



徐慧,佟珂珂,孙凯歌,等.濒危植物大花黄牡丹的研究进展[J].黑龙江农业科学,2022(1):94-99.

濒危植物大花黄牡丹的研究进展

徐 慧¹,佟珂珂¹,孙凯歌²,李 焱¹,姚霞珍¹

(1. 西藏农牧学院 资源与环境学院,西藏 林芝 860000;2. 西藏农牧学院 高原生态研究所,西藏 林芝 860000)

摘要:为保护和合理利用濒危植物大花黄牡丹,本文对大花黄牡丹分类学、形态学特征、生态学及生物学等方面的研究内容进行了综述,并对其未来的研究进行了展望。鉴于大花黄牡丹在生态保护、观赏及经济上的重要价值,以及目前所处的濒危状态,可以从遗传结构、遗传多样性、进化迁移历史方面进行分析,通过评估对特殊居群提出有针对性的保护措施。

关键词:濒危;大花黄牡丹;分类学

大花黄牡丹(*Paeonia ludlowii*)属芍药科(Paeoniaceae)芍药属(*Paeonia*),是西藏特有丛生落叶花灌木,其花大色艳、植株高大,根部含有丹皮酚,具有清热凉血、散瘀止痛、通经等作用^[1],常作为藏药材入药,具有极高的观赏性和药用价值。芍药属中大花黄牡丹拥有珍贵的黄色花基因,可用以培育黄色牡丹品种,是宝贵的花卉种质资源。大花黄牡丹生存条件极为苛刻^[2],喜温和气候,较耐寒,抗旱能力弱^[3],由于自然植被的破坏和人为的采掘,致使其分布区域日益缩小,种群继续减少,目前处于濒危状态,已被列为国家二级保护植物^[4-5],对其研究亟待加强。本文就近年来国内外学者对大花黄牡丹分类学、形态学、生态学、生物学及药理学等方向的研究进行系统、全面的综述,并对今后的研究工作做出展望,以提高对这一特有濒危植物的关注,为保护和合理利用大花黄牡丹资源提供科学依据。

1 分类学研究

大花黄牡丹的分类学研究经历了从变型到变种,继而上升到种的过程。1936年,植物学家Ludlow和Sheriff在青藏高原米林地区的雅鲁藏布江河谷首次发现了大花黄牡丹,因其优良的观赏特性而多次引种到英国。1951年Stern和Taylor对该种首次进行了报道^[6],1953年,依据

花大株高、心皮数等特征将大花黄牡丹定名为黄牡丹的变种:*P. lutea* var. *Ludlowii* Stern et Taylor^[7]。1997年,洪德元等^[8]在对牡丹野生种实地考察过程中发现,大花黄牡丹和黄牡丹在植株高度、叶裂大小、花部特征、心皮数目等方面存在显著差异,后将大花黄牡丹界定为新种:*P. ludlowii*(Stern et Taylor) Hong。1998年,李嘉珏等^[9]对大花黄牡丹和黄牡丹进行了综合比较与研究,与Hong^[8]研究结果一致,大花黄牡丹和黄牡丹存在明显差异,大花黄牡丹是牡丹组各类群中较为原始的类群,认为应将大花黄牡丹上升为种的级别,大花黄牡丹的分类学地位最终得以确立。于玲等^[10]利用SDS-聚丙烯酰胺凝胶电泳技术研究了6个牡丹野生种的蛋白谱带,结果表明大花黄牡丹与其它种之间的亲缘关系较远,进一步讨论了大花黄牡丹的系统分类地位。同年,袁涛^[11]运用AFLP技术对牡丹组2个亚组的野生种进行了种间关系的研究,采用UPGMA构建亲缘关系表征图,将7个野生牡丹划分为4个组,因大花黄牡丹与其他种亲缘关系较远而被划分为独立的1组,结合其形态方面的特征,支持将大花黄牡丹上升为独立的种。在Stern^[12]的分类基础上,依据花盘的质地等差异,方文培^[13]为牡丹组划分了2个亚组,分别是革质花盘亚组和肉质花盘亚组,洪德元等^[14]基于一系列的研究将大花黄牡丹归于肉质花盘亚组下。

