

doi:10.11937/bfyy.20220620

# 牡丹种质资源保护与利用研究进展

刘逢璐<sup>1,2</sup>, 高杰<sup>3</sup>, 黄至欢<sup>1,2</sup>

(1. 南华大学 建筑学院, 湖南 衡阳 421001; 2. 湖南省健康城市营造工程技术研究中心, 湖南 衡阳 421001;

3. 河南省农业科学院, 河南 郑州 450002)

**摘要:**牡丹是原产我国的特有植物资源,其栽培历史悠久、品种繁多、分布地区广泛。作为具有重要经济和文化价值的植物资源,牡丹的保护与利用一直广受人们的关注。目前对于牡丹植物资源保护与利用的现状了解不够全面,加之牡丹种质资源的研究较为分散,因而很大程度上制约了牡丹产业的发展。该研究结合当前牡丹种质资源保护与开发利用的相关研究成果,综述野生牡丹和栽培牡丹的分类与地理分布,重建牡丹各物种的系统发育关系,分析牡丹的花部特征、授粉特点及种子繁殖特性;在此基础上,阐述了牡丹植物资源生存与保护现状及其在观赏、药用、食用和文化上的开发利用价值;最后根据现有研究存在的问题,指出今后牡丹资源保护与开发利用的研究重点。

**关键词:**牡丹组物种;系统发育关系;生物学特性;资源保护;开发利用

**中图分类号:**S 685.11 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2022)16-0134-10

牡丹是芍药科(Paeoniaceae)芍药属(*Paeonia* L.)牡丹组多年生落叶亚灌木的统称。中国是牡丹的原产地和多样化中心,目前发现的野生牡丹仅分布在中国境内,并经过2 000多年培育驯化形成了以中原、西北、江南和西南4个种群为代表的各具特色的栽培种<sup>[1]</sup>,遍布全国主要城市。牡丹花大且色泽鲜艳、花姿卓越、种类多样,极具观赏性,有“花中之王”的美誉,自古被人们赋予盛世太平、国家兴旺、富贵吉祥的象征意义,文化底蕴深厚;同时牡丹作为一类珍贵的植物资源,在药材制作、食品加工等方面有着重要的利

用价值。然而当前对于牡丹种质资源现状尚未全面了解,相关研究也相对分散,且存在诸多问题:如牡丹野生种的分类、物种间的亲缘关系仍未有统一论,繁殖过程中复杂的生物学特性不清晰等,造成了牡丹资源保护与利用的瓶颈,从而一定程度上限制了我国牡丹产业的进一步发展。为此,该研究基于现有文献资料,综述牡丹种质资源的分类与地理分布,重建牡丹各物种的系统发育关系,分析牡丹的花部特征、授粉特点与种子繁殖特性,梳理保护与利用的相关研究进展,并对今后牡丹资源保护与利用的热门方向进行了简要讨论,以期后续研究提供参考依据。

## 1 分类与系统发育关系

### 1.1 野生牡丹分类与分布

牡丹的分类研究经历了一个复杂漫长的过程,国内首位对牡丹种类研究的是方文培,他将牡丹组植物归为肉质花盘和革质花盘2个亚组,包括6个种和2个变种<sup>[2]</sup>。2001年《Flora of China》对牡丹组进行修订,收录了8个种,依次为矮

**第一作者简介:**刘逢璐(1994-),女,硕士研究生,研究方向为城市生态学。E-mail:506661312@qq.com.

**责任作者:**黄至欢(1986-),男,博士,副教授,现主要从事植物繁殖生态学等研究工作。E-mail:flowers1986@163.com.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(31700196);湖南省自然科学基金资助项目(2020JJ5477);湖南创新型省份建设专项创新平台资助项目(2019TP2072);南华大学博士科研启动基金资助项目(190XQD098)。

**收稿日期:**2022-02-22

牡丹 (*P. jishanensis* T. Hong & W. Z. Zhao)、卵叶牡丹 (*P. qiui* Y. L. Pei & D. Y. Hong)、凤丹 (*P. ostii* T. Hong & J. X. Zhang)、紫斑牡丹 (*P. rockii* (S. G. Haw & Lauener) T. Hong & J. J. Li)、四川牡丹 (*P. decomposita* Handel-Mazzetti)、大花黄牡丹 (*P. ludlowii* D. Y. Hong)、滇牡丹 (*P. delavayi* Franch.) 和牡丹 (*P. suffruticosa* Andr.)。其中牡丹、紫斑牡丹以及四川牡丹种下分别包含了 2 个亚种, 即牡丹原亚种 (*P. suffruticosa* subsp. *suffruticosa*)、银屏牡丹 (*P. suffruticosa* subsp. *yinpingmudan* D. Y. Hong)、林氏牡丹 (*P. rockii* subsp. *linyanshanii* (J. J. Halda) T. Hong et G. L. Osti ex X. Y. Zhu e)、太白山紫斑牡丹 (*P. rockii* subsp. *taibaishanica* D. Y. Hong)、四川牡丹原亚种 (*P. decomposita* subsp. *decomposita*)、圆裂四川牡丹亚种 (*P. decomposita* subsp. *rotundiloba* D. Y. Hong)。随着分类研究的深入发展且伴随新种的发现, 分类方案也在不断更正和补充, 目前受到普遍认同的有 2 个, 一个是李嘉珏等<sup>[3-4]</sup>提出的 9 种 4 亚种 1 杂交种, 该方案与《Flora of China》(2001 年修订) 区别在于植物志记录的滇牡丹 (*P. delavayi* Franch.) 是包含了紫牡丹 (*P. delavayi* Franch.)、黄牡丹 (*P. delavayi* var. *lutea* (Franch.) Finet. et Gagnep.)、狭叶牡丹 (*P. delavayi* Franch. var. *angustiloba* Rehd. et Wils.) 的多变种, 李嘉珏<sup>[3]</sup>认为上述 3 种牡丹分别独立成种, 此外他将牡丹作为一个杂交种处理; 另一个是 HONG 等<sup>[5-7]</sup>提出的 9 种 2 亚种 1 杂交种。该方案关于矮牡丹、卵叶牡丹、凤丹、紫斑牡丹、四川牡丹、大花黄牡丹在种的划分以及将牡丹 (*P. suffruticosa* Andr.) 改作杂交种的处理与李嘉珏<sup>[3]</sup>是一致的, 不同之处在于 HONG 等<sup>[5-7]</sup>的研究仍坚持滇牡丹 (*P. delavayi* Franch.) 是一个多变种, 同时又将圆裂四川牡丹由亚种升级成种, 即圆裂牡丹 (*P. rotundiloba* (D. Y. Hong) D. Y. Hong), 另外 HONG 等<sup>[5-7]</sup>的方案中还增加了新种—中原牡丹 (*P. cathayana* D. Y. Hong & K. Y. Pan)。综合以上观点, 在牡丹组野生种的分类中, 矮牡丹、卵叶牡丹、凤丹、紫斑牡丹、四川牡丹、大花黄牡丹的分类地位较为明确; 对于圆裂牡丹、中原牡丹, 现有的形态和分子证据支持其当作种来

