

云南几种杜鹃杂交育种初探*

郑硕理, 易陈燃, 刘 巧, 张敬丽**

(云南农业大学 园林园艺学院, 云南 昆明 650201)

摘要: 为了探究杜鹃花杂交育种规律, 加快国内杜鹃花育种进程, 本研究以云锦杜鹃、大白杜鹃、露珠杜鹃、蝶花杜鹃、映山红、羊躑躅为亲本进行了 22 个组合的常规人工杂交授粉试验, 研究了云南几种杜鹃的杂交亲和性、坐果率、杂交种子重量与萌发率的关系。结果表明: 云锦杜鹃在杂交组合中作父母本均具有较好的亲和性, 坐果率 21% ~ 75%, 杂交种子萌发率 41% ~ 88%, 大白杜鹃次之, 坐果率 3% ~ 66%, 杂交种子萌发率 76% ~ 82%; 杂交组合坐果率与母本的选择关系密切, 母本亲和力越好坐果率相对越高; 种子越重越有利于萌发, 但萌发过程还同时受到环境因子和胚自身活力的影响。本研究结果对杜鹃花杂交育种具有借鉴意义, 云锦杜鹃、大白杜鹃综合性状优良, 杂交亲和性较好, 可作为常绿杜鹃花育种的优秀亲本。

关键词: 杜鹃; 杂交; 育种

中图分类号: S 685.210.36 文献标志码: A 文章编号: 1004-390X (2016) 06-1052-06

Primary Study on Hybridization Breeding among Several *Rhododendron* Species in Yunnan Province

ZHENG Shuoli, YI Chenran, LIU Qiao, ZHANG Jingli

(College of Landscape and Horticulture, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: For exploring the rule of *Rhododendron* breeding and accelerate the progress of domestic *Rhododendron* breeding, we studied the compatibility, fruit setting rate, the relationship between hybrid seeds weight and seeds germinate rate of several *Rhododendron* species, through the experiment of twenty-two artificial hybrid combinations of *Rhododendron fortunei* Lindl, *R. decorum* Franch, *R. irroratum* Franch, *R. aberconwayi* Cowan, *R. simsii* Planch, *R. molle* (Blum) G. Don. The results showed that *R. fortunei* had preferable affinity when it served as both male parent and female parent, fruit setting rates reached 21% ~ 75%, seeds germination rates accounted 41% ~ 88%, and the affinity of *R. decorum* came the second, fruit setting rates reached 3% ~ 66%, seeds germination rates accounted 76% ~ 82%. The fruit setting rates of the artificial hybrid combinations depended on the female parents. The seeds weight was more important for germination, but the germinating process was influenced by the environment factors and the vitality of embryos. It is important significance for the *Rhododendron* breeding. Both *R. fortunei* and *R. decorum* have good comprehensive characters and could be excellent parents for evergreen *Rhododendron* breeding.

Keywords: *Rhododendron*; hybridization; breeding

收稿日期: 2015-06-01

修回日期: 2015-09-08

网络出版时间: 2016-11-11 10:36

* 基金项目: 国家自然科学基金项目 (31260079)。

作者简介: 郑硕理 (1990—), 男, 湖南长沙人, 在读硕士研究生, 主要从事野生植物资源起源与应用研究。

E-mail: stanleyzhen@qq.com

** 通信作者 Corresponding author: 张敬丽 (1975—), 女, 河南开封人, 博士, 副教授, 主要从事野生植物资源起源与应用研究。E-mail: jl200812@yeah.net

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/53.1044.S.20161111.1036.027.html>