2 形态学特征

大花黄牡丹在形态上与黄牡丹之间存在诸多差异,其植株可高达2.5~3.5 m,株丛平均冠幅1.0~1.2 m。大花黄牡丹全体无毛,老枝灰褐

收稿日期:2021-08-30

基金项目:林学学科创新团队建设项目(533320002);农业资源与环境学科建设项目(533320003)。

第一作者:徐慧(1996—),女,硕士研究生,从事园林植物与观赏园艺研究。E-mail:1464283850@qq.com。

通信作者:姚霞珍(1981—),女,硕士,副教授,从事园林植物研究工作。E-mail:yxz3080@163.com。

色,脱落时呈片状脱落,当年生新枝黄绿色,老枝在 10~13 a 枯死并由新枝代替。萌蘖性强,萌蘖条生于根颈部,当年生长量 1.0~1.4 m^[15]。2 回 3 出羽状复叶,近羽状分裂,全缘具 1~2 齿,叶片约 25~37 cm,叶柄 16~23 cm,当年生叶柄为绿色或紫红色;花着于枝顶或叶腋,2~4 朵,花瓣、花丝、花药均呈纯黄色,花直径可达 8~12 cm,9~12 枚花瓣,呈倒卵圆形,花径达 8~10 cm,心皮大多为 1,偶有 2 心皮,萼片数 3~5 片^[3,16]。大花黄牡丹花期在 5 月初至 5 月底,单花花期 7~12 d,个体开花持续时间 13~28 d^[17]。8—9 月果实成熟,果实类型为蓇葖果,长 3.0~3.5 cm,直径为 1.0~2.5 cm,种子不规则扁圆形,颜色为暗褐色至黑色^[18]。

3 生态学及生物学研究

3.1 地理分布

大花黄牡丹在西藏尚存 6 个居群,分布于西藏东南部隆子、米林地区,28°26'N~29°34'N, 92°50'E~94°40'E;分布的海拔高差仅 400 m,从 2 920 m 至 3 320 m;分布在山坡灌丛中,山坡坡度一般为 10~40°,各居群植株数量规模差异较大,少则数 10 株,多则沿河流、山谷呈带状分布,可达 2 km^[19-20]。生境地为高原温带半湿润季风气候,年均气温 8.5℃,最冷月均温 0.1~3.2℃,最热月均温 12.3~17.4℃,年降水量 600 mm,土壤类型为山地棕壤、暗棕壤,pH 在 5~7 之间^[21]。邢震等^[16]通过调查发现,经过长期进化,大花黄牡丹表现出对高海拔环境和半干旱半湿润气候的高度适应,但其对水分依赖较大,抗旱能力不强。

3.2 种群动态及更新

近年来,国内有关学者对大花黄牡丹的种群动态及更新进行了研究。杨小林等^[22]通过静态生命表、存活曲线、生殖力表及 Leslie 矩阵模型研究了大花黄牡丹种群动态变化,结果表明大花黄牡丹在树龄 10 a 前和 20~25 a 间存在强烈的环境筛选和竞争自疏现象;种群净增长率、内禀增长率和周限增长率均不高,为衰退型种群;在 20 a 内总数量和幼苗数量减少了约 1/3,主要依靠自身的萌蘖繁殖来维持现存的种群量。张蕾^[23]在对林芝居群的调查研究中发现,在种群年龄结构方面,大花黄牡丹幼苗数量严重不足,老龄依靠萌蘖枝条进行自身更新和维持种群数量;在种群的

高度结构方面,大花黄牡丹株高与株龄成正比,高度级的降低不会增加植株数量;在空间分布格局方面,小株大多集中在母体周围,种群空间分布格局呈集群型。杨翔等^[24]运用生态位理论对大花黄牡丹主要种群生态位宽度、生态位相似性比例及生态位重叠方面进行了研究,发现大花黄牡丹种群生态位宽度具有显著优势,与其他主要种群之间的竞争不大是其群落能维持高物种多样性及相对稳定性的主要原因。珍珠等^[25]运用点格局分析法对大花黄牡丹种群的空间分布格局进行了研究,结果表明大花黄牡丹小丛级多、大丛级少,个体数和丛级成反比,各丛级在小尺度下呈集群分布,大尺度下呈随机分布。