处理; 而有关滇牡丹, 尽管从形态上可以说明它是一个极其多变的种, 但缺乏分子证据的支持, 因此其分类地位尚未有统一论。

牡丹野生种整体分布在由西南沿东北方向至中北部地区的 r 形带状区域, 具体包括西藏、云南、四川、湖北、陕西、甘肃、河南、山西等地区<sup>[8]</sup> (图 1)。大花黄牡丹、滇牡丹属于肉质花盘亚组, 剩下 7 种均属革质花盘亚组<sup>[9]</sup>。2 个亚组在水平和垂直分布上存在较为明显的差异<sup>[8]</sup>, 其中肉质花盘亚组主要生长在云贵高原西北部及青藏高原东南部海拔 2 000~3 600 m 的山地灌丛中; 革质花盘亚组分布在黄土高原、秦巴山区及青藏高原东部地区海拔 700~3 000 m 的山坡丛林下。

### 1.2 栽培牡丹种类、特点与分布

牡丹在中国有 2 000 多年的栽培历史, 起初是作为药用植物引入栽培, 随着对野生牡丹的引种和简单驯化, 魏晋南北朝时期牡丹开始作为观赏植物出现在园林绿化中; 到了明清时期, 牡丹的栽培达到繁盛时期, 出现“金殿内外尽植牡丹”的现象; 21 世纪以后, 牡丹又迎来了新的发展高潮, 此时的牡丹逐步走向产业化道路<sup>[10]</sup>。我国牡丹经过几千年长期驯化, 按照种缘关系、生物学特性以及栽培地域的差异, 形成了以中原、西北、江南、西南 4 个地区为代表的各具特色的品种群。中原牡丹品种栽培时间最为久远、规模最大、种类数量最多、花型丰富、花色也多变化, 并且具有较强的生态适应性, 主要分布在靠近黄河中下游附近的山西、河南、山东等地区, 以洛阳和菏泽为主要培育基地; 西北牡丹品种群规模数量仅次于中原牡丹品种群, 植株长势高大且旺盛、花瓣较厚且基部通常带有丰富多变的晕斑, 并表现出较强的抗性与适应性, 主要种植在甘肃省境内, 以临夏、兰州以及陇西一带为栽培中心; 江南牡丹品种群具有植株根系浅、开花多且花期早、耐湿热的特点, 多种植在长三角地区, 如江苏、浙江、安徽和上海等地区, 以铜陵和宁国为栽培中心; 西南牡丹品种群枝叶生长较为粗壮、花大色艳且多为台阁花、花器官演化程度较高、花期持续时间长、耐湿热能力强, 多分布在西藏、云南、贵州、四川和重庆等地区, 主要培育基地为成都和彭州等地区<sup>[11]</sup> (图 1)。

