

滇牡丹在菏泽的引种表现及初步育种实践

王建民, 张佩, 孙凯

(菏泽市牡丹区牡丹研究院, 山东 菏泽 274000)

摘要: 为有效利用滇牡丹资源, 加快牡丹性状改良, 自2016年开始, 分别从滇牡丹原产地香格里拉和驯化地甘肃榆中引种滇牡丹种子和种苗, 在山东菏泽进行了栽培试验和杂交育种工作。结果发现, 从香格里拉引进的滇牡丹种子和种苗, 栽培1~2 a后全部死亡, 从榆中县引种的种子播种苗成活率为30%。2018年榆中引进的2年生和5年生苗栽植1 a后的成活率分别达85.5%、68.0%, 2022年的成活率分别为2.7%、8.0%。以滇牡丹为母本, 以牡丹栽培品种混合花粉为父本进行杂交, 获得7株杂交后代; 以滇牡丹为母本, 以牡丹栽培品种岛锦为父本进行杂交, 获得2株杂交后代; 滇牡丹作父本的杂交组合均未获得杂交后代。本研究将滇牡丹成功引种到菏泽, 丰富了菏泽的滇牡丹基因资源, 为培育菏泽含有滇牡丹基因的一系列牡丹、芍药栽培品种, 提升牡丹育种水平, 促进中国牡丹产业发展提供技术支持。

关键词: 滇牡丹; 引种; 驯化; 杂交育种; 香格里拉市; 榆中县

中图分类号: S685.11 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-2172(2025)02-0166-05

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2025.02.012

Introduction Performance of *Paeonia delavayi* and Its Preliminary Breeding Practice in Heze Region

WANG Jianmin, ZHANG Pei, SUN Kai

(Peony Research Institute of Heze City, Heze Shandong 274000, China)

Abstract: To effectively utilize the germplasm resource of *P. delavayi* and accelerate trait improvement in peony breeding, seeds and seedlings of *P. delavayi* were introduced from its provenance Shangri-La and domestication area Yuzhong, Gansu. Subsequently, they were cultivated, observed and utilized for crossbreeding. The results showed that the seeds and seedlings introduced from Shangri-La all died after 1 to 2 years of cultivation, while the seedling survival rate of seeds introduced from Yuzhong County was 30%. After 1 year of planting, the survival rates of 2-year-old and 5-year-old seedlings introduced from Yuzhong in 2018 reached 85.5% and 68.0%, respectively, while in 2022, the survival rates dropped to 2.7% and 8.0%, respectively. Crossbreeding was carried out using *P. delavayi* as the female parent and mixed pollen from cultivated peony varieties as the male parent, resulting in 7 hybrid offspring. Using *P. delavayi* as the female parent and the cultivated peony variety Daojin as the male parent, 2 hybrid offspring were obtained. No hybrid offspring were obtained when *P. delavayi* was used as pollen parent. This study successfully introduced *P. delavayi* into Heze, enriching the genetic resources of *P. delavayi* in Heze and providing technical support for the breeding of peony and herbaceous peony varieties containing genes of *P. delavayi*, improving the level of peony breeding, and promoting the development of the peony industry in China.

Key words: *Paeonia delavayi*; Introduction; Domestication; Crossbreeding; Shangri-La; Yuzhong County

山东省菏泽市是著名的“中国牡丹之都”, 是世界最大的牡丹栽培中心。菏泽牡丹栽培品种属芍药科(Paeoniaceae)芍药属(*Paeonia*)牡丹组(Sect. *Moutan* DC.)革质花盘亚组^[1], 现有牡丹栽培品种1300多个。据《中国植物志》记录, 牡丹组共有7个野生种, 全部原产于中国, 主要分布在中国西藏、云南、湖北、甘肃、山西、四川、重庆等地, 牡丹野生种主要生长在海拔较高, 气候温暖、凉

爽、干燥的高山峡谷地带^[2-3]。菏泽市为黄河冲积平原, 地势平坦, 海拔较低, 夏秋季高温多雨, 牡丹野生种不易自然存活生长。因此, 目前菏泽牡丹的杂交育种主要是在品种之间和品种群之间, 所有牡丹野生种均未直接参与到菏泽牡丹的杂交育种当中。由于缺乏相关花色基因, 造成菏泽牡丹栽培品种花色不纯正, 特别缺少纯黄色、纯红色、纯绿色、香槟色和黑色。此外, 长期近亲杂

