[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 362.
- [4] 叶创兴, 李琳琳, 石祥瑞, 等. 关于开发张氏红山茶若干问题的思考[J]. 广东园林, 2009(2): 62-66.
- [5] 杨维雄, 周庆宏, 王有兵, 等. 杜鹃红山茶研究进展[J]. 林业调查规划, 2013, 38(4): 45-49.
- [6] 张燕. 杜鹃红山茶在原产地生长特性的调查报告[J]. 重庆林业科技, 2007(1): 21-22.
- [7] 罗晓莹. 杜鹃红山茶保护生物学研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2006.
- [8] 陈淑君. 广东阳春凤凰嶂自然保护区主要珍稀濒危植物保育策略的研究[J]. 广州: 华南农业大学, 2005.
- [9] 罗晓莹, 唐光大, 莫罗坚, 等. 杜鹃红山茶的传粉生物学[J]. 生态学杂志, 2011, 30(3): 552-557.
- [10] 李辛雷, 孙振元, 李纪元. 濒危植物杜鹃红山茶种群结构和动态变化[J]. 植物资源与环境学报, 2018, 27(2): 17-23.
- [11] 朱高浦, 李纪元, 李辛雷, 等. 珍稀濒危植物张氏红山茶花的花发育形态及生理特性研究[J]. 广西植物, 2011, 31(4): 507-512.
- [12] 李辛雷, 孙振元, 李纪元, 等. 杜鹃红山茶花芽分化及其代谢产物的变化[J]. 林业科学, 2012, 48(8): 81-86.
- [13] 李建光. 杜鹃红山茶 F_1 代单株评价优选研究[D]. 广州: 仲恺农业工程学院, 2014.
- [14] 刘玉玲. 杜鹃红山茶主要性状遗传变异研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2009.
- [15] 李琳琳. 张氏红山茶生理生态及育种初步研究[D]. 广州: 中山大学, 2010.
- [16] 严丹峰. 杜鹃红山茶种间杂交及其 F_1 代性状遗传分析[D]. 广州: 仲恺农业工程学院, 2013.
- [17] 张燕, 梁坤. 杜鹃红山茶扦插繁育试验[J]. 广东林业科技, 2003, 19(3): 64-65.
- [18] 王有兵, 徐斌, 张方秋, 等. 不同基质对杜鹃红山茶扦插生根的影响[J]. 广东林业科技, 2011, 27(2): 54-58.
- [19] 薛克娜, 殷爱华, 张学平, 等. 生长激素对杜鹃红山茶扦插效果的影响[J]. 林业技术开发, 2011, 25(1): 109-111.
- [20] 李先民, 李春牛, 卜朝阳. 基质、促根剂及插穗对杜鹃红山茶扦插生根的影响[J]. 西南农业学报, 2017, 30(2): 426-431.
- [21] 曾武. ‘杜鹃红’山茶高砧嫁接[J]. 中国花卉盆景, 2002(10): 21.
- [22] 黎运枢, 崔统华, 郑文经, 等. 杜鹃红山茶嫁接繁殖试验[J]. 广东林业科技, 2004, 20(3): 37-38.
- [23] 吴晓静, 邓石婷, 谭杨帆. 杜鹃红山茶嫁接砧木选择比较试验[J]. 安徽农学通报, 2008, 14(14): 120-121.
- [24] 倪穗, 李纪元, 赵春钊. 四季山茶的芽苗砧嫁接研究[J]. 科技通讯, 2008, 24(1): 43-46.
- [25] 李冬妹, 伍成厚. 四季红山茶嫁接技术研究[J]. 广东农业科学, 2012(9): 27-29.
- [26] 刘郭菊, 张霞, 王晶, 等. 杜鹃红山茶花药愈伤组织的诱导[J]. 西南师范大学学报, 2011, 36(3): 128-131.
- [27] 石兰蓉. 杜鹃红山茶愈伤组织诱导的初步研究[J]. 江西农业学报, 2012, 24(3): 33-35.
- [28] 蔡静如, 庄雪影, 杨跃生, 等. 杜鹃红山茶离体快速繁殖[J]. 热带作物学报, 2010, 31(9): 1469-1473.
- [29] 蔡静如. 杜鹃红山茶的组织培养及解剖学研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2009.
- [30] 刘就, 陈考科, 林喜珀, 等. 杜鹃红山茶的栽培技术[J]. 中国热带农业, 2007(1): 61-62.
- [31] 薛克娜, 赵鸿杰, 张学平, 陈香. 不同基质对杜鹃红山茶容器苗生长的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2011, 31(1): 27-31.
- [32] 姜利华, 陈桂芳, 蔡孔瑜. 杜鹃红山茶施肥试验初报[J]. 重庆林业科技, 2007(2): 21-22.
- [33] 严丹峰, 李建光, 许宇山, 等. 杜鹃红山茶花粉活力与柱头可授性研究[J]. 北方园艺, 2013(2): 71-73.