### 1.3 系统发育关系

目前, 有关牡丹野生种之间的亲缘关系尚未

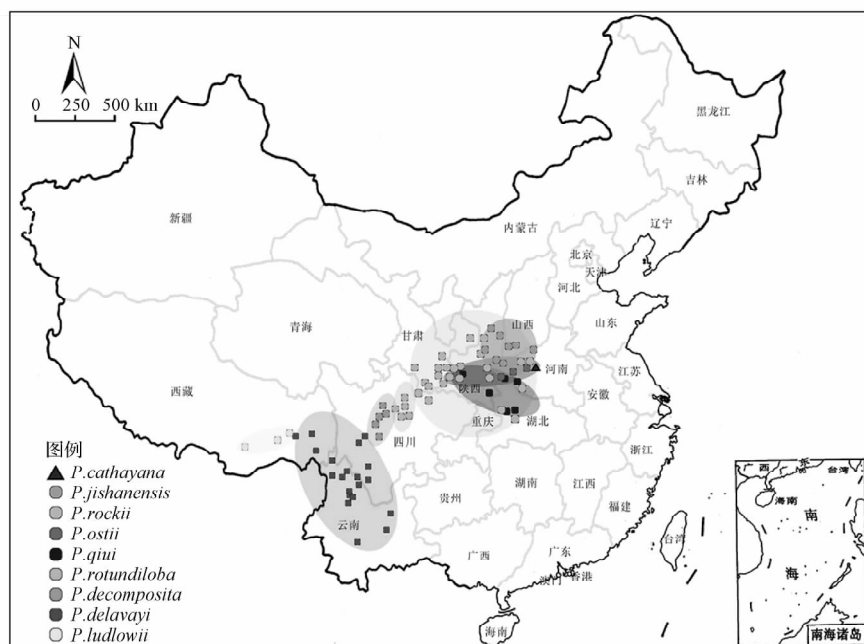


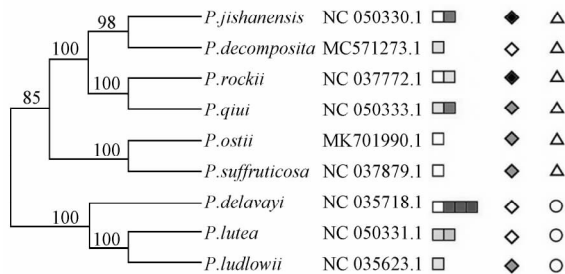
图1 中国牡丹组野生种地理空间分布示意图

Fig. 1 Geographical distribution of wild species of the Sect. Moutan in China

有明确结论。其中基于形态学研究认为矮牡丹、凤丹、紫斑牡丹三者亲缘关系非常近<sup>[12]</sup>,而卵叶牡丹与矮牡丹亲缘关系较近<sup>[13]</sup>。袁涛等<sup>[14]</sup>运用UPCMA聚类分析比较了上述4种野生牡丹以及四川牡丹的花粉形态和植株形态,进一步证实了矮牡丹与卵叶牡丹关系最近,其次是凤丹、紫斑牡丹,同时发现这4种野生牡丹均与四川牡丹关系较远。于玲等<sup>[15]</sup>通过定量比较6种不同野生牡丹蛋白谱带排序间距的差异性,从细胞水平上表明矮牡丹、紫斑牡丹、四川牡丹之间亲缘关系较为亲近,同时也证明狭叶牡丹和黄牡丹属于近缘种,而大花黄牡丹与上述5个野生种均未表现出较近的关系。此外,基因序列的分子证据认为革质花盘亚组中矮牡丹与卵叶牡丹、紫斑牡丹与四川牡丹、凤丹与中原牡丹亲缘关系较近,而肉质花盘亚组中滇牡丹与大花黄牡丹亲缘关系较近<sup>[16-19]</sup>。然而采用不同方法得到的牡丹野生种的亲缘关系存在诸多矛盾之处,如邹喻萃等<sup>[20]</sup>利用RAPD分子标记探究了7个野生牡丹种内与种间的遗传关系,并采用UPGMA建树分析,结果显示矮牡丹与凤丹关系的亲近程度不如卵叶牡丹, SANG等<sup>[21]</sup>通过对矮牡丹、紫斑牡丹、四川牡丹和滇牡丹的GPAT基因克隆和测序,结果发现紫斑牡丹

与四川牡丹的关系要比矮牡丹更近。此外, WANG等<sup>[22]</sup>对牡丹野生种的花色素及其含量进行聚类分析,结果却显示卵叶牡丹与四川牡丹之间的亲缘关系最近。为了进一步了解牡丹野生种的亲缘关系,课题组从NCBI(<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>)的核苷酸资源数据库中下载了牡丹组8个野生种(缺少中原牡丹和圆裂牡丹)和1个栽培牡丹(*P. suffruticosa* Andr.)的叶绿体全基因组,利用MAFFT(v7.475)软件对叶绿体基因组进行比对,并在MEGA X(10.2.5)软件中采用最大似然法(ML, maximum likelihood)分析和绘制系统发育树,自展分析设置成1000次重复,模型选择Kimura 2-parameter model,以邻接法(NJ, neighbor-joining)构建的系统发育树为起始树,得到它们的系统发育关系图(图2)。结果显示,矮牡丹和四川牡丹、紫斑牡丹和卵叶牡丹分别具有较近的亲缘关系,并且2个类群之间也存在着较近的亲缘关系;而凤丹和牡丹(*P. suffruticosa* Andr.)亲缘关系最近,它们与矮牡丹等4种牡丹形成姐妹类群。黄牡丹、大花黄牡丹以及滇牡丹之间也具有较近的关系且能单独形成一个分支与上述5种牡丹有明显区分,该结论与前人的研究结果大体一致<sup>[12,15,19,23]</sup>,但是矮牡丹与

四川牡丹、紫斑牡丹与卵叶牡丹的亲缘关系是首次得到确认。另外,从课题组构建的系统发育树上观察牡丹组物种的花部特征的排列,可以看出两大分支的花盘质地有明显差别,而花色和花径则没有明显差异。



注:□代表花色;◇代表花径 10 cm 以下;◆代表花径 10~15 cm;◆代表花径 15 cm 以上;△代表革质花盘;○代表肉质花盘。

Note: □ Flower's color; ◇ Flower diameter below 10 cm; ◆ Flower diameter between 10—15 cm; ◆ Flower diameter above 15 cm; △ Leather disc; ○ Succulent disc.

图 2 基于叶绿体全基因组构建的牡丹组 8 个野生种和 1 个栽培种的 ML 系统发育树

Fig. 2 ML phylogenetic tree reconstruction including 8 wild species and 1 cultivar based on all chloroplast genomes

有关牡丹野生种与栽培品种亲缘关系的探讨,裴彦龙<sup>[24]</sup>认为现有栽培品种几乎具备所有野生类群的特征,是所有牡丹野生种经过反复杂交而来的,但李嘉珏<sup>[25]</sup>提出我国栽培牡丹具有“多地、多元”的观点,并表示不同品种群形成背景存在差别,中原牡丹品种群形成与演化背景最复杂,以矮牡丹、凤丹、紫斑牡丹为其主要起源;西北品种群形成的主要原种为紫斑牡丹;江南品种群形成受凤丹影响显著。袁涛等<sup>[26]</sup>通过对不同品种群牡丹植株外部形态特征进行统计分析,结果进一步肯定了栽培牡丹多元化起源的观点,并表示中原牡丹受矮牡丹影响尤为显著,西北牡丹起源于紫斑牡丹与矮牡丹,但后者作用远不及前者;江南牡丹一部分品种直接由凤丹演化形成,另一部分是中原牡丹和西北牡丹共同作用产生的;西南牡丹品种则是由以上 3 个品种群共同影响所形成的。孟丽等<sup>[27]</sup>采用 RAPD 技术研究了 5 个野生种和栽培品种的亲缘关系,证明了与栽培牡丹关

系最近的是凤丹、紧随其后的是四川牡丹、接着依次为卵叶牡丹、紫斑牡丹,矮牡丹与之关系最远。侯小改等<sup>[28]</sup>采用 AFLP 标记方法研究革质花盘亚组中 4 个野生牡丹种与栽培牡丹的亲缘关系,所得结果与孟丽等<sup>[27]</sup>采用 RAPD 技术得出的结论互有异同;二者一致认为凤丹与栽培牡丹关系最近,但在矮牡丹、紫斑牡丹、卵叶牡丹与栽培牡丹的亲缘关系排序上却存在明显差异,AFLP 标记法表明矮牡丹与栽培牡丹的亲缘关系仅次于凤丹,而卵叶牡丹与栽培牡丹的关系要比紫斑牡丹更为亲近。此外袁涛<sup>[29]</sup>同样采用 AFLP 标记对栽培牡丹的近缘种进行了研究,其结果与其他学者的结论也不一致,前者认为矮牡丹是中原品种群形成的主要原种,因而二者亲缘关系最近,而凤丹、卵叶牡丹和紫斑牡丹只是在一定程度地参与了中原品种的形成与演化过程,同时发现四川牡丹不是栽培品种的起源种。

