

极小
种群

野生植物拯救保护通讯

Communication for Conserving Plant Species with Extremely Small Populations (PSESP)

2019



中华人民共和国科学技术部
Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China



昆明植物园
Kunming Botanical Garden



云南省科学技术厅
Science & Technology Department of Yunnan Province

云南省林业和草原局
Yunnan Forestry and Grassland Administration



封面故事

滇桐 *Craigia yunnanensis* 属于椴树科 Tiliaceae 滇桐属 *Craigia*，作为滇桐属这一寡种属的主要树种之一，是研究滇桐属系统演化的关键类群，科学研究价值高。由于没有与其类似的物种，滇桐属也被称作寡种属，为一个古老的第三纪孑遗属。

滇桐在 1999 年颁布的第一批《国家重点保护野生植物名录》中列为国家 II 级重点保护，IUCN 红色名录等级为濒危 (EN)，2017 年《生物多样性》上发表的“中国高等植物受威胁物种名录”中也被列为濒危物种。作为特殊的古老残遗种，也是滇桐属仅存的代表物种，滇桐被列入《全国极小种群野生植物拯救保护工程规划 (2011—2015)》的 120 个极小种群野生植物中，也被列入了《云南省极小种群物种拯救保护规划纲要 (2010-2020) 和紧急行动计划》的 62 个亟待拯救保护的极小种群野生植物中。

中国科学院昆明植物研究所从 2006 年开始，就对滇桐开展保护生物学研究，并在云南省林业厅针对极小种群野生植物的抢救性保护项目资助下，系统开展了其种质资源调查、采集和综合保护工作。2014-2017 年，为了对该物种开展迁地保护，中国科学院昆明植物研究所开展了三次种质采集和人工繁育，目前已在昆明植物园苗圃保存了来自文山州法斗、莲花塘、下金厂和德宏州苏典、护国、江东共 6 个主要分布点的滇桐苗木达 2000 余株，并在昆明植物园的极小种群野生植物专类园构建滇桐迁地保护种群。其中，栽植的两株滇桐是高则睿博士等在 2007 年采集并繁育的植株，并于 2015 年开花结实，标志着该物种的迁地保护取得了初步成果，同时揭示了滇桐从种子播种育苗至开花、结实需要 8 年左右的时间。

滇桐为落叶大乔木，高可达 30m，生长于海拔 1000~2000m 的石灰岩岩溶生境的季节性雨林或半常绿季雨林中，树干通直、树形优美，冠幅开阔，开花美丽，呈五角星形状，粉红色或粉白色，极为醒目，种子幼嫩时粉白可爱，具 5 条膜质具脉纹的薄翅，非常显眼，是一种非常优良的园林景观及石灰岩退化生态系统修复的观赏树种。滇桐美丽的花，显眼部分其实是五片长圆形的花萼，长 1 厘米，被毛，花瓣无，早已退化。2019 年 8 月 20 日，正值滇桐盛花期，陈智发摄于极小种群野生植物专类园。

投稿方式：

本简刊接收有关极小种群野生植物拯救保护的资讯和文章的电子版。

注：投稿请注明投稿类别（资讯或文章）和题目；图片请提供单独的图片格式并标注图示内容。

邮箱：fengshi@mail.kib.ac.cn

QQ：172025459

联系人：冯石

电话 / 传真：0871-65223612

序言

从2005年野生动植物极小种群提出，到2010年极小种群物种概念形成，至2012年极小种群野生植物这一概念/定义正式编入《全国极小种群野生植物拯救保护工程规划（2011-2015）》和在2013年《云南省极小种群野生植物保护实践》一书中正式出版发行，以及目前这一概念/定义不断在国内外学术论著、媒体报道中出现、普及推广，历经了不断发展和完善的过程。实践证明，极小种群野生植物这个概念是保护生物学领域的一次重大概念突破，正在影响着我国乃至世界珍稀濒危物种的综合研究和保护实践，也积极改变着公众对于极小种群物种保护的认知和理解。

发展至今14年，极小种群野生植物综合研究保护取得了很大进展，发现了众多新物种、新纪录、新种群，特别是那些宣布已“灭绝”或“野外灭绝”的植物，如云南梧桐 *Firmiana major*、弥勒苣苔 *Paraisometrum mileense*、云南兰花蕉 *Orchidantha yunnanensis* 等。目前，全国的极小种群野生植物保护成效显著。以云南省为例，云南省已建立了30个保护小区，保护了23个分布于保护区有效保护范围外的极小种群野生植物或一些种类的种群，使就地保护的极小种群野生植物物种数达到67种15万余株，保护了以巧家五针松 *Pinus squamata*、云南金钱槭 *Dipteronia dyeriana*、多歧苏铁 *Cycas multipinnata*、华盖木 *Manglietiastrum sinicum* 等为代表的一批典型极小种群野生植物；在云南省内的植物园、树木园或其它种质圃共繁殖栽培了61种极小种群野生植物10万余株，在植物园和种质圃构建木本极小种群野生建迁地保育种群25个；在中国西南野生生物种质资源库保存了20种极小种群野生植物的种子94份、28种极小种群野生植物的DNA材料156份；此外，云南省还在文山州、红河州、普洱市和大理市共建设了木本极小种群野生植物近地保护和回归试验研究基地5个，回归定植了极小种群野生植物16种30891株，并开展9种8855株极小种群野生植物近地保护试验示范研究。极小种群野生植物的科学研究工作也获得一系列成果，有91篇文献在文中提及了“极小种群野生植物”这一概念，其中英文期刊15篇，从2009年到2018年文献量年均增速10%。2014年以前，文献内容主要以中国极小种群野生植物的保护政策和措施为主，资助的项目仅列了5个；2014年后，围绕着典型的极小种群野生植物的研究逐渐增加，资助的项目达到了49个，反映出中国极小种群野生植物逐渐得到保护行动和保护生物学研究两方面的重视。而这个概念也渐渐深入人心，越来越频繁出现于大众视野中。2005~2019年，共144家主流媒体共923篇报道涉及到极小种群野生植物，其中，提及“极小种群”字样的报道有302篇，出现“极小种群”的频次为922次。

2019年，极小种群野生植物研究与保护在国家项目实施、综合保护研究和保护研究基地建设方面都取得了重要进展。以中国科学院昆明植物研究所极小种群野生植物综合保护实验室团队作为核心单元，承担了第二次青藏高原考察研究专题“高原植物多样性保护和可持续利用”中的“植物多样性保护与综合评估课题”；完成了极小种群野生植物保护领域的首个省部级重点实验室“云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室”的培育建设任务，并通过了专家组验收。在实施国家科技部科技基础资源调查专项项目“中国西南地区极小种群野生植物调查与种质保存”过程中，发现了一些新纪录、新分布