3.3 种子萌发特性

牡丹组植物种子具有休眠特性,包括上胚轴休眠和下胚轴休眠,其中上胚轴休眠更为突出^[26]。赵仕虎等^[27]通过研究发现在失水后,大花黄牡丹种子出苗率显著降低,沙藏、乙醇和赤霉素 3 种处理可提高出苗率,其中以赤霉素处理结果为最佳。马宏等^[28]对自然风干 3 个月的大花黄牡丹种子萌发特性及各处理的休眠解除进行了研究,在综合考虑上胚轴、下胚轴休眠解除的基础上,发现适宜种子萌发的条件是:播种前使用常温清水将种子浸泡 7 d,在 15℃条件下恒温进行培养。待根长 3 cm 以上,使用 300 mg·L⁻¹GA₃浸泡 2 h 后置于 15℃条件下恒温培养,此处理下发芽时长在 120 d 左右,种子的发芽率高于 95%,较常规播种的发芽时长缩短 370 d,发芽率增长 171.4%以上。仇云云等^[29]发现大花黄牡丹种子表皮透水透气性差,种皮和胚中存在的抑制物质不利于种子萌发,在 500 mg·L⁻¹赤霉素浸泡 24 h 后可解除部分休眠,促进种子生根。尹秀等^[30]将分离出的种胚直接接种到添加有植物生长调节剂的 MS 培养基:MS+0.5 mg·L⁻¹6-BA+0.5 mg·L⁻¹IAA+0.2 mg·L⁻¹GA₃,种胚在 3~5 d 后开始萌动,于 7 d 左右萌发,子叶在 15 d 后抽出,胚根在 30 d 抽出,60~90 d 便可成苗,大大缩短了育种周期。

3.4 细胞学研究

对大花黄牡丹的研究近年来逐渐由宏观领域转向微观领域。曾秀丽等^[31]发现大花黄牡丹花粉粒结构为超长球形,多数外壁纹饰不规则。贾文庆等^[32]通过研究发现大花黄牡丹花粉萌发的

最佳培养基为 $120 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 蔗糖 + $45 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 硼酸 + $55 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ GA_3 + $30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ CaCl_2 , 花粉萌发率达 92.10%; 室温适合大花黄牡丹花粉 24 d 以内的短期贮存; 4°C 、 -20°C 适合杂交时间间隔在 80~120 d 花粉的中期贮存; -80°C 适合花粉的跨年贮存; -196°C 适合大花黄牡丹种质花粉的长期贮存; 活性氧、自由基积累过多, 膜质过氧化程度加剧, 细胞损伤严重是贮存期间花粉萌发率下降的主要原因。张华等^[33]通过石蜡切片发现大花黄牡丹营养器官的周皮发达, 韧皮纤维丰富, 表现出了对多风、干旱及低温环境的高度适应性。2016 年, 西藏自治区农科院蔬菜所首次发现大花黄牡丹雄蕊瓣化材料, 赵凡等^[34]从生态学和转录组方面进行了相关研究, 通过 GO 和 KEGG 通路将差异基因比对到不同的分子功能及代谢途径中, 筛选得出 GDSL esterase/lipase Atlg54790、Polygalacturonase-inhibiting protein 两个基因与大花黄牡丹的雄蕊瓣化有关。Lu 等^[35]对大花黄牡丹不同组织内生菌及根际微土壤真菌的 ITS 序列进行了测序和分析, 结果发现大花黄牡丹不同组织内生菌群落丰富度和多样性不同, 内生菌物种丰富度和多样性最高的部位为根部, 而不同深度土壤中的真菌具有相似的丰富度与多样性, 座囊菌纲和子囊菌纲作为大花黄牡丹组织和根际土壤的标志类群, 具有一定的药用价值, 与大花黄牡丹的药用功能可能存在一定的关联性。

