张林娟，李向茂，奉树成 . 紫薇种质资源与应用研究进展［J］. 广东农业科学，2024，51（2）：81–91.
ZHANG Linjuan, LI Xiangmao, FENG Shucheng. Research progress on germplasm resources and application of *Lagerstroemia indica*［J］. Guangdong Agricultural Sciences, 2024，51（2）：81–91.

紫薇种质资源与应用研究进展

张林娟，李向茂，奉树成
（上海市绿化管理指导站 / 上海城市树木生态应用工程技术研究中心，上海 200020）

摘 要：紫薇属植物为我国原生植物，在我国已有 1 500 多年的栽培历史。它是优良的夏花木本植物，因其花色艳丽、花期长、可净化空气等优点，被广泛应用于城市园林绿化中。紫薇种质资源极为丰富，全球紫薇属植物约有 60 种，我国占比达 40%。全国及区域性种质调查成果为紫薇的研究打下了良好基础。近年来，各地加大了紫薇新品种培育和引种应用，育种方式以传统育种为主，培育出较多性状优良且市场价值高的新品种。随着育种技术及分子生物学的快速发展，紫薇分子辅助育种相关研究取得了突破性进展。该文从紫薇的分类研究、种质资源现状、育种研究和引种应用等方面进行综述，系统梳理了我国紫薇种质资源情况（包括野生品种 24 种、栽培品种 350 种），探讨了国内外紫薇育种的研究历程和发展趋势，并对引种应用研究现状进行概述。针对紫薇研究现状，展望了未来研究方向，以期在后续研究中加大紫薇调查力度、完善种质资源库、建立信息共享渠道；从花色、香味、株型、抗性及延长花期等方面拓宽育种方向，利用生物及智能技术手段加强育种技术研究，加快紫薇种质创新；因地制宜，不断开发紫薇应用形式，充分发挥紫薇资源价值。

关键词：紫薇；分类；种质资源；核心种质；育种；引种
中图分类号：S685.99 **文献标志码：**A **文章编号：**1004–874X（2024）02–0081–11

Research Progress on Germplasm Resources and Application of *Lagerstroemia indica*

ZHANG Linjuan, LI Xiangmao, FENG Shucheng
（*Shanghai Municipal Landscape Management and Guidance Station / Shanghai Engineering Research Center of Urban Tree Ecology and Applications, Shanghai* 200020, *China*）

Abstract: *Lagerstroemia* is a native plant in China, which has been cultivated for more than 1 500 years. It is an excellent summer flower woody plant, and is widely used in urban landscaping because of its beautiful color, long flowering period and the advantage of purifying air. The germplasm resources of *Lagerstroemia indica* are extremely rich. There are about 60 species of *Lagerstroemia* in the world, 40% of which are in China. The results of national and regional investigations have laid a good foundation for the study of *L. indica*. In recent years, the cultivation and application of new cultivars have been increased in various regions. The breeding method is mainly traditional breeding, and many new cultivars with good characters and high market value have been cultivated. With the rapid development of breeding technology and molecular biology, a breakthrough has been made in the researches on molecular assisted breeding of *L. indica*. In this paper, the classification research, germplasm resources, breeding research and introduction and application of *L. indica* were reviewed. We systematically sorted

收稿日期：2023–09–14
基金项目：上海市科技兴农项目（2022–02–08–00–12–F01161）
作者简介：张林娟（1990—），女，硕士，工程师，研究方向为园林绿化技术与管理，E–mail：zlj11299@163.com
通信作者：奉树成（1966—），男，硕士，教授级高级工程师，研究方向为植物学、园林规划和建设管理，E–mail：846058770@qq.com
姚驰远博士在论文修改过程中提供了宝贵的建议，谨此致谢。

out the germplasm resources of *L. indica* in China, including 24 wild species and 350 cultivars, discussed the research process and development trend of breeding of *L. indica* at home and abroad, and summarized the current situation of introduction and application research. In regard to the current research status of *L. indica*, this paper offered reflections on future research directions to enhance investigations of *L. indica*, improve germplasm resource banks, and establish information sharing channels; efforts on breeding should be expanded beyond flower color, fragrance, plant type, resistance and extension of flowering period; and biological and intelligent technologies should be leveraged to strengthen breeding techniques and accelerate innovation in *L. indica* germplasms. Continuous application forms for *L. indica* resources should be developed according to local conditions to fully realize their value.

Key words: *Lagerstroemia indica*; classification; germplasm resource; core germplasm; breeding; species introduction

紫薇属（*Lagerstroemia*）是千屈菜科（Lythraceae）一个原产于中国的类群，在我国从南到北均有栽植[1]。因其花色艳丽、花期长、寿命长、抗污染能力强[2]及在夏季开花等优点，被广泛应用于园林绿化中，如道路景观营造、公园广场景观节点配置、造型艺术应用、专类园应用、生态修复应用及庭院观赏应用等。紫薇的木材坚硬、耐腐，可作农具、家具和建筑等用材。其花、叶、根及树皮均具有一定药用价值，研究表明，紫薇叶子含有生物活性物质（如科罗索酸），可以激发胰岛素功能并增加细胞对葡萄糖的吸收，从而治疗糖尿病；紫薇含有的多种酚类成分如鞣花单宁、类黄酮和花青素等，具有优异的抗氧化作用[3-5]。

我国最早关于紫薇的记载来源于东晋时期王嘉所著的《拾遗记》，大致记录了紫薇在全国范围内的栽植，可见那时紫薇分布已较为广泛[6]。在唐朝，紫薇处于栽培发展时期；直至宋朝，紫薇栽培范围从皇宫内苑、官员府邸、寺院等场合转变为寻常百姓家，栽培范围进一步扩大；到18世纪初，随着各国间贸易往来日趋频繁，我国紫薇被引入到日本、朝鲜及东南亚等地；18世纪中期，紫薇被引种至英国邱园[7]；随后，紫薇被引入到美国，开始在国外的育种之路。

植物种质资源是一项长期的资源管理工作，它提供了有关物种遗传学的知识，是植物研究和利用的基础，对保护植物多样性具有重要意义[8]。核心种质的收集和核心种质资源库的建立可有效保护植物种质资源，其可以最少数量的遗传资源最大限度地保存整个植物群体的遗传多样性。一个具备代表性、精练性、可控性、数据完整性以及高可用性的核心种质资源库有助于有效利用植物遗传多样性，使资源调查和育种工作更加集中，同时有助于保护物种内独特和稀有的特征，这在生物多样性日益减少的背景下尤为重要[9]。据统计，全球范围内紫薇约有60种[10]。我国紫薇资源丰富，自20世纪80年代，我国学者开启了紫薇资源研究的先河，取得一系列成果，为紫薇研究打下良好基础。然而，我国紫薇研究起步较晚，目前仍存在种质资源调查不全面、品种资源混乱和育种意识不强等问题，严重限制了紫薇的价值。本文从紫薇的分类研究、种质资源调查现状、育种研究及引种应用等方面进行梳理，以期为紫薇系统研究、推广应用及产业化发展提供参考。

1 紫薇分类研究

“种”在分类学上是指具有相同的形态学、生理学特征和一定自然分布区的生物群。它是客观存在的分类单位，既有相对稳定的形态特征，同时又是在进化发展中[11]。而品种则是栽培植物的基本分类，它是为一专门目的而选择的、具有一致而稳定的明显区别特征，而且通过适当方式繁殖后明显特征仍能保持下来的植物集合体[12]。我国紫薇品种分类研究是在种质资源调查研究的基础上逐渐发展成熟。早在1962年，陈俊愉[13]指出梅花品种分类的方法，30年后，该分类方法正式被提出为“花卉二元分类”，即“演化关系为主，形态应用为辅，二者兼顾”[14]。该分类方法被应用于多种植物，紫薇就是其中之一。1991年，张启翔[6]对紫薇品种的分类原则和标准作了介绍，其以种型作为品种分类的第一级标准，如来自纯种紫薇（*L. indica*）为紫薇系列、来自纯种福建紫薇（*L. limii*）为福建紫薇系列、