牡丹栽培品种的亲缘关系研究方面,陈向明等<sup>[30]</sup>采用 RAPD-PCR 技术分别对 7 种不同花色系和相同花色系中不同品种的基因遗传多态性进行分析,发现亲缘关系相对较近的牡丹品种大都来源于同一产地,且表现出较为一致的花色,但二者相比后发现花色对牡丹品种亲缘关系的影响没有产地来源的影响大。HOSOKI 等<sup>[31]</sup>采用 RAPD 技术分析 19 个牡丹栽培品种的亲缘关系,通过构建系统发育树将其划分为 4 类,最终分类结果与依照形态和花色划分的方式并不完全相同。侯小改等<sup>[28]</sup>对 30 份来自 6 个不同产地的牡丹栽培品种利用荧光标记 AFLP 技术进行基因组水平上的多态性检测,结果显示来自不同选育区的牡丹品种之间具有较大的遗传差异,而同一产地大多数牡丹都表现出较为亲近的关系;此外侯小改等<sup>[32]</sup>又采用同样方法分析了 26 个不同高度品种间的亲缘关系,聚类结果表明当其它性状没有显著差异时,植株高度差别不大的品种之间具有相对较近的亲缘关系。

## 2 繁殖特性

### 2.1 花部特征

牡丹拥有丰富的花部形态性状(图 3)。牡丹花径通常 5~20 cm;花色有白、黄、粉、紫、红以及

绿色等;花瓣多为倒卵形,花型依据花瓣轮数与数目的差异,有单瓣、半重瓣以及重瓣之分;花盘按形状分有杯状与盘状 2 种,按质地有革质和肉质的区别;牡丹为雌雄同花且雌雄蕊常带有瓣化现象,牡丹的心皮或心皮底部往往被花盘包住,其中革质花盘组牡丹的心皮大都带有细密的柔毛,而肉质花盘组牡丹心皮光滑无毛,只有心皮的背缝线和腹缝线沟内存在少量稀疏的微毛;牡丹花柱较短且与柱头的分化没有明显区分,柱头扁平并且呈外向反卷的态势,卷曲程度在不同类群中存在差异<sup>[33]</sup>;胚珠沿心皮腹缝线排成 2 列,果实为

蓇葖果,有纺锤形、椭圆形等;蓇葖果成熟时沿背缝线开裂,内部包裹着黑色或褐色种子,其大小、色泽因种或品种不同而略有差别<sup>[34]</sup>。牡丹花粉都是以单粒形式存在,形状有长球形、近球形、超长球形 3 种,以长球形居多;牡丹花粉均为带有沟膜的三拟孔沟,沟中部宽两端窄且部分种出现合沟现象,并在赤道处有细密小颗粒堆积形成的凸起<sup>[35]</sup>。花粉的外壁纹饰形状主要有小穴状、网状、皱波-粗网状以及粗网状 4 种,不同种或品种的牡丹花粉外壁纹饰组合形式存在差异<sup>[36]</sup>。



注: A. “御衣黄”(中原品种); B. “素心兰”(中原品种); C. “血染风采”(西北品种); D. “四旋”(江南品种); A1~D1. 花朵; A2~D2. 花盘及柱头; A3~D3. 心皮。

Note: A. *Paeonia* ‘Yuyihuang’ (*Paeonia* Zhongyuan Group); B. *Paeonia* ‘Suxinlan’ (*Paeonia* Zhongyuan Group); C. *Paeonia* ‘Xueranfengcai’ (*Paeonia* Xibei Group); D. *Paeonia* ‘Sixuan’ (*Paeonia* Jiangnan Group); A1—D1. Flower; A2—D2. Floral disc and stigma; A3—D3. Carpel.

图 3 不同牡丹栽培种花部特征

Fig. 3 Floral characteristics of different tree peony cultivars

## 2.2 授粉方式及其特点

植物授粉是形成种子的关键环节。研究表明,牡丹依靠昆虫传粉,以异花授粉为主<sup>[37-39]</sup>。不同授粉方式下的结籽率比较结果表明,四川牡丹在自然授粉下结实率最高,其次是异株异花人

工授粉,同株异花人工授粉结实率最低;矮牡丹无论是自然结实还是人工异交结实,差别并不明显;滇牡丹人工异株异花授粉和自然授粉结实率最高。对矮牡丹的传粉者种类调查发现,主要传粉者为地蜂类和甲虫类昆虫,但二者相比地蜂类昆

虫传粉行为更加稳定<sup>[37]</sup>。四川牡丹则是依靠蜜蜂、食蚜蝇和花金龟进行传粉,花粉是四川牡丹提供给传粉者的唯一报酬<sup>[38]</sup>;滇牡丹访问昆虫种类较为丰富,其中无斑宽痣蜂、中华蜜蜂和叶蜂的访问对产生种子最为有效,其它均不可靠<sup>[39]</sup>。在传粉效率方面,陈向明等<sup>[30]</sup>、罗长维等<sup>[40-41]</sup>观察对比了黄熊蜂、中华蜜蜂以及意大利蜜蜂对油用栽培种凤丹的传粉行为,结果显示前者传粉效率最高,后二者传粉效率差别不大。来访昆虫的种类、数量、生长环境中周边同期开花植物的类别、数量以及自然气象条件等也会在不同程度上影响牡丹的授粉效率<sup>[42]</sup>。

### 2.3 种子繁殖特性

种子繁殖是野生牡丹自然状态下繁衍后代的主要方式之一<sup>[43]</sup>,也是牡丹新品种培育最常用的方法。关于牡丹种子繁殖特性的研究涉及种子结实特性、种子休眠与萌发等方面。通常情况下单瓣的牡丹花一般有 5 个心皮,每一心皮果荚结籽约 7~13 粒,半重瓣花心皮一般约 1~5 个,部分胚珠发育;重瓣不结实<sup>[44]</sup>。在自然条件下,牡丹种子的上、下胚轴都伴有休眠的特征,导致休眠现象的原因一是由于种皮的机械阻碍作用,二是种子内含抑制种子萌发的物质,三是种胚自身形态尚未发育成熟等<sup>[45-46]</sup>;现有的破除牡丹种子休眠方法也主要集中在改变种皮结构、温度以及加入外源激素等方面,如刘淑敏等<sup>[47]</sup>表示用 50℃ 的温水浸泡牡丹种子 1~2 d,或用 95% 浓度的酒精浸泡 0.5 h,均可有效软化种皮从而促进种子萌发。马宏等<sup>[48]</sup>研究表明 15~20℃ 是解除大花黄牡丹种子上胚轴休眠的最适温度,而解除下胚轴休眠的最适温度为 15℃;另外,试验表明适宜浓度的赤霉素(GA<sub>3</sub>)可以代替低温处理,有效解除凤丹胚轴休眠,显著提高种子萌发率,促进生根和发芽<sup>[49]</sup>。