4 化学成分及药理学

植物中化学元素的分布特征是植物长期演化的结果^[36], 植物所处的环境影响化学成分的含量。曾秀丽等^[37]在对大花黄牡丹的色素检测中检出山奈酚-3-O-葡萄糖苷-7-O-葡萄糖苷、山奈酚-3-O-葡萄糖苷、芹菜素-7-O-新橙皮 3 种类黄酮, Km3G7G 为主要的色素成分。李杰等^[38]对大花黄牡丹花朵氨基酸组成、矿质元素和重金属元素含量进行了分析, 发现花朵中 Se 含量较低, 但富含 K、Ca、Mg、Mn、Zn、Fe、Cu、B 多种矿质元素, 谷氨酸和天冬氨酸含量较高。

大花黄牡丹作为传统藏药, 当地居民在几百年前就将其用于妇科疾病、心脑血管疾病、皮肤癣菌病的治疗中, 具有良好的生物活性与药用价值。蒋丽丽^[39]通过研究发现水蒸气蒸馏法是提取大花黄牡丹根皮挥发油的最佳方法, 通过 GC-MS 分析共得到 55 种化合物, 其中含量最高的是丹皮

酚, 约占总量的 62.07%, 结果表明丹皮酚可显著抑制人肺癌 A549 细胞的增殖和诱导 A549 细胞的凋亡, 其中根皮挥发油对断发毛癣菌等 3 种皮肤癣菌的抑制效果优于丹皮酚, 同时根皮挥发油和丹皮酚有较强的抗氧化能力。李建平^[40]以大花黄牡丹根皮为实验材料, 95% 乙醇浸提 3 次浓缩后, 使用石油醚、氯仿、乙酸乙酯、水萃取, 将 4 个萃取组分进行抗絮状表皮癣菌和断发毛癣菌活性实验, 结果表明乙酸乙酯组分抗菌效果最好, 为大花黄牡丹治疗真菌性皮肤病提供了新依据, 并从根皮乙酸乙酯组分中分离出 4 个新化合物, 分别命名为大花黄牡丹萜 A、大花黄牡丹萜 B、大花黄牡丹萜 C 和 2-羟基-1-(2-羟基-4-甲氧基苯) 丙烷-1-酮, 利用 CLSI 推荐的 M38-A2 方案确定了组分中芍药苷元、没食子酸甲酯、丹皮酚、苯甲酸可有效抗絮状表皮癣菌和断发毛癣菌活性, 为研发相关皮肤病药品奠定了基础。Lu 等^[41]研究发现高剂量的大花黄牡丹籽油可以调节神经胶质细胞的活化, 介导海马细胞的凋亡, 并显著改善阿尔兹海默症大鼠的学习能力与记忆缺陷, 在预防或治疗阿尔兹海默症方面具有一定作用。

5 开发利用与保护

5.1 应用价值研究

芍药属中大花黄牡丹拥有珍贵的黄色基因, 作为鲜切花材应用的前景广阔, 在杂交育种上也有着重要的应用价值。牡丹籽油中 α -亚麻酸含量丰富, 具有良好的降血脂、降胆固醇及促进脂肪代谢、肝细胞再生等功效, 作为牡丹籽油的重要种质资源, 大花黄牡丹具有较高的开发应用前景。钟政昌等^[42]对大花黄牡丹籽含油量进行了测定, 结果表明大花黄牡丹籽去壳样品含油量约为 39.51%, 不饱和脂肪酸共 6 种, 占其脂肪酸总量的 87.44%, 含油量比普通牡丹籽高, 是优质的 ω -3 保健食品, 在医药工业、高级化妆品、高级润滑油等领域有良好的应用前景。Zhang 等^[43]比较了两种天然抗氧化剂对大花黄牡丹籽油的抗氧化作用的影响, 抗氧化剂的作用效果为 0.04% 茶多酚 + 原油 $> 0.04\%$ 竹类黄酮 + 原油 $>$ 原油, 此外, 大花黄牡丹籽油各抗氧化混合物的室温 (25°C) 货架期分别为 200.73, 134.90 和 131.61 d, 因此可作为高级食用油加以开发。开展大花黄牡丹资源的可持续性开发利用研究, 对服务地方经济和资源保护均有积极意义。

