



中国观赏园艺 研究进展 2015

中国园艺学会观赏园艺专业委员会 ○ 张启翔 主编

*Advances
in Ornamental Horticulture
of China, 2015*

中国林业出版社

中国观赏园艺研究进展 (2015)

Advances in Ornamental Horticulture of China, 2015

中国园艺学会观赏园艺专业委员会◎张启翔 主编

中国林业出版社

主 编：张启翔

副主编：兰思仁 蔡邦平 包满珠 葛 红 吕英民

编 委(以汉语拼音排序)：

包满珠	包志毅	车代弟	陈发棣	陈其兵	成仿云	程堂仁
戴思兰	邓传远	董建文	董 丽	范燕萍	高俊平	高亦珂
葛 红	何松林	胡永红	黄敏玲	黄启堂	贾桂霞	靳晓白
兰思仁	刘红梅	刘青林	刘庆华	刘 燕	龙 熹	吕英民
穆 鼎	潘会堂	彭东辉	沈守云	石 雷	宿友民	孙红梅
孙振元	王彩云	王 佳	王亮生	王四清	王小菁	王 雁
王云山	吴桂昌	夏宜平	肖建忠	杨秋生	义鸣放	尹俊梅
于晓南	张福军	张金政	张启翔	张延龙	张佐双	赵梁军
赵世伟	周耘峰	朱根发				

图书在版编目 (CIP) 数据

中国观赏园艺研究进展. 2015 / 张启翔主编. —北京：中国林业出版社，2015. 7

ISBN 978 - 7 - 5038 - 8076 - 6

I. ①中… II. ①张… III. ①观赏园艺 - 研究进展 - 中国 - 2015 IV. ①S68

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 168781 号

出版 中国林业出版社 (100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

网址 lych. forestry. gov. cn 电话 83143562

发行 中国林业出版社

印刷 北京卡乐富印刷有限公司

版次 2015 年 7 月第 1 版

印次 2015 年 7 月第 1 次

开本 889mm × 1194mm 1/16

印张 48.75

字数 1557 千字

定价 150.00 元

前言

花卉产业既是美丽的公益事业，又是新兴的绿色朝阳产业。党的十八大以来，生态文明建设被纳入“五位一体”总体布局。大力推进生态文明建设，努力建设美丽中国，实现中华民族的永续发展，成为时代的主旋律。花卉产业是国民经济的重要组成部分，花卉产业在美化人居环境、优化产业结构、繁荣农村经济、建设美好家园、扩大社会就业、增加居民收入、促进新农村建设、推动城镇化进程、提高城乡居民生活质量和全面建设小康社会等方面发挥着重要作用，是实现建设“美丽中国”这一目标的重要途径。

改革开放以来，我国花卉产业得到了快速发展，产业规模稳步提升，生产格局基本形成，科技创新得到加强，市场建设初具规模，花文化日趋繁荣，对外合作不断扩大，形成了较为完整的现代花卉产业链。到2011年，花卉种植面积超过百万公顷，销售额突破千亿元，是世界上花卉种植面积最大的国家。2013年，中国花卉生产面积达122.7万公顷，销售额达到1288.1亿元，出口创汇6.5亿美元，呈现出稳健增长的态势。

中国园艺学会观赏园艺专业委员会自1985年成立以来，走过了整整30年的发展历程，从规模扩张、稳步发展、不断壮大到走向繁荣，中国花卉园艺科教事业取得了长足的进步和发展，“百花齐放、百家争鸣”的学术氛围已然形成。全国的花卉教育教学、科研院所、企业和政府管理部门通力合作，协同创新，共同承担完成了一批以国家科技支撑计划、863计划、国家自然科学基金重点基金、杰出青年基金、行业重大专项为代表的一批重要科研项目，获得5项国家科技进步奖和一批省部级科技奖等标志性成果，以梅花、中国莲、小兰屿蝴蝶兰等全基因组研究和切花保鲜机理研究为代表的花卉基础研究处于国际前沿水平，涌现出以院士、国际登录权威专家、长江学者、杰出青年、国家重点学科带头人代表的一大批领军人才，一批学者在国际园艺学会（ISHS）、国际园艺生产者协会（AIPH）等国际组织担任重要职务，建立起国家工程技术研究中心、国家产业技术创新战略联盟、省部重点实验室等科技创新与产业推动平台，培养了一大批行业高级专业人才，成为国家花卉产业技术创新的中坚力量和管理骨干，相继获国际园艺学会批准建立梅花、桂花、荷花、蜡梅、竹、姜花、海棠等七个国际登录权威，多次召开花卉种质资源、栽培植物分类学、梅花、菊花、百合等多项国际会议。中国园艺学会观赏园艺专业委员会对于推动中国花卉产业科技进步，促进国际学术交流和世界园艺事业发展做出了重要贡献，赢得了世界同行的认可和尊重。

中国园艺学会观赏园艺专业委员会学术年会也在不断地发展和创新。自2004年以来，年会的时间基本固定在8月份的第三周（个别年份由于和国际会议冲突或举办地的气候原因提前到7月份），每年有明确的办会主题，2011年起设立“中国观赏园艺奖”，相继设立“中国观赏园艺终身成就奖”、“中国观赏园艺杰出贡献奖”、“中国观赏园艺优秀论文奖”、“中国观赏园艺年度特别荣誉奖”、“中国观赏园艺优秀 POSTER 奖”，2004~2015年，中国园艺学会观赏园艺专业委员会学术年会参会代表超过4600名，《中国观赏园艺研究进展》已连续出版12卷，收录学术论文1584篇，大会交流超过400人次。在全国同行的大力支持和共同推动下，年会已经成为中国观赏园艺行业最为重要和最具影响的学术交流平台。

随着经济全球化的持续加速和国际市场竞争的不断加剧，创新能力和经营应变速度正逐渐成为花卉产业提升自身竞争的源动力。由于我国现代花卉产业的发展起步晚，时间短，底子薄，积累不足，产业尚处于由粗放经营向集约经营转变、由“多、散、小”向“规模化、专业化、集团化”转变、由劳动密集型向技术密集型转变、由资源依赖型向创新驱动型转变、由数量扩张型向质量效益型转变的过渡阶段。今年适逢十二五收官、十三五开局之年，国家十三五科技计划管理改革正在稳步推进，面对国家的经济从高速发展转为中高速发展的

新常态,加快并大力推进观赏园艺产业发展和科技创新的任务刻不容缓,聚焦创新驱动,以下几方面仍然是全行业关注的焦点和难点:

1. 加强中国特色花卉的研制和开发,走特色发展之路。重点加强中国特色花卉和新花卉产品开发与推广,建立“中国花卉”品牌。

2. 加强自主创新能力建设,走创新发展之路。重点加强自主知识产权花卉新品种培育,加强企业自主产品的开发,提高企业参与国际竞争的能力和水平;加强花卉基础研究,解析重要观赏性状形成的分子机理,为分子设计育种和聚合育种奠定基础,提高育种效率。

3. 加强核心技术和共性技术研究,走绿色发展之路。重点改进和发展新型、低碳、环保的园艺生产技术,发展绿色化花卉产业。

4. 加强花卉产业链条拓展研究,走立体发展之路。重点推进花卉产业、旅游、生态建设、新型的花卉功能衍生产品加工“多位一体”的产业模式。

5. 加强产业保障体系研究与建设,走标准化发展之路。重点是产品标准建设,结合物联网、互联网技术,构建现代花卉产业技术体系、物流体系和电商平台体系;加强新品种保护与推广制度体系建设。

6. 加强政产学研用联合,走协同创新之路。整合政府、大专院校、科研院所、企业、行业协会等多方资源,围绕全产业链进行创新链布局,优势互补,协同创新;同时加强花卉高级专业人才培养。

从今年起,“中国园艺学会观赏园艺专业委员会学术年会”将正式更名为“中国观赏园艺学术研讨会”,2015年中国观赏园艺学术研讨会将于8月18~20日在福建省风景秀丽、美丽宜人的“海上花园”——厦门市隆重召开,本次大会的主题是“发展观赏园艺,建设美丽家园”。