收稿日期: 2024-08-06; 修订日期: 2024-12-01

作者简介: 王建民(1972—), 男, 山东菏泽人, 农艺师, 研究方向为牡丹、芍药引种栽培。Email: 18005400736@163.com。

交也使许多品种逐渐退化、抗性减弱、生长势衰退^[4]。

滇牡丹(*Paeonia delavayi*)是中国特有的牡丹野生种之一,属于牡丹组肉质花盘亚组(Subsect. *Delavayanae*),是紫牡丹(*P. delavayi*)、黄牡丹(*P. lutea*)、狭叶牡丹(*P. potanini*)的合称^[5]。滇牡丹主要分布于云南省西北部、四川省西南部及西藏自治区东南部,多生长在海拔2 300~3 700 m的山地阳坡及草丛中,喜凉爽、温暖,不畏严寒,害怕炎热,生长期需充足阳光,又不能直接曝晒,开花期宜稍阴,最怕阴雨连绵^[6]。在所有牡丹野生种中,滇牡丹花色最为丰富,包括纯黄色、纯红色、深紫黑色、香槟色、绿色、复色以及许多自然杂交后形成的过渡色,花香浓郁怡人^[7],是牡丹杂交育种的优良原始亲本资源。滇牡丹自19世纪末就被引种到国外,以美国Saunders为代表的牡丹育种家,利用滇牡丹培育出一系列纯黄色和墨紫红色等非常著名的牡丹品种,至今仍然是最受市场欢迎的牡丹品种系列之一^[8]。香格里拉是滇牡丹的原产地之一,为避免对野生资源造成破坏,一般采集人工栽培种子和种苗进行滇牡丹资源保存和繁殖。滇牡丹是培育亚组间杂种*P. × lemoinei*的基础,也为Itoh杂种提供了重要基因资源^[9]。受夏秋季高温多雨等自然因素的制约,菏泽地区滇牡丹野生种的存活率很低。滇牡丹的引种困难,使滇牡丹基因资源在菏泽牡丹中的应用受到了限制。为改变现状,本研究历时7 a,将滇牡丹通过直接引种和驯化后的方式引种至菏泽,进行亚组间杂交和组间杂交,以期牡丹突破性品种选育奠定基础,进一步为菏泽乃至中国牡丹产业的发展提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验用滇牡丹种子和种苗分别引自云南省香格里拉市高山植物园的人工栽培基地(香格里拉)和甘肃省榆中县(榆中)紫斑牡丹基地经过驯化的滇牡

丹后代。试验牡丹栽培品种包括初乌、如花似玉、月宫珠光、芳纪、岛锦,芍药栽培品种包括大富贵、红峰、雪原红花、杨妃出浴、紫凤羽、奇花露霜、紫菱锦袍,均来自菏泽市牡丹区牡丹研究院试验基地(菏泽)。

1.2 试验区概况

试验设在菏泽市牡丹区牡丹研究院基地,种子和种苗来源地自然概况见表1。其中,菏泽海拔最低,年平均气温最高,年平均降水量、年均日照时数、无霜期、pH等数据介于原产地香格里拉和驯化地甘肃榆中之间。

1.3 试验方法

1.3.1 播种 2016年10月上旬,从香格里拉引进混收的滇牡丹种子,水选后取4 000粒饱满种子,立即在菏泽市牡丹区牡丹研究院基地大田点播,2017年4月中旬统计发芽率。2017年10月上旬,从香格里拉引进混收的滇牡丹种子,水选后在菏泽市牡丹区牡丹研究院基地采取大田点播2 000粒,2018年3月下旬统计发芽率。2021年10月上旬,分别从香格里拉和榆中引进0.2 kg混收的滇牡丹种子,水选后分别取200粒饱满种子。榆中种子采取大田点播,香格里拉种子采取无纺布袋(基质为椰糠)点播,2022年4月上旬统计发芽率。2022年6月上旬,为滇牡丹幼苗搭设遮光率为65%的遮光网,2022年10月底统计成活率。