来自两种间的种间杂交则为杂交系列。花的颜色作为第二级标准，花的大小作为第三级标准。依此标准，他将调查的 50 个品种分为 4 系（紫薇系、福建紫薇系、杂种福建紫薇系和杂种南紫薇系）9 类（银薇、红薇、堇薇、洒金、福建红薇、福建堇薇、杂种红薇、杂种堇薇和杂种南紫薇），从此搭建了中国紫薇品种架构。王献[15]进一步深入调查，将种源组成作为品种分类的第一级标准、将株型株高作为第二级标准、将花色作为第三级标准，孙洪美[16]则在此基础上增加了花径作为第四级标准，并从观赏角度，以花色和株型作为主要依据，将紫薇品种划分为 5 个品种群（分别为堇薇品种群、红薇品种群、银薇品种群、洒金品种群和矮生品种群）。前人通过花粉聚类分析、品种表型多样性分析等研究，认为紫薇品种群总体演化趋势为堇薇品种群 – 红薇品种群 – 银薇品种群 – 复色品种群[16–18]。以上表型多样性分析表明紫薇的分类方法符合品种演化规律，合理且实用。

2　紫薇种质资源调查研究

2.1　野生种质资源

我国紫薇种质资源调查研究始于 20 世纪 80 年代，我国共开展 3 次全国范围内的考察，首先是 1982—1988 年 6 年间，研究者走访 15 个省（市、自治区），发现中国原产紫薇 16 种、东南亚引种 2 种[6]。第 2 次调查在 10 年后，王献[15]调查了北京、湖北保康、云南西双版纳及河南等 8 个地区，认为我国紫薇有 18 种，加上从东南亚引入的南阳紫薇（*L. siamica*）、大花紫薇（*L. speciosa*）和棱萼紫薇（*L. turbinata*）3 种，共计 21 种，补充了小果紫薇（*L. minuticarpa*）、棱萼紫薇和小叶紫薇（*L. parviflora*）。其中，紫薇、南紫薇（*L. subcostata*）和福建紫薇分布较为广泛，这与前人研究结果[6]一致，狭瓣紫薇（*L. stenopetala*）、云南紫薇（*L. intermedia*）、福建紫薇和广东紫薇（*L. fordii*）为我国特有[15]。第 3 次调查涉及 12 个省（市、自治区），包括云南、浙江、江苏、安徽、海南、广西、湖北保康、福建、河南鸡公山和郑州黄河游览区、四川、山东和北京，调查发现原生种 19 种、引入栽培种 4 种，共计 23 种，新增安徽紫薇（*L. anhuiensis*）、屋久岛紫薇（*L. fauriei*）[19]。2012 年，新种勐腊紫薇（*Lagerstroemia menglaensis* sp. Nov）在云南西双版纳被发现[20]，综上，我国紫薇属植物应有 24 种（表 1）。至此，全国范围内的紫薇资源调查较为少见，虽然研究者们意识到种质资源保护的重要性，建立了少数紫薇资源圃，构建了紫薇、南紫薇较初级核心种质库[15,19,21]，但较为完整的紫薇种质资源库仍未成功建立，种质资源情况尚需进一步探究。

2.2　品种资源

紫薇品种资源丰富，园林应用却较为单一，主要原因之一是研究人员对其品种资源及特性了解不全面。1991 年，我国紫薇品种中银薇类 9 个、红薇类 16 个、堇薇类 14 个、洒金类 14 个、杂交种 5 个[6]。后续王献[15]经过调查整理发现我国紫薇栽培品种或变异类型有 48 个，其中白花品种 14 个、红花品种 18 个、紫花品种 9 个、洒金品种 9 个（包含‘花叶白’‘花叶红’和‘花叶紫’）、红叶品种 1 个。在此基础上，顾翠花[19]调查发现的紫薇品种有 51 个，其中与王献重合的有 22 个，新整理命名的有 29 个。各省市也相继开展了紫薇品种调查研究，山东紫薇品种 51 个，其中新增‘卷叶红’‘相映红’‘红满堂’‘紫牡丹’和‘矮生直枝粉’5 个新品种[9]；王业社等[22]调查表明，湖南紫薇品种有 111 个，其中堇薇品种群 36 个、红薇品种群 30 个、银薇品种群 14 个、复色品种群 23 个及矮生品种群 8 个，其中湖南邵阳地区发现紫薇品种 100 个[23]。这些品种中以红色和蓝紫色最多、白色复色较少，调查结果与其他地区一致，数量上的差异也反映出紫薇品种花色的演化路线是由蓝紫色、红色到白色、复色，株型的演化路线是由乔木、灌木、到矮生灌木。研究者对福建、江苏、南京、常州、浙江及海南等地也进行了调查[24–26]，本文梳理出我国现有紫薇品种 350 个以上（表 2），其中不乏同名异物、同物异名，品种群分类不一、不系统以及不统一等问题，亟待系统梳理。

紫薇在 17 世纪中期被引入欧洲，18 世纪中期被种植在英国邱园，而后在 18 世纪中期至末期经欧洲引入到北美地区，并在美国作为观赏植

表1 中国紫薇属植物野生种质资源

Table 1 Wild germplasm resources of *Lagerstroemia* in China

序号 No.	种质资源 Germplasm resoources	分布范围 Distribution range	类型 Type
1	紫薇 *Lagerstroemia indica*	中国大部分省市	原生种
2	南紫薇 *Lagerstroemia subcostata*	中国台湾、广东、广西、湖南、湖北、江西、福建、浙江、江苏、安徽、四川及青海等	原生种
3	福建紫薇 *Lagerstroemia limii*	福建、浙江、湖北	原生种
4	云南紫薇 *Lagerstroemia intermedia*	云南	原生种
5	西双紫薇 *Lagerstroemia venusta*	云南	原生种
6	桂林紫薇 *Lagerstroemia guilinensis*	广西	原生种
7	毛萼紫薇 *Lagerstroemia balansae*	海南	原生种
8	狭瓣紫薇 *Lagerstroemia stenopetala**	广东、广西	原生种
9	尾叶紫薇 *Lagerstroemia caudata**	广东、广西、江西	原生种
10	网脉紫薇 *Lagerstroemia suprareticulata*	广西	原生种
11	绒毛紫薇 *Lagerstroemia tomentosa*	云南	原生种
12	毛紫薇 *Lagerstroemia villosa*	云南	原生种
13	广东紫薇 *Lagerstroemia fordii*	广东、福建等	原生种
14	川黔紫薇 *Lagerstroemia excelsa*	贵州、四川、湖北等	原生种
15	安徽紫薇 *Lagerstroemia anhuiensis*	安徽	原生种
16	小花紫薇 *Lagerstroemia micrantha*	中国台湾	原生种
17	光紫薇 *Lagerstroemia glabra*	广西、湖北	原生种
18	小叶紫薇 *Lagerstroemia parviflora*	云南	原生种
19	小果紫薇 *Lagerstroemia minuticarpa*	云南、西藏等	原生种
20	勐腊紫薇 *Lagerstroemia menglaensis* sp. Nov	云南	原生种
21	大花紫薇 *Lagerstroemia speciosa***	东南亚	引入栽培种
22	南洋紫薇 *Lagerstroemia siamica*	东南亚	引入栽培种
23	屋久岛紫薇 *Lagerstroemia fauriei*	日本	引入栽培种
24	棱萼紫薇 *Lagerstroemia turbinata*	东南亚	引入栽培种

注：“*”表示具有芳香，“**”表示含多花紫薇（*Lagerstroemia floribunda*）。

Note: “*” means cultivar with aroma, “**” means cultivar with *Lagerstroemia floribunda*.