近年来,福建省观赏园艺产业发展不断取得新成效,2014年,全省花木种植面积已达104.65万亩,实现销售额达222.95亿元,出口额达1亿美元,成为生态美、百姓富有机结合的重要新兴产业。花卉品牌建设和社会影响也不断扩大,全省花卉品牌建设取得重大突破,形成了漳州水仙、连城兰花等花卉知名品牌和全国驰名商标。各地培育的具有本省特色的花卉产品,在历届中国花卉博览会、海峡两岸花卉博览会中,屡获优秀产品奖等多项荣誉。

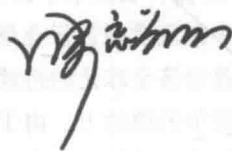
为配合此次学术会议,组委会编撰并出版《中国观赏园艺研究进展2015》,共收到论文稿件155篇,经评审录用127篇,其中种质资源8篇,引种与育种26篇,繁殖技术22篇,生理学研究45篇,应用研究26篇。

本届年会由中国园艺学会观赏园艺专业委员会和国家花卉工程技术研究中心主办,福建农林大学艺术学院园林学院、厦门市园林植物园共同承办,厦门住总景观工程有限公司协办,国家花卉产业技术创新战略联盟(北京国佳花卉产业技术创新战略联盟)、厦门国家会计学院为办会支持单位,期间得到中国园艺学会、中国花卉协会、北京林业大学、中国林业出版社、中国农业出版社、《中国花卉园艺》、《中国园林》、《现代园林》、《园艺学报》、《温室园艺》杂志社和《中国花卉报》报社等单位的大力支持,特此谢忱,同时本次会议得到了国内外同行专家的大力支持以及全国从事花卉教学、科研和生产的专家、学者积极响应,在此深表感谢!

由于时间仓促,错误在所难免,敬请读者批评指正!

谨以此书献给为中国园艺学会观赏园艺专业委员会建设以及中国观赏园艺事业发展做出卓越贡献的人们!

中国园艺学会副理事长、观赏园艺专业委员会主任



2015年7月19日·北京

目 录

种质资源

紫薇与千屈菜属间杂交亲和性研究	胡 玲 蔡 明 (1)
我国中西部地区野生百合资源调查收集与评价研究	梁振旭 张延龙 牛立新 等 (7)
西南野生牡丹的资源调查、濒危机制及利用分析	杨 勇 张姗姗 刘佳坤 等 (13)
武汉地区梅花切花品种筛选及分级模型初探	毛庆山 杨艳芳 张云珍 等 (22)
萱草属商业育种的进展与趋势	董文珂 刘 辉 (29)
芍药不同品种花粉活力鉴定与比较	马 慧 魏冬霞 于晓南 (36)
内蒙古桦木沟野生草本花卉资源及园林应用分析	张 艳 刘 雪 仇云云 等 (41)
基于 SCAR 标记对 20 个晚樱品种的分子鉴别	徐 梁 赵庆杰 李海波 等 (49)

引种与育种

青岛耐寒睡莲花粉生活力研究	张亚栋 郝 青 吕少杰 等 (57)
38 个百合品种花粉生活力的初步研究	王冉冉 王文和 张 克 等 (62)
蝴蝶兰杂种一代的花朵材质、花斑及花型遗传分化的初步探讨	李 佐 肖文芳 陈和明 等 (67)
不同瓣型小菊的杂交结实率与杂种种子萌发特性研究	宋雪彬 樊光迅 杨 舒 等 (71)
切花百合在平阳的引种试验研究初报	刘洪见 郑 坚 钱仁卷 等 (79)
福祿考属植物表型性状和花粉形态研究	曲彦婷 熊 燕 唐焕伟 等 (85)
中原牡丹品种主要花香挥发物的多元统计分析	李莹莹 王小文 孙 霞 等 (92)
红苞凤梨嵌合体转录组测序及叶绿素合成代谢分析	钟小兰 李 夏 余三森 等 (102)
基于转录组测序的蝴蝶兰微卫星特征分析	肖文芳 李 佐 陈和明 等 (108)
菊花 <i>TFL1/CEN-like</i> 基因的克隆及序列分析	卜祥龙 高耀辉 范 敏 等 (112)
蜡梅 H3 组蛋白基因 <i>CpH3</i> 的克隆及表达分析	李 瑞 杨汶源 马 婧 等 (118)
蜡梅过氧化物酶体生成蛋白基因 <i>CpPEX22</i> 的克隆及表达分析	周仕清 赵亚红 马 婧 等 (125)
建兰唇瓣和侧内瓣的比较蛋白组学分析	李小白 金 凤 金亮 等 (131)
牡丹 <i>PsF3H1</i> 与 <i>PsANS1</i> 基因启动子序列克隆与瞬时表达分析	高树林 张 超 牡丹妮 等 (142)
牡丹切花 <i>PsDREB1</i> 基因的分离及诱导表达分析	吴 凡 郭 加 刘爱青 等 (151)
百合新品种引种试验	王晓静 王文和 张 克 等 (157)
蜡梅 <i>CpPLP</i> 基因的克隆及表达分析	黄仁维 赵含嫣 李名扬 (162)
芍药 Hybrid 品种群品种的引种观察	杨柳慧 袁艳波 于晓南 (168)
不同倍性芍药植物杂交育种初探	杨柳慧 袁艳波 于晓南 (176)
宁波木犀遗传多样性的荧光 SSR 分析	左美银 段一凡 伊贤贵 等 (181)

聚石斛花粉生活力及贮藏的研究	邓茜玫 郑宝强 郭欣 等 (185)
卡特兰 <i>ChCHS1</i> 和 <i>ChDFR1</i> 基因的克隆及表达分析	王紫珊 周琳 王雁 (190)
卡特兰不同花期的香气成分及其变化	郑宝强 赵志国 任建武 等 (202)
云南野生黄牡丹 <i>PtbHLH3</i> 转录因子基因的克隆与表达	史倩倩 周琳 李奎 等 (208)
云南野生黄牡丹谷胱甘肽转移酶基因 <i>GSTs</i> 的分离及表达分析	史倩倩 周琳 李奎 等 (219)
西安地区忍冬属观赏植物引种研究初报	刘安成 尉倩 王庆 等 (228)

繁殖技术

朱顶红幼嫩子房和小花梗体外诱导试管小鳞茎研究	于波 黄丽丽 孙映波 等 (233)
桂花未成熟合子胚诱导体细胞胚再生	邹晶晶 袁斌 高微 等 (238)
牡丹试管苗不定根诱导阶段相关蛋白质差异分析	王政 张丹丹 尚文倩 等 (243)
培养基成分对牡丹愈伤组织褐化的影响	王政 周方方 尚文倩 等 (248)
西藏虎头兰组培快繁技术研究	陈和明 吕复兵 李佐 等 (253)
白鹤芋花序体细胞胚胎快繁体系的建立	张桂芳 刘静 刘春 等 (256)
北极菊组培快繁体系的建立	谢菲 浦娅 赵惠恩 (260)
切花菊品种‘丽金’再生体系的优化	洪艳 周琼 戴思兰 (264)
不同百合品种花器官组织培养研究	吴杰 王文和 何祥凤 等 (270)
彩叶杞柳的嫩枝扦插研究	朱倩玉 刘庆华 王奎玲 等 (275)
非洲茉莉叶片愈伤组织诱导条件优化研究	刘璐 毛永成 王倩影 等 (279)
红叶腺柳组织培养及快速繁殖技术研究	胡珊 李青 (283)
华北珍珠梅组织培养研究	陈伟 李青 (289)
3 种生长素对金叶接骨木和胶东卫矛扦插生根的影响	王萌 李彬 朱永超 等 (295)
德国鸢尾‘印度首领’种胚苗继代增殖的研究	贾红姗 肖建忠 储博彦 等 (300)
现代月季抗寒新品系‘2010-10’快繁技术研究	黄晓玲 李晓芳 张晓莹 等 (304)
LA 系列百合‘Freya’组织培养技术研究	吕侃俐 李青 (308)
槭叶草的组织培养研究	王克凤 桑翰旭 董然 等 (314)
两种石蒜属植物组培快繁体系的建立	高燕会 童再康 朱婷 (317)
抗寒月季新品种‘花仙子’快繁技术研究	李晓芳 黄晓玲 张晓莹 等 (322)
亚洲百合杂交后代胚拯救及组织扩繁研究	章毅颖 杨舒 吕英民 (326)
广东地区金花茶扦插繁育研究	张佩霞 陈金峰 于波 等 (332)