5.2 濒危机制研究

濒危植物的致危因素一般包括有碍于其发展和繁衍的内因和其所处的外部环境的影响。牡丹的自然繁殖分为兼性营养繁殖和有性繁殖,大花黄牡丹的繁殖属于有性繁殖,种子是其唯一的繁殖途径^[15]。大花黄牡丹发芽率极低,耗时长,2~3 a 才能发芽,仅有约 20% 的成年结实植株数,饱满种子发芽率仅约为 50%,生根成活率约为 10%^[44]。同时,由于种子个大皮厚,喜生长于沙石地及湿润、温暖、半遮荫的环境下,致使大花黄牡丹的生长繁殖充分受到水热的制约^[2]。低结籽率、种子萌发率和幼苗转化率及巨大的天然更新障碍致使大花黄牡丹目前处于极度濒危状态^[22]。

影响大花黄牡丹种群数量减少的自然因素主要为大花黄牡丹在花期易受生长区域晚霜的影响,遭受霜害进而影响结实率;牲畜在其分布区域的活动较为频繁,生境遭受一定程度的破坏;在传粉过程中,虫媒常有啃食心皮、胚珠的现象发生。除此之外,人为活动也对大花黄牡丹造成了诸多不良影响,如分布区基础设施建设和旅游开发,致使其生境片断化,缩小了大花黄牡丹的生长空间;由于巨大的药用价值,人为的不良采挖活动加速了濒危进程;近 5 年来,天然种群 50% 的种子每年被采摘至各地进行引种育种工作,导致大花黄牡丹种源更新的匮乏^[2,22]。

5.3 保护策略研究

大花黄牡丹仅分布于我国西藏东南部地区,在自然条件下天然更新缓慢,种群数量少,野生种群面临着濒危的风险,导致其濒危的原因是多方面的,因此迫切需要有效的保护措施和繁殖手段对大花黄牡丹进行资源保护。

5.3.1 就地保护与迁地保护相结合 植物的原始分布区域最适宜植物的生长繁殖,在大花黄牡丹分布地设立自然保护区作为就地保护场所,封育保护野生资源,严禁人为采挖和减少牲畜活动,保护与恢复原生生境,为大花黄牡丹的生长繁殖与天然更新提供良好的环境条件。种子库、活体栽培、离体保存和 DNA 库等均为迁地保护的主要措施。其次需重视种质资源的收集,通过种质资源库将野生大花黄牡丹资源进行长期保存,以抵御未来不可预测的风险。研究表明,大花黄牡丹

的引种试验在我国多地取得了初步的成果,引种至豫西山区的大花黄牡丹各生物学特征与原产地大致相同且稳定,同时出现了实生苗 5 年开花这一原生地没有的性状^[45]。因此可在了解其生物学特性和遵循其繁殖规律的基础上,寻找适宜的迁地区域与迁地环境,利用种子引种驯化,建立种质保护园圃,开展大花黄牡丹资源的迁地保护工作。

5.3.2 开展资源调查与生境地群落特征研究

由于分布地的特殊性,需要对大花黄牡丹的地理分布和生境状况进行全面、系统的资源调查,只有了解真实的资源分布数量及分布特征,结合分布地的气候、地理、地质、土壤等信息,才能更好地制定详细的保护策略。物种存活的载体是群落及其环境,濒危物种生境地群落结构及其环境对物种的存活和保护具有重要意义^[25]。因此,研究大花黄牡丹与生境地群落特征的关系,深入生境地进行群落调查,总结分析出适合大花黄牡丹生存的环境类型,可为大花黄牡丹的保护提供相关依据。