杜鹃花属于杜鹃科 (Ericaceae) 杜鹃属, 全世界约有 1 140 余种 (包括亚种和变种)^[1], 其中中国约 560 余种, 占世界种类的 59%。云南杜鹃花资源丰富种类有 320 种、亚种和变种^[2]。19 世纪末, 中国 306 种杜鹃被引入到西方^[3-4], 并被誉为能够创造全新景观的巨大财富, 它同月季、山茶、牡丹一起是中国贡献给世界的四大优良木本花卉。过去 250 年中, 西方园艺家们从这笔财富里选育出超过 30 000 个杜鹃品种^[5-6], 随着育种技术成熟, 应用方式完善, 使得杜鹃花成为西方园林及私人庭院中最引人注目的花卉。而国内相关育种研究薄弱, 获得新品种较少。张长芹等^[7]研究表明: 杜鹃属之中不同亚属间杂交不育, 同亚属间杂交亲和力强。耿兴敏等^[8]研究则说明杜鹃花不同亚属间杂交亲和性差异显著。本研究通过对几种云南常见杜鹃属不同亚属的植物进行人工杂交授粉试验, 研究了云南几种杜鹃的杂交亲和性、坐果率、杂交种子重量与萌发率的关系, 以期促进中国杜鹃花育种进程。

1 材料与方法

1.1 材料

以昆明地区种植的云锦杜鹃、大白杜鹃、露珠杜鹃、蝶花杜鹃、映山红、羊躑躅 6 种杜鹃为亲本, 于 2014 年 3—5 月进行了 22 个常规人工授粉杂交试验。由于蝶花杜鹃植株和开花花朵较少, 在本研究中仅用做父本。

1.2 方法

1.2.1 杂交组合试验

于花蕾开放前 1~2 d 小心除去雄蕊、套袋, 待柱头充满黏液, 在晴朗的上午采集相应杂交组合父本即将开放的花蕾, 取其父本雄蕊进行人工授粉, 连续授粉 2 d 继续套袋, 挂好标牌, 7 d 后摘下套袋。2014 年 8 月计算坐果率, 坐果率 = 膨大子房数/授粉子房数 × 100%。杂交种子的采收以授粉果实由绿变褐, 果实顶部稍稍开裂时为佳。

1.2.2 各杂交组合各果实种子数比较

将收回的杂交果实自然风干, 取出种子, 除去杂质, 数好每个果实中种子数, 对不同杂交组合间种子数进行比较。

1.2.3 种子千粒重

每个组合均数出 10 份 (每份 100 颗种子), 用分析天平 (Sartorius BSA224S-CW) 称量各杂交

组合 10 份种子, 求平均值得出种子百粒重换算得出千粒重。

1.2.4 不同杂交组合种子萌发率统计

将杂交组合种子各数 50 颗, 置于有湿润脱脂棉的培养皿中, 培养皿置于上海一恒 MGC-250 型光照培养箱, 参数设置为白天 12 h 温度 20 ℃, 光照 4 000 lx; 夜间 12 h 温度 18 ℃。以子叶展开视其为萌发标准, 直到连续 10 d 萌发数不再变化。每个组合重复 3 次, 结果取平均值。

1.2.5 数据处理

用 SPSS 软件将所得试验数据进行单因素比较 Duncan 检验, 设定 $P=0.01$ 。

2 结果与分析

2.1 各杂交组合坐果率比较

同亚属之间杂交的坐果率高于不同亚属之间的坐果率。常绿杜鹃亚属中, 杂交坐果率最高为 75%, 最低为 0, 平均坐果率为 50.1%。不同亚属之间杂交坐果率最高为云锦杜鹃 ♀ × 映山红 ♂ 21.7%, 最低为 0, 平均坐果率为 16.0% (表 1)。

云锦杜鹃和大白杜鹃作母本时坐果率高于其他 3 种杜鹃 (露珠杜鹃、羊躑躅和映山红) 作母本时的坐果率。尤其是云锦杜鹃 (云锦杜鹃亚属), 与其他常绿杜鹃亚属种类 (大白杜鹃、露珠杜鹃和蝶花杜鹃) 杂交坐果率均在 50% 以上, 与羊躑躅 (羊躑躅亚属) 杂交坐果率为 18.1%, 与映山红 (映山红亚属) 杂交的坐果率为 21.7%。大白杜鹃作母本与羊躑躅、映山红杂交虽有子房发育, 但采收果实后发现种子败育, 大白杜鹃 ♀ × 露珠杜鹃 ♂ 坐果率为 66.6%, 大白杜鹃 ♀ × 蝶花杜鹃 ♂ 坐果率为 62.5%。露珠杜鹃作母本仅与云锦杜鹃产生杂交后代, 坐果率为 38.4%。羊躑躅与映山红作母本时的坐果率则全部为 0 (表 1)。