生理学研究

烯萜合酶基因的生物信息学分析	张腾旬 孙明 (337)
绿化有机物覆盖对风信子生长发育的影响	陈进勇 桑敏 赵世伟 (346)
‘红色印象’郁金香生长过程中内源激素的变化	魏钰 张辉 刘娜 等 (352)
圆齿野鸦椿花芽分化的研究	邵晓雪 涂淑萍 (357)
榆叶梅品种花芽分化研究	钟军珺 罗乐 程堂仁 等 (361)
遮阴处理对地被菊‘金路易’生长及光合特性的影响	雷燕 李庆卫 (367)
GA_3 对芍药种子生根过程中酶变化的影响	孙晓梅 崔金秋 李敏 等 (375)
NO 在低温诱导铁皮石斛原球茎多糖合成中的信号作用研究	高素萍 张开会 刘柿良 等 (381)

氮、磷、钾配比施肥对圆齿野鸦椿土壤酶活性的影响	尤晓晖 钟 诚 涂淑萍 (388)
SFE 和 AMD 对光周期诱导菊花成花期芽和叶片蔗糖含量及其相关酶活性的影响	王文莉 王秀峰 郑成淑 等 (393)
不同无土栽培基质配方对矢车菊营养生长的影响	邓成燕 王璐 洪艳 等 (400)
康宁霉素对牡丹生根率及根系生长的影响	杨振晶 张秀省 褚鹏飞 (407)
水肥耦合效应对温室盆栽永福报春苣苔营养生长及光合特性的影响	王颖楠 罗乐 程堂仁 等 (411)
圆齿野鸦椿种子休眠原因研究	贺 婷 游双红 涂淑萍 (418)
不同 LED 光质补光对蝴蝶兰幼苗生长及光合特性的影响	张红心 丁友芳 王桂兰 等 (423)
遮阴处理对三种锦带叶色及叶绿素荧光参数的影响	杨 露 史宝胜 于晓跃 (432)
桑枝作墨兰育苗基质的适应性研究	黄丽丽 孙映波 赵超艺 等 (437)
保水剂对费菜及佛甲草室内生长的影响	张亚洲 周思聪 吴莉萍 等 (443)
不同植物激素处理对建兰开花的影响	杨凤奎 徐庆全 朱根发 (447)
不同菊科花茶体外抗氧化能力评价	金 亮 田丹青 俞信英 等 (452)
不同耐热性有髯鸢尾品种在高温胁迫下的生理响应比较	毛 静 周 媛 童俊 等 (458)
安徽茶菊耐盐性初步研究	杨海燕 孙 明 (468)
铅、锌及其复合胁迫对台湾泡桐幼苗生长及生理抗性的影响	江灶发 刘 蕊 (472)
干旱胁迫对杜鹃叶片生理与叶绿素荧光参数的影响	周 媛 董艳芳 张亚妮 等 (477)
菊花苗期耐湿热生理响应及综合评价	刘轶奇 孙 明 李贤利 等 (483)
七种常绿树种的抗寒性研究	王 娜 王奎玲 刘庆华 等 (489)
三种梅花品种枝条抗寒性研究	段美红 李文广 高祥利 等 (495)
内蒙古 11 种园林灌木耐寒性评价	奥登隔日乐 易 津 乌仁其木格 等 (500)
臭氧浓度升高对三种园林植物伤害症状和生理特性的影响	刘东焕 赵世伟 王雪芹 等 (507)
紫露草耐盐性研究	谭 笑 高祥斌 韩全宝 等 (513)
6 种忍冬科植物的滞尘能力及抑菌能力的研究	胡展森 管圣烨 孙 璞 等 (518)
抗寒锻炼期间丰花月季茎的抗寒性及与可溶性糖淀粉的关系	范少然 崔睿航 武东霞 等 (522)
低温胁迫下大花月季茎的电阻抗分析及抗寒性计算	崔睿航 范少然 张 钢 (527)
凹叶景天在光胁迫下的生理响应及园林应用研究	杨柳青 朱小青 曾 红 (532)
NaCl 胁迫对 3 种鸢尾属植物幼苗生长及 K^+ 、 Na^+ 分布的影响	黄 钢 张永侠 原海燕 等 (538)
厦门地区 4 种耐旱性植物丛枝菌根感染季节性差异研究	董怡然 刘雪霞 张秀英 等 (543)
含笑属植物抗寒生理指标的筛选及评价	陈 洁 金晓玲 宁阳 等 (547)
基于隶属函数法评价五种拟单性木兰的抗寒性	宁阳 邢 文 陈洁 等 (551)
盐胁迫下石斛基因组 DNA 甲基化敏感扩增多态性 (MASP) 分析	吴 超 林巧琦 丁晓瑜 等 (558)
温度对牡丹‘洛阳红’切花花色和花青素苷合成的影响	牡丹妮 张 超 高树林 等 (565)
北京地区紫薇露地越冬困难原因初探	鞠易倩 唐 婉 蔡明 等 (574)
金桂体细胞胚发生的研究	袁 斌 郑日如 王彩云 (579)
干旱胁迫对 5 种石斛属植物叶片气孔运动的影响	曹声海 罗 靖 仇 硕 等 (586)
干旱胁迫诱导石斛属植物 C_3/CAM 转变的代谢机制初探	刘张栋 曹声海 仇 硕 等 (593)
不同处理方式对百合种子萌发特性的影响	解雪华 孙 明 (600)

应用研究

海南居住区植物景观营造探析	尹德洁 李 宁 董丽 (605)
---------------------	------------------

广东地区秋冬春变色叶树种的调查与研究	郭志斌 姚海丰 崔铁成 (613)
成都地域景观竹文化的表达研究	杨羽峤 何蕤 刘玉蓉 等 (623)
保定市街道绿化植物多样性研究	李晶 (627)
北方工业大学地被植物的配置及应用原则	杨爽 李婧 李海鹏 等 (634)
北京地区常见秋色叶树种单株美景度评价及景观持续性研究	孙亚美 李湛东 (641)
北京市 15 个居住小区绿化现状调查研究	孔庆香 陈瑞丹 (647)
北京郁金香品种调查及应用分析	宋碧琰 柴思宇 郑艳 (653)
彩叶植物引种及其园林应用后评价研究	徐志豪 王桂林 (660)
北京奥森公园彩色叶植物群落景观分析	郝丽红 刘维茜 陈宪 等 (666)
观赏竹景观对不同人群的视觉生理影响	姜涛 杨雪 吕兵洋 等 (673)
花卉混播在低影响开发的城市雨水生态系统中的应用	符木 刘晶晶 高亦珂 等 (678)
基于 AVC 理论的成都地域景观竹文化应用评价	姜之未 陈旭黎 刘玉蓉 等 (684)
基于评判模型优选食用菊花品种	宋雪彬 温小蕙 戴思兰 等 (690)
墨兰‘小香’花蕾的精油成分分析	李杰 王再花 章金辉 等 (702)
新多年生植物运动设计思想及方法研究——以皮耶特·奥多夫的多年生花园为例	刘玮 李雄 (707)
光叶红蜡梅花香成分分析	王艺光 黄耀辉 张超 等 (714)
银川市公园绿地植物景观特色研究	王超琼 董丽 (719)
云台花园植物意境的营造	胡希军 于慧乐 金晓玲 (727)
长沙市城市植物多样性分析与保护规划研究	张旻桓 金晓玲 叶烨 (732)
不同配置模式带状绿地降噪效应研究	张秦英 崔海南 马蕙 等 (738)
北京地区委陵菜属植物资源及园林应用	刘雪 时海龙 袁涛 (742)
以低成本花卉混播的方法构建雨水花园景观	刘晶晶 符木 高亦珂 等 (748)
杭州西湖景区生态环境长效监测研究初报	王恩 张鹏翀 谭远军 等 (754)
杭州花港观鱼公园常见园林树种叶面积指数分析研究	董延梅 吕敏 俞青青 等 (757)
杭州西湖景区常见落叶树种光合速率比较分析研究	董延梅 吕敏 俞青青 等 (767)