$$\text{发芽率}=(\text{发芽株数}/\text{播种粒数})\times 100\%$$

$$\text{成活率}=(\text{成活株数}/\text{种植总株数})\times 100\%$$

1.3.2 种苗栽植 2016年10月从香格里拉引进5年生滇牡丹苗30棵和2年生滇牡丹苗100棵,分别于2017年5月上旬(第1次)和10月底(第2次)统计成活率。2018年10月从榆中引进5年生滇牡丹苗50棵和2年生滇牡丹苗1 000棵,分别于2019年5月上旬(第1次)及10月底(第2次)统计成活率。栽植方式为大田穴植,株距50 cm,行距75 cm,以直径20 cm打坑机打栽植穴,穴深35 cm。2022年10月底继续统计成活率。

表1 滇牡丹试验地和引种地自然概况

| 试验区 | 海拔 /m | 平均气温 /°C | 最高气温 /°C | 最低气温 /°C | 年均降水量 /mm | 年均日照时数 /h | 无霜期 /d | 土壤 类型 | 土壤 pH |
|------|----------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-----------|----------|----------|
| 菏泽 | 51 | 14.2 | 40.9 | -16.5 | 593.6 | 2 298.8 | 210 | 砂壤土 | 7.6 |
| 香格里拉 | 3 300 | 5.9 | 25.1 | -12.5 | 648.0 | 2 155.9 | 240 | 棕壤土 | 6.8 |
| 榆中 | 1 928 | 9.1 | 39.8 | -23.1 | 327.7 | 2 607.6 | 186 | 黄绵土 | 8.0 |

1.3.3 杂交育种 以成活的滇牡丹做母本或父本，与菏泽牡丹、芍药栽培品种开展亚组间和组间杂交工作。花朵含苞待放时，去除雄蕊，套硫酸纸袋。去雄 1~3 d 后，待柱头分泌黏液时进行授粉，每天授粉 1 次，连续授粉 2 次，7 d 后去除硫酸纸袋。2021 年 4 月 19 日至 5 月 6 日进行杂交处理，具体杂交组合见表 2。2021 年 8 月 1 日采收种子，随采随播，于 2021 年 8 月 6 日，大田点播。2022 年 5 月上旬统计发芽株数，2022 年 10 月底统计成活株数。

表 2 滇牡丹杂交组合

| 处理 | 母本 | 父本 | 数量 / 朵 | 授粉时间 / (日/月) |
|----|------|-----------------------|--------|--------------|
| T1 | 滇牡丹 | 初乌、如花似玉、月宫珠光、芳纪的混合花粉 | 100 | 19/4 |
| T2 | 滇牡丹 | 大富贵、红峰、雪原红花、杨妃出浴的混合花粉 | 100 | 19/4 |
| T3 | 岛锦 | 滇牡丹 | 75 | 19/4 |
| T4 | 滇牡丹 | 岛锦 | 35 | 19/4 |
| T5 | 紫凤羽 | 滇牡丹 | 35 | 3/5 |
| T6 | 紫菱锦袍 | 滇牡丹 | 35 | 3/5 |
| T7 | 奇花露霜 | 滇牡丹 | 35 | 6/5 |

1.4 数据分析

利用 Microsoft Excel 2019 软件进行数据分析和图表绘制。

2 结果与分析

2.1 滇牡丹种子引种

由表 3 可以看出，2017 年 4 月中旬统计从云南香格里拉引进滇牡丹种子发芽数量为 840 棵，

发芽率为 21%。5 月下旬，发现滇牡丹幼苗有日灼现象，叶片出现干尖、干叶，立即为滇牡丹幼苗搭设遮光率为 65% 的遮光网。7 月下旬至 8 月上旬，气温连续多天达到 36 ℃ 以上，并且阴雨连绵，滇牡丹幼苗逐渐干枯，至 8 月下旬，全部死亡。2018 年 3 月下旬统计从云南香格里拉引进滇牡丹种子发芽数量为 380 棵，发芽率为 19%。2018 年 4 月 6 日，菏泽出现严重“倒春寒”，气温骤降至 -4 ℃，滇牡丹幼苗全部冻死。2022 年 4 月上旬统计从榆中引进滇牡丹种子发芽数量为 60 棵，发芽率为 30%，发芽后叶片未出现干尖、干叶现象；香格里拉滇牡丹种子发芽数量为 70 棵，发芽率为 35%。2022 年 10 月底，榆中滇牡丹实生苗成活 18 棵，成活率 30%；香格里拉滇牡丹实生苗全部死亡。同样采用大田点播，从榆中引种的滇牡丹种子发芽率比香格里拉高 9%~11%；从香格里拉引种的滇牡丹种子，无纺布袋点播的发芽率比大田点播高 14%~16%。此外，从香格里拉引种的滇牡丹种子发芽后，无论是遮阴管理还是露天管理，都不能正常生长。