点和新种群，如云南元阳首次发现毛果木莲 *Manglietia ventii*，浙江安吉首次发现连香树 *Cercidiphyllum japonicum*、象鼻兰 *Nothodoritis zhejiangensis*，广东发现新记录种 35 个，云南玉龙雪山再现玉龙杓兰 *Cypripedium forrestii*，甘肃首次发现峨眉含笑 *Michelia wilsonii*，贵州荔波发现白旗兜兰 *Paphiopedilum spicerianum* 最大种群，云南香格里拉发现最大的粗茎贝母 *Fritillaria crassicaulis* 种群等；调查过程中，也发现了一些符合极小种群野生植物界定标准的新物种，如云南省大围山新发现两种苦苣苔科植物、重庆金佛山发现秋水仙科新物种、广东发现植物新种 46 个等。研究方面，本年度获得了很多进展，分别对一些极小种群野生植物如白蘑芋 *Amorphophallus albus*、宽杯杜鹃 *Rhododendron sinofalconeri*、保亭花 *Wenchengia alternifolia*、景东翅子树 *Pterospermum kingtungense*、白脉韭 *Allium ovalifolium*、龙棕 *Trachycarpus nanus*、蒜头果 *Malania oleifera*、滇桐 *Craigia yunnanensis*、狭叶坡垒 *Hopea chinensis*、贯叶马兜铃 *Aristolochia delavayi*、云南梧桐 *Firmiana major*、旱地木槿 *Hibiscus aridicola* 及一些兰科植物展开了传粉生物学、动植物关系、遗传学、种群生物学、种子形态学、植物生理、病虫害防治、植物化学、繁育技术、环境教育等方面的研究，并获得了两项专利。在保护研究基地建设方面，云南省云龙县建成“云南滇西极小种群野生植物近地-迁地保护试验示范研究基地”、浙江午潮山森林资源培育基地成为浙江省首个国家林业和草原局长期科研基地、麻栗坡老山药王谷被列为云南省极小种群野生植物综合保护研究基地，而全国各地科研院所、林业和草原局等相关部门对极小种群野生植物展开了相应的野外调查、迁地保护、就地保护、近地保护、野外回归等保护措施，使得整个事业一直发展和壮大。

7 月，《云南省极小种群野生植物研究与保护》一书的出版发行具有里程碑式意义。本书系统阐述了极小种群野生植物这一保护生物学领域新概念的起始、沿革与理论创新，重点总结了云南省在极小种群野生植物保护和研究方面所取得的进展，并概述了 152 种分布于云南省的极小种群野生植物的保护现状，还特别对已开展系统研究和采取综合保护措施的极小种群野生植物进行了全面的回顾。该书对极小种群野生植物的研究、保护、教学、管理和决策等具有非常大的参考价值。

本年度的《极小种群野生植物拯救保护通讯》（第 6 期）与前 5 期一样，系统整理了我国在极小种群野生植物所取得的主要进展，同时邀请相关领域的专家、保护工作者、管理者撰文。在本期《通讯》即将完成编辑完成之际，对从事极小种群野生植物研究、保护、教育等领域的相关人员致以崇高的敬意，也对长期关注和支持本通讯的有关部门、单位、同行、同事和朋友们表示衷心的感谢，祝愿本通讯越办越好、队伍越来越壮！

中国科学院昆明植物研究所昆明植物园
云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室

主任



2020 年 1 月

目录

资讯

- ◆ 浙江午潮山森林资源培育基地成为浙江省首个国家林业和草原局长期科研基地 1
- ◆ 大仰湖管理局（林业总场）首次尝试景宁木兰不同海拔试种科研活动 1
- ◆ 极小种群野生植物综合保护团队顺利完成第四次滇东南野外调查 1
- ◆ 知否知否，清凉峰保护区驯化培育的黄山杜鹃开花啦 1
- ◆ 九龙山管理局对梵净山石斛开展抢救性保护工作 2
- ◆ 元阳首次发现极小种群野生植物毛果木莲 2
- ◆ 九龙山保护区开展长序榆资源调查 2
- ◆ 野生动植物保护司赴湖北开展 2019 年春季野生动植物保护和疫源疫病监测防控督查工作 ... 3
- ◆ 安吉发现植物新纪录 属国家珍稀濒危物种 3
- ◆ 《云南省极小种群野生植物研究与保护》出版发行 3
- ◆ 广东新发现 46 个植物新种 3
- ◆ 极小种群野生植物玉龙杓兰再现玉龙雪山 4
- ◆ 甘肃省新发现一种极小种群野生植物——峨眉含笑 4
- ◆ 全国“保护野生植物、普及法律法规”普法宣传活动走进四川松潘 4
- ◆ 四川已有 90 种植物列入国家和省级保护名录 5
- ◆ 陕西省培育出规模超万株秦岭石蝴蝶种群 5
- ◆ 麻栗坡老山药王谷被列为云南省极小种群野生植物综合保护研究基地 6
- ◆ 云南省漾濞县完成漾濞槭极小种群野生资源拯救项目 6

探索发现

- 云南东南部发现苦苣苔科植物两新种 7
- 贵州荔波发现野生白花兜兰最大种群 8
- 金佛山发现秋水仙科极小种群野生植物新物种 9
- 西双版纳国家级自然保护区藤枣保护初见成效 11
- 极小种群野生植物：湖南坚持野生猕猴桃资源保护 12

谈可能为“极小种群”之一的物种—粗茎贝母	13
孑遗植物滇桐的保护现状	15
云南滇西极小种群野生植物迁地—迁地保护试验示范研究基地工作进展	17
元阳首次发现极小种群野生植物毛果木莲	19
云南文山发现马兜铃科植物二新种	21

物种研究案例

极小种群野生植物白蘑芋的传粉生物学研究	23
白蘑芋花器官草酸钙晶体对隐翅虫的潜在防御能力研究	26
基于GBS简化基因组技术的宽杯杜鹃遗传多样性分析	28
极危物种保亭花的研究进展、种群现状和迁地保护	34
景东翅子树种子的保护及形态学研究	36
极小种群野生植物——白脉韭在四川理县的分布调查及研究	38
极小种群野生植物龙棕的保护遗传学研究	40
对蒜头果根部半寄生特性缺乏了解是蒜头果造林的一个重要限制因素	42
极小种群滇桐首批育苗实验获得成功	44
极小种群野生植物蒜头果在广南县的鼠害防治技术	46
兰科极小种群野生植物传粉与保护虚拟仿真项目的构建与应用	48
极小种群野生植物狭叶坡垒的隐秘传粉者——蕈蚊	51
极小种群野生植物贯叶马兜铃叶挥发性成分的地理变化及潜在价值分析	52
金沙江特有极小种群野生植物云南梧桐	54
“一种旱地木槿种子无菌萌发与快速繁殖方法”授权专利介绍	56
“一种旱地木槿紫色花系优良单株组培快繁方法”授权专利介绍	58

科普美文

我与伯乐树的情愫	60
美国人欲拿波音飞机交换的国宝“华夏树”——银杉	63

资讯

◆ 浙江午潮山森林资源培育基地成为浙江省首个国家林业和草原局长期科研基地

3月1日，国家林业和草原局公布首批国家林业和草原长期科研基地名单，由浙江省林业局推荐、浙江省林业科学研究院承建申报的浙江午潮山森林资源培育国家长期科研基地成功入选，也是浙江省唯一一家入选的基地。

午潮山森林资源培育基地是浙江省珍贵彩色森林建设的技术依托单位，是经过省林科院几代林业科技工作者长期奋斗积累的成果，该基地在以下方面已取得显著成效：一、开展珍贵树种选育；二、开展优异花木培育；三、开展珍稀濒危植物的保护，包括极小种群物种的种质资源收集保护、人工扩繁和迁地保护等技术研究、浙江省60多个迁地保护基地建设、14种极小种群野生植物的迁地保护示范点设置；四、开展森林生态研究。

◆ 大仰湖管理局（林业总场）首次尝试景宁木兰不同海拔试种科研活动

3月19日，大仰湖管理局（林业总场）首次尝试不同海拔景宁木兰试种科研活动。景宁木兰 *Magnolia sinostellata*，是浙江特有的珍稀濒危物种，也是我国极小种群野生植物。它于1984年在浙江景宁县首次发现，1989年被命名为景宁木兰。其自然分布区极其狭窄，且花瓣多，具有较高的观赏价值。