种质资源

紫薇与千屈菜属间杂交亲和性研究^{*}

胡玲 蔡明^①

(花卉种质创新与分子育种北京市重点实验室, 国家花卉工程技术研究中心,
城乡生态环境北京实验室, 北京林业大学园林学院, 北京 100083)

摘要 为研究紫薇(*Lagerstroemia indica*)和千屈菜(*Lythrum salicaria*)属间杂交亲和性, 本试验以观察紫薇和千屈菜开花习性为基础, 对两者进行属间授粉杂交, 对各亲本花粉与柱头形态进行扫描电镜观察。结果表明, 依据花朵形态可将千屈菜分为两种: 千屈菜 A: 柱头短于长雄蕊; 千屈菜 B: 柱头长于长雄蕊。亲本开花过程基本一致。亲本花粉、柱头、乳突细胞的类型和形态相似, 但大小存在差异。与紫薇相比, 千屈菜 A 花粉极轴较长, 柱头直径较小; 千屈菜 B 花粉较小, 柱头直径与紫薇无明显差异。通过授粉杂交, 获得 9 株杂种后代, 其真实性与育性有待进一步验证。

关键词 紫薇; 千屈菜; 属间杂交; 扫描电镜

Compatibility of Intergeneric Cross between *Lagerstroemia indica* and *Lythrum salicaria*

HU Ling CAI Ming

(Beijing Key Laboratory of Ornamental Plants Germplasm Innovation & Molecular Breeding ,
National Engineering Research Center for Floriculture, Beijing Laboratory of Urban and Rural Ecological
Environment and College of Landscape Architecture, Beijing Forestry University, Beijing 100083)

Abstract In order to investigate the compatibility of distant hybridization between *Lagerstroemia indica* and *Lythrum salicaria*, the flowering process of crape myrtles and purple loosestrifes were observed firstly. Then intergeneric crosses were made, as well as pollen shape and stigma pattern of parents were observed. The results showed that purple loosestrifes were defined as two types: The pollen of Type A was shorter than long stamens, while the pollen of Type B was longer. Crape myrtles and purple loosestrifes had similar flowering process, which made the contemporary hybridization available. The type and morphology of pollen, stigma and papilla cells were similar between two species with some differences in size. In comparison with crape myrtles, the pollens of purple loosestrifes (Type A) were longer and the stigmas were smaller, while the pollens of Type B were smaller and the stigmas showed no significant difference. After intergeneric crosses, nine seedlings were obtained but need further identification.

Key words *Lagerstroemia indica*; *Lythrum salicaria*; Intergeneric hybridization; Scanning electron microscope

紫薇(*Lagerstroemia indica*)原产中国, 是我国的传统名花之一, 栽培历史近 1500 年。目前我国现有的紫薇属植物共 21 种, 其中原产 18 种(王献, 2004)。但受气候条件的影响, 在园林中应用的只有紫薇、南紫薇、福建紫薇和大花紫薇等少数几个种或品种, 分布区域主要集中在南部、西南部地区(中国科学院中国植物志编辑委员会, 1983), 低温条件严

重抑制了紫薇的生产与应用。

千屈菜(*Lythrum salicaria*)与紫薇同属千屈菜科, 常生于河岸、湖畔、溪沟边和潮湿草地, 最北分布至我国黑龙江省, 具有较强的耐寒性。属间杂交是培育观赏植物新品种的有效方法, 其已在菊科亚菊属(*Ajania*)、菊蒿属(*Tanacetum*)、太行菊属(*Opisthopappus*)、木茼蒿属(*Argyranthemum*)和匹菊属(*Pyre-*

^{*} 基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金(XS2014-06、YX2013-05); 北京高等学校青年英才计划资助(YETP0743)。

^① 通讯作者。Author for correspondence(E-mail: jasoncai82@163.com; Tel: 13466604234)。

thrum)广泛应用(胡泉和赵惠恩, 2008), 国外也已利用菊属(*Chrysanthemum*)与菊科其他属进行了广泛的属间杂交工作(Douzono *et al.*, 1998; Katsuhiko & Kondo, 2003; Neil O & Aanderson, 2006)。王文鹏等(2013)以夏蜡梅(*Sinocalycanthus chinensis*)和美国蜡梅(*Calycanthus floridus*)进行属间杂交发现亲本间没有受精前障碍, 但结实率极低, 存在受精后障碍。千屈菜科属间杂交研究较少, 仅见于紫薇属(*Lagerstroemia*)与散沫花属(*Lawsonia*), 二者杂交不亲和主要由花粉和柱头外形不匹配所引起(蔡明等, 2010)。紫薇属种间杂交已有较多报道, 亲和性较好(蔡明, 2010; 王晓玉等, 2012)。千屈菜与紫薇虽同科异属, 但通过观察发现千屈菜的雌雄蕊外形与紫薇相似, 有可能存在属间杂交亲和性, 进而可将千屈菜的抗寒性状转移到紫薇中, 得到抗寒性增强的紫薇品种。

本实验在观察亲本开花习性的基础上, 利用紫薇和千屈菜进行属间杂交, 并分别对各亲本花粉与柱头形态进行扫描电镜观察, 从而对紫薇与千屈菜的杂交亲和性做出初步评价, 以探讨通过紫薇和千屈菜杂交获得抗寒品种的可行性。

1 材料与方 法

1.1 材料

试验所用紫薇品种为种植于国家花卉工程中心(北京小汤山)的品种‘Dallas Red’、‘Near East’、‘Tonto’。千屈菜栽植于北京林业大学三顷园实习苗圃。

1.2 千屈菜开花习性观察

2014年7月, 选取3株无病虫害、生长旺盛的千屈菜植株, 在每株上选取不同朝向的3个花枝进行标记, 连续4d从4:00 a.m. 开始每隔30min对开花情况进行观察、记录并拍照。

1.3 杂交育种

1.3.1 花粉采集和储藏

散粉前(5:00 a.m. ~7:00 a.m.), 选取萼片刚开裂的新鲜花朵, 用弯嘴镊子将长短花丝上的花药全部剥离下来, 紫薇花药用硫酸纸袋收集, 千屈菜花药用离心管收集, 然后置于25℃室温下阴干。干燥的花粉去除杂质后装入离心管, 放置于装有硅胶自封袋中, 于-20℃保存待用(Akond A, 2012)。

授粉前先用悬滴法测定亲本花粉生活力, 培养基为150g·L⁻¹蔗糖+20mg·L⁻¹H₃BO₃+20mg·L⁻¹CaCl₂+100g·L⁻¹PEG4000, 25℃培养4h后显微观

察。各亲本花粉生活力均在30%以上, 可用于授粉。每次授粉时根据需要的花粉量取出适量离心管放于单独的冰盒中, 保持低温。

1.3.2 去雄和授粉

杂交试验在2014年7月14~28日进行。散粉前选取当天开花量大的花序, 将要开放的花朵用弯嘴镊子将其全部花药去除干净, 并剪去花序上多余的花、果及花芽等, 用硫酸纸袋套好扎紧袋口并挂上标签做标记。待到亲本柱头大量分泌黏液的时间(约8:00 a.m. ~11:00 a.m.)将其授上提前提前收集好的花粉(紫薇、千屈菜的去雄和授粉时间基本相同), 授粉后用硫酸纸袋套好, 挂上挂签记录授粉组合、授粉日期、授粉朵数。1周后去套袋, 观察子房膨大情况, 及时去除新长成的花枝。3周后统计结果率, 结实率(%)=(结果数/授粉数)×100%(Pounders *et al.*, 2006)。