5.3.3 开展种苗繁育技术与规模化人工培育 自然条件下,大花黄牡丹仅靠种子繁殖^[15],且大花黄牡丹种子繁殖时,在播种当年存在上胚轴休眠现象,只生根不发芽,传统播种育苗周期长达 2 年^[30],存在发芽率低、成苗时间长的现象。在后续研究中,需进一步开展大花黄牡丹种苗繁育技术研究,同时大力推广大花黄牡丹育苗、栽培技术,通过人工繁殖育苗,缩短自然繁殖周期,提高成苗率,实现规模化高效快捷育苗,缓解自然更新的压力。

6 历年研究情况

自大花黄牡丹首次被发现以来,就引起学者们的广泛关注,以“大花黄牡丹”为关键词通过中国知网(CNKI)共检索出相关研究文献 93 篇。从图 1 每年的文献发表数量来看,2010、2012 年是 大花黄牡丹研究最初的两个高峰时期;2014—2018 年各学者对大花黄牡丹的研究持续保持较高的热度,年文献发表量均在 5 篇以上;2020 年对大花黄牡丹的关注度达到最高峰,发表文献量达到 10 篇;2021 年已发表相关文献 5 篇,以目前的趋势来看,大花黄牡丹在 2021 年仍是各学者研究与关注的热点材料。

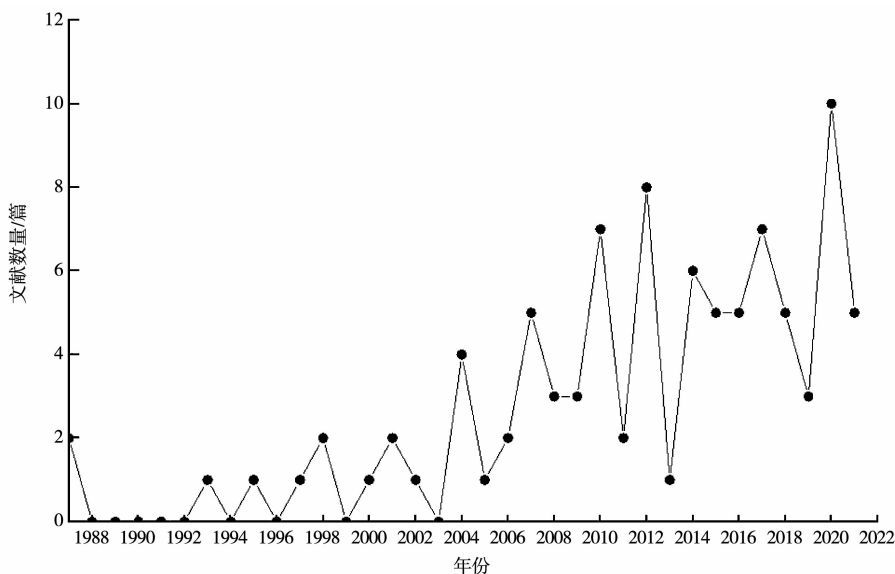


图1 历年有关大花黄牡丹的文献数量统计

7 讨论及展望

鉴于大花黄牡丹在生态保护、观赏及经济上的重要价值,以及目前所处的濒危状态,可从遗传结构、遗传多样性、进化迁移历史方面进行分析,针对性地为大花黄牡丹提出保护措施,不同居群的遗传结构和遗传多样性可能存在差异,可通过评估对相关居群提出重点优先保护。贮藏丹皮酚的主要部位在茎的韧皮部,作为大花黄牡丹主要的药用成分,未来大花黄牡丹取药可尝试取用茎皮部位,减少整株刨挖的毁灭性方式对大花黄牡丹资源造成的破坏^[33]。目前关于大花黄牡丹潜在分布区的研究鲜少,未来可使用最大熵模型预测大花黄牡丹的潜在分布区,在得出分布概率图的基础上,借助 ArcGIS 软件划分出大花黄牡丹地质背景适宜区,为大花黄牡丹保护小区划分、野外回归、推广种植选址提供可靠参考。在油料开发方面,需加强种子结实特性方面的研究,种植模式及种子采收方式等方面的研究也亟待加强。目前在牡丹野生种的基础上形成了各式各样的品种群,但却一直缺乏具有优质黄色花色且花型优良的牡丹品种,在今后的杂交育种工作中,可着重将大花黄牡丹的优秀花色花型基因导入其他品种中,充分发挥大花黄牡丹的育种潜力,为我国培育出更多更优的牡丹品种。