- [34] 李天菲, 林田, 徐碧玉, 等. 杜鹃红山茶花粉萌发力及贮藏耐性的研究[J]. 生物技术通报, 2008(21): 239-243.
- [35] 赵鸿杰, 乔龙巴图, 殷爱华, 等. 3 种山茶属植物花粉活力测定方法的比较[J]. 中南林业科技大学学报, 2010, 30(3): 105-107.
- [36] 刘玉玲, 潘文, 张方秋, 等. 杜鹃红山茶花粉保存及其生活力测定[J]. 广东林业科技, 2010, 26(2): 1-6.
- [37] 王有兵, 徐斌, 张方秋, 等. 杜鹃红山茶的 2n 花粉自然发生及其诱导初步研究[J]. 广东林业科技, 2011, 27(6): 9-15.
- [38] 黄万坚, 刘信凯, 高继银. 杜鹃红山茶杂交育种初步研究[C]//中国第二届茶花育种学术研讨会论文集. 大理: 中国茶花协会, 2008: 58-64.
- [39] 高继银, 刘信凯, 赵强民. 四季茶花杂交新品种彩色图集[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 2016.
- [40] 汪越, 易慧琳, 刘楠, 等. 光强和施肥对杜鹃红山茶成花品质的影响[J]. 生态科学, 2016, 35(6): 41-45.
- [41] 吴刘萍, 许衍才, 廖飞雄, 等. 杜鹃红山茶叶片叶绿素荧光对干旱胁迫及复水处理的响应[J]. 广东农业科学, 2017, 44(10): 25-31.
- [42] 赵鸿杰, 薛克娜, 张学平, 等. 不同肥力基质条件下张氏红山茶扦插苗的生长和光合生理特性[J]. 东北林业大学学报, 2011, 39(9): 40-42.
- [43] 刘红晓, 袁莲莲, 刘楠, 等. 杜鹃红山茶(*Camellia changii* Ye)的扦插苗、嫁接苗和砧木的光合作用特征[J]. 生态环境学报, 2013, 22(6): 996-1000.
- [44] 李辛雷, 李纪元, 范正琪, 等. 4 种山茶花营养成分及有害元素含量分析[J]. 林业科学研究, 2010, 23(2): 298-301.
- [45] 李辛雷, 李纪元, 范正琪. 杜鹃红山茶花色色素提取及其性质[J]. 林业科学, 2011, 47(1): 79-84.
- [46] 王仲郎, 王霜, 梁静, 等. 珍稀植物杜鹃红山茶的核型及其育种学意义[C]//中国首届茶花育种学术研讨会论文集. [出版者不详]: [出版者不详], 2007.
- [47] 罗晓莹, 莫罗坚, 庄雪影. 杜鹃红山茶大小孢子发生及雌雄配子体发育研究[J]. 华南农业大学学报, 2010, 31(4): 68-75.
- [48] 徐斌, 彭利霞, 杨会肖, 等. 杜鹃红山茶叶片主要性状的遗传多样性分析[J]. 植物研究, 2015, 35(5): 730-734.
- [49] 徐颖. 山茶属植物个体内 rDNA 多态性及杜鹃红山茶的空间遗传结构[D]. 上海: 复旦大学, 2012.
- [50] 罗晓莹, 庄雪影, 杨跃生. 杜鹃红山茶遗传多样性的 ISSR 分析[J]. 热带亚热带植物学报, 2007, 15(2): 93-100.
- [51] 徐斌, 廖焕琴, 杨会肖, 等. 杜鹃红山茶优良无性系遗传多样性的 ISSR 分析[J]. 北方园艺, 2017(7): 127-131.
- [52] 徐斌, 张方秋, 潘文, 等. 鲜叶保存方法对杜鹃红山茶基因组 DNA 提取的影响[J]. 广东林业科技, 2008, 24(2): 5-9.
- [53] 王江英, 范正琪, 殷恒福, 等. 杜鹃红山茶 CaCPI 基因的克隆及过量表达提高烟草植株的抗虫性[J]. 华北农学报, 2015, 30(5): 57-64.
- [54] 王江英, 范正琪, 殷恒福, 等. 杜鹃红山茶 CaAPX 基因的克隆、表达及功能分析[J]. 林业科学研究, 2016, 29(4): 471-479.
- [55] 游慕贤. 杜鹃红山茶的变异品种[J]. 中国花卉园艺, 2006, 16(1): 48-49.
- [56] 林喜珀, 陈永聚, 邓石婷. 杜鹃红山茶种质资源表型变异和保存技术研究[J]. 中国林业产业, 2016(7): 146-147.
- [57] 朱高浦, 李纪元. 珍稀濒危植物张氏红山茶研究进展(综述)[J]. 亚热带植物科学, 2009, 38(3): 83-89.
- [58] 汪梅蓉. 四季茶花新品种引种及生产关键技术[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2011.