物种植已超过175年[27]。据美国国家农业统计局2020年数据，紫薇是美国收入最高的落叶开花树种，2019年的年销售额接近7 000万美元，尤其是东南部地区产量占全美紫薇产量的75%以上[28]。自引进美国后，研究者们开展了大量的新品种培育工作，截至2017年美国紫薇专利品种达94个[29]，这些新品种性状优异，具有较高的商业价值。与我国紫薇品种不同的是，这些品种大部分为矮生的地被或小灌木，矮生品种可种植于容器中，易于移动，以便应用于寒冷地带。1998—2000年，美国研究者通过诱变育种先后培育出国旗红花色的‘红火球’和‘红火箭’，成功在美国商业化[29]。2004年，王晓明[30]从美国引进“三红”紫薇（‘红火箭’‘红火球’和‘红叶紫薇’）并进行引种试验，因其花色特殊及抗性较强在我国迅速推广，近年被广泛应用于园林绿化中。

3 紫薇育种研究

植物育种进程主要经历驯化、传统育种和现代育种3个阶段。其中，传统育种指利用植物本身的生理和遗传特性，通过有性杂交或诱变产生变异，并经过选择固定优良变异的过程[31]，包括杂交育种、诱变育种等方式，我国作物和观

表 2　中国紫薇品种资源

Table 2　Cultivar resources of *Lagerstroemia indica* in China

类型 Type	品种 Cultivar
银薇品种群 *L. indica* Alba population	白云映霞、冰清玉蝶、层云积雪、白密香、白乔、垂枝白、大花白、大花冰清玉蝶、大花红日映霞、大花紫环、淡紫环、多花直枝白、红环小花白、红日映雪、红晕、平枝白、香雪云、小花白、小花银薇、小花紫爪银薇、阳春白雪、长爪白云映霞、长爪小花银薇、直枝白、紫环、紫扇、紫爪直枝白、矮生白、矮生平枝白、白蝶飞舞、粉蕊出墙、福建杂种白、花叶白、交互银薇、紫爪银薇
堇薇品种群 *L. indica* Amabilis population	紫晶、二层紫、宝庆淡紫、宝庆紫、垂枝淡紫、垂枝堇薇、垂枝紫、翠盘堇薇、翠盘蓝紫、大花垂枝紫、大花翠盘堇薇、大花淡紫、大花红爪堇薇、大花直枝紫、大花紫、大花紫霞、淡爪堇薇、多花堇秀、多花小花紫、多花紫、多花紫环堇秀、繁花似锦、海宁紫、海之恋、红萼紫、红环直枝紫、红筋紫环堇薇、红蕾、红爪垂枝紫、红爪淡紫、红爪堇薇、红爪平枝紫、红爪深紫、红爪直枝紫、花叶紫、建民紫、堇薇、堇秀、蓝紫、毛萼堇薇、明紫、平盘紫、平枝紫、珊瑚堇薇、湘紫、小花垂枝深紫、小花垂枝紫、小花直枝紫、小花紫、小花紫环堇秀、小叶堇薇、雅紫、长柄堇薇、长爪珊瑚堇薇、长爪紫、直萼堇薇、直枝紫、皱瓣堇薇、紫萼堇薇、紫锦、紫牡丹、紫气东来、紫霞、紫嫣、紫曳、紫玉、紫爪堇薇
红薇品种群 *L. indica* Rubra population	彩霞满天、粉娇蓉、粉奴娇、红满堂、平枝粉、相映红、瓣化粉、宝庆红、奔月、碧粉、唱晚、垂瓣粉、垂枝大花粉晶、垂枝粉、翠盘淡爪粉晶、翠盘红粉、翠盘玫瑰红、翠盘紫红、大花粉蝴蝶、大花粉晶、大花粉珊瑚、大花红环粉晶、大花红锦、大花红珊瑚、粉晶、粉蕊、粉珊瑚、粉爪翠盘、海宁粉晶、海宁红、海宁玫红、红粉紫薇、红环垂枝粉、红环淡粉、红环蝶舞、红尖紫薇、红锦、红莲、红珊瑚、红盛、红太阳、红彤彤、红霞、红心紫环、红爪多花粉、红爪粉、红爪细环粉、华红、黄药翠盘、黄药粉晶、建民粉、建民红、卷叶红、开封红、绿粉紫薇、绿爪红蝶、玫瑰红、玫瑰红 2 号、宁波红、钱江潮、少果粉晶、嵊州红、晚花玫红、望秋、妩媚、喜洋洋、霞光四溢、湘红、小花粉、小花红蝶、小花红彤彤、小花红爪粉、小花建民红、胭脂红、窄萼多瓣红、直萼垂枝红、直萼粉晶、直萼红、直萼红爪粉、直枝粉、直枝红、紫爪玫瑰红、矮生直立红、垂枝红、多花粉、粉蝴蝶、粉润、福建杂种粉、红蝶飞舞、红红火火、花叶红、么红、杂种粉、毛叶粉薇、尾尖粉、夭红
复色品种群 *L. indica* Bicolor population	绯云、幻粉流云、豆蔻年华、二八年华、粉香云、红心、流云、六月飞雪、晚紫、紫玉娇、紫云、彩绘、朝露、垂枝淡爪晚紫、大花朝露、大花淡爪晚紫、大花二八年华、大花晚紫、大花杂种粉、大花紫云、淡爪晚紫、东方少女、多瓣粉、多花银边堇薇、多花紫云、多色粉、粉湘女、粉绣球、芙蓉面、红筋晚紫、幻粉、俏佳人、双色红薇、双色堇薇、夕阳红、西施、湘女多情、小花幻粉流云、小花银边粉、小花杂种粉、银边翠盘堇薇、银边粉、银边红、银边堇薇、长爪杂种粉、紫萼粉绣球、紫扇映霞、紫韵、水晶紫
矮生品种群 *L. indica* Dwarf population	矮生直枝红、矮生垂枝粉、矮生粉、矮生红、矮生平枝粉、矮生平枝红、矮生平枝紫、矮生直枝粉、矮生直枝紫、矮生紫、红火箭、红火球、红叶紫薇、玲珑
杂交种 Hybrid	彩云追月、粉玉、黛粉、万紫千红、芳菲
授权新品种 Authorized new cultivar	福城笑语、福城芳华、福城紫娟、苏薇一号、宁香 2 号、绯云添香、宁香 1 号、香腮雪、桃蕾、稚子面、粉芙蓉、紫荷、潇湘紫裳、紫绶、绝代双娇、紫俏、紫绮、湘南红、红精灵、锦绣红、湘女情、蝴蝶舞、祥云、浓情、花海、红海、红云、绿地毯、粉玲珑、缤粉佳人、云裳、紫玲珑、紫夜、紫裙、紫遂、蜀紫粉、绚紫、粉精灵、仑山 1 号、灵梦、娇篮、眷恋、火焰、少女花语、千层绯雪、风华绝代、御汤香妃、金幌、白雪、彩霞、苍翠、赤霞、丹霞、粉宁香、红贵妃、红袖添香、娟红、玲珑红、巧克力、沁紫、擎天、四海升平、午夜、夏日舞娘、湘韵、晓明 1 号、银蝶、紫金、紫精灵、紫銮、紫馨、紫焰、紫莹、追梦、岭南粉韵、岭南贵妃、岭南紫蝶、潇湘彩蝶、潇湘粉蝶、潇湘粉韵、潇湘红魁、潇湘红霞、潇湘红馨、潇湘惊艳、潇湘美人、潇湘雪蝶、潇湘艳舞、潇湘艳紫、潇湘紫星、潇湘紫珠

赏植物育种大多采用传统育种方式[32-34]。而现代育种则是以转基因等分子育种为主，克服了传统育种周期长、效率低的缺点。近年来，植物遗传资源评价与利用、基因克隆与挖掘，以及育性调控分子机理解析等方面研究丰富[35]，这些研究加快了植物种质的创新和育种技术的发展。紫薇育种研究在国外起步较早，而国内相对较晚，且主要采取杂交育种与选择育种相结合及诱变育种的方式获得优良品种。基于植物分子育种的快速发展，分子生物学辅助育种是紫薇育种的必然趋势。

3.1　杂交育种

紫薇杂交育种较其他育种方法更广泛，产出成果更丰富。20 世纪 60 年代初始，美国开展了大量紫薇育种和选种计划。早期在美国种植的紫薇大部分是紫薇的栽培品种，但这些品种极易感染白粉病，为解决这一问题，Egolf[36-37]引进了 6 个抗病紫薇品种，虽有所改善，但其抗霉性难以应对美国南方潮湿的气候。而日本的屋久岛紫薇具有耐白粉病性状，1956 年美国学者将屋久岛紫薇引入美国[38]。1963 年，研究者偶然发现屋久岛紫薇和紫薇种间杂交幼苗（‘Basham’s