大仰湖管理局开展景宁木兰试种实验

此次，选择3个不同海拔地域进行景宁木兰的迁栽试种，在荒田湖分场试种70株，鹤溪分场试种120株，濒危植物保护基地试种140株。通过不同海拔试种景宁木兰，扩大了该物种的分布范围和种群数量，进一步加大对景宁木兰的科研工作，力争成为我国珍贵极小野生种群植物的科研榜样。

◆ 极小种群野生植物综合保护团队顺利完成第四次滇东南野外调查

4月15日至5月20日，在科技部科技基础资源调查专项“中国西南地区极小种群野生植物调查与种质保存”（课题编号：2017FY100100）的支持下，极小种群综合研究保护团队一行10人，由课题负责人刀志灵带队，对滇东南地区（包括红河州绿春县、金平县、河口县、个旧市、元阳县、建水县、石屏县，和文山州马关县、麻栗坡县、文山市等地）进行了为期36天的极小种群野生植物调查。

本次考察中，研究团队积极同当地林业部门、保护区管理部门密切合作，在连日高温的情况下，不畏艰险，顶着烈日在热带雨林、干热河谷、亚高山等不同海拔带，穿密林、过河流，顺利完成了云南兰花蕉（*Orchidantha yunnanensis*）、金丝李（*Garcinia paocinervis*）、紫荆木（*Madhuca pasquieri*）等25个目标物种的调查，采集目标种分子材料530余份、目标种及伴生种标本500余号2000余份，按照本项目调查规范完成调查表格共计79份。通过这次调查，研究团队对滇东南地区极小种群野生植物的分布和现存资源状况得到了更加深入的了解。

◆ 知否知否，清凉峰保护区驯化培育的黄山杜鹃开花啦

知否知否，高山珍稀植物黄山杜鹃？黄山杜鹃 *Rhododendron maculiferum* subsp. *anhweiense*，主要分布于清凉峰海拔1500-1700米左右的高山海拔地带，常绿灌木，树皮黑灰色，薄片状脱落，叶卵状披针形或卵状椭圆形；顶生总状伞形花序，有花7-10朵，花梗较长，近于无毛；花萼和子房近于无毛。花冠宽钟形，红色至白色，内面基部有深紫色斑块，裂片5，宽卵形。花期5-6月，果期9-10月。黄山杜鹃花期长、花型美观、花色雅致，具有极高的观赏价值和繁育价值，可开发为良好的园林绿化树种。

经清凉峰保护区科研人员4年引种驯化培育，成功繁

育500株，今年4月份终于有3株鲜花绽放，花朵大而美丽。自2015年开始，浙江清凉峰国家级自然保护区管理局科研团队组织人工采种培育驯化黄山杜鹃，经过不断探索实践，逐渐摸索出黄山杜鹃高山引种驯化条件，在第四个年头，终于开花啦！人工引种驯化培育成功的黄山杜鹃花期早，比野生黄山杜鹃花期提前20多天；植株高10厘米左右，花朵大，几乎与植株成正比，花色艳丽，漂亮美观，具有极高的园林推广应用前景。因黄山杜鹃适宜生长在烟雾缭绕的高海拔地区，低海拔地区栽植黄山杜鹃应注意勤浇水，勤喷雾，勤施肥，做好养护管理。

近年来，清凉峰保护区在极小种群、野生珍稀植物抢救、珍稀濒危植物繁育等项目支撑下，管理局科研人员积极开展珍稀濒危植物种质资源收集，天女木兰等极小种群的保育和野外回归试验，系统开展象鼻兰的生存群落、种群数量调查，系统繁育等工作，在龙塘山设立珍稀植物苗圃繁育基地，开展播种育苗工作，并且派遣专人加强监测与管护。目前，苗圃地内培育扩繁天女木兰、乳源木莲、玉铃花、巴山榧树、华榛、小勾儿茶、膀胱果、黄山杜鹃等2万余株，取得了良好的珍稀濒危植物繁育成果。

◆ 九龙山管理局对梵净山石斛开展抢救性保护工作

5月5日，因受强对流天气影响，九龙山自然保护区梵净山石斛受到损害，九龙山管理局遂组织开展梵净山石斛抢救性保护工作。九龙山自然保护区梵净山石斛附生于泗州庙附近的大树上，日前，该区域出现强雷电和雷雨大风，庙前一带的大树被拦腰折断，有的甚至连根拔起，导致梵净山石斛散落一地，受损严重。灾情发生后，保护区管理局科研人员立即行动，开展灾后抢救性保护。科研人员对散落一地的梵净山石斛进行捡拾、挑选、分类，对还附生在断木上的梵净山石斛，连同断木一起集中放在阴湿环境下自然生长，掉落的一部分用稻草绳捆绑在原生境地



大树上，部分拿回保护区的阴棚内进行抢救性移植。下一步，科研人员将继续加大对梵净山石斛的监测，提高梵净山石斛的成活率和结实率，使这一浙江省分布新纪录的极小种群保护植物得到有效的保护。



◆ 元阳首次发现极小种群野生植物毛果木莲

5月18日，中国科学院昆明植物研究所孙卫邦研发团队人员参加国家科技基础资源调查专项“中国西南地区极小种群野生植物资源调查与种质保存”野外调查过程中，在元阳县内发现了极小种群野生植物——毛果木莲野生种群。本次发现的种群为元阳县首次记录，也为元阳县增添一种极其重要的新记录植物物种。

据了解，毛果木莲 (*Manglietia ventii* Tiep) 被列为国家Ⅱ级重点保护野生植物及云南省62种极小种群野生植物之一。该物种是Tiep (1980) 依据采自云南省屏边县的标本命名发表的物种，发表后极少再有报道。本次元阳调查到毛果木莲种群分布在海拔1150~1250m的一片常绿阔叶林中，共成年植株35株，胸径从37至75厘米不等，最高植株高度接近40米，占地面积9.2公顷。

毛果木莲树干挺拔通直，木材结构细致，是珍贵的用材树种；同时，其花色淡雅、芳香，树冠优美，四季常青，又是极具开发前景的园林绿化植物。科研调查人员表示，毛果木莲在元阳县的首次发现，不仅丰富了该地区的植物多样性，也预示有很多类似情况的极小种群野生植物还未被发现，元阳县境内尚有很多保存完好的森林植被，需要更加详细地调查和关注这一类极小种群野生植物。

◆ 九龙山保护区开展长序榆资源调查

5月29日，丽水市林科院植物学专家杜有新等一行4人到位于浙江省遂昌西南部的九龙山保护区开展极小种群野生植物长序榆植物资源调查。长序榆是国家二级重点保护植物，零星分布于浙江、安徽、福建等省局部山区，数



量极少，是我国特有的珍稀濒危植物，对研究北美和东南亚之间植物区系具有重要意义。

专家组一行深入九龙山自然保护区海拔 700 米左右的长序榆分布较集中点秀才坑、屁股窿等地进行实地调查，对长序榆种群的分布地点、生长环境、数量等进行调查监测，对长序榆树叶进行少量的样本采集。同时，专家组对周围分布的乔木、灌木、草本等植物的种类、株数、胸径及生长情况进行测量、记录，研究分析种群间相互关系，为极小种群长序榆的拯救与保护奠定基础。