1.3.3 花粉和柱头的扫描电镜观察

材料经FAA固定、梯度乙醇脱水和乙酸异戊酯置换、二氧化碳临界点干燥后固定于金属台, 经离子溅射仪喷金镀膜后, 在日立S-4800扫描电镜下进行观察并拍照。每次选5个花粉或柱头, 重复3次。

1.4 数据统计

利用Image-Pro Plus 6.0测量花粉与柱头尺寸, Excel 2010进行数据统计, SPSS 21.0对数据进行邓肯氏新复极差多重比较。

2 结果与分析

2.1 千屈菜开花习性

通过观察发现, 千屈菜有二型花: A型: 短花柱, 长雄蕊长, 散绿色花粉, 短雄蕊散黄色花粉。B型: 长花柱, 长雄蕊短, 散黄色花粉, 短雄蕊散黄色花粉。同一植株只开一种类型的花。两种类型花的短雄蕊长短相似。

开花进程为: 千屈菜A 5:00 a.m. 前, 花萼中心红色部分明显; 5:00 a.m. ~7:00 a.m., 花瓣逐渐打开, 长雄蕊明显可见; 7:00 a.m. 左右, 花药开始分裂, 柱头露出, 开始分泌黏液; 7:00 a.m. ~10:00 a.m., 花瓣已全开, 散粉量大, 柱头黏液明显; 10:00 a.m. 以后, 散粉量明显减少, 柱头变粗糙; 24h后, 柱头和花药均萎蔫(图1)。

千屈菜B与千屈菜A开花过程大致相同, 但其在花瓣打开之前先露出柱头。即: 4:30 a.m. 前, 花萼中心红色部分明显; 5:00 a.m. 露出柱头; 5:00 a.m. ~7:00 a.m., 花瓣逐渐打开, 柱头伸长, 露出

长雄蕊; 7: 00 a. m. ~ 10: 00 a. m., 花瓣已全开, 柱头黏液明显, 散粉量大, 但长短雄蕊总体散粉量远不如 A; 之后的过程与 A 类似(图 2)。

与紫薇开花进程比较, 发现千屈菜开花习性与紫

薇基本一致(蔡明等, 2010; 王瑞文, 2010; 王晓玉等, 2012)。因此授粉时可与紫薇杂交过程相一致, 即 5: 00 a. m. ~ 7: 00 a. m. 去雄套袋, 8: 00 a. m. ~ 11: 00 a. m. 授粉。

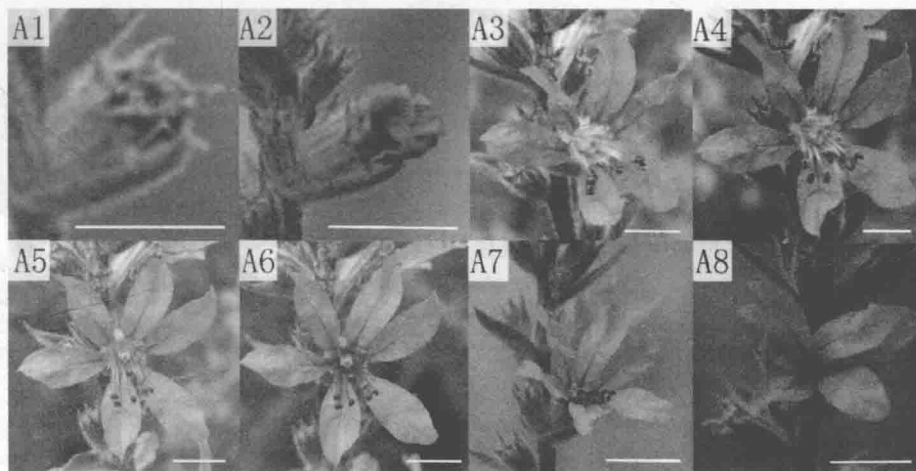


图 1 千屈菜 A 单花开花进程

Fig. 1 Flowering process of *Lythrum salicaria*(A)

注: A1. 5: 30 a. m., 花苞未开裂; A2. 6: 30 a. m., 花瓣逐渐打开; A3. 7: 30 a. m., 花瓣全开, 露出柱头, 开始分泌黏液; A4. 9: 00 a. m., 柱头上明显可见黏液, 散粉量大; A5. 11: 00 a. m., 散粉量减少, 柱头开始呈锈色; A6. 18: 00 p. m., 花丝明显变红, 柱头完全呈锈色; A7. 1d 后, 柱头和花药收缩; A8. 2d 后, 花朵已经萎蔫。(标尺表示 0.5cm。)

Note: A1. Flower buds had not cracked at 5: 30 a. m. A2. Calyx had cracked and the petals revealed at 6: 30 a. m. A3. All of the Petals expanded. Both of long stamens and short stamens extended completely at 7: 30 a. m. A4. Pollen spread with anther dehiscence and the stigma secreted a large number of mucous at 9: 00 a. m. A5. Little pollen spread and the stigma started to be rusty at 11: 00 a. m. A6. Filaments were red and the stigma was rusty completely at 18: 00 p. m. A7. The stigma and stamens shrunk after one day. A8. The flower turned to be wilting after two days. (The scale length in all the pictures is 0.5cm.)

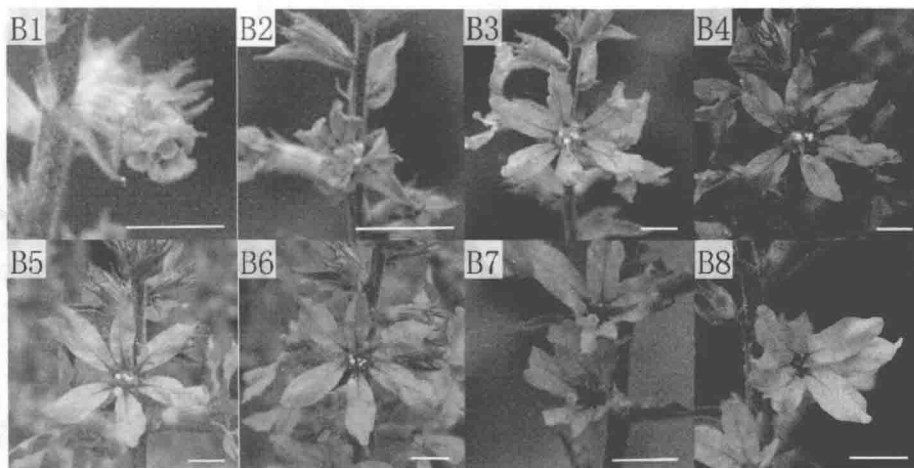


图 2 千屈菜 B 单花开花进程

Fig. 2 Flowering process of *Lythrum salicaria*(B)

注: B1. 5: 30 a. m., 花苞未开裂前露出柱头; B2. 6: 00 a. m., 花瓣逐渐打开, 花柱逐渐伸长, 露出黄色长雄蕊; B3. 7: 30 a. m., 花瓣全开, 花粉散出; B4. 9: 00 a. m., 柱头明显可见黏液; B5. 11: 00 a. m., 散粉量减少, 柱头开始呈锈色; B6. 18: 00 p. m., 柱头完全呈锈色, 花瓣开始收缩; B7. 1d 后, 柱头和花药收缩; B8. 2d 后, 花朵已经萎蔫。(标尺表示 0.5cm。)

Note: B1. Flower buds had not extended but the stigma revealed at 5: 30 a. m. B2. Long stamens revealed and the stigma extended at 6: 00 a. m. B3. All of the Petals expanded and pollen spread with anther dehiscence at 7: 30 a. m. B4. The stigma secreted a large number of mucous at 9: 00 a. m. B5. Little pollen spread and the stigma started to be rusty at 11: 00 a. m. B6. Filaments were red and the stigma was rusty completely at 18: 00 p. m. B7. The stigma and stamens shrunk after one day. B8. The flower turned to be wilting after two days. (The scale length in all the pictures is 0.5cm.)