2.2 亲本和各杂交组合平均单个果实种子数比较

自然结实情况下, 云锦杜鹃平均单个果实约有 1 500 粒种子。大白杜鹃平均单个果实约有 1 450 粒种子。露珠杜鹃为 1 220 粒。各杂交组合种子数变化较大, 如露珠杜鹃 ♀ × 云锦杜鹃 ♂ 平均单个果实种子仅为 136 粒, 云锦杜鹃 ♀ × 映山红 ♂ 平均单个果实种子约 1 050 粒, 云锦杜鹃 ♀ × 露珠杜鹃 ♂ 平均单个果实种子数则有 1 800 粒 (表 1)。

方差分析得知: 露珠杜鹃 ♀ × 云锦杜鹃 ♂ 与其

他各杂交组合及母本自然状态下的平均单个果实种子数存在显著差异，云锦杜鹃♀×露珠杜鹃♂、云锦杜鹃♀×羊躑躅♂和露珠杜鹃♀×云锦杜鹃♂平均单个果实种子数存在显著性差异。

表 1 6 种杜鹃花杂交授粉试验组合
Tab. 1 Gross-pollination of six species *Rhododendron*

序号 No.	母本 ♀ female parent	父本 ♂ male parent	坐果率/% fruit develop ment rate	蒴果平均种子 数/粒 average seeds number of per capsule	种子千粒重/mg 1 000-seeds weight	种子萌发率/% seeds germinate rate
1	云锦杜鹃 <i>R. fortunei</i>	大白杜鹃 <i>R. decorum</i>	75.0 (18/24)	1 345 bc	156.2 b	88
2	云锦杜鹃 <i>R. fortunei</i>	露珠杜鹃 <i>R. irroratum</i>	58.3 (14/24)	1 800 c	158.4 b	43.2
3	云锦杜鹃 <i>R. fortunei</i>	羊躑躅 <i>R. molle</i>	18.1 (4/22)	910 b	193.4 cd	76
4	云锦杜鹃 <i>R. fortunei</i>	映山红 <i>R. simsii</i>	21.7 (5/23)	1 050 bc	41.1 a	41.2
5	云锦杜鹃 <i>R. fortunei</i>	蝶花杜鹃 <i>R. aberconwayi</i>	50.0 (12/24)	1 676 bc	214.4 d	62.6
6	大白杜鹃 <i>R. decorum</i>	云锦杜鹃 <i>R. fortunei</i>	0(0/10)	—	—	—
7	大白杜鹃 <i>R. decorum</i>	露珠杜鹃 <i>R. irroratum</i>	66.6(18/27)	1353 bc	174.0 bc	77.9
8	大白杜鹃 <i>R. decorum</i>	羊躑躅 <i>R. molle</i>	21.2(7/33)	—	—	—
9	大白杜鹃 <i>R. decorum</i>	映山红 <i>R. simsii</i>	3.0(1/33)	—	—	—
10	大白杜鹃 <i>R. decorum</i>	蝶花杜鹃 <i>R. aberconwayi</i>	62.5(15/24)	1 354 bc	195.4 cd	82.6
11	露珠杜鹃 <i>R. irroratum</i>	云锦杜鹃 <i>R. fortunei</i>	38.4(10/26)	136 a	171.0 bc	76
12	露珠杜鹃 <i>R. irroratum</i>	大白杜鹃 <i>R. decorum</i>	0(0/21)	—	—	—
13	露珠杜鹃 <i>R. irroratum</i>	羊躑躅 <i>R. molle</i>	0(0/28)	—	—	—
14	露珠杜鹃 <i>R. irroratum</i>	映山红 <i>R. simsii</i>	0(0/24)	—	—	—
15	羊躑躅 <i>R. molle</i>	云锦杜鹃 <i>R. fortunei</i>	0(0/9)	—	—	—
16	羊躑躅 <i>R. molle</i>	大白杜鹃 <i>R. decorum</i>	0(0/10)	—	—	—
17	羊躑躅 <i>R. molle</i>	露珠杜鹃 <i>R. irroratum</i>	0(0/13)	—	—	—
18	羊躑躅 <i>R. molle</i>	蝶花杜鹃 <i>R. aberconwayi</i>	0(0/51)	—	—	—
19	映山红 <i>R. simsii</i>	云锦杜鹃 <i>R. fortunei</i>	0(0/54)	—	—	—
20	映山红 <i>R. simsii</i>	大白杜鹃 <i>R. decorum</i>	0(0/45)	—	—	—
21	映山红 <i>R. simsii</i>	露珠杜鹃 <i>R. irroratum</i>	0(0/45)	—	—	—
22	映山红 <i>R. simsii</i>	羊躑躅 <i>R. molle</i>	0(0/12)	—	—	—
23	大白杜鹃 <i>R. decorum</i>	大白杜鹃 <i>R. decorum</i>	自然结实	1 450 bc	211.9 d	82.6
24	云锦杜鹃 <i>R. fortunei</i>	云锦杜鹃 <i>R. fortunei</i>	自然结实	1 500 bc	222.5 d	93.2
25	露珠杜鹃 <i>R. irroratum</i>	露珠杜鹃 <i>R. irroratum</i>	自然结实	1 220 bc	200.0 cd	90.0