◆ 野生动植物保护司赴湖北开展 2019 年春季野生动植物保护和疫源疫病监测防控督查工作

6 月 10 日，根据国家林业和草原局野生动植物保护司的统一部署，野生动植物保护司副司长张志忠带领第七督导组，赴湖北省开展了 2019 年春季野生动植物保护和疫源疫病监测防控督导检查，武汉专员办副专员孟广芹及瀕管处负责同志作为督导组成员参加了督导检查。

督导组先后赴湖北省林业局、湖北省野生动物救护研究(疫源疫病监测)中心、神农架林区林业管理局(神农架省级野生动物疫源疫病监测站)、神农架圣旺生态养殖有限公司、红花朵林场吴家庵野生动植物管护站、神农架林区政府庙台槭极小种群挂牌保护点、红坪林场洪平杏极小种群拯救与繁育保护基地等地方，采取听取汇报、座谈研讨、调阅资料、核查档案、现场检查等方式，对湖北省相关工作进行督导检查。

◆ 安吉发现植物新纪录 属国家珍稀濒危物种

6 月 13 日，浙江省安吉县湿地与野保中心工作人员首次发现两种国家珍稀濒危植物在该县的分布新纪录，分别是连香树科植物连香树、兰科植物象鼻兰。连香树 *Cercidiphyllum japonicum* Sieb. et Zucc.，为第三纪古热带植物的单科孑遗植物，是较古老原始的木本植物，

雌雄异株，结实较少，繁殖困难，资源稀少。象鼻兰 *Nothodoritis zhejiangensis* Z. H. Tsi.，是我国特有的极小种群野生植物保护物种，观赏价值高，数量稀少，受威胁严重。连香树和象鼻兰在该县的分布新纪录，丰富了湖州市野生植物资源。当然，这也为浙江省提供了植物物种新分布点，同时对了解珍稀濒危物种自然生态和保育现状，加强湖州市及安吉县植物资源研究和保护具有重要意义。



◆ 《云南省极小种群野生植物研究与保护》出版发行

7 月 2 日，《云南省极小种群野生植物研究与保护》由科学出版社出版发行。《云南省极小种群野生植物研究与保护》由孙卫邦、杨静和刀志灵主编，系统阐述了极小种群野生植物这一保护生物学领域新概念的起始、沿革与理论创新，重点总结了云南省在极小种群野生植物保护和研究方面的成果，并对 152 种分布于云南省的极小种群野生植物配以图文，介绍了这些物种的保护等级、识别特征、保护价值、分布现状和已开展的保护工作；还特别对已开展系统研究和采取综合保护措施苏铁属植物、华盖木、毛果木莲、滇桐、漾濞槭、大树杜鹃、旱地木槿和贯叶马兜铃等进行了全面论述、提炼和分析。该书对专业从事极小种群野生植物研究与保护、植物学、生物多样性保护、自然保护地管理等科学研究和教学，以及政府决策与管理部的人员具有参考价值。

◆ 广东新发现 46 个植物新种

广东省第二次野生动植物资源调查目前已完成外业调查，调查共发现植物新种 46 个、广东省新记录属 1 个、广东省新记录种 35 种，发现一批保护植物新分布点，野外资源逐步增长。

7 月 21 日，2019 广东野生植物保护主题宣传活动在华南植物园启动。宣传活动由广东省林业局、中科院华南植物园联合举办，以“植物改变生活”为主题，通过植

物专家现场讲解野生植物保护知识、植物拼图游戏 H5、知识问答、广东地区珍稀濒危植物图文展等形式，吸引大量公众参加。

广东植物种类丰富，全省有维管束植物 7700 多种，其中野生植物 6135 种、国家重点保护野生植物 55 种。近年来，广东大力实施重点保护极小种群野生植物的拯救保护工程，加强栖息地和野外资源保护，建立诸如丹霞梧桐、猪血木等“一地一种”、“一区一品”的就地保护模式。全省已建立各级各类自然保护地 1359 个。

◆ 极小种群野生植物玉龙杓兰再现玉龙雪山

8 月 8 日，丽江高山植物园科研人员在玉龙雪山考察时，发现了玉龙杓兰的野生种群。玉龙杓兰 *Cypripedium forrestii* Cribb，是兰科 Orchidaceae 杓兰属 *Cypripedium* 植物，植物学家 George Forrest 于 1913 年在云南省丽江地区采集并命名。



据了解，玉龙雪山所处的滇西北是中国三大特有种分化中心之一，孕育了包括玉龙杓兰在内的大量特有种。玉龙杓兰只分布在云南西北部，属于极小种群，当前保护等级为极危状态。由于野生环境的丧失和人为干扰，命名后将近一个世纪很少有人发现玉龙杓兰，国内没有相关标本记录，相关研究资料更是一片空白。

科研人员观察后发现，此次玉龙杓兰叶片上的斑点并不是一个稳定的性状，同一种群同时存在有斑点 and 无斑点的叶片，因此很容易和小花杓兰搞混淆，这个发现是对玉龙杓兰形态学分类的重要补充。

目前，科研人员将通过人工授粉扩大结实量、利用种子无菌萌发技术扩大种群数量等方式，对玉龙杓兰进行人工保育。

◆ 甘肃省新发现一种极小种群野生植物——峨眉含笑

甘肃省野生动植物管理局工作人员在甘肃梅园河国

家湿地公园开展野生植物本底资源调查过程中，发现了极小种群野生植物峨眉含笑的野生植株。这是该物种首次在甘肃省发现野生植株。峨眉含笑 (*Michelia wilsonii* Finet et Gagnep.) 是中国特有种，分布范围狭窄、分散，资料记录仅分布在四川中西部、湖北星斗山、重庆金佛山等地，被列为国家 II 级保护野生植物，是国家发改委和国家林业局确定优先保护的 120 种极小种群物种之一，野生分布数量仅存 2000 株，具有极大的保护价值。在以往的资料里，我省无峨眉含笑分布的记录。本次发现的峨眉含笑植株高达 20 米，花大，黄色，气味芳香，十分美丽。

该种在甘肃省的新发现是目前已知最北分布记录，丰富了康县梅园河国家湿地公园植物种类。同时，此发现使甘肃省内分布的极小种群野生植物由庙台槭 (*Acer miaotaiense* P. C. Tsoong) 1 种增加至 2 种，提高了甘肃省野生植物保护方面的研究价值和地位。



◆ 全国“保护野生植物、普及法律法规”普法宣传活动走进四川松潘

10 月 24 日，由中国野生植物保护协会主办，四川省阿坝州林业和草原局、松潘县政府、四川省野生动植物保护协会共同承办的全国“保护野生植物、普及法律法规”普法宣传活动在松潘县举行。国家林业和草原局动植物保护司副司长刘德旺，四川省林业和草原局党组成员、副局长包建华等出席活动。松潘县植物种植保护企事业单位、社会主体、县级机关、乡镇代表和群众参加活动。

活动通过座谈会、培训会、向群众发放野生植物保护法律法规宣传资料等形式，对我国野生植物保护法律及政策体系、中国药用植物保护与利用等内容进行了全面地培训和宣传，旨在提升全民保护意识，切实做好野生植物保护工作。

野生植物是一种极为重要的战略资源，在维护生态系统的平衡和稳定、促进经济社会可持续发展中具有十分重要的地位和作用。四川是我国重要的植物宝库，特有、

子遗物种十分丰富。据统计，四川省有野生维管束植物12421种，居全国第二位。其中，被子植物11523种，种类居全国第二；裸子植物109种，种类居全国第一；蕨类植物789种，种类居全国第二。有国家Ⅰ级重点保护野生植物18种，Ⅱ级重点保护野生植物55种。