2.2 紫薇属与千屈菜属远缘杂交结果率

千屈菜开放授粉共 372 朵, 结果 67 个, 结果率 18.01%。千屈菜自交授粉 244 朵, 结果 24 个, 结果率 9.84%。‘Dallas Red’ 自交授粉 129 朵, 结果 16 个, 结果率 12.40%。获得紫薇品种 ‘Dallas Red’ 自交

实生苗 80 株, 千屈菜自交实生苗 52 株。
累计杂交授粉 1136 朵, 得到 22 个果实, 结果率 1.94%。‘Dallas Red’ 与千屈菜 B 杂交正反交均获得果实。千屈菜 B 作为父母本均可获得杂交果实。共获得疑似属间杂种苗 9 株, 其真实性需进一步验证(表 1)。

表 1 紫薇和千屈菜远缘杂交结果率与杂种萌发率
Table 1 The percentage pod set and germination rate between intergeneric cross of *Lagerstroemia indica* and *Lythrum salicaria*

	亲本 Parents	授粉花朵数 Number of pollinated flowers	结果数 Number of pods	结果率/% Pod set	平均种子数 Seeds/pod	种子萌发率/% Germination	实生苗数 Number of seedlings
开放授粉	千屈菜 A	194	47	24.23	78	38.5	24
	千屈菜 B	178	20	11.24	106	52.8	32
	‘Dallas Red’	129	16	12.4	331	22.4	80
自交	千屈菜 A	82	13	15.85	141	49.6	49
	千屈菜 B	162	11	6.79	21	19.1	3
	‘Dallas Red’ × 千屈菜 A	189	0	0	0	0	0
正交	‘Dallas Red’ × 千屈菜 B	95	2	2.1	12	20.2	2
	‘Tonto’ × 千屈菜 A	121	0	0	0	0	0
	‘Tonto’ × 千屈菜 B	170	3	1.76	15	10.4	1
	千屈菜 A × ‘Dallas Red’	99	0	0	0	0	0
反交	千屈菜 B × ‘Dallas Red’	208	10	4.81	18	22.2	3
	千屈菜 A × ‘Near East’	124	4	3.23	16	6.3	1
	千屈菜 B × ‘Near East’	130	3	2.31	21	9.5	2

2.3 杂交亲本花粉和柱头的扫描电镜观察

各亲本花粉颗粒均具有长短二型雄蕊, 但孢粉壁的纹饰及外壁形状存在差异。Pacini 和 Bellani(1986)观察到紫薇为球形花粉, 孔沟区密布粗颗粒, 花粉表面具疣状纹。本次实验扫描结果显示千屈菜花粉为椭圆形, 具有条状沟并密布条状纹饰。千屈菜 A 的花粉极轴明显长于其他亲本, 而千屈菜 B 的花粉赤道长和极轴长度短于其他亲本(图 3)。

紫薇 ‘Dallas Red’、‘Tonto’ 柱头表面直径为 600.2 ~ 706.1 μm; 千屈菜 B 柱头直径比紫薇略小但差异不明显, 千屈菜 A 柱头直径明显小于其他亲本。紫薇属各亲本柱头乳突细胞的长度为 62.3 ~ 74.6 μm;

两类千屈菜在乳突细胞长度方面存在显著差异, A 类为 61.6 μm, 而 B 为 94.9 μm, 千屈菜 B 的乳突细胞较其他亲本更长(表 2)。

自交时 ‘Dallas Red’ 乳突细胞长/花粉极轴长约为 1.8, 千屈菜 A 约为 1.3。千屈菜 B 约为 3.1, 明显高于其他亲本。当以紫薇品种做母本、千屈菜 A 做父本时, 母本乳突细胞和花粉极轴长度之比约为 1.4, 千屈菜 B 做父本时则约为 2.2。反交时, 千屈菜 A 柱头乳突细胞和花粉粒极轴长度之比为 1.5 ~ 1.6, 千屈菜 B 则为 2.4 ~ 2.5。相比紫薇而言, 千屈菜 A 花粉偏长、柱头偏小; 千屈菜 B 花粉小、柱头大小无明显差异。

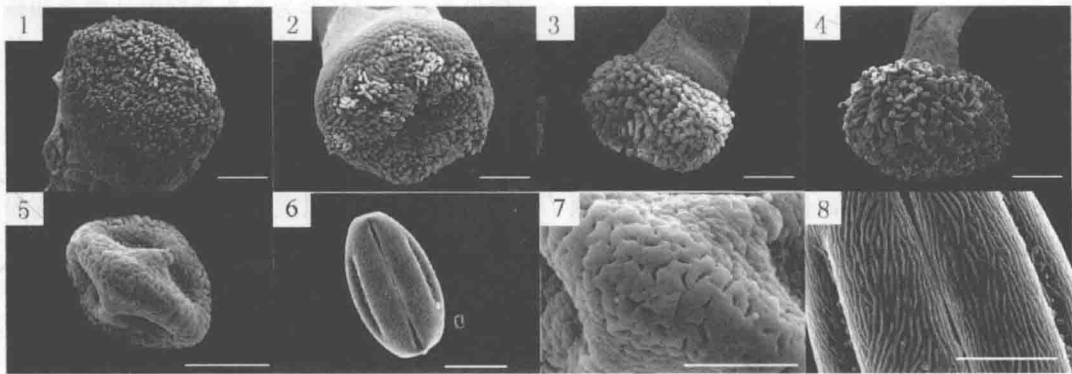


图3 紫薇和千屈菜扫描电镜

Fig. 3 The analysis of crosses between *Lagerstroemia* and *Lythrum* by scanning electron microscope

注：1. *L.* ‘Dallas Red’柱头；2. *L.* ‘Tonto’柱头；3. 千屈菜A柱头；4. 千屈菜B柱头；5. *L.* ‘Dallas Red’花粉赤道面观；6. 千屈菜A花粉赤道面观；7. *L.* ‘Dallas Red’花粉外壁纹饰；8. 千屈菜A花粉外壁纹饰。（1-4标尺为400μm，5-6标尺为20μm，7-8标尺为10μm。）

Note: 1. The stigma of *Lagerstroemia indica* ‘Dallas Red’; 2. The stigma of *Lagerstroemia indica* ‘Tonto’; 3. The stigma of *Lythrum salicaria* (A); 4. The stigma of *Lythrum salicaria* (B); 5. The pollen of *Lagerstroemia indica* ‘Dallas Red’ in equatorial view; 6. The pollen of *Lythrum salicaria* (A) in equatorial view; 7. The pollen exine sculpture of *Lagerstroemia indica* ‘Dallas Red’; 8. The pollen exine sculpture of *Lythrum salicaria* (A). (The scale length in picture 1-4 is 400μm, 20μm in picture 5-6 and 10μm in picture 7-8.)

表2 花粉和柱头的形态数据

Table 2 Morphology data of pollen and stigma

亲本 Parents	花粉粒/ μm Pollen		柱头/ μm Stigma		乳突细胞长 / 极轴长 Papilla cells' length / Polar axis
	赤道轴 Equatorial axis	极轴 Polar axis	直径 Diameter	乳突细胞长度 Papilla cells' length	
‘Dallas Red’	27.5 ± 2.3a	38.4 ± 1.2b	670 ± 69.8ab	68.0 ± 5.7b	1.8
‘Near East’	29.4 ± 3.0a	40.0 ± 1.5b	—	—	—
‘Tonto’	—	—	684 ± 22.1a	67.1 ± 7.5b	—
千屈菜A	27.6 ± 0.5a	48.8 ± 0.9a	588 ± 18.1b	61.6 ± 11.2b	1.3
千屈菜B	16.7 ± 0.8b	31.0 ± 3.3c	653 ± 44.8ab	94.9 ± 8.5a	3.1

注：不同字母表示差异显著(P = 0.05)。
Note: Different letters indicate significant difference(P = 0.05).