注：不同小写字母代表单因素比较 Duncan 检验中 $P=0.01$ 水平下的不同显著性差异。
Note: Different small letters show significant difference at $P=0.01$ level in Duncan's test.

2.3 亲本及各杂交组合种子千粒重比较

云锦杜鹃、大白杜鹃、露珠杜鹃 3 个亲本自然结实的种子千粒重均在 200 mg 以上，各杂交组合种子千粒重有不同程度的减轻，尤其是云锦杜鹃♀×映山红♂减重明显，千粒重为 41.1 mg。所有杂交组合中仅云锦杜鹃♀×蝶花杜鹃♂与母本自然结实种子千粒重接近。

方差分析表明：云锦杜鹃♀×映山红♂与其他各组合及亲本种子千粒重存在显著性差异。而云锦杜鹃♀×大白杜鹃♂、云锦杜鹃♀×露珠杜鹃♂又

与云锦杜鹃♀×羊躑躅♂、云锦杜鹃♀×映山红♂、云锦杜鹃♀×蝶花杜鹃♂、大白杜鹃♀×蝶花杜鹃♂及相对应母本种子千粒重存在显著性差异。

2.4 亲本及不同杂交组合种子萌发率比较

云锦杜鹃、大白杜鹃、露珠杜鹃自然结实种子萌发率分别为 93%、82%、90%，各杂交组合种子萌发率与母本自然结实种子萌发率相比均不同程度下降。由表 1 可看出：以大白杜鹃为母本的杂交种子萌发率随千粒重的增加而提高，但表 2 中所示大白杜鹃♀×露珠杜鹃♂

种子萌发率与千粒重之间不存在线性关系。以云锦杜鹃为母本的杂交种子萌发率总趋势是随千粒重的增加而提高, 同时也有千粒重较低而萌发率较高的情况。

表2 大白杜鹃♀与其他杜鹃的杂交授粉试验组合
Tab. 2 Cross-pollination between *R. decorum* ♀ and other *Rhododendron* species

序号 No.	母本♀ female parent	父本♂ male parent	坐果率/% fruit setting rate	蒴果平均种子数/粒 average seeds number of per capsule	种子千粒重/mg 1 000-seeds weight	种子萌发率/% seeds germinate rate
7-1	大白杜鹃 <i>R. decorum</i>	露珠杜鹃 <i>R. irroratum</i>	66.6 (6/9)	560	160.3	71
7-2	大白杜鹃 <i>R. decorum</i>	露珠杜鹃 <i>R. irroratum</i>	50 (4/8)	1 450	234.8	88
7-3	大白杜鹃 <i>R. decorum</i>	露珠杜鹃 <i>R. irroratum</i>	66.6 (4/6)	1 600	167.7	92.6
7-4	大白杜鹃 <i>R. decorum</i>	露珠杜鹃 <i>R. irroratum</i>	100 (4/4)	1 800	133.3	60.0
	平均值 average		66.6 (18/27)	1 353	174.0	77.9
23	大白杜鹃 <i>R. decorum</i>	大白杜鹃 <i>R. decorum</i>	自然结实	1 450	211.9	82.6

注: 7-1, 7-2, 7-3, 7-4 所示为杂交组合7 大白杜鹃♀×露珠杜鹃♂中各花序的序号。
Note: 7-1, 7-2, 7-3, 7-4 is the No. of hybrid combination 7 *R. decorum* ♀×*R. irroratum* ♂.