Party Pink’），这与美国国家植物园的屋久岛紫薇抗白粉病研究相吻合[27]。因此，从1964年开始，屋久岛紫薇和紫薇种间杂交育种研究促成了大量新品种的诞生，研究者成功地将屋久岛紫薇的抗白粉病性状与紫薇的其他理想性状相结合。而后，由于南紫薇具有花色从淡紫色到粉红色或白色的优点，福建紫薇具有极强的抗寒性及抗病性，这两种也被纳入到种间育种计划[39]，进一步拓宽了栽培紫薇的遗传基础。

我国紫薇杂交育种起步较晚，早期育种工作主要通过野生种引入栽培后选育而来，且品种权意识不强。从国家林业局授权植物新品种中可知，研究者大多通过实生苗自然变异选育品种，如红色的‘红云紫薇’[40]、金黄色的‘金晃’[41]和无籽且花期长的‘湘韵’[42]。近年来，利用紫薇交杂育种有所发展，研究者们以花香为目标，利用尾叶紫薇为母本、‘俏佳人’为父本进行远缘杂交获得香花品种‘御汤香妃’，利用屋久岛紫薇和‘Tuscarora’杂交获得香花品种‘Ning Xiang 1’和‘Ning Xiang 2’；以低矮紧凑株型为目标，利用屋久岛紫薇和紫薇品种种间杂交获得株型低矮或平展的‘千层绯雪’‘紫嫣’；以大花为目标，利用大花紫薇与紫薇品种的种间杂交，培育出‘风华绝代’[43-46]。

由于远缘杂交不亲和，紫薇杂交育种主要在少数紫薇属之间开展，限制了紫薇种质创新。例如，花色集中在紫色、粉红色和白色，缺乏黄色、绿色等，有研究者尝试利用黄薇属与紫薇属进行属间杂交来培育黄色品种，但未取得较好成果[47]。香花品种虽有培育成功[48]，但量少，且尾叶紫薇与其他品种杂交存在香味减弱情况，同时其花香特性和释放动态研究处于初级阶段[49-50]，香花育种还应充分挖掘尾叶紫薇和狭瓣紫薇等香花种的潜在价值。

3.2 诱变育种

诱变育种通常利用辐射或化学药剂处理种子，使其发生变异而获得新性状。早在1998年，美国学者通过甲磺酸乙酯（EMS）处理紫薇种子，获得较多优良品种，其中‘WHIT Ⅳ’（商品名‘红火箭’）颜色鲜红[51]，在我国被广泛应用。我国紫薇诱变育种最初主要通过秋水仙素诱导多倍体产生，童俊等[52]采用秋水仙素幼苗滴液法，研究了不同浓度和不同处理时间秋水仙素对紫薇的诱变效果，结果表明所得到的四倍体紫薇抗性较二倍体均有所提高，后期经过筛选获得花径增大、叶片大、叶色深绿的优良品种‘紫馨’和‘银蝶’。续言等[53]预期通过EMS诱变选育出综合性状优良的香花紫薇品种，获得尾叶紫薇EMS诱变的理论半致死剂量，虽未选育出新品种，但为诱变育种提供了参考。也有研究者通过辐射诱变手段培育紫薇新品种[54-55]，但目前未获得较好成果。

3.3 分子生物学辅助育种

随着育种技术的发展，研究者们认识到以上育种方式周期长且目标性较差等缺陷，逐渐利用分子生物学技术辅助育种，以提高育种效率。早期研究主要集中在利用DNA分子标记技术鉴定杂交品种，分析其遗传多样性及亲缘关系，如Pooler[27]利用AFLP及RAPD标记对12个屋久岛紫薇杂交后代进行分子遗传多样性分析，表明在其育种计划中加入屋久岛紫薇可显著提高栽培紫薇的遗传基础；多位研究者对紫薇的SSR（简单重复序列，也称微卫星）位点进行了开发和评价，发现分离到的SSR可有效用于紫薇遗传多样性评价、DNA指纹图谱及分子育种[56-58]；秦波等[59]利用紫薇转录组测序数据进行SSR点位搜索，共搜索到SSR点位16 453个，表明紫薇转录组数据也可作为SSR标记的可靠来源；研究者基于质体和核糖体DNA序列发现紫薇品种间的遗传变异和亲缘关系，表明质体和核糖体DNA序列可以作为评估遗传变异和亲缘关系的分子标记[60-61]。这些分子标记技术的应用从分子水平上为紫薇的品种选育和鉴定提供了理论基础。

后期随着基因测序技术的发展成熟，研究者们利用测序技术对影响紫薇性状的关键基因进行深入研究。例如，紫薇转录组测序结果表明，参与细胞周期的*TCP*家族基因在矮生和非矮生紫薇中的表达存在明显差异，因此研究者分离到该家族中的*LfiTCP15;2*，并对其功能进行分析，指出*LfiTCP15;2*可通过促进干细胞和节间伸长来调节紫薇株高[62]。另外也有研究表明

LfiCYCD3;1、*LfiCYCD5;1* 和 *LfiCYCD6;1* 可通过促进细胞分裂正向调节紫薇株高[63]，也为探究紫薇株高调控机制提供了依据。研究者对不同紫薇叶片进行转录组测序分析，比较不同叶片基因表达的差异，发现与代谢相关的基因表达差异显著，表明代谢产物的差异导致叶片生物学功能和形态上的差异，通过转录组和代谢组数据分析筛选出香花紫薇花香代谢途径中的关键基因[64]，研究者对花色、抗病、垂枝、花期控制等方面的关键基因挖掘也有一定研究[65-67]。这些研究基于转录组调节各性状的关键基因，用于分子育种，但研究结果还不够丰富。2023 年，紫薇在染色体水平的基因组组装完成，Zhou 等[68]在此基础上解析了花色、叶色以及株型等重要性状的形成机制，挖掘出与色素合成相关基因，重建了类黄酮化合物的生物合成途径，并将决定紫色叶性状的主效区间定位到第 12 条、第 17 条染色体，将决定枝条节间长度的主效区间定位到第 1 条染色体，这为紫薇性状的定向改良和分子育种奠定了基础。

目前，从作物育种趋势可知，育种方式正在从传统经验育种转向智能设计育种，其利用全基因组和人工智能模型设计优异的等位变异，从而改良植物性状[69]。紫薇作为观赏木本植物，育种周期更长，通过创新育种方式可有效提高育种效率[70]，因此紫薇从传统育种到分子育种再到智能育种，仍有较长路程。

4　紫薇引种应用

基于国内外紫薇资源丰富，为进一步提高园林景观丰富度，提升紫薇园林应用价值以及改善紫薇良种资源现状，各地区加大了对紫薇的引种应用。美国的‘红火箭’‘红火球’‘红叶紫薇’是由王晓明[30]首次引种试验，这些品种具有花色红颜夺目、花期长且抗逆性强等优点。福建紫薇花大、叶大、花期长及花色美丽，李红伟等[71]从栽培地引种至河南许昌后进行了 10 余年试验，最终引种成功。近年来，研究者们对引进的国内外紫薇品种综合表现进行筛选评价，如 Wu 等[72]建立层次分析法模型对北京植物园引进的 62 个紫薇品种的综合景观应用价值进行评价，得出‘Cherry Dazzle’‘Peppermint Lace’等 18 个品种应用价值最高；申潇潇等[73]以 11 个紫薇优良品种为对象，从物候期、观赏特性、生长速度及露地越冬等情况进行分析，提出在郑州可推广应用的品种；叶康等[74]对引进至上海的 21 个国内外品种进行园林应用价值的综合评价，通过层次分析法、主成份分析法及聚类分析法将 21 个品种划分为 3 个等级，其中 I 级品种可直接推广应用于上海园林绿化中。可见，在引种应用方面，近年研究者注重对原种引种驯化，也加大了对国外优良品种的引进，且正在探索更加科学合理的方法，促进紫薇的应用与推广。