3 结论与讨论

本实验发现千屈菜与紫薇开花过程基本一致，给授粉成功提供了时间条件。紫薇属与散沫花属试验中，因开花时间点差异，紫薇和尾叶紫薇上午授粉而散沫花下午授粉。在野鸢尾属与射干属间杂交试验中，上午对射干授粉下午对野鸢尾授粉(毕晓颖, 2012)。亲本单花花期的差异往往增大杂交难度。王瑞文(2010)通过观察紫薇开花进程，发现其在4: 30~5: 30露出花药，8: 00~9: 30柱头分泌大量黏液，很容易吸附花粉，下午16: 00花萼收拢。王晓玉等(2012)观察到的尾叶紫薇(*Lagerstroemia caudata*)单花开花进程与其相似。本试验观察到千屈菜散粉、

分泌黏液的时间与紫薇基本吻合，两者在开花时间点上的一致为成功授粉提供了条件。

两亲本在花粉纹饰上有明显不同。在蔡明等(2010)以紫薇属和散沫花属间杂交试验中，发现两者存在受精前障碍，扫描电镜结果显示亲本花粉外壁结构相似。在贺丹等(2014)以芍药(*Paeonia lactiflora*)和牡丹(*P. suffruticosa*)为亲本进行的远缘杂交试验中，亲本花粉形态和大小相似，仅表面纹饰存在细部差异，然而两者仍存在受精前障碍。另外，李文钊等(1986)的研究中，即使胡杨(*Populus euphratica*)与小叶杨(*P. simonii*)花粉无明显差异，仍存在远缘杂交不亲和障碍的问题，因此可初步判断花粉外壁纹饰并不是影响远缘杂交结果的关键因素，不能以此判断

杂交亲和性。

亲本在花粉、柱头、乳突细胞类型和尺寸上类似,表明花粉有在柱头上附着并萌发的可能。散沫花做父本与紫薇属杂交时花粉能被紫薇和尾叶紫薇的柱头黏附,花粉也可萌发和伸长,但由于母本柱头结构过大,对花粉管的穿行产生阻碍作用,导致其无法顺利伸入花柱;散沫花做母本时,母本的柱头和乳突细胞较小,紫薇和尾叶紫薇的花粉粒较大,结构上的差异导致杂交不亲和(蔡明等,2010)。曹后男等(2003)、Salvador Perez 等(1985)发现花粉粒体积与花粉萌发及花粉管的生长速度呈正相关关系。同时曹

后男等在以桃和李为亲本杂交统计雌蕊和雄蕊长度与亲和性间的关系实验中,发现母本和父本的雌、雄蕊长度之差越小,亲和性越高。在千屈菜 B 的自交试验中,其结果率很低,分析可能与其散粉量小且因长雄蕊较短,未伸出花萼筒外而增大了花药与柱头间的距离,导致自交难以成功。而在杂交时的花粉萌发过程中,千屈菜 A 花粉较大,相比千屈菜 B 而言,不易被紫薇柱头吸附并延长花粉管,导致以 A 为父本时得不到杂交结果,而千屈菜 B 为父本时可能因其花粉较小而容易授粉成功。

参考文献

1. Akond A, Pounders C T, Blythe E K, et al. 2012. Longevity of crapemyrtle pollen stored at different temperatures[J]. *Scientia Horticulturae*, 139: 53–57.
2. 毕晓颖, 李卉, 娄琦, 郑洋. 2012. 野鸢尾和射干属间杂交亲和性及杂种鉴定[J]. *园艺学报*, 39(5): 931–938.
3. 蔡明. 2010. 紫薇种质资源评价和香花种质利用[D]. 北京: 北京林业大学.
4. 蔡明, 孟锐, 潘会堂, 张启翔, 高亦珂, 孙明, 王学风, 王晓玉. 2010. 紫薇属与散沫花属远缘杂交亲和性的研究[J]. *园艺学报*, 37(4): 637–642.
5. 曹后男, 宗成文, 金英善, 王兴国, 朴永虎. 2003. 桃李间交配亲和性[J]. *延边大学农学学报*, 25(1): 1–7.
6. 中国科学院中国植物志编辑委员会. 1983. 中国植物志[M](第52卷第2分册). 北京: 科学出版社.
7. Douzono M, Ikeda H. 1998. All year round productivity of F1 and BC1 progenies between *Dendranthemum grandiflorum* and *D. shiwogiku*[J]. *Acta Hort*, 454: 303–310.
8. 贺丹, 王雪玲, 高晓峰, 吕博雅, 刘艺平, 何松林. 2014. 牡丹芍药远缘杂家亲和性[J]. *东北林业大学学报*, 第42卷第7期.
9. 胡泉, 赵惠恩. 2008. 广义菊属远缘杂交研究进展[J]. *现代农业科学*, 第15卷第4期.
10. 李文钊, 朱彤. 1986. 胡杨与小叶杨远缘杂交不亲和性的障碍[J]. *林业科学*, 第22卷第1期.
11. Katsuhiko, Kondo, Magdy Hussein, Reiko Idesawa, Shino Kimura and Ryuso Tanaka. 2003. Genome Phylogenetics in *Chrysanthemum sensulato* [J]. *Plant Genome: Biodiversity and Evolution – Vol. 1, Part A*: 116–199.
12. Neil O, Aanderson. 2006. Flower Breeding and Genetics – Issues, Challenges and Opportunities for the 21st Century [M]. Springer.
13. Pacini E, Bellani L M. 1986. *Lagerstroemia indica* L. pollen; form and function[J]. *Linnean Society Symposium Series*, 347–357.
14. Pounders C, Reed S, Pooler M. 2006. Comparison of self – and cross – pollination on pollen tube growth, seed development, and germination in crapemyrtle[J]. *HortScience*, 41(3): 575–578.
15. Salvador Perez, James N. Moore. 1985. Prezygotic endogenous barriers to interspecific hybridization in *Prunus* [J]. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 110(2): 267–273.
16. 王瑞文. 2010. 紫薇开花生物学特性及杂交育种的初步研究[D]. 武汉: 华中农业大学.
17. 王文鹏, 周莉花, 刘华红, 包志毅, 赵宏波. 2013. 夏蜡梅与美国蜡梅属间杂交障碍的组织学机理[J]. *园艺学报*, 40(10): 1943–1950.
18. 王献. 2004. 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.
19. 王晓玉, 徐婉, 胡杏, 蔡明, 潘会堂, 张启翔. 2012. 尾叶紫薇开花及花粉萌发研究[J]. *浙江农林大学学报*, 29(6): 966–970.

我国中西部地区野生百合资源调查收集与评价研究*

梁振旭 张延龙^① 牛立新 罗建让 任利益

(西北农林科技大学林学院, 杨凌 712100)

摘要 为系统了解我国野生百合的自然分布及利用特性, 对陕西、甘肃、湖北、重庆、四川及云南等中西部地区的野生百合资源进行了系统调查、收集及评价研究。在有关地区共收集保存野生百合 16 个种及 3 个变种: 卷丹(*L. lancifolium*)、宜昌百合(*L. leucanthum*)、野百合(*L. brownii*)、宝兴百合(*L. duchartrei*)、山丹(*L. pumilum*)、川百合(*L. davidii*)、绿花百合(*L. fargesii*)、岷江百合(*L. regale*)、细叶百合(*L. tenuifolium*)、乳头百合(*L. papilliferum*)、泸定百合(*L. sargentiae*)、尖被百合(*L. lophophorum*)、淡黄花百合(*L. sulphureum*)、紫斑百合(*L. nepalense*)、玫红百合(*L. amoenum*)、大理百合(*L. taliense*)、百合(*L. brownii* var. *viridulum*)、紫脊百合(*L. leucanthum* var. *centifolium*)和黄绿花滇百合(*L. bakerianum* var. *delavayi*)。按照观赏价值、开发潜力和生态适应性等三方面的 15 个评价指标, 应用层次分析法对不同野生百合进行综合评价, 综合认为, 淡黄花百合、岷江百合和宜昌百合具有很高的观赏价值; 岷江百合、细叶百合和卷丹的开发潜力最大; 卷丹和川百合具有很好的生态适应性。