云锦杜鹃♀×羊躑躅♂种子萌发率较高为76%, 子叶呈现正常绿色。云锦杜鹃♀×映山红♂的种子重量明显减轻, 萌发出现了部分白化苗, 其余部分子叶表现为黄绿色。云锦杜鹃其他各组杂交种子发芽率均为40%以上, 最高达到88%。

2.5 母本个体差异与正反杂交组合

在统计坐果率时, 发现母本亲和性存在个体差异。如表2所示: 7-4 母本坐果率高达100%, 每蒴果平均种子数达到1 800粒, 坐果率、种子数都大幅超过7-1、7-2 母本。但种子萌发率则低于7-1、7-2。7-3 母本坐果率、种子数、种子千粒重都在中间水平, 但其萌发率最高。大白杜鹃×云锦杜鹃, 露珠杜鹃×云锦杜鹃, 露珠杜鹃×大白杜鹃正反杂交组合, 结果出现正交亲和、反交不亲和的明显差别或正反交均亲和而杂交种子各指标有差异。

3 讨论

3.1 各杂交组合坐果率

本试验中各杂交组合坐果率从0~75%不等, 差异显著。亲缘关系的远近影响坐果率, 不同亚属间坐果率低, 同亚属间坐果率稍高, 这与张长芹等^[7]研究的结果一致。其中大白杜鹃♀×露珠

杜鹃♂的为坐果率66.6%, 大白杜鹃♀×羊躑躅♂的坐果率为21.2%, 大白杜鹃♀×映山红♂的坐果率为3%, 大白杜鹃♀×云锦杜鹃♂的坐果率0%差异显著。汤忠皓等^[9]在金花茶育种中发现不论处理组合、气候、父母本亲和力, 授粉时期或母本的结实能力, 都能影响杂交的坐果率。可能的原因是大白杜鹃♀×云锦杜鹃♂杂交授粉花朵数偏少, 授粉时期昆明正好处于旱季末期, 空气过于干燥不利于授粉。大白杜鹃的柱头最强可授性时间仅1~2 d^[10], 云锦杜鹃♀×大白杜鹃♂和大白杜鹃♀×云锦杜鹃♂正反交关系仍需进一步研究才能确定。

3.2 各杂交组合平均单个果实种子数

各杂交组合单个果实种子数与母本自然结实相比, 大部分种子数都有不同程度的下降。郝津黎等^[11]通过对芍药属植物花粉与柱头相互作用的观察发现, 不亲和花粉会导致花粉管及柱头组织中胼胝质沉积, 阻碍花粉管生长。解玮佳等^[12]和白天^[13]的研究发现杜鹃花异种授粉时出现胼胝质反应, 导致花粉管生长异常并最终停止生长。WILLIAMS等^[14]研究认为: 杜鹃花种间杂交不亲和障碍有7种, 分别是花粉在柱头上萌发失败、花粉管在柱头表面发生异常、花粉管在花柱引导

组织内发生异常、花粉管无法到达子房、花粉管无法进入珠孔、花粉管无法进入胚囊和花粉管无法释放精细胞至胚囊。本试验中种子数下降的原因可能是花粉在异种柱头上生长异常,导致受精减少,发育的种子减少。

同亚属之间的杂交组合,平均单个果实种子数量相对较多。如云锦杜鹃♀×大白杜鹃♂、云锦杜鹃♀×露珠杜鹃♂、云锦杜鹃♀×蝶花杜鹃♂、大白杜鹃♀×露珠杜鹃♂和大白杜鹃♀×蝶花杜鹃♂均为常绿杜鹃亚属内的杂交组合,它们的平均单个果实种子数基本都在1300以上,与母本自然状态下的平均单个果实种子数接近;尤其是云锦杜鹃♀×露珠杜鹃♂的平均单个果实种子数明显高于母本和其他组合。露珠杜鹃与蝶花杜鹃均属于露珠杜鹃亚组,但本试验由于材料限制,未能对其进行杂交试验,该亚组内的杂交组合试验将在下一步的工作中进行。