5　结语与展望

全世界目前已培育出的紫薇品种约有 500 多个，我国紫薇资源丰富，本文梳理出的 350 个品种占比约 70%，如何有效开发和应用紫薇资源还需我们继续深入研究。

首先，加大紫薇调查力度，完善种质资源库。基于目前的紫薇种质资源现状，不乏同名异物、同物异名、分类体系不统一、分类较为混乱以及同一品种描述差异大等现象，亟需更为系统和详细的梳理，为紫薇研究提供更为权威的参考依据。全国范围内的紫薇种质资源调查较少，且各地对紫薇种质资源库的建立与保护意识不强，大大限制了对紫薇家底的全面了解，因此应积极推动各省市紫薇种质资源全面调查，因地制宜建立种质资源库，完善体制机制，统一管理，建立数据共享渠道。

其次，拓宽育种方向，创新紫薇种质。近年来我国紫薇种质创新取得一定成就，但研究空间依然很大，如紫薇花色虽艳丽，但花色范围较窄，主要集中在红色、紫色、粉色和白色等，其他颜色极为少见，紫薇香花品种较少，且香味较淡，因此如何从花色、香味、株型、抗性以及延长花期等方面进行育种研究是未来方向之一。

再者，加强育种技术研究，加快种质创新。除进一步利用好杂交育种与诱变育种技术外，还应积极利用现代生物技术挖掘关键基因深入研究，提高育种工作的高效性和针对性。合理引种驯化国外优良品种，并将其与本土品种杂交，进

一步拓宽良种资源。

最后，因地制宜，开发应用紫薇形式。植物生长受不同区域的气候、环境等影响，紫薇的引种应用也应因地制宜，因此应采用更科学、客观的评价方法和体系来筛选品种，不断开发紫薇应用形式，充分发挥紫薇资源价值。

参考文献（References）：

[1] 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, 1983.
Editorial Committee of Flora of China, Chinese Academy of Sciences. Flora of China[M]. Beijing: Science Press, 1983.

[2] 刘琬琪, 王菊, 徐晴晴, 王献. 紫薇对甲醛和苯复合污染的生理响应和抗性评价[J/OL]. 分子植物育种, 1-14[2023-09-26]. https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20230331.0935.002.html.
LIU W Q, WANG J, XU Q Q, WANG X. Evaluation of the physiological response and esistance to combined formaldehyde and benzene pollution in *Lagerstroemia*[J/OL]. *Molecular Plant Breeding*, 1-14[2023-09-26]. https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20230331.0935.002.html.

[3] SHASHIRAJ K N, HUGAR A, KUMAR R S, RUDRAPPA M, BHAT M P, ALMANSOUR A I, PERUMAL K, NAVAKA S. Exploring the antimicrobial, anticancer, and apoptosis inducing ability of biofabricated silver nanoparticles using *Lagerstroemia speciosa* flower buds against the Human Osteosarcoma (MG-63) cell line via flow cytometry[J]. *Bioengineering*, 2023, 10(7):821. DOI:10.3390/bioengineering10070821.

[4] BABU V, AROKIYARAJ S, SAKTHI S P, GEORGE M, RAGAVAN R M, DHARMALINGAM D, OH T, RAMASUNDARAM S, AGASTIAN P. Antibacterial, antioxidant, larvicidal and anticancer activities of silver nanoparticles synthesized using extracts from fruits of *Lagerstroemia speciose* and flowers of *Couroupita guianensis*[J]. *Molecules*, 2022, 27(22):7792. DOI:10.3390/molecules27227792.

[5] HANUMAN S D, ESMAEIL B, EERAPPA R, EBRAHIM B. Identifying potent inhibitory phytocompounds from *Lagerstroemia speciosa* against SARS-Coronavirus-2: Structure-based virtual screening[J]. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics,* 2023(5):11-13.DOI: 10.1080/07391102.2023.2205942.

[6] 张启翔. 紫薇品种分类及其在园林中的应用(英文)[J]. 北京林业大学学报, 1991(4):57-66. DOI:10.13332/j.1000-1522.1991.04.009.
ZHANG Q X. Studies on cultivars of crape-myrtle (*Lagerstroemia indica*) and their uses in urban greening (In English)[J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 1991(4):57-66. DOI:10.13332/j.1000-1522.1991.04.009.

[7] 王菊, 刘琬琪, 徐晴晴, 王献. 我国紫薇栽培历史与花文化研究[J]. 热带农业科学, 2023, 43(5):79-83. DOI: 10.12008/j.issn.1009-2196.2023.05.015.
WANG J, LIU W Q, XU Q Q, WANG X. Study on the cultivation history and flower culture of *Lagerstroemia indica* in China[J]. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 2023, 43(5):79-83. DOI: 10.12008/j.issn.1009-2196.2023.05.015.

[8] OCHAR K, KIM S H. Conservation and global distribution of Onion (*Allium cepa* L.) germplasm for agricultural sustainability[J]. *Plants*, 2023, 12(18):3294. DOI:10.3390/plants12183294.

[9] RUIZ-CHUTAN J A, KALOUSOVA M, MANOUROVA A, DEGU H D, BERDUO-SANDOVAL J E, VILLANUEVA-GONZALEZ C E, LOJKA B. Core collection formation in Guatemalan wild Avocado germplasm with phenotypic and SSR data[J]. *Agronomy*, 2023, 13(9):2385. DOI:10.3390/agronomy13092385.

[10] 黄建睿, 陈涛, 缪绅裕. 紫薇属植物叶绿体基因组研究进展[J]. 广东农业科学,2022, 49(10):52-61. DOI:10.16768/j.issn.1004-874X.2022.10.006.
HUANG J R, CHEN T, MIAO S Y. Research progress of chloroplast genomein *Lagerstroemia* spp.[J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2022,49(10):52-61. DOI:10.16768/j.issn.1004-874X.2022.10.006.

[11] 马炜梁. 植物学[M]. 北京：高等教育出版社, 2015.
MA W L. Botany[M]. Beijing: Higher Education Press,2015.

[12] 臧德奎, 向其柏. 关于栽培植物的品种命名问题[J]. 中国园林, 2006(9):50-54. DOI:10.3969/j.issn.1000-6664.2006.09.011.
ZANG D K, XIANG Q B. On the naming issues of cultivated plant cultivars[J]. *Chinese Landscape Architecture*, 2006(9):50-54. DOI:10.3969/j.issn.1000-6664.2006.09.011.

[13] 陈俊愉. “二元分类”——中国花卉品种分类新体系[J]. 北京林业大学学报, 1998(2):5-9. DOI:10.13332/j.1000-1522.1998.02.001.
CHEN J Y. Dual classification: A new classification system for Chinese flower cultivars[J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 1998(2):5-9. DOI:10.13332/j.1000-1522.1998.02.001.

[14] 陈俊愉, 包满珠. 中国梅(*Prunus mume* Sieb. et Zucc.)变种(变型)与品种的分类学研究[J]. 北京林业大学学报, 1992(S4):1-6. DOI:10.13332/j.1000-1522.1992.s4.007.
CHEN J Y, BAO M Z. Studies on the classification of species (Varieties, Hybrids) and cultivars of Chinese Mei (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.)[J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 1992(S4):1-6. DOI:10.13332/j.1000-1522.1992.s4.007.

[15] 王献. 我国紫薇种质资源及其亲缘关系的研究[D]. 北京：北京林业大学, 2004.
WANG X. Studies on the germplasm resources of *Lagerstroemia* in China and their relationships[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2004.

[16] 孙洪美. 山东省紫薇种质资源调查与品种分类的研究[D]. 泰安：山东农业大学, 2011.
SUN H M. Studies on germplasm resources and cultivars classification of *Lagerstroemia indica* in Shandong Province[D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2011.

[17] 王业社, 侯伯鑫, 索志立, 刘桃花, 陈立军, 杨贤均. 紫薇品种表型多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2015, 16(1):71-79. DOI:10.13430/j.cnki.jpgr.2015.01.011.
WANG Y S, HOU B X, SUO Z L, LIU T H, CHEN L J, YANG X J. Phenotypic diversity of *Lagerstroemia indica* cultivars[J]. *Journal of Plant Genetic Resources*,2015,16(1):71-79. DOI:10.13430/j.cnki.jpgr.2015.01.011.