## 3 牡丹保护现状及其利用价值

### 3.1 牡丹生存与保护现状

我国是牡丹的原产地和多样化中心。据报道,2013 年经鉴定委员会审定在册的栽培牡丹品种就有 1 200 个。如今虽然牡丹栽培群体不断有新的成员加入,但野生牡丹的生存却岌岌可

危<sup>[50]</sup>。经多年实地考察,学者发现除了滇牡丹尚未处于濒危状态,其它 8 个野生种生存现状不容乐观<sup>[9]</sup>。造成野生牡丹濒危的原因主要有以下 4 点:一是自身繁殖特性,自然条件下野生牡丹结实率普遍较低,且由于种子存在休眠特性,导致种子不易萌发,阻碍了野生牡丹的自我繁殖与更新<sup>[51-52]</sup>,低异交率造成的遗传多样性水平偏低<sup>[53-54]</sup>,从而导致野生牡丹种群数量减少;二是竞争力弱,野生牡丹对生存环境条件要求十分严格,同时又容易遭受其它物种的竞争排斥,促使生态位不断缩窄<sup>[55]</sup>;三是自然灾害,如牡丹植物的心皮、胚珠以及种子等易遭受虫食,使得种子繁殖比较困难<sup>[56]</sup>;四是人为破坏,如建设用地扩张、公路建设造成其生境破碎化,从而影响了牡丹的有性繁殖。此外野生牡丹大都分布在偏远地带,当地居民肆意挖掘现象泛滥,导致野生牡丹数量不断减少<sup>[57]</sup>。有关野生牡丹的保护措施研究,一方面集中在通过建立自然保护区,对濒危的野生牡丹实行就地或引种驯化迁地保护;另一方面则是制定相关保护法规政策、加强宣传教育,提升人们的自主保护意识以实现保护野生牡丹的目的<sup>[58]</sup>。

### 3.2 牡丹利用价值

牡丹作为一类珍贵的植物资源,在观赏、药用、食用以及文化等方面具有重要的利用价值。其中观赏价值方面,牡丹花大且香味浓郁,花色多样,形态各异,极具观赏性,自古就出现在宫廷、皇家园林、庙观以及寻常百姓家中;现如今,牡丹成为一种常用的园林绿化植物,常以花台、花坛、花带等形式广泛种植在城市公园、居民小区、道路两旁绿地以及其他重点地段,成为美化和展示城市形象的重要景观。此外,牡丹也可用于室内观赏。随着插花艺术的兴起和切花产业的发展,牡丹花作为其重要的工艺材料,显示出较大的市场需求<sup>[59]</sup>。药用价值方面,牡丹根、皮中含有牡丹酚、牡丹苷、氨基酸以及多糖等物质,不仅有降压、抗菌、镇痛、退热等功效,还可以增强人体免疫系统<sup>[60]</sup>。目前市场上已生产出凤丹、瑶丹、湖丹、东丹、垫丹皮、茂丹皮、西北丹皮、西昌丹皮以及赤丹皮等多种类型<sup>[61]</sup>。牡丹花中富含类黄酮、精油、原花色苷等物质,其中类黄酮和精油可消除自由基,有较好的美容功效;原花色苷是一种抗氧化活性极强的物质,其抗氧化能力高达维生素 E 的



10倍,对人体有重要的保健作用<sup>[62]</sup>,因此牡丹花常用做护肤品原料或添加到其它保健产品中。食用价值方面,牡丹花瓣中蛋白质含量高、氨基酸种类丰富、且富含维生素C等多种维生素和矿物质<sup>[63]</sup>,常用来制作糕点、酱料以及茶酒饮料等。牡丹种子含油率较高,且油脂中的营养成分不饱和脂肪酸、亚麻酸以及其它优势成分也显著高于其它几种常见的传统植物油<sup>[64-65]</sup>,能够满足人们对于健康饮食的需求。目前国内油用牡丹大力推广种植的有凤丹和紫斑牡丹2个品种系列,凤丹系列多生产种植于安徽、重庆等长江流域一带;紫斑牡丹系列集中栽培在山东、陕西、河南、甘肃等地。文化价值方面,在古代牡丹象征着儒家文化对国家繁荣富强、社会和谐稳定的理想追求<sup>[66]</sup>,凝聚着中华民族崇尚的传统品德和高贵坚定、不屈不挠的精神气节,因此在古诗词文赋、戏曲小说、绘画雕刻、服饰家居等方面常常见到牡丹的踪影。到了现代社会,牡丹被赋予新时代的文化内涵,体现着人们对家庭幸福、生活美满、繁荣和平的向往。随着物质生活水平的提高,人们愈发注重文化层面带来的精神享受,牡丹文化资源的开发利用受到市场的关注,以牡丹为主题举办的各种花展以及观光旅游活动受到人们的欢迎。

## 4 研究展望

### 4.1 进一步厘清牡丹组植物种间关系

目前牡丹组亲缘关系的研究方面,肉质花盘亚组野生牡丹的亲缘关系较为清晰,而在革质花盘亚组中,由于研究中各学者选取牡丹种类和研究方法不完全相同,其所得结论存有差异,尤其是在凤丹、矮牡丹、卵叶牡丹、紫斑牡丹和四川牡丹之间的亲缘关系尚未达成共识,另外上述野生种与不同牡丹品种群的亲缘关系也存在争议,因此有必要进一步深入进行牡丹组植物种间关系研究。