不同亚属之间的杂交组合,虽然有些也能坐果,但种子数量减少。如大白杜鹃♀×羊躑躅♂、大白杜鹃♀×映山红♂有少量坐果,但采收后发现果实空扁,种子极度萎缩。原因可能是三者虽然同属于杜鹃属,但分属于不同的亚属,大白杜鹃属于常绿杜鹃亚属,羊躑躅属于羊躑躅亚属,而映山红属于映山红亚属,其亲缘关系相对较远,导致杂交授粉后胚不能正常发育,导致没有种子或种子数明显减少、部分减少的情况。

3.3 各杂交组合种子千粒重与萌发率

各组合种子千粒重与亲本自然状态下种子千粒重存在差异。如云锦杜鹃♀×映山红♂由于亲本分属不同亚属亲缘关系较远,杂交种子千粒重与母本差距较大,仅为41.1 mg,种子萌发率为41%,且方差分析显示云锦杜鹃♀×映山红♂的千粒重显著低于其他组合,种子萌发出白化苗,这可能是杂交后代核质不亲和的表现。云锦杜鹃、大白杜鹃、露珠杜鹃、蝶花杜鹃,这4种杜鹃属于常绿杜鹃亚属,这4种杜鹃的杂交组合的种子千粒重均在150 mg以上,与亲本接近,种子萌发率也相对较高,可见亲缘关系较近的杜鹃花种类更容易产生可育的杂交后代。而云锦杜鹃♀×羊躑躅♂杂交种子千粒重相对较高,与母本接近,且种子萌发率也较高,也为杜鹃花远缘杂交育种提供研究基础。

种子萌发率的总趋势是随种子千粒重的增加而

增加(表1),也存在云锦杜鹃♀×露珠杜鹃♂、云锦杜鹃♀×映山红♂萌发率接近而千粒重变化大的情况。综合这两方面来看,种子萌发率与种子重量之间不存在线性关系,杂交种子萌发率与父母本亲和性及生长状况有关。在大多数情况下杂交种子千粒重会比母本种子千粒重减小。

3.4 杜鹃杂交亲和性

本研究表明:云锦杜鹃作父母本亲和性较好、大白杜鹃亲和性次之,同一双亲正反杂交组合的结果差异明显。云锦杜鹃×大白杜鹃组合中,云锦杜鹃为母本时坐果率、种子数、千粒重、萌发率均处于较高水平,而反交没有获得果实,可能是由于反交组合数不够或授粉时间不佳。大白杜鹃×露珠杜鹃同样也是正交亲和,反交不亲和。云锦杜鹃×露珠杜鹃仅在种子千粒重方面接近,而其他指标差异较大。虽然云锦杜鹃♀×露珠杜鹃♂的种子萌发率没有露珠杜鹃♀×云锦杜鹃♂的种子萌发率高,但其具有较高坐果率和较多的种子数量来看云锦杜鹃♀×露珠杜鹃♂可以获得更多后代。这可能母本的亲和性有关,耿兴敏等^[8]研究发现,杜鹃花杂交结实率与母本的选择关系密切,这与本试验的结果一致。

张长芹等^[7]研究表明杜鹃花属之中不同亚属间杂交不育,同亚属间杂交亲和力强。KEHR^[15]通过总结前人及自己的育种经验得出杜鹃花属各亚属间杂交成功率不同,有些相对容易有些则很困难。本研究中,云锦杜鹃、大白杜鹃、露珠杜鹃、蝶花杜鹃均为常绿杜鹃亚属,相对容易获得较多杂交后代。而羊躑躅、映山红与上述杜鹃分属不同亚属,与其杂交也获得一定的杂交后代。杜鹃花种类繁多,对于杂交育种而言有着丰富多样的亲本,亲本间的可配性需要在已有研究基础上不断尝试和不断完善。