[18] 顾翠花, 王守先. 我国紫薇天然群体的表型多样性分析 // 中国观赏园艺研究进展 2011[C]. 北京：中国林业出版社, 2011.

GU C H, WANG S X. Phenotypic diversity of *Lagerstroemia* germplasm populations in China//Advances in ornamental horticulture of China, 2011[C]. Beijing: China Forestry Publishing House,2011.

[19] 顾翠花. 中国紫薇属种质资源及紫薇、南紫薇核心种质构建[D]. 北京：北京林业大学, 2008.
GU C H. Studies on *Lagerstroemia* germplasm and establishment of core collection in *L. indica* and *L. subcostata*[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2008.

[20] GU C H, JI M C, MA D D. *Lagerstroemia menglaensis* sp. Nov (Lythraceae) from Xishuangbanna, Yunnan Province, China[J]. *Nordic Journal of Botany*,2012,30(3) :299–301. DOI:10.1111/j.1756–1051.2011.01276.x.

[21] 王芝懿, 李振芳, 彭婵, 陈英, 张新叶. 基于 SSR 标记的紫薇核心种质构建及取样策略对比[J/OL]. 分子植物育种, 1–13[2023–09–27]. https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20220916.1035.008.html.
WANG Z Y, LI Z F, PENG C, CHEN Y, ZHANG X Y. Construction of *Lagerstroemia indica* core collection based on SSR markers and comparison of sampling strategies[J/OL]. *Molecular Plant Breeding*, 1–13[2023–09–27]. https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20220916.1035.008.html.

[22] 王业社, 侯伯鑫, 杨强发, 周海平, 陈立军, 杨贤均. 湖南省紫薇种质资源调查及应用前景分析[J]. 草业学报, 2014, 23(5):77–91. DOI:10.11686/cyxb20140509.
WANG Y S, HOU B X, YANG Q F, ZHOU H P, CHEN L J, YANG X J. Investigation and analysis of application prospects of *Lagerstroemia indica* germplasm resources in Hunan Province [J]. *Acta Prataculturae Sinica*,2014,23(5):77–91. DOI:10.11686/cyxb20140509.

[23] 黄建民, 侯伯鑫, 索志立. 邵阳市紫薇品种调查研究Ⅰ[J]. 农学学报, 2013, 3(4):47–53.
HUANG J M, HOU B X, SUO Z L. Study on the *Lagerstroemia indica* cultivars in Shaoyang City I[J]. *Journal of Agriculture*, 2013,3(4):47–53.

[24] 范辉华, 李乾振, 汤行昊, 姚湘明, 张天宇. 福建省紫薇种质资源调查与优良单株选择[J]. 林业资源管理, 2015(5):162–165. DOI:10.13466/j.cnki.lyzygl.2015.05.027.
FAN H H, LI Q Z, TANG X H, YAO X M, ZHANG T Y. Investigation and selection of superior tree of *Lagerstroemia indica* germplasm resources in Fujian Province[J]. *Forest Resources Management*, 2015(5):162–165. DOI:10.13466/j.cnki.lyzygl.2015.05.027.

[25] 王金凤, 沈鸿明, 张晓杰, 薛桂芳, 朱王微, 陈卓梅. 浙江省紫薇品种资源调查 IV——复色品种群[J]. 浙江林业科技, 2018, 38(5):92–97. DOI:10.3969/j.issn.1001–3776.2018.05.016.
WANG J F, SHEN H M, ZHANG X J, XUE G F, ZHU W W, CHEN Z M. Investigation on resources of *Lagerstroemia indica* bicolor group in Zhejiang[J]. *Journal of Zhejiang Forestry Science and Technology*, 2018, 38(5):92–97. DOI:10.3969/j.issn.1001–3776.2018.05.016.

[26] 李栋梁, 吕德任, 翁春雨, 黄赛, 符瑞侃, 杨珺, 云勇. 海南省紫薇种质资源调查分类与应用分析[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(9):137–140. DOI:10.3969/j.issn.0517–6611.2020.09.037.
LI D L, LYU D R, WENG C Y, HUANG S, FU R K, YANG J, YUN Y. Investigation, classification and application of Crape Myrtle (*Lagerstroemia indica*) germplasm resources in Hainan Province [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2020, 48(9):137–140. DOI:10.3969/j.issn.0517–6611.2020.09.037.

[27] POOLER M. Molecular genetic diversity among 12 clones of *Lagerstroemia fauriei* revealed by AFLP and RAPD markers [J]. *HortScience*, 2003, 38(2):256–259. DOI:10.21273/HORTSCI.38.2.256.

[28] PARAJULI M, LIYANAPATHIRANAGE P, SHRECKHISE J, FARE D, MOORE B, BAYSAL–GUREL F. Cercospora leaf spot resistance of crapemyrtle cultivars in Tennessee[J]. *HortScience*, 2023, 58(1):84–94. DOI: 10.21273/HORTSCI16913–22.

[29] 陈卓梅, 沈鸿明, 张冬林, 王金凤. 从美国专利品种看中国紫薇育种发展趋势[J]. 浙江林业科技, 2018, 38(1):49–61. DOI:10.3969/j.issn.1001–3776.2018.01.009.
CHEN Z M, SHEN H M, ZHANG D L, WANG J F. Patented cultivars of *Lagerstroemia* in the US and trends of breeding in China[J]. *Journal of Zhejiang Forestry Science and Technology*, 2018, 38(1):49–61. DOI:10.3969/j.issn.1001–3776.2018.01.009.

[30] 王晓明, 陈明皋, 李永欣, 木本花卉新品种[J]. 中国花卉园艺, 2006(22):44–47.
WANG X M, CHEN M G, LI Y X. New varieties of woody flowers[J]. *China Flowers & Horticulture*, 2006(22):44–47.

[31] 马三梅, 王永飞. 植物驯化、传统育种和基因工程育种[J]. 世界农业, 2005(6):2. DOI:10.3969/j.issn.1002–4433.2005.06.015.
MA S M, WANG Y F. Plant domestication, traditional breeding and genetic engineering breeding[J]. *World Agriculture*, 2005(6):2. DOI:10.3969/j.issn.1002–4433.2005.06.015.

[32] 黄绍力, 罗燕羽, 刘绍钦, 曹健松. 隐棒花属观赏水草研究进展[J]. 广东农业科学,2020, 47(2): 30–36. DOI: 10.16768/j.issn.1004–874X.2020.02.005.
HUANG S L, LUO Y Y, LIU S Q, CAO J S. Research advance in ornamental aquatic plants of *Cryptocoryne*[J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2020, 47(2): 30–36. DOI: 10.16768/j.issn.1004–874X.2020.02.005.

[33] 韦小莲, 洪生标, 张佳霞, 曾宝珏, 张秀珊, 郭英铎, 江秀娜, 汤楷. 香型多花蝴蝶兰杂交及优良单株选育[J]. 广东农业科学, 2020, 47(4):39–46. DOI:10.16768/j.issn.1004–874X.2020.04.006.
WEI X L, HONG S B, ZHANG J X, ZENG B D, ZHANG X S, GUO Y D, JIANG X N, TANG K. Hybridization and breeding of superior individuals of *Phalaenopsis* with fragrance and multiple flowers [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2020, 47(4):39–46. DOI:10.16768/j.issn.1004–874X.2020.04.006.

[34] 戚杰, 何新颖, 宣亚楠, 刘庆华, 胡永红. 油用兼观赏型凤丹牡丹杂交育种研究初探[J]. 广东农业科学, 2017, 44(3):67–74. DOI:10.16768/j.issn.1004–874X.2017.03.010.
QI J, HE X Y, XUAN Y N, LIU Q H, HU Y H. Preliminary investigation on cross breeding of a new oil and ornamental tree peony of *Paeonia ostii* Fengdan[J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2017, 44(3):67–74. DOI:10.16768/j.issn.1004–874X.2017.03.010.

[35] 吴宁, 杨艳萍, 任红梅, 魏珣, 龙艳. 生物育种领域前沿与进展——中国生物工程学会第十四届学术年会植物基因组与分子育种学术研讨会分会场纪要[J]. 中国生物工程杂志, 2021, 41(10):138–139. DOI:10.13523/j.cb.2110103.