◆ 四川已有90种植物列入国家和省级保护名录

截止11月5日，四川已有90种植物列入国家和省级保护名录，位居全国前列。10月28日，在成都举行的2019全球植物保护战略(GSPC)国际研讨会上，四川省林业和草原局公布了全省植物保护现状。

从保护级别来看，在已列入保护的90种植物中，国家重点保护对象有72个、省级18个。从濒危程度来看，四川有11个极小种群植物(生存区域极为狭小、种群存在灭绝风险)。根据统计，这些纳入保护名录的植物多数位于保护地中，种群生存风险得到一定程度缓解。

统计显示，四川拥有以珙桐等为代表的各类植物1.2万余种。近年来，随着气候变暖、人类活动加剧、外来物种入侵等，川内植物保护现状并不乐观。

本次研讨会由中国野生植物保护协会主办，13个国家和7个国际组织代表参会。会议期间，各方代表讨论了2021~2030年全球植物保护战略，并对重点植物生存现状进行了分析研判。

◆ 陕西省培育出规模超万株秦岭石蝴蝶种群

11月25日，极小种群野生植物秦岭石蝴蝶人工繁育技术在汉中获得突破。秦岭石蝴蝶 *Petrocosmea duclouxii* Craib，苦苣苔科 Gesneriaceae 石蝴蝶属 *Petrocosmea* 植物，由我国著名植物学家王文采于1981年定名。国家Ⅱ级重点保护野生植物，野外资源数量稀少，分布范围狭窄，是国家2010年公布的120种极小种群野生植物之一。

汉中是秦岭石蝴蝶在全国的唯一野外分布地。近年来，陕西在强化秦岭石蝴蝶就地保护的同时，扎实开展秦岭石蝴蝶人工繁育技术研究工作，围绕秦岭石蝴蝶的野外生境调查、室内快速人工繁殖、野外驯化、越冬管理、病虫害观察和濒危原因等方面进行了初步研究。

从2017年开始，汉中市野生动植物保护管理站联合陕西理工大学、略阳县苗圃开展了秦岭石蝴蝶人工繁育技术研究工作。课题组已成功突破和掌握秦岭石蝴蝶人工繁育技术，申报国家专利一项，全人工控制下形成的秦岭石蝴蝶种子已萌发，并形成规模在1万株以上的秦岭石蝴蝶人工培植种群。

下一步，汉中将依托现有秦岭石蝴蝶人工培植种群资源优势，在秦岭区域内积极开展不同海拔高度人工培植苗再引入试验，力争尽快摸索出一整套行之有效的野外回归



野生秦岭石蝴蝶花期



秦岭石蝴蝶人工育苗户外驯化场

技术，让秦岭石蝴蝶这一极小种群野生植物在陕西怒放。

◆ 麻栗坡老山药王谷被列为云南省极小种群野生植物综合保护研究基地

12月11日，中国科学院昆明植物研究所云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室和麻栗坡县林业局联合在老山药王举行挂牌仪式，标志着老山药王谷正式被列为云南省极小种群野生植物综合保护研究基地。

老山药王谷3000多亩的雨林沟谷，有着充沛的日照和降水、多种多样的野生植物资源，科研人员将通过采集部分极小种群野生植物苗木，迁移到老山药王谷，并进行科学管护、动态监测与数据采集，将“保护”与“景观”有机地结合起来。

中国科学院昆明植物研究所二级研究员、云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室主任孙卫邦说：“我们下一步可能在药王谷这个地方至少引种50种极小种群野生植物，开展相关的生物学和保护生物学的研究还有适应性的研究，为极小种群野生植物重点保护提供理论的支撑和技术的支撑。”

云南有上百种极小种群野生植物，但由于呈间断分布，长期受外界因素干扰，种群数量不断减少，很多极小种群野生植物在生物演化史上处于十分重要的地位，具有经济利用价值和科研价值。目前科研人员已经成功移栽漾濞槭

22株、西畴青冈5株、单性木兰3株、滇桐7株、云南穗花杉41株，共计5个种。

◆ 云南省漾濞县完成漾濞槭极小种群野生资源拯救项目

12月27日，为扩大漾濞槭野生种群规模，提高群众对漾濞槭的认识，增强大家的保护意识，漾濞县林业和草原局与中国科学院昆明植物所联合开展漾濞槭极小种群野生植物资源拯救项目，主要以建立就地保护小区、对部分单株挂牌保护和进行野外回归栽植等形式进行。漾濞槭 *Acer yangbiense*，槭树科 Aceraceae 槭属 *Acer*，仅生长于云南省大理州漾濞县境内，是中国极度濒危植物，也是世界上最稀有和濒危的物种之一。

目前，已完成在太平乡八达河、新村、罗斯白地、钓鱼岛、打鹰山和潘家河等地建成6个就地保护点，保护植株572株，并对200株漾濞槭开展挂牌保护。为了扩大漾濞槭种群，在太平乡老和尚山、漾江镇安南村建立了3个野外回归栽植点，共种植漾濞槭幼苗2500株。同时，结合漾濞槭野外回归栽植活动，与漾濞县苍山西坡野生茶花杜鹃花保护志愿者协会开展了“植物大熊猫”漾濞槭领养活动，将中国科学院昆明植物所捐赠的500株漾濞槭幼苗以领养的方式发放到农户手中自行栽植。



漾濞槭 *Acer yangbiense* (摄影：陈智发)

探索发现

云南东南部发现苦苣苔科植物两新种

张品¹ 张贵良² 张贵生³ 蔡磊¹ 刀志灵¹

(1 云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室; 2 云南省河口县林业和草原局; 3 云南大围山国家自然保护区河口管护分局)

2019年8月, 采自云南省东南部大围山片区的两种苦苣苔科植物被正式发表, 分别被命名为: 南溪河汉克苣苔 *Henckelia nanxiheensis* Lei Cai & Z. L. Dao 和多脉汉克苣苔 *H. multinervia* Lei Cai & Z. L. Dao。作者不仅描述了其形态特征、分布生境以及与其它相似种的区分, 还提供了相关的彩色图片。