### 4.2 深入强化牡丹生物学特征研究

掌握牡丹生物学特征,对牡丹品种鉴定、育种和保护利用具有重要意义。现有研究大多集中在根据牡丹形态特征差异进行牡丹亲缘关系的鉴定与分类,在牡丹传粉特征和种子繁殖方面,研究较多关注不同牡丹的授粉方式、传粉媒介的差异不

同传粉媒介对牡丹的传粉效率的影响以及牡丹种子休眠的原因,对不同传粉方式和传粉媒介给牡丹果实生长发育带来的影响以及造成牡丹种子休眠的分子机理尚未有明确认识,因而后期需要围绕以上问题展开重点研究。

### 4.3 加强对牡丹资源保护与合理利用

野生牡丹是中国特有的珍贵种质资源,也是我国生物多样性保护的关键类群之一。因此加强野生牡丹种质资源保护刻不容缓,但现有的研究多数集中在野生牡丹濒危原因的探讨,保护措施的制定也主要是从改善外部生存环境和减少人为破坏着手,在突破自身繁殖障碍方面上仍未找到切实有效的解决途径,因此需要进一步加强野生牡丹自身保护机制上的研究。另外,目前对于牡丹资源的利用,尽管各方面价值均有涉及,但仍然缺乏一定的深度,如观赏价值利用方面,作为切花牡丹种类单一,优势品种较少;药用价值方面,多以凤丹根皮开发为主,其它品种以及牡丹其它入药部位的利用略显不足;食用价值方面,现有开发利用主要围绕牡丹籽油的提取进行,对于生产加工产生的副产物处理有待改善;文化价值方面,开发大多局限于赏花旅游活动,形式过于单一且在发展中逐渐同质化,缺乏更深层次的文化内涵利用。因此针对上述问题,今后有关牡丹资源开发利用需要重点开展以下研究:1)加强牡丹切花品种的培育与生产技术研究,以拓宽观赏牡丹应用领域;2)进一步分析比较不同品种牡丹的药效成分,为开发高品质药材提供依据,同时充分探索牡丹不同药用部位的开发形式;3)加大对不同种类油用牡丹的综合开发与利用,提高油用牡丹产品附加值;4)当今产业融合发展的大背景下,充分挖掘牡丹文化资源的内涵,加强对牡丹创意文化产品的开发,增强其体验性和经济附加值。

## 参考文献

- [1] 王莲英. 中国牡丹品种图志[M]. 北京: 中国林业出版社, 1997.
- [2] 方文培. 中国芍药属的研究[J]. 植物分类学报, 1958, 7(4): 297-323.
- [3] 李嘉珏. 中国牡丹品种图志西北、西南、江南卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 2005.
- [4] 李嘉珏, 张西方, 赵孝庆. 中国牡丹[M]. 北京: 中国大百科全书出版社, 2011.