母本亲和性优良的种类对于打破杜鹃花亚属间生殖隔离,培育杜鹃花新类型可能有重要作用。云锦杜鹃在中国自然分布广泛,彭春良等^[16]于2006年引种云锦杜鹃至湖南省植物园(长沙),越夏采取遮阴增湿等人工措施,已开花结果,适应性表现良好。云锦杜鹃是培育适应低海拔地区高山常绿杜鹃好材料。大白杜鹃在西南地区分布广泛,引种至庐山植物园生长良好^[17]。苏家乐等^[18]利用大白杜鹃和常绿杜鹃亚属品种得到4个

花朵具有香味的杂交后代, 大白杜鹃同样也是杜鹃花育种好材料。杂交后代出现白化现象时 URESHINO 等^[19]通过三重杂交、回交从而克服幼苗白化问题。汤忠皓等^[9]在金花茶育种提及母树具有多产习性与本研究中母本不同个体具有差异性有类似的发现。由此可见, 亲和性、结实力优良单株作母本有利于杂交育种。

[参考文献]

- [1] CHAMBERLAIN D, HYAM R, ARGENT G, et al. The genus *Rhododendron*: its classification and synonymy [M]. Edinburgh: Royal Botanic Garden, 1996.
- [2] 张长芹. 云南杜鹃花 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 2008.
- [3] NELSON S. *Rhododendrons in the landscape* [M]. [S. l.]: Timber Press, 2000: 17.
- [4] 苏雪痕. 英国引种中国园林植物种质资源史实及应用概况 [J]. 园艺学报, 1987, 14 (2): 133.
- [5] CULLEN J. Hardy *Rhododendron* species: a guide to identification [M]. [S. l.]: Timber Press, 2014.
- [6] MAGOR W. A History of *Rhododendrons* [M]. Digital Library & Archives of the Virginia Tech University Libraries, 1990.
- [7] 张长芹, 冯宝钧, 吕元林. 杜鹃花属的杂交育种研究 [J]. 云南植物研究, 1998, 20 (1): 94.
- [8] 耿兴敏, 张超仪, 罗凤霞, 等. 中国野生杜鹃杂交结实性研究 [J]. 江苏农业科学, 2013, 41 (2): 159.
- [9] 汤忠皓, 黄连冬. 金花茶杂交育种初报 [J]. 北京林业大学学报, 1987, 9 (4): 374.
- [10] 张敬丽. 杜鹃花属迷人杜鹃的自然杂交起源研究 [D]. 昆明: 中国科学院昆明植物研究所, 2007.
- [11] 郝津黎, 赵娜, 石颜通, 等. 黄牡丹远缘杂交亲和性及杂交后代形态分析 [J]. 园艺学报, 2014, 41 (8): 1651.
- [12] 解玮佳, 李世峰, 李树发, 等. 高山杜鹃与大喇叭杜鹃种间杂交过程的观察研究 [J]. 西北植物学报, 2012, 32 (12): 2432.
- [13] 白天. 二种野生杜鹃开花生物学特性及杂交育种研究 [D]. 昆明: 云南农业大学, 2013.
- [14] WILLIAMS E G, KNOX R B, ROUSE J L. Pollination subsystems distinguished by pollen tube arrest after incompatible interspecific crosses in *Rhododendron* [J]. Journal of Cell Science, 1982, 53: 255.
- [15] KEHR A E. Azaleodendron breeding [J]. Quarterly Bulletin of American *Rhododendron* Society, 1977, 31 (4): 缺失.
- [16] 彭春良, 廖菊阳, 朱颖芳, 等. 湖南杜鹃属植物种类及引种适应性研究 [J]. 中南林业调查规划, 2010, (1): 642.
- [17] 刘永书. 杜鹃花的引种栽培试验初报 [J]. 江西农业大学学报, 1990 (3): 40.
- [18] 苏家乐, 何丽斯, 刘晓青, 等. 不同高山杜鹃品种杂交后代花瓣香气成分 HS-SPME-GC-MS 分析 [J]. 江苏农业学报, 2014, 30 (1): 227.
- [19] URESHINO K, MIYAJIMA I, AKABANE M. Effectiveness of three-way crossing for the breeding of yellow-flowered evergreen azalea [J]. Euphytica, 1998, 140 (1): 113.