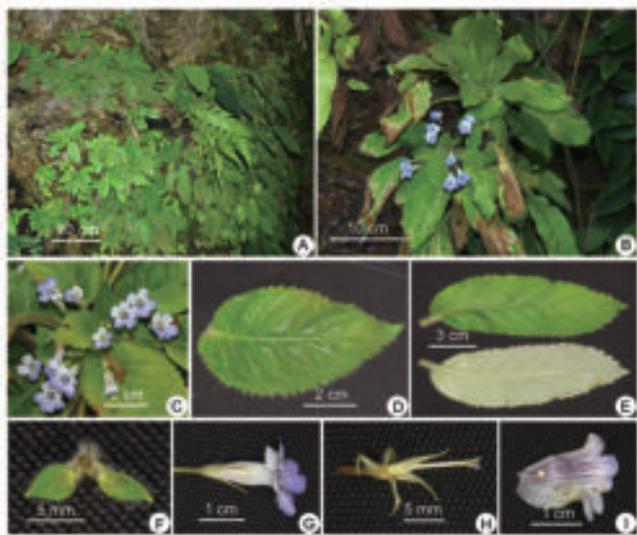
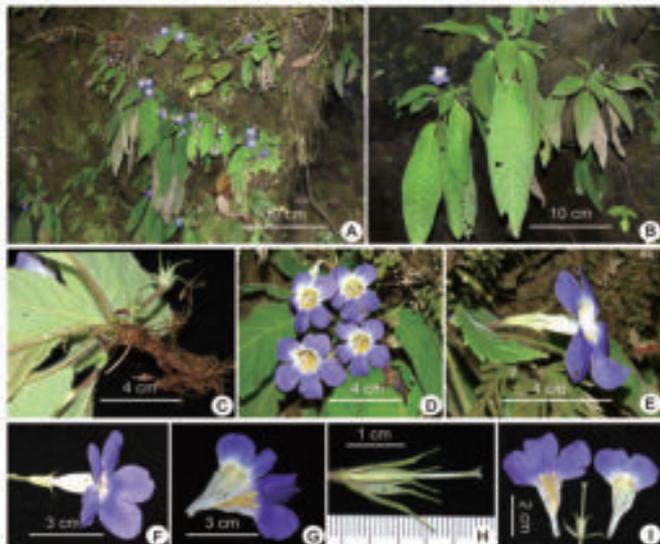
2016年以来, 中科院昆明植物研究所孙卫邦研究团队成员联合云南省河口县林业和草原局与云南大围山国家自然保护区河口管护分局工作人员开展极小种群野生植物调查过程中, 在大围山片区发现了两种之前未曾见过的苦苣苔科植物。通过采集标本, 解剖花结构, 拍摄植株照和生境照, 仔细查阅文献和标本, 确认它们属于

汉克苣苔属的两个新种。根据野外调查, 这两个新种的野外种群数量都很少, 生境独特且分布范围狭窄, 受为人干扰严重, 面临灭绝风险极高, 符合极小种群野生植物概念的标准, 是典型的极小种群野生植物, 亟需采取有效保护措施。

基于分子生物学和形态学证据, 汉克苣苔属 *Henckelia* 已经被 Weber 等人重新界定, 目前该属有超过 60 个物种, 主要分布在南亚、东南亚以及邻近的喜马拉雅地区。中国西南地区蕴藏着丰富的汉克苣苔属植物, 目前记载至少有 26 种。近年来, 我们国家虽描述了大量的苦苣苔科植物新种, 但相关汉克苣苔属的新种却寥寥无几, 该属不多的新种描述自印度、斯里兰卡和泰国等国家。此次发表的

两个新种均是发现于植被类型多样且植物多样性丰富的云南大围山国家级自然保护区, 因此, 我们将会继续关注该区域苦苣苔科植物的多样性, 相信还有一些未被发现的新物种。

该研究得到国家科技部基础资源调查专项项目“中国西南地区极小种群野生植物调查与种质保存”(2017FY100100)和云南大围山脆弱生境植物专项调查项目(2018–2021)等项目支持, 其成果以“Two new species of *Henckelia* (Gesneriaceae) from Southeastern Yunnan, China”为题发表在国际植物分类学期刊 *PhytoKeys* 上的“Revealing of plant diversity in China's biodiversity hotspots”专刊上。

图1. 南溪河汉克苣苔 *Henckelia nanxiheensis*图2. 多脉汉克苣苔 *Henckelia multinervia*

贵州荔波发现野生白花兜兰最大种群

杨加文 陈正仁

(贵州省植物园)

白花兜兰 (*Paphiopedilum emersonii*) 为兰科 (Orchidaceae) 兜兰属 (*Paphiopedilum*) 植物, 被列入国际自然与自然资源保护联盟 (IUCN) 《濒危野生动植物物种国际贸易公约 (CITES)》附录 I, 仅分布于贵州茂兰国家级自然保护区和广西木论国家级自然保护区, 生于海拔 700–780 米的石灰岩灌丛中覆有钙

华土的岩壁上或岩石缝隙中。根据之前的调查统计结果, 茂兰保护区自然分布的白花兜兰共有 5 个分布点 49 丛 236 株。2020 年 4 月, 贵州省植物园、贵州茂兰国家级自然保护区管理局在开展极小种群野生植物荔波杜鹃 (*Rhododendron liboense*) 野外调查时, 在茂兰国家级自然保护区洞塘意外发现该地一处的悬崖上分布有成片

白花兜兰植株, 经详细调查, 共有 38 丛 315 株, 为目前发现的白花兜兰最大种群。由于种群位于保护区核心区内, 其生境没有受到人为干扰和破坏, 植株生长良好, 且幼苗较多, 有种群扩大的趋势, 茂兰国家级自然保护区对此作出了很大的贡献。



组图 荔波发现野生白花兜兰种群: A. 生境; B. 植株; C. 花; D. 工作人员在野外调查

金佛山发现秋水仙科极小种群野生植物新物种

易思荣

(重庆三峡医药高等专科学校)

万寿竹属 (*Disporum*) 隶属于秋水仙科 (Colchicaceae), 全世界约 20 余种, 分布于亚洲东南部, 我国约有 15 种, 其中多数为狭域性地方特有种。

2017 年 10 月, 项目组成员易思荣在开展植物资源调查的过程中, 在金佛山北坡海拔 1400 米左右的山地林中发现一种果期的万寿竹属植物, 经与重庆市境内所有万寿竹属植物对

比均存在较大差异。2018 年 3 月, 经与万寿竹属植物研究专家朱鑫鑫博士联系, 一同前往产地进行考察并采得花期标本, 经对比确认为万寿竹属新植物并命名为南川万寿竹 (*Disporum nanchuanense* X. X. Zhu & S. R. Yi)。

根据调查, 该植物目前仅知分布于金佛山北坡海拔 1386~1411 米的山地林下, 其分布范围狭窄, 只有一个种群且不到 50 个个体, 数量

十分稀少, 为一个新的极小种群野生植物。研究工作得到科技部科技基础资源调查专项项目“中国西南地区极小种群野生植物调查与种质保存”(2017FY100100) 的资助, 该成果由朱鑫鑫博士和易思荣研究员等联合以“*Disporum nanchuanense* (Colchicaceae), a new species from Chongqing, China” 为题在 *PhytoKeys* 在线发表。