关键词 野生百合; 层次分析法; 评价

Investigation, Collection and Evaluation of the Genus *Lilium* Resources in China's Midwest Regions

LIANG Zhen-xu ZHANG Yan-long NIU Li-xin LUO Jian-rang REN Li-yi

(College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling 712100)

Abstract In order to systematically understand the natural distribution of wild *Lilium* native to China as well as its utilization characteristics, a comprehensive investigation was carried out in a group of midwestern regions in China such as Shannxi Province, Gansu Province, Hubei Province, Chongqing Province and Sichun Province. Afterwards, collection and evaluation was conducted on the subject as an indispensable part of this study. The result indicates that: ①16 species and 3 variants of wild *Lilium*, including *L. lancifolium*, *L. leucanthum*, *L. brownii*, *L. duchartrei*, *L. pumilum*, *L. davidii*, *L. fargesii*, *L. regale*, *L. tenuifolium*, *L. papilliferum*, *L. sargentiae*, *L. lophophorum*, *L. sulphureum*, *L. nepalense*, *L. amoenum*, *L. taliense*, *L. brownii* var. *viridulum*, *L. leucanthum* var. *centifolium* and *L. bakerianum* var. *delavayi*, were collected and preserved from the target regions; ②The analytic hierarchy process (AHP) was used as a way to extensively evaluate the diverse *Lilium* resources, based on 15 indicators concerning their ornamental value, exploitation potential and ecological adaptability. Taken together, *L. sulphureum*, *L. regale* and *L. leucanthum* showed relatively high ornamental value, while *L. regale*, *L. tenuifolium* and *L. lancifolium* possessed the best exploitation potential. Moreover, the greatest ecological adaptability was shown in *L. lancifolium* and *L. davidii*.

Key words Wild *Lilium*; AHP; Evaluation

百合(*Lilium*), 属多年生球根花卉, 是百合科(Liliaceae)百合属所有植物的统称(龙雅宜等, 1999)。百合具有很高的观赏(Shimizu *et al.*, 1971)、

药用(童巧珍, 2009; Man & Sher, 2011)和食用(Jin *et al.*, 2012)价值, 其主要生长于北半球的亚洲、欧洲和北美洲, 全世界大约有 100 种(张彩霞等,

* 基金项目: 国家高技术研究发展计划(“863”计划)项目(2011AA1008)。

① 通讯作者。Author for correspondence(E-mail: zhangyanlong@nwsuaf.edu.cn)。

2008)。中国是世界百合属植物的自然分布中心, 原产约 55 种、32 个变种 (Du *et al.*, 2013; 中科院中国植物志编辑委员会, 2004)。目前, 我国野生百合属植物的收集和研究主要集中于三大地区: 西南地区 (鲍隆友等, 2004; 吴学尉等, 2006; 唐艳平等, 2010; 周先客等, 2012), 包括四川、贵州、重庆、云南和西藏, 是百合属植物的最大自然分布区域, 仅云南省就有约 36 个种, 27 个变种; 东北地区 (Rong *et al.*, 2010), 包括黑龙江、吉林和辽宁, 约有 10 种; 西北地区 (赵祥云等, 1990; 车飞等, 2008), 包括陕西、甘肃及其周边地区, 约有 14 种。我国中西部地区 (朱光有等, 2010) 属温带和亚热带气候类型, 地形复杂, 横跨甘肃、陕西、四川、湖北、河南、重庆、云南七省市。先前有研究人员对该地区的野生百合种质资源做过部分调查 (赵祥云等, 1990; 鲍隆友等, 2004; 吴学尉等, 2006; 车飞等, 2008; 唐艳平等, 2010; 周先客等, 2012), 但较少对主要种类收集后进行进一步系统比较研究。

本研究在系统调查并大量收集我国中西部地区野生百合种质资源的基础上, 运用层次分析法 (Saaty, 1980, 1990, 2000, 2008) 对该地区的野生百合种质资源进行综合评价, 明确保护、开发和利用方向, 旨在为后续育种工作提供优良的种质资源, 为进一步的野生百合分子生物学研究提供依据。

1 材料与方法

1.1 资源调查与收集

于 2011~2013 年野生百合花开的 6~8 月份期间, 采取走访 (Maja *et al.*, 2010)、样地调查 (辜云杰等, 2009) 和线路调查 (Pandey *et al.*, 2008) 相结合的方法, 深入我国中西部地区的 55 个县区进行调查, 共收集 147 份百合材料。收集的材料被保存在西北农林科技大学野生花卉种质资源圃。

1.2 评价方法

在 2013 年百合盛花期, 每种随机选择 10 株进行形态特征观察、记录 (Ronaldo *et al.*, 2012), 并选取观赏价值、开发潜力和生态适应性 3 方面的 15 个重要特征作为评价指标, 运用层次分析法进行种质资源的综合评价 (Rong *et al.*, 2010; Neeta *et al.*, 2013)。具体评价指标有: 花色、花型、花姿、花径、花香、花期长度、着花量、株型和花梗长度 9 个指标属于观赏价值方面; 抗逆性、濒危程度和开发程度 3 个指标属于开发潜力方面; 引种成活率、分布范围和繁殖能力 3 个指标属于生态适应性方面。

2 结果与分析

2.1 主要种类的分布

通过调查发现 19 种野生百合: 卷丹 (*L. lancifolium*)、宜昌百合 (*L. leucanthum*)、野百合 (*L. brownii*)、宝兴百合 (*L. duchartrei*)、山丹 (*L. pumilum*)、川百合 (*L. davidii*)、绿花百合 (*L. fargesii*)、岷江百合 (*L. regale*)、细叶百合 (*L. tenuifolium*)、乳头百合 (*L. papilliferum*)、泸定百合 (*L. sargentiae*)、尖被百合 (*L. lophophorum*)、淡黄花百合 (*L. sulphureum*)、紫斑百合 (*L. nepalense*)、玫红百合 (*L. amoenum*)、大理百合 (*L. taliense*)、百合 (*L. brownii* var. *viridulum*)、紫脊百合 (*L. leucanthum* var. *centifolium*) 和黄绿花滇百合 (*L. bakerianum* var. *delavayi*)。在调查区域内, 宜昌百合分布最广泛, 30 个县区有分布, 常见生长于灌木丛、岩石壁及山坡; 而在全国范围内分布较广的卷丹在该地区的分布范围次之, 主要生长于灌木丛、岩石缝、林缘及河边; 野百合的分布广度位列第三; 岷江百合、细叶百合、泸定百合、尖被百合、乳头百合、玫红百合、黄绿花滇百合、大理百合等分布范围窄; 罕见的乳头百合与绿花百合在该地区的个别地方亦有发现。

2.2 主要植物学特征

表 1 针对 19 个种或变种的植物学特征进行了系统记述, 下面仅就一些主要植物学特征进行分析。

2.2.1 花

2.2.1.1 花型

山丹、细叶百合、绿花百合、川百合、宝兴百合、乳头百合、大理百合、卷丹与紫斑百合花为卷瓣型。野百合、百合、宜昌百合、紫脊百合、岷江百合、淡黄花百合与泸定百合花为喇叭型。玫红百合和黄绿花滇百合花为钟型。尖被百合花为球型。

2.2.1.2 花色

宝兴百合、大理百合、野百合、百合、宜昌百合、紫脊百合、岷江百合、淡黄花百合与泸定百合花为白色。山丹、细叶百合、卷丹与川百合花为橙红色。紫斑百合和黄绿花滇百合花为黄绿色。尖被百合、乳头百合、绿花百合和玫红百合的花分别为各自所特有的黄色、紫色、翠绿色和玫红色。

2.2.1.3 色斑

黄绿花滇百合和紫斑百合花内侧布满紫色斑块。紫脊百合花外侧为紫色片斑, 野百合花外侧有时也会出现紫色片斑。宜昌百合、岷江百合和淡黄花百合花内侧有黄晕。宝兴百合、川百合、卷丹、绿花百合、