2.2 滇牡丹种苗引种

由表 4 可以看出，2017 年 5 月上旬第 1 次统计从云南香格里拉引进滇牡丹种苗成活率，5 年生苗成活 9 棵，成活率 30.0%；2 年生苗成活 25 棵，成活率 25.0%。但经过观察，滇牡丹虽然成活，但叶片不舒展，呈半萎蔫状态。经历夏秋季高温阴雨，至 2017 年 10 月底第 2 次统计，5 年生苗和 2

表 3 滇牡丹种子引种结果

| 种子来源 | 种子数量 / 粒 | 播种时间 / (日/月/年) | 播种方法 | 翌春发芽数量 / 棵 | 翌春发芽率 / % | 夏季管理方法 | 翌秋成活数量 / 棵 | 翌秋成活率 / % |
|------|----------|----------------|--------|------------|-----------|--------|------------|-----------|
| 香格里拉 | 4 000 | 5/10/2016 | 大田点播 | 840 | 21 | 遮阴栽培 | 0 | 0 |
| 香格里拉 | 2 000 | 5/10/2017 | 大田点播 | 380 | 19 | 露天栽培 | 0 | 0 |
| 榆中 | 200 | 5/10/2021 | 大田点播 | 60 | 30 | 遮阴栽培 | 18 | 30 |
| 香格里拉 | 200 | 5/10/2021 | 无纺布袋点播 | 70 | 35 | 遮阴栽培 | 0 | 0 |

表 4 滇牡丹种苗引种结果

| 种苗来源 | 种苗数量 / 个 | 栽植时间 / (日/月/年) | 第 1 次统计 | | 第 2 次统计 | | 2022 年统计 | |
|------|----------|----------------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
| | | | 成活株数 / 棵 | 成活率 / % | 成活株数 / 棵 | 成活率 / % | 成活株数 / 棵 | 成活率 / % |
| 香格里拉 | 30 | 5/10/2016 | 9 | 30.0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 香格里拉 | 100 | 5/10/2016 | 25 | 25.0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 榆中 | 50 | 5/10/2018 | 40 | 80.0 | 34 | 68.0 | 4 | 8.0 |
| 榆中 | 1 000 | 5/10/2018 | 900 | 90.0 | 855 | 85.5 | 27 | 2.7 |

年生苗全部死亡。2019年5月上旬第1次统计从榆中引进滇牡丹种苗成活率,5年生苗成活40棵,成活率80.0%;2年生苗成活900棵,成活率90.0%。滇牡丹叶片舒展,生长旺盛。经历菏泽市夏秋季高温阴雨,2019年10月底第2次统计成活率,5年生苗成活34棵,成活率68.0%;2年生苗成活855棵,成活率85.5%。2021年7月至10月,因为出现长时间连阴雨天气,栽植滇牡丹种苗地块虽然没有明显积水,但土壤湿度长时间处于“饱和”状态,造成滇牡丹种苗大量死亡。2022年10月底,5年生苗存活4棵,存活率8.0%;2年生苗存活27棵,存活率2.7%。