参考文献:

- [1] 权红,兰小中. 濒危植物大花黄牡丹光合特性及日进程研究[J]. 种子,2013,32(5):29-32,38.
- [2] 韩如水. 西藏大花黄牡丹的现状与保护[J]. 中南林业调查规划,2011,30(3):72-73.
- [3] 周生军,鲍隆友. 濒危植物大花黄牡丹的野生资源现状与栽培研究[J]. 中国林副特产,2009(2):93-94.
- [4] 杨小林,罗建,鲍隆友. 濒危植物大花黄牡丹种群结构与分布格局[J]. 西南林学院学报,2006,26(6):6-9.
- [5] 汪松,解焱. 中国物种红色名录(第1卷)[M]. 北京:高等教育出版社,2004.
- [6] STERN F C, TAYLOR G. A new peony from S. E. Tibet[J]. Journal of Royal Horticultural Society, 1951, 76: 216-217.
- [7] STERN F C, TAYLOR G. *Paeonia lutea* var. *Ludlowii*[J]. Curtis's Botanical Magazine, 1953, 169:209.
- [8] HONG D Y. *Paeonia* (*Paeoniaceae*) in Xizang (Tibet)[J]. Novon, 1997, 7(2):156-161.
- [9] 李嘉珏,陈德忠,于玲,等. 大花黄牡丹分类学地位的研究[J]. 植物研究, 1998, 18(2):152-155.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] STERN F C. A Study of the genus *Paeonia*[M]. London: The Royal Horticultural Society, 1946.
- [13] 方文培. 中国芍药属的研究[J]. 植物分类学报, 1958, 7(4):297-323.
- [14] 洪德元,潘开玉. 芍药属牡丹组的分类历史和分类处理[J]. 植物分类学报, 1999, 37(4):351-368.
- [15] 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):180-184.
- [16] 邢震,张启翔,次仁. 西藏大花黄牡丹生境概况初步调