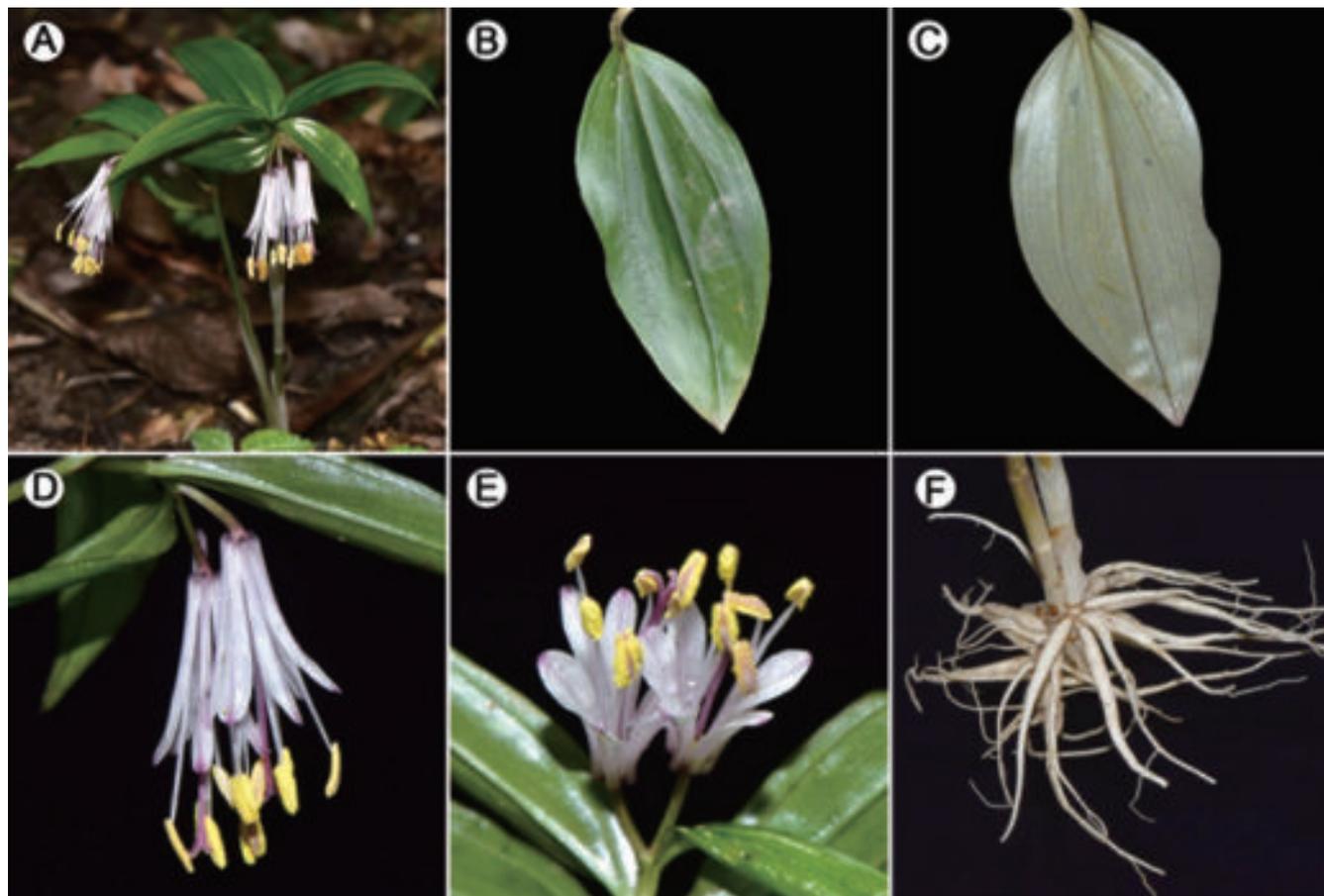


图 1. 南川万寿竹 *Disporum nanchuanense* X. X. Zhu & S. R. Yi A. 植株; B-C. 叶片; D-E. 花序; F. 根系。

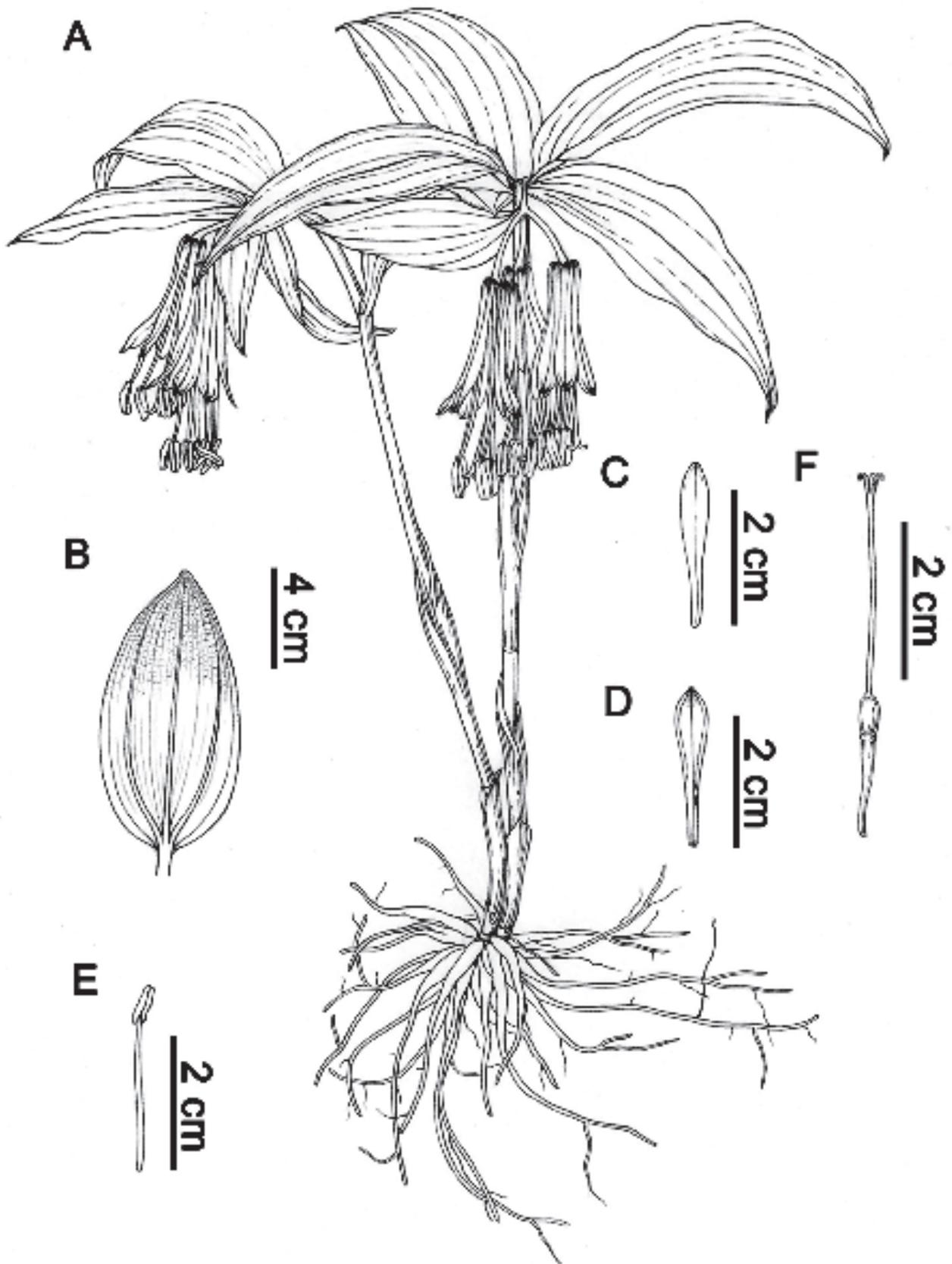


图2. 南川万寿竹 *Disporum nanchuanense* X. X. Zhu & S. R. Yi. 手绘图: A. 植株; B. 叶片; C. 花被片正面; D. 花被片背面; E. 雄蕊; F. 雌蕊。

西双版纳国家级自然保护区藤枣保护初见成效

李金荣¹ 李剑武²

(1 西双版纳国家级自然保护区 勐养管护所; 2 中国科学院西双版纳热带植物园)

2018年1月,西双版纳国家级自然保护区勐养子保护区工作人员在辖区内发现国家I级保护植物藤枣 *Eleutharrhena macrocarpa* (Diels) Forman, 这也是勐养子保护区第一次在辖区记录到藤枣, 从此打破了勐养子保护区没有藤枣的现状。