2.3 滇牡丹在菏泽的表现

菏泽市通常3月15日左右气温达到8~20℃时,滇牡丹种苗开始发芽。3月20—26日,气温9~25℃,滇牡丹发芽迅速,并开始快速生长。4月10日左右,个别花朵盛开。4月15—20日为盛花期。从初开到花谢,单朵花期5~7d。花枝上除1个主蕾外,下部有1~3个侧蕾,主蕾花谢后,侧蕾陆续开花,群体花期长达30d,至5月10日仍有花朵盛开。7月底至8月初,果实成熟。11月下旬至12月上旬,随着气温降至0℃以下,枝叶因受冻全部干枯,进入休眠期。在菏泽,滇牡丹盛花期时的花朵直径大多为3~5cm,比原产地香格里拉滇牡丹盛花期时的花朵直径小50%左右,比驯化地榆中小30%左右。4—5月,植株生长旺盛,但与原产地和驯化地相比,开花率较低。菏泽市7月上旬至8月上旬,36℃以上的高温 and 强光对滇牡丹叶片灼伤非常严重,出现二次萌发现象。冬季的低温和寒风,使地上部枝条干枯,到春季,再从地下萌发出新的枝条。因此,在菏泽滇牡丹大部分为丛生状态,很少有多年生的枝条。

2.4 滇牡丹在菏泽的初步育种实践与分析

由表5可以看出,T1杂交组合获得饱满种子229粒,平均每朵结实2.30粒,发芽数量为7棵,发芽率为3.06%,成活株数7棵,成活率100%。从表型特征分析,这7棵杂交苗与父母本有明显不同,存在明显变异,初步认定杂交成功。T2杂交组合获得饱满种子369粒,平均每朵结实3.70粒,发芽数量为0。T3杂交组合获得饱满种子216

表5 以滇牡丹为亲本的杂交育种结果

| 处理 | 饱满种子数量/粒 | 平均每朵结实数/粒 | 发芽株数/棵 | 成活株数/棵 |
|----|----------|-----------|--------|--------|
| T1 | 229 | 2.30 | 7 | 7 |
| T2 | 369 | 3.70 | 0 | 0 |
| T3 | 216 | 2.90 | 0 | 0 |
| T4 | 69 | 1.97 | 2 | 2 |
| T5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T7 | 0 | 0 | 0 | 0 |

粒,平均每朵结实2.90粒,发芽数量为0。T4杂交组合获得饱满种子69粒,平均每朵结实1.97粒,发芽数量为2棵,发芽率为2.90%,成活株数为2棵,成活率为100%。T5、T6、T7杂交组合均未获得种子。

3 讨论与结论

滇牡丹具有丰富的花瓣颜色表型,在牡丹、芍药育种实践中发挥着重要作用^[10]。目前,芍药属植物中只有滇牡丹、大花黄牡丹(*P. ludlowii*)拥有黄色花基因,现有牡丹品种中的黄花种质基本来源于滇牡丹,通过黄色花滇牡丹已培育出金阁、海黄、金晃等珍贵的黄色系观赏牡丹品种^[11-12]。从野生种原产地或驯化地引进种子、种苗是常用的引种方式。本研究从香格里拉和榆中引种的种子,发芽率都较低,最高仅为35%,这可能与野生种特性有关^[13]。滇牡丹的野生生境为高海拔的林下,气候冷凉光照较弱,生长期对极端温度和涝害高度敏感。从原产地香格里拉引进滇牡丹种子和种苗,经过1~2a的栽培后全部死亡,可能是因为菏泽与香格里拉之间土壤、海拔等自然环境差异较大,春季严重的“倒春寒”和夏秋季36℃以上的高温及连阴雨,都可能导致引种失败。

本试验所用甘肃榆中的滇牡丹,是著名紫斑牡丹专家陈德忠先生于三十多年前从云南香格里拉引种并播种在榆中紫斑牡丹基地。榆中海拔比香格里拉低1400m左右,夏秋季比较冷凉,经过三十多年的适应、繁殖和生长,已经形成一个稳定的滇牡丹居群,对滇牡丹起到了从高海拔地区到低海拔地区过渡、驯化的作用。李睿等^[14]研究表明,野生牡丹在兰州地区适应性很强,其生长状态甚至优于原产地附近人工栽培的表现。从榆

中间接引进驯化后的滇牡丹种子，在菏泽采取大田播种，成活率为 30%；从榆中引进经过驯化的滇牡丹种苗，2 年生和 5 年生苗栽植 1 a 的成活率分别达 85.5%、68.0%，2022 年的成活率分别为 2.7%、8.0%。说明存活的 31 棵滇牡丹基本适应了菏泽的自然环境，菏泽引进滇牡丹获得初步成功。