- 查[J]. 江苏农业科学, 2007(4):250-253.
- [17] 王芳, 王国严, 路洪运, 等. 大花黄牡丹开花物候与生殖特性[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(9):211-213.
- [18] 李嘉珏. 中国牡丹与芍药[M]. 北京: 中国林业出版社, 1999:35-36.
- [19] 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.
- [20] 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[C]//张启翔. 中国观赏园艺研究进展 2017. 北京: 中国林业出版社, 2017:10-21.
- [21] 王文华. 西藏大花黄牡丹资源保护与利用[J]. 现代农业科技, 2016(13):188, 193.
- [22] 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(3):1242-1247.
- [23] 张蕾. 大花黄牡丹居群特征及种子生物学研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2008.
- [24] 杨翔, 卢杰. 大花黄牡丹群落主要种群的生态位研究[J]. 江苏农业科学, 2010(1):314-318.
- [25] 珍珠, 卢杰, 郑维列. 大花黄牡丹种群不同丛级点格局分析[J]. 四川林勘设计 2015(3):45-49.
- [26] 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(4):38-40.
- [27] 赵仕虎, 秦临喜, 王琳, 等. 西藏大花黄牡丹繁殖方法初步研究[J]. 中国现代中药, 2007, 9(11):43-44.
- [28] 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.
- [29] 仇云云, 张蕾, 倪圣武, 等. 大花黄牡丹种子萌发相关特性及生根技术的初步研究[J]. 甘肃农业大学学报, 2016, 51(6):58-63.
- [30] 尹秀, 张二豪, 李芳, 杨雪, 等. 濒危植物大花黄牡丹种胚快速成苗技术研究[J]. 生物学杂志, 2021, 38(2):75-78.
- [31] 曾秀丽, 代安国, 李青, 等. 部分牡丹花粉粒超微结构的研究初报[J]. 四川农业大学学报, 2009, 27(4):466-470.
- [32] 贾文庆, 王艳丽, 郭英姿, 等. 大花黄牡丹花粉萌发及贮存特性[J]. 林业科学, 2021, 57(2):82-92.
- [33] 张华, 贾军涛. 大花黄牡丹营养器官形态解剖学观察[J]. 高原农业, 2018(1):57-60, 56.
- [34] 赵凡, 曾秀丽, 张珊珊. 西藏大花黄牡丹雄蕊瓣化研究初探[J]. 西藏农业科技, 2018(3):21-27.
- [35] LU Y Z, ZHANG E H, HONG M S, et al. Analysis of endophytic and rhizosphere bacterial diversity and function in the endangered plant *Paeonia ludlowii* [J]. Archives of Microbiology, 2020, 202(7):1717-1728.
- [36] 何斌, 温远光, 梁宏温, 等. 英罗港红树植物群落不同演替阶段植物元素分布及其与土壤肥力的关系[J]. 植物生态学报, 2002(5):518-524.
- [37] 曾秀丽, 王亮生, 潘光堂, 等. 西藏野生黄牡丹和大花黄牡丹的色素分析[C]//杜永臣, 园艺学报编辑部. 中国园艺学会 2012 年学术年会论文摘要集. 北京: 园艺学报编辑部, 2012:177.
- [38] 李杰, 旦真次仁, 许晓嘉, 等. 西藏大花黄牡丹花朵氨基酸组成和矿物质元素比较分析[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2017, 32(6):1058-1063.
- [39] 蒋丽丽. 西藏大花黄牡丹根皮挥发油的提取、成分分析和生物活性研究[D]. 哈尔滨: 黑龙江大学, 2017.
- [40] 李建平. 西藏大花黄牡丹抗絮状表皮癣菌和断发毛癣菌活性物质研究[D]. 哈尔滨: 黑龙江大学, 2015.
- [41] LU Y Z, ZHANG C Q, YU B X, et al. The seed oil of *Paeonia ludlowii* ameliorates A β 25-35-induced Alzheimer's disease in rats[J]. Food Science & Nutrition, 2021, 9(5):2402-2413.
- [42] 钟政昌, 张超奇, 仁增白玛, 等. 西藏大花黄牡丹籽油的提取及品质评价[J]. 中国粮油学报, 2020, 35(7):84-91, 96.
- [43] ZHANG C Q, XU Y J, LU Y Z, et al. Study on the Fatty Acids, Aromatic Compounds and Shelf Life of *Paeonia ludlowii* Kernel Oil [J]. Journal of oleo science, 2020, 69(9):1001-1009.
- [44] 赵福. 大花黄牡丹生物学特性及濒危因素探讨[D]. 林芝: 西藏农牧学院, 2004.
- [45] 倪圣武. 紫牡丹、黄牡丹、大花黄牡丹引种与迁地保护研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2009.

Research Progress on Endangered Plant *Paeonia ludlowii*

XU Hui¹, TONG Ke-ke¹, SUN Kai-ge², LI Yao¹, YAO Xia-zhen¹

(1. Department of Resources and Environment, Tibet Agriculture and Animal Husbandry University, Nyingchi 860000, China; 2. Institute of Plateau Ecology, Tibet Agriculture and Animal Husbandry University, Nyingchi 860000, China)

Abstract: In order to protect and make rational use of the endangered plant *Paeonia ludlowii*, this paper summarized the research contents of taxonomy, morphological characteristics, ecology and biology of *Paeonia ludlowii*. Its future research was prospected. In view of the important value of *Paeonia ludlowii* in ecological protection, ornamental and economic, as well as the current endangered state, it can be analyzed from the aspects of genetic structure, genetic diversity and evolutionary migration history, and put forward targeted protection measures for special populations through evaluation.

Keywords: endangered; *Paeonia ludlowii*; taxonomy