WU N, YANG Y P, RENG H M, WEI X, LONG Y. The frontier and progress in the field of biological breeding—summary of The Symposium on Plant Genome and Molecular Breeding of the 14th Annual Conference of Chinese Society of Biotechnology[J]. *China Biotechnology*, 2021, 41(10):138–139. DOI:10.13523/j.cb.2110103.

[36] EGOLF D R. Four new *Lagerstroemia indica* cultivars[J]. *Baileya*, 1967, 15:7–13.

[37] EGOLF D R. 'Cherokee' and 'Seminole'– Tow new cultivars of *Lagerstroemia indica*[J]. *Baileya*, 1970, 17:1–5.

[38] CREECH J L. Asian natives for American landscapes–the national arboretum doesmore than gather seeds[J]. *American Nurseryman*, 1985,161(2):81–82.

[39] POUNDERS C. Evaluation of interspecific hybrids between *Lagerstroemia indica* and *L. speciosa*[J]. *HortScience*, 2007, 42(6):53–68.

[40] 长领. 红云紫薇[J]. 农村百事通, 2016(3):24. DOI:10.19433/j.cnki.1006–9119.2016.03.005.
CHANG L. *Lagerstroemia indica* 'Hongyun'[J]. *Nongcun Baishitong*, 2016(3):24. DOI:10.19433/j.cnki.1006–9119.2016.03.005.

[41] 王淑安, 王鹏, 杨如同, 汪庆, 李林芳, 李亚, 尹增芳. 紫薇新品种'金幌'[J]. 园艺学报, 2016, 43(3):609–610. DOI:10.16420/j.issn.0513–353x.2015–0908.
WANG S A, WANG P, YANG R T, WANG Q, LI L F, LI Y, YIN Z F. A new *Lagerstroemia indica* cultivar 'Jinhuang'[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2016,43(3):609–610. DOI:10.16420/j.issn.0513–353x.2015–0908.

[42] WANG X M, CHEN J J, ZENG H J, QIAO Z Q, LI Y X. *Lagerstroemia indica* 'Xiangyun', a seedless Crape Myrtle[J]. *HortScience*, 2014, 49(12):1590–1592. DOI:10.21273/HORTSCI.49.12.1590.

[43] 张启翔, 孙明. 北林花卉科研70年[J]. 风景园林, 2022, 29(S2):23–28. DOI:10.14085/j.fjyl.2022.S2.0023.06.
ZHANG Q X, SUN M. 70 years' research on ornamental plant at Beijing Forestry University[J]. *Landscape Architecture*, 2022, 29(S2):23–28. DOI:10.14085/j.fjyl.2022.S2.0023.06.

[44] 杨彦伶, 李振芳, 徐红梅, 黄国伟, 马林江, 王瑞文, 柯尊发. 紫薇与福建紫薇种间杂交F_1代遗传性状分析[J]. 东北林业大学学报, 2018, 46(9):31–34. DOI:10.13759/j.cnki.dlxb.2018.09.007.
YANG Y L, LI Z F, XU H M, HUANG G W, MA L J, WANG R W, KE Z F. Several genetic traits among F_1 hybrid generation of *Lagerstroemia indica* × *L. limii*[J]. *Journal of Northeast Forestry University*, 2018, 46(9):31–34. DOI:10.13759/j.cnki.dlxb.2018.09.007.

[45] CHEN H, CHONG X R, WANG C Y, ZHOU Y W, ZHANG F, ZHANG D L, ZHOU T. 'Ning Xiang 1': A new *Lagerstroemia* cultivar with fragrant red–purple flowers[J]. *HortScience*, 2022, 57(12):1600–1601. DOI: 10.21273/HORTSCI16865–22.

[46] CHONG X R, CHEN H, ZHOU Y W, LI Y L, WANG C Y, ZHANG F, ZHOU T. 'Ning Xiang 2': A new cultivar in the genus *Lagerstroemia* emitted with a rose–like fragrance[J]. *HortScience*, 2023, 58(2):178–179. DOI: 10.21273/HORTSCI16902–22.

[47] 刘婷婷. 紫薇属与黄薇属属间杂交亲和性研究[D]. 北京：北京林业大学, 2020. DOI:10.26949/d.cnki.gblyu.2020.001698.
LIU T T. Wide cross compatibility between *Lagerstroemia* and *Himia*[D]. Beijing : Beijing Forestry University, 2020. DOI:10.26949/d.cnki.gblyu.2020.001698.

[48] XU W, CAI M, PAN H T, ZHANG Q X. Novel hybrids with floral scent between *Lagerstroemia caudata* and three *L. indica* cultivars[J]. *Scientia Horticulturae*, 2023, 316. DOI:10.1016/j.scienta.2023.112017.

[49] CAI M, XU W, XU Y, PAN H T, ZHANG Q X. Analysis of spatial–temporal variation in floral volatiles emitted from *Lagerstroemia caudate* by headspace solid–phase microextraction and GC–MS[J]. *Molecules*, 2023, 28: 478. DOI:10.3390/molecules28020478.

[50] ZHOU T, NING K, HAN W, ZHOU Y W, LI Y L, WANG C Y, ZHANG F, CHONG X R, ZHANG D L, CHEN H. Floral scent components of the hybrids between *Lagerstroemia fauriei* and *Lagerstroemia* 'Tuscarora'[J]. *Scientia Horticulturae*, 2023, 309. DOI: 10.1016/j.scienta.2022.111670.

[51] 王金凤, 柳新红, 陈卓梅. 紫薇属植物育种研究进展[J]. 园艺学报, 2013, 40(9):1795–1804. DOI:10.16420/j.issn.0513–353x.2013.09.016.
WANG J F, LIU X H, CHEN Z M. Research progress in breeding of *Lagerstroemia* plant[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2013, 40(9):1795–1804. DOI:10.16420/j.issn.0513–353x.2013.09.016.

[52] 童俊, 叶要妹, 陈法志, 周媛, 许林, 毛静, 董艳芳, 徐冬云. 四倍体紫薇新品种'紫馨'和'银蝶'[J]. 园艺学报, 2020, 47(S2):3112–3113. DOI:10.16420/j.issn.0513–353x.2020–0792.
TONG J, YE Y M, CHEN F Z, ZHOU Y, XU L, MAO J, DONG Y F, XU D Y. New tetraploid *Lagerstroemia indica* cultivars 'Zixin' and 'Yindie' [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2020, 47(S2):3112–3113. DOI:10.16420/j.issn.0513–353x.2020–0792.

[53] 续言, 王景芸, 吴宜静, 张一鸣, 朱梓宁, 蔡明, 潘会堂, 张启翔. EMS处理对尾叶紫薇种子萌发的影响及半致死剂量的研究[J]. 种子, 2022, 41(3):1–5. DOI: 10.16590/j.cnki.1001–4705.2022.03.001.
XU Y, WANG J Y, WU Y J, ZHANG Y M, ZHU Z N, CAI M, PAN H T, ZHANG Q X. Effect of Ethylmethane Sulfonate (EMS) on seed germination of *Lagerstroemia caudata* and the choice of sem–lethal dose[J]. *Seeds*, 2022, 41(3):1–5. DOI: 10.16590/j.cnki.1001–4705.2022.03.001.

[54] 彭梦婕, 刘丹, 牛贺雨, 徐晴晴, 王献. ^{60}Co–γ辐射对紫薇种子萌发、幼苗生长和生理的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2020, 47(4):530–537. DOI:10.13610/j.cnki.1672–352x.20200611.001.
PENG M J, LIU D, NIU H Y, XU Q Q, WANG X. Effect of ^{60}Co–γ irradiation on *Lagerstroemia* seed germination, seedling growth and physiology.[J]. *Journal of Anhui Agricultural University*, 2020, 47(4):530–537. DOI:10.13610/j.cnki.1672–352x.20200611.001.