菏泽的滇牡丹盛花期与菏泽观赏牡丹的盛花期基本相同，并且滇牡丹与牡丹栽培品种属于亚组间杂交，相对较易成功。王莲英等^[4]研究发现，以野生种为母本的单杂交组合方法最佳，明显优于其他组合；袁雪等^[15]研究发现以牡丹栽培品种做母本，以滇牡丹做父本，虽然能结实，但种子不能发芽。本研究中以滇牡丹做母本，以牡丹栽培品种初鸟、如花似玉、月宫珠光、芳纪的混合花粉或岛锦做父本，杂交种子能够发芽，并且杂交成功率较高。其中以滇牡丹为母本，以牡丹栽培品种初鸟、如花似玉、月宫珠光、芳纪的混合花粉为父本进行杂交获得 7 株杂交后代；以滇牡丹为母本，以牡丹栽培品种岛锦为父本进行杂交获得 2 株杂交后代。主要是因为滇牡丹和牡丹栽培品种同属于牡丹组，亲缘关系相对较近，具有一定的杂交亲和性。滇牡丹与芍药栽培品种的杂交，属于组间杂交，相对困难。从杂交结果看，混合花粉授粉能提高组间和亚组间杂交结实率，有利于克服组间和亚组间杂交障碍。本试验中，以滇牡丹为母本获得了种子，但没有发芽，以滇牡丹为父本的杂交组合均未获得后代，可能是由于亲缘关系较远或者杂交亲本的芍药栽培品种选择不当。另外，受精前障碍也是影响滇牡丹与芍药组间杂交的主要原因之一^[16]。滇牡丹与芍药组间杂交仍需进一步研究。

本研究将滇牡丹成功引种到菏泽，开展了初步的杂交育种工作，丰富了菏泽的滇牡丹基因资源，为菏泽培育含有滇牡丹基因的系列牡丹、芍药栽培品种，提升牡丹育种水平，促进中国牡丹产业发展提供技术支撑。

参考文献：

- [1] 李嘉珏, 张四方, 赵孝庆, 等. 中国牡丹[M]. 北京: 中国大百科全书出版社, 2011.
- [2] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [3] 孙 燕, 高德民. 牡丹花色性状的研究进展[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(1): 17-22.
- [4] 王莲英, 袁 涛, 王 福, 等. 中国芍药科野生种迁地保护与新品种培育[M]. 北京: 中国林业出版社, 2013.
- [5] 张平芳. 珍稀濒危植物滇牡丹研究进展[J]. 现代农业科技, 2023(8): 109-112; 117.
- [6] 曹羲君. 牡丹高代杂种与滇牡丹的引种及应用[D]. 北京: 北京林业大学, 2010.
- [7] 丁星文, 王珍珍, 王其刚, 等. 不同花色滇牡丹花香成分分析[J]. 南方园艺, 2022, 33(3): 25-30.
- [8] 孙菊芳, 成仿云. 芍药与牡丹组间杂种引种栽培初报[J]. 中国园林, 2007, 23(5): 51-54.
- [9] HAO Q, AOKI N, KATAYAMA J, et al. Crossability of American tree peony 'High Noon' as seed parent with Japanese cultivars to breed superior cultivars[J]. Euphytica, 2013, 191: 35-44.
- [10] 任秀霞, 张 盈, 薛环祺, 等. 滇牡丹天然居群的遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2015, 16(4): 772-780.
- [11] 龚 洵, 潘跃芝, 杨志云. 滇牡丹的多样性和现状评估[J]. 西北植物学报, 2003(2): 218-223.
- [12] 于晓南. 观赏芍药[M]. 北京: 中国林业出版社, 2019.
- [13] 马翔龙, 吴敬需, 刘少华. 伊藤牡丹发展现状与展望[J]. 中国花卉园艺, 2018(16): 28-31.
- [14] 李 睿, 何丽霞, 宋桂英. 野生牡丹在兰州地区的引种栽培试验[J]. 林业实用技术, 2011(7): 55-56.
- [15] 袁 雪, 唐 英, 陈庭巧, 等. 紫牡丹杂交结实率的差异[J]. 分子植物育种, 2021, 19(17): 5782-5792.
- [16] 律春燕, 王 雁, 朱向涛, 等. 黄牡丹与芍药组间杂交花粉与柱头识别的解剖学研究[J]. 西北植物学报, 2009, 29(10): 1988-1994.