- [5] HONG D Y, PAN K Y. A revision of the *Paonia suffruticosa* complex (Paeoniaceae)[J]. Nordic Journal of Botany, 1999, 19(3):289-300.
- [6] HONG D Y, PAN K Y. *Paonia cathayana* D. Y. Hong & K. Y. Pan, a new tree peony, with revision of *P. suffruticosa* ssp. *yinpingmudan*[J]. Acta Phytotaxonomica Sinica, 2007, 45(3):258-288.
- [7] HONG D Y. *Paeonia rotundiloba* (D. Y. Hong) D. Y. Hong: A new status in tree peony (Paeoniaceae)[J]. Journal of Systematics and Evolution, 2011, 49:464-467.
- [8] 张晓晓, 牛立新, 张延龙. 中国芍药属牡丹组植物地理分布修订[M]//张启翔. 中国观赏园艺研究进展. 北京: 中国林业出版社, 2017.
- [9] 洪德元, 周世良, 何兴金, 等. 野生牡丹的生存状况和保护[J]. 生物多样性, 2017, 25(7):781-793.
- [10] 刘慧媛. 牡丹及牡丹文化在中国传统园林中的应用研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2014.
- [11] 丑欢欢. 芍药属牡丹组植物分子系统学的研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2017.
- [12] 洪涛, 张家勋, 李嘉珏, 等. 中国野生牡丹研究(I)芍药属牡丹组新分类群[J]. 植物研究, 1992, 12(3):223-234.
- [13] 裴彦龙, 洪德元. 卵叶牡丹: 芍药属一新种[J]. 植物分类学报, 1995, 33(1):91-93.
- [14] 袁涛, 王莲英. 几个牡丹野生种的花粉形态及其演化、分类的探讨[J]. 北京林业大学学报, 1999, 21(1):17-21.
- [15] 于玲, 何丽霞, 李嘉珏, 等. 牡丹野生种间蛋白质谱带的比较研究[J]. 园艺学报, 1998, 25(1):99-101.
- [16] 周志钦, 潘开玉, 洪德元. 牡丹组野生种间亲缘关系和栽培牡丹起源研究进展[J]. 园艺学报, 2003, 30(6):751-757.
- [17] 林启冰, 周志钦, 赵宣, 等. 基于 Adh 基因家族序列的牡丹组 (Sect. Moutan DC.) 种间关系[J]. 园艺学报, 2004, 31(5):627-632.
- [18] ZHAO X, ZHOU Z Q, LIN Q B, et al. Phylogenetic analysis of *Paonia* sect. Moutan (Paeoniaceae) based on multiple DNA fragments and morphological data[J]. Journal of Systematics and Evolution, 2008, 46(4):563-572.
- [19] ZHOU S L, XU C, LIU J, et al. Out of the Pan-Himalaya: evolutionary history of the *Paeoniaceae* revealed by phylogenomics[J]. Journal of Systematics and Evolution, 2020, 59(6):1170-1182.
- [20] 邹喻苹, 蔡美琳, 王子平. 芍药属牡丹组的系统学研究: 基于 RAPD 分析[J]. 植物分类学报, 1999, 37(3):13-20.
- [21] SANG T, CRAWFORD D J, STUESSY T F. Chloroplast DNA phylogeny, reticulate evolution, and biogeography of *Paeonia* (Paeoniaceae)[J]. American Journal of Botany, 1997, 84(8):1120-1136.
- [22] WANG L S, HASHIMOTO F, SHIRAISHI A, et al. Phenetics in tree peony species from China by pigment cluster analysis[J]. Journal of Plant Research, 2001, 114(3):213-221.
- [23] GUO S, GUO L, ZHAO W, et al. Complete chloroplast genome sequence and phylogenetic analysis of *Paonia ostii* [J]. Molecules, 2018, 23(2):246.
- [24] 裴彦龙. 栽培牡丹起源研究初探[J]. 北方园艺, 1996(2):55.
- [25] 李嘉珏. 中国牡丹起源的研究[J]. 北京林业大学学报, 1998, 20(2):26-30.
- [26] 袁涛, 王莲英. 中国栽培牡丹起源的形态分析[J]. 山东林业科技, 2004(6):1-3.
- [27] 孟丽, 郑国生. 部分野生与栽培牡丹种质资源亲缘关系的 RAPD 研究[J]. 林业科学, 2004, 40(5):110-115.
- [28] 侯小改, 尹伟伦, 李嘉珏, 等. 部分牡丹品种遗传多样性的 AFLP 分析[J]. 中国农业科学, 2006, 39(8):1709-1715.
- [29] 袁涛. 中国牡丹部分种与品种(群)亲缘关系的研究[D]. 北京: 北京林业大学, 1998.
- [30] 陈向明, 郑国生, 孟丽. 不同花色牡丹品种亲缘关系的 RAPD-PCR 分析[J]. 中国农业科学, 2002, 35(5):546-551.
- [31] HOSOKI T, KIMURA D, HASEGAWA R, et al. Comparative study of Chinese tree peony cultivars by random amplified polymorphic DNA (RAPD) analysis[J]. Scientia Horticulturae, 1997, 70:67-72.
- [32] 侯小改, 尹伟伦, 李嘉珏, 等. 牡丹矮化品种亲缘关系的 AFLP 分析[J]. 北京林业大学学报, 2006, 28(5):73-77.
- [33] 赵敏桂, 廉永善. 芍药属牡丹组植物心皮的形态和解剖比较研究[J]. 西北师范大学学报(自然科学版), 2002, 38(1):64-68.
- [34] 孟家松, 朱梦圆, 孙静, 等. 芍药属植物种子研究进展[J]. 种子, 2017, 36(6):50-54.
- [35] 何丽霞, 李睿, 李嘉珏, 等. 中国野生牡丹花粉形态的研究[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2005, 41(4):43-49.
- [36] 杨秋生, 万卉敏, 孙俊娅, 等. 牡丹栽培品种群花粉形态的比较[J]. 林业科学, 2010, 46(6):133-137.
- [37] 杨勇, 骆劲涛, 张必芳, 等. 四川牡丹的花部特征和繁育系统研究[J]. 植物资源与环境学报, 2015, 24(4):97-104.
- [38] 罗毅波, 裴彦龙, 潘开玉, 等. 矮牡丹传粉生物学的初步研究[J]. 植物分类学报, 1998, 36(2):39-49.
- [39] 李奎. 滇牡丹保护生物学与遗传多样性研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2013.
- [40] 罗长维, 陈友, 张涛. 凤丹繁育系统与传粉生物学研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2019, 43(3):37-44.
- [41] 罗长维, 陈友, 张涛. 油用牡丹‘凤丹’主要传粉昆虫的传粉行为比较[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2019, 43(4):148-154.
- [42] 李奎, 郑宝强, 王雁, 等. 滇牡丹的开花特征及繁育系统[J]. 东北林业大学学报, 2013, 41(1):63-67.
- [43] 成仿云, 李嘉珏, 陈德忠. 中国野生牡丹自然繁殖特性研究[J]. 园艺学报, 1997, 24(2):77-81.
- [44] 刘心民, 程逸远, 张霁, 等. 牡丹种子萌发特性与播种繁殖技术研究进展[J]. 河南林业科技, 2005, 25(4):38-40.
- [45] 徐梦岚, 符真珠, 张和臣, 等. 牡丹休眠研究进展[J]. 北方园艺, 2021(7):129-134.
- [46] 朱铭玮, 邹雨婷, 李永荣, 等. 油用牡丹‘凤丹’种子内源抑制



物研究[J]. 西南林业大学学报(自然科学), 2019, 39(6): 64-70.

[47] 刘淑敏, 王莲英, 吴涂新, 等. 牡丹[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1987.

[48] 马宏, 李正红, 张艳丽, 等. 大花黄牡丹种子休眠的解除[J]. 林业科学, 2012, 48(9): 62-67.

[49] 韦祖粉, 蒲振蕊, 鲁清, 等. 油用牡丹种子休眠解除及组织培养研究[J]. 种子, 2020, 39(1): 54-58, 63.

[50] 国家林业和草原局农业农村部. 国家重点保护野生植物名录[R]. 国家林业和草原局农业农村部公告 2021 年第 15 号, 2021.

[51] BARTON L V, CHANDLER C. Physiological and morphological effects of gibberellic acid on epicotyl dormancy of tree peony[J]. Contrib Boyce Thompson Inst, 1958(19): 201-214.

[52] ZHU F Y, WANG S L, XUE J Q, et al. Morphological and physiological changes, and the functional analysis of PdSPL9 in the juvenile-to-adult phase transition of *Paeonia delavayi*. [J]. Plant Cell, Tissue and Organ Culture: An International Journal on in Vitro Culture of Higher Plant, 2018, 133: 325-337.

[53] JING X M, ZHENG G H. The characteristics in seed germination and dormancy of four wild species of tree peonies and their bearing on endangerment [J]. Acta Phytophysiological Sinica, 1999, 25(3): 214-221.

[54] 杨小林, 王秋菊, 兰小中, 等. 濒危植物大花黄牡丹 (*Paeonia ludlowii*) 种群数量动态[J]. 生态学报, 2007, 27(3): 1242-1247.

[55] 李睿. 中国野生牡丹的保护利用研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2005.

[56] 杨勇, 张姗姗, 刘佳坤, 等. 西南野生牡丹的资源调查、濒危

机制及利用分析[C]. 厦门: 中国园艺学会, 2015.

[57] 李奎, 郑宝强, 王雁, 等. 滇牡丹自然种群数量动态[J]. 植物生态学报, 2012, 36(6): 522-529.

[58] 王二强, 王建章, 韩鲲, 等. 中国野生牡丹种质资源分布、保护现状及合理利用措施探讨[J]. 内蒙古农业科技, 2009(5): 25-27.