[55] 郑绍宇, 徐梁, 申星, 黄玉苗, 顾翠花. ^{60}Co–γ辐射对不同紫薇品种种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 浙江林业科技, 2018, 38(1):77–81. DOI:10.3969/j.issn.1001–3776.2018.01.012.
ZHENG S Y, XU L, SHEN X, HUANG Y M, GU C H. Effect of irradiation of ^{60}Co–γ on seed germination and seedling growth of four cultivars of *Lagerstroemia indica*[J]. *Journal of Zhejiang Forestry Science and Technology*, 2018, 38(1):77–81. DOI:10.3969/j.issn.1001–3776.2018.01.012.

[56] CAI M, PAN H T, WANG X F, HE D, WANG X Y, WANG X J, ZHANG Q X. Development of novel microsatellites in *Lagerstroemia indica* and DNA fingerprinting in Chinese *Lagerstroemia* cultivars [J]. *Scientia Horticulturae*, 2011,131:88–94. DOI:10.1016/j.scienta.2011.09.031.

[57] WANG X W, WADL P A, POUNDERS C, TRIGIANO R N, CABRERA R I, SCHEFFLER B E, POOLER M, RINEHART T A. Evaluation of genetic diversity and pedigree within crape myrtle cultivars using simple sequence repeat markers [J]. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 2011, 136(2):116–128. DOI:10.1051/fruits/2011022

[58] 王芝懿, 李振芳, 彭婵, 陈英, 张新叶. 基于荧光 SSR 标记的紫薇遗传多样性分析 [J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2023, 47(2):61–69. DOI: 10.12302/j.issn.1000–2006.202203038.
WANG Z Y, LI Z F, PENG C, CHEN Y, ZHANG X Y. Genetic diversity analysis of *Lagerstroemia indica* based on fluorescent SSR markers [J]. *Journal of Nanjing Forestry University* (*Natural Sciences Edition*), 2023, 47(2):61–69. DOI: 10.12302/j.issn.1000–2006.202203038.

[59] 秦波, 李素珍, 胡玲, 蔡明, 郑唐春, 潘会堂, 张启翔. 基于转录组的紫薇 SSR 分子标记开发 // 中国观赏园艺研究进展 2018 [C]. 北京: 中国林业出版社, 2018.
QING B, LI S Z, HU L, CAI M, ZHENG T C, PAN H T, ZHANG Q X. Development of SSR markers based on transcriptomic data of *Lagerstroemia* species//Advances in ornamental horticulture of China, 2018 [C]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2018.

[60] GUO C, LIU K J, LI E Z, CHEN Y F, HE J Y, LI W Y, DONG W P, SUO Z L. Maternal donor and genetic variation of *Lagerstroemia indica* cultivars [J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2023, 24(4):3606. DOI:10.3390/ijms24043606.

[61] WANG J, HE W C, LIAO X Z, MA J, GAO W, WANG H Q, WU D L, TEMBROCK L R, WU Z Q, GU C H. Phylogeny, molecular evolution, and dating of divergences in *Lagerstroemia* using plastome sequences [J]. *Horticultural Plant Journal*, 2023, 9(2): 345–355. DOI:10.1016/j.hpj.2022.06.005.

[62] CHI X F, ZHANG Y, SHEN P, KANG J Y, WANG X, WAN Z T, PAN H T. *LfiTCP15;2* regulates plant height of *Lagerstroemia indica* by influencing the growth of stem cells [J]. *Scientia Horticulturae*. 2023, 321. DOI:10.1016/j.scienta.2023.112306.

[63] ZHOU Y, JU Y Q, CHI X F, SHEN P, ZHANG Y, CAI M, CHENG T G, WANG J, ZHANG Q X, PAN H T. Three CYCDs positively regulate plant height of crape myrtle by increasing cell division [J]. *Scientia Horticulturae*, 2023, 315. DOI: 10.1016/j.scienta.2023.111954.

[64] 黄小珍. 紫薇花器官发育相关基因的克隆及表达特性分析 [D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2021. DOI:10.27662/d.cnki.gznlc.2021.000724.
HUANG X Z. Cloning and expression analysis of genes related to floral organ developmment in *Lagerstroemia indica* L. [D]. Changsha: Central South University of Forestry & Technology, 2021. DOI:10.27662/d.cnki.gznlc.2021.000724.

[65] HONG S D, WANG J, WANG Q, ZHANG G Z, ZHAO Y, MA Q Q, WU Z Q, MA J, GU C H. Decoding the formation of diverse petal colors of *Lagerstroemia indica* by integrating the data from transcriptome and metabolome [J]. *Frontiers in Plant Science*, 2022, 13:970023. DOI:10.3389/fpls.2022.970023.

[66] GU C H, SHANG L X, ZHANG G Z, WANG Q, MA Q Q, HONG S D, ZHAO Y, YANG L Y. Identification and expression analysis of *NAC* gene family in weeping trait of *Lagerstroemia indica* [J]. *Plants*, 2022, 11:2168. DOI:10.3390/ plants11162168.

[67] YANG L C, LI Z J, ZHENG T C, WANG J, CHENG T G, ZHANG Q X. Overexpression of two MADS–Box genes from *Lagerstroemia speciosa* causes early flowering and affects floral organ development in *Arabidopsis* [J]. *Agronomy*, 2023, 13:976. DOI:10.3390/agronomy13040976.

[68] ZHOU Y, ZHENG T C, CAI M, FENG L, CHI X F, SHEN P, WANG X, WAN Z T, YUAN C Q, ZHANG M, HAN Y, WANG J, PAN H T, CHENG T R, ZHANG Q X. Genome assembly and resequencing analyses provide new insights into the evolution, domestication and ornamental traits of crape myrtle [J]. *Horticulture Research*, 2023, 10(9):146. DOI:10.1093/HR/UHAD146.

[69] 汪海, 赖锦盛, 王海洋, 李新海. 作物智能设计育种——自然变异的智能组合和人工变异的智能创制 [J]. 中国农业科技导报, 2022, 24(6):1–8. DOI:10.13304/j.nykjdb.2022.0391.
WANG H, LAI J S, WANG H Y, LI X H. Bipartite intelligent design of crops–intelligent combination of natural variation and intelligent creation of artificial variation [J]. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2022, 24(6):1–8. DOI:10.13304/j.nykjdb.2022.0391.

[70] JIANG S G, LV F N, GAO L L, GU J J, YANG R T, LI S M, LI Y, LI S F, WANG P. Novel R2R3–MYB transcription factor LiMYB75 enhances leaf callus regeneration efficiency in *Lagerstroemia indica* [J]. *Forests*, 2023, 14:517. DOI:10.3390/f14030517.

[71] 李红伟, 陈晓燕, 李留振, 李静, 李文莉, 李方敏. 福建紫薇引种试验 [J]. 河南林业科技, 2022, 42(1):20–22.
LI H W, CHEN X Y, LI L Z, LI J, LI W L, LI F M. Introduction experiment of *Lagerstroemia limii* [J]. *Journal of Henan Forestry Science and Technology*, 2022, 42(1):20–22.

[72] WU F, LIU D, WANG M M, LI P, ZHAO M, ZHAO S. Research on the comprehensive evaluation and landscape application of 62 *Lagerstroemia* cultivars [J]. *Acta Horticulturae*, 2017(1185):305–314. DOI:10.17660/actahortic.2017.1185.38.

[73] 申潇潇, 周小娟, 刘杰. 11 个紫薇品种在郑州地区引种适应性分析 [J]. 农业科技通讯, 2022(1):158–161.
SHEN X X, ZHOU X J, LIU J. Adaptability analysis of 11 *Lagerstroemia* cultivars introduced in Zhengzhou area [J]. *Bulletin of Agricultural Science and Technology*, 2022(1):158–161.

[74] 叶康, 秦俊, 胡永红, 刘建中, 王一椒. 21 个紫薇品种园林应用价值的综合评价 [J]. 浙江农业科学, 2023, 64(1):190–195. DOI:10.16178/j.issn.0528–9017.20220188.
YE K, QING J, HU Y H, LIU J Z, WANG Y J. Comprehensive evaluation of the landscape application value of 21 *Lagerstroemia* cultivars [J]. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 2023, 64(1):190–195. DOI:10.16178/j.issn.0528–9017.20220188.

（责任编辑　马春敏）