[59] 周秀梅, 李保印. 中国牡丹切花保鲜研究进展[J]. 北方园艺, 2007(12): 60-62.

[60] 杨振晶, 张秀省, 褚鹏飞. 牡丹开发应用研究进展[J]. 北方园艺, 2015(16): 184-187.

[61] 方前波, 王德群, 彭华胜. 中国芍药属牡丹组的分类、分布与药用之间的关系研究[J]. 现代中药研究与实践, 2004, 18(2): 20-22.

[62] 游玉明, 杨帆, 熊运海. 牡丹花的综合利用与开发前景[J]. 北方园艺, 2011(1): 67-69.

[63] 张佩佩, 潘运国, 韩伟, 等. 牡丹的营养价值及其开发利用研究[J]. 中国食物与营养, 2012, 18(8): 26-28.

[64] LI S S, YUAN R Y, CHEN L G, et al. Systematic qualitative and quantitative assessment of fatty acids in the seeds of 60 tree peony (*Paeonia* section Moutan) cultivars by GC-MS[J]. Food Chem, 2015, 173: 133-140.

[65] GAO L L, LI Y Q, WANG Z S, et al. Physicochemical characteristics and functionality of tree peony (*Paeonia suffruticosa* Andr.) seed protein[J]. Food Chem, 2018, 24: 980-988.

[66] 潘守蛟. 价值与象征: 牡丹国花论辩[J]. 菏泽学院学报, 2020, 42(3): 34-39.

## Research Progress on the Germplasm Resources Protection and Utilization of Tree Peony

LIU Fenglu<sup>1,2</sup>, GAO Jie<sup>3</sup>, HUANG Zhihuan<sup>1,2</sup>

(1. School of Architecture, University of South China, Hengyang, Hunan 421001; 2. Hunan Healthy City Construction Engineering Technology Research Center, Hengyang, Hunan 421001; 3. Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou, Henan 450002)

**Abstract:** Tree peony are a perennial deciduous shrubs of genus *Paeonia* and also an endemic plant resource in China, which have a long cultivation history with numerous varieties and distribute widely. In addition, tree peony have important economic and cultural values as a kind of precious plant resource. Therefore, the protection and utilization of tree peony resources have drawn widely attention. However, the current situation is the protection and utilization of peony resources are not enough, while many research of peony germplasm resources are scattered, which largely restricts the development of the peony industry. Based on the existing research of tree peony, we summarized the current research progress of germplasm resources protection, development and utilization of peony, including the classification and geographical distribution of wild peony and cultivated peony, phylogenetic relationship of wild peony, and biological characteristics of floral morphology, pollination

doi:10.11937/bfyy.20220462

# 四川省玫瑰产业发展现状、存在的问题及建议

程浩<sup>1,2</sup>, 赵欣欣<sup>1,2</sup>, 欧阳琳<sup>1</sup>, 刘蓉<sup>1,2</sup>, 蒋雨秦<sup>1,2</sup>, 苗保河<sup>1</sup>

(1. 中国农业科学院都市农业研究所, 四川 成都 610213; 2. 成都农业科技中心, 四川 成都 610213)

**摘要:**以四川阿坝藏族羌族自治州、凉山彝族自治州、德阳市、绵阳市、达州市等地为调研对象,采用实地调查、走访和查阅相关资料等方法,系统分析四川省玫瑰产业发展现状以及面临的问题,以期充分了解四川省玫瑰产业的发展现状,剖析其存在的主要问题,也为进一步做大做强玫瑰产业提出发展建议。结果表明:四川省发展玫瑰产业具有自然资源条件优异、地方产业政策优势突出、发展态势良好等优势,但存在生产管理粗放、产品同质化严重、产品附加值较低、科技创新投入不足等特点。玫瑰种植规模较大,分布四川全域;加工产业以玫瑰花茶、玫瑰酱、玫瑰精油、玫瑰纯露等市场销售产品加工为主,加工水平相对较低;近年来玫瑰旅游产业得到初步发展,待进一步提升。四川省的玫瑰产业发展前景好,市场空间大,需政府积极引导支持,企业也应进一步加大科技投入,加强产业技术创新,注重产业品牌打造。

**关键词:**四川省;玫瑰产业;现状;问题;建议

**中图分类号:**S 682 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2022)16-0143-07

玫瑰是蔷薇科(Rosaceae)蔷薇属(*Rosa*)植物,具有景观绿化、涵养水土、食品化工、生物医药等重要作用,以“大马士革”玫瑰(*Rosa*

*damascene*)、“重瓣红”玫瑰(*Rosa rugosa* ‘Plena’)等为代表<sup>[1]</sup>。其中,“大马士革”玫瑰的花主要用于提取玫瑰精油、玫瑰纯露,“重瓣红”玫瑰(又称“平阴”玫瑰、“妙峰山”玫瑰等)主要作为加工玫瑰酱、玫瑰酒等食品原料<sup>[2]</sup>。

玫瑰花富含黄酮类、多糖类、酚酸类和玫瑰精油等成分,具有心肌保护、抗氧化、抑菌、抗肿瘤、抗病毒、镇静催眠作用、调节血脂和降血糖等生物活性<sup>[3]</sup>。玫瑰花可用于制作玫瑰花茶、玫瑰花饼、玫瑰花酒、玫瑰化妆品等,具有较大的开发潜力和应用价值;玫瑰精油被称为“液体黄金”,价格昂贵,是高级香水、香料和化妆品的重要原料之一<sup>[4]</sup>。

**第一作者简介:**程浩(1994-),男,硕士,助理研究员,现主要从事观赏植物产业化关键技术等研究工作。E-mail: chenghao01@caas.cn.

**责任作者:**苗保河(1967-),男,博士,研究员,现主要从事观赏植物产业化关键技术等研究工作。E-mail: miaobaohe@caas.cn.

**基金项目:**中国农业科学院基本科研业务费院级统筹资助项目(Y2021XK01);中国农业科学院科技创新工程资助项目(34-IUA-05)。

**收稿日期:**2022-02-11

and seed reproduction. On this basis, it introduced the survival and protection status of tree peony resources, and the development and utilization in ornamental, medicinal, edible and cultural values. Finally, according to the existing problems, it provided some suggestions for the future research on the protection and development of peony resources.

**Keywords:** tree peony species; phylogentic relationship; biological characteristics; resource protection; development and utilization