藤枣作为珍稀濒危物种, 被列入中国国家I级重点保护野生植物,

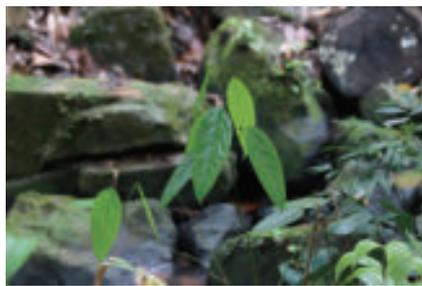


2004年被世界自然保护联盟(IUCN)评估的《中国物种红色名录》中被评为“极危”(CR)。2009年,在《云南省极小种群物种拯救保护规划纲要(2010-2020年)》中,被列为云南省62种急需保护的极小种群保护物种之一。2013年,在《全国极小种群野生植物拯救保护工程规划(2011-2015年)》规划中,被列为云南省生物多样性保护优先项目(极小种群物种保护示范项目)及云南生物多样性保护优先区域的重点保护物种之一。

藤枣间断分布于我国滇西南、滇南、滇东南和广西西南部,并以云南南部为分布中心,分布于纬度较低的山地雨林或季节雨林密林中。藤枣生

长在高温高湿的沟谷雨林中,在野外对生境要求极其苛刻,且是雌雄异株,野外开花授粉几率很小,造成了藤枣有性繁殖困难。另一方面由于生境破坏、植被退化及调查不够深入等原因,目前已知藤枣数量极少。

1975年,L. L. Forman结合保藏于美国阿诺德树木园标本馆的1份标本,该标本是由蔡希陶先生1934年采集自于云南东南部屏边县,判定半个多世纪前Diels(1910)发表的大果密花藤(*Pycnarhena macrocarpa* Diels)是一个不同于密花属其他物种的植物。Diels发表大果密花藤时依据的是2份果实标本,看不见花部结构,而蔡先生的这份标本具有雄花,



标本显示该植物的花丝分离,与所有的密花藤属植物(花丝大部合生)不同,于是Forman建立了新属藤枣属 *Eleutharrhena*, 其意就是花丝分离。100多年来,数代科学家都在野外寻觅这株植物的影子,虽然偶有发现,但是数量极其稀少。

自从2018年发现藤枣以来,西双版纳国家级自然保护区对此高度重

视,加大对藤枣的保护力度,野外调查强度。并对现已发现藤枣划定保护小区进行就地保护,同时加大野外藤枣调查,进一步掌握藤枣本底数据。同时加强与中国科学院等科研院所合作,在开展保护区综合科考的同时,对藤枣进行调查。并通过开展藤枣繁育示范项目,探索一条藤枣保育有效途径。

目前,已在勐养子保护区建立藤枣极小种群保护小区1个。随着调查的深入,新发现藤枣分布点9个,植株113余株,但以小苗居多,在花果期未发现开花结果的母株。藤枣保育项目已经开展实施,勐养子保护区藤枣从无到有,到现在的开展保育项目工作,藤枣的保护和研究取得显著成效。虽然藤枣的保护和研究有了一定进展,藤枣的数量稀少、地域分布狭窄和间断分布,随时都有面临灭绝的危险,对藤枣的拯救和保护迫在眉睫,在今后工作中,应加大藤枣保护力度,对藤枣每个分布区域建立保护小区进行保护,同时加大藤枣保育项目实施,增加藤枣数量,通过多措并举,为藤枣保护和延续而努力。



极小种群野生植物： 湖南坚持野生猕猴桃资源保护

卢永星¹ 张思娟¹ 杨星星¹ 杨华^{2*}

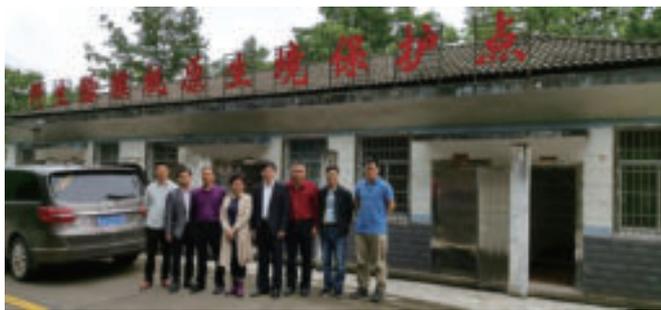
(1 湖南省农业农村厅; 2 湖南农业大学)

野生猕猴桃常分布于沟谷两岸或森林边缘, 由于社会与经济发展, 很多地区交通道路改善, 原来人迹罕至的山区人类活动加剧, 大量原先记录的猕猴桃产地惨遭破坏。为增强公众保护意识, 不少科学家通过媒体公布了野生猕猴桃分布区域等信息, 却引得许多好事者“按图索骥”, 造成新的破坏。另外, 因猕猴桃藤攀援过高, 采摘困难, 有人就索性砍了大树以获得果实, 导致猕猴桃生长的支撑物被破坏, 结不了果, 甚至枯萎。

1987年发布的《中国珍稀濒危保护植物名录》(第一册)、1987年发布的《中国植物红皮书》、1999年发布的《国家重点保护野生植物名录(第一批)》猕猴桃属植物均未被列入; 直到《国家重点保护野生植物名录(第二批)》公布, 猕猴桃属植物才被列入, 但几乎所有猕猴桃属植物都列为二级保护植物。1987年, 汪松和解焱主编的《中国物种红色名录》收录了猕猴桃属物种, 并划分了其在世界自然保护联盟(IUCN)的濒危等级。2013年, 《中国生物多样性红色名录·高等植物卷》显示, 中国猕猴桃属物种中有41种正受到威胁(11种极危、11种濒危、19种易危), 仅有9种属于无危。

湖南省境内山地

猕猴桃属植物物种丰富, 特有种繁多, 一些物种仅有极少个体曾在野外发现, 处于危急状态。为保护、开发与利用野生猕猴桃资源, 2009年湖南省农业厅建立了桃源县野生猕猴桃原生境保护区, 保护区总面积750亩, 其中核心区128亩, 缓冲区622亩。经过20年的保护, 保护区内保存有中华猕猴桃 *Actinidia chinensis* Planch.、软枣猕猴桃 *A. arguta* (Sieb. & Zucc) Planch. ex Miq.、硬齿猕猴桃 *A. callosa* Lindl.、华南



猕猴桃 *A. glaucophylla* F. Chun、葛枣猕猴桃 *A. polygama* (Sieb. et Zucc.) Maxim.、红茎猕猴桃 *A. rubricaulis* Dunn 等野生猕猴桃资源。



谈可能为“极小种群”之一的物种 – 粗茎贝母

和旭 海仙

(香格里拉高山植物园)

香格里拉高山植物园在2016年5月24日做香维二级公路生物多样性调查时,于香格里拉市小中甸镇碧洁天池发现一个规模较大的粗茎贝母(*Fritillaria crassicaulis* S. C. Chen)种群,统计发现共有粗茎贝母个体60株。

调查时,粗茎贝母正值花期,分布较为集中,位于长苞冷杉(*Abies georgei* var. *georgei*)、柳一种(*Salix* sp.)、偏翅唐松草(*Thalictrum delavayi*)构成的稀树灌丛,伴生灌木有越桔叶忍冬 *Lonicera myrtillus*、刺红珠 *Berberis dictyophylla*、川西樱桃 *Cerasus trichostoma*, 草本有珠芽蓼 *Polygonum viviparum*、狭叶委

陵菜 *Potentilla stenophylla*、毛裂蜂斗菜 *Petasites tricholobus*、紫花雪山报春 *Primula chionantha*、草玉梅 *Anemone rivularis*、五蕊莓 *Sibbaldia procumbens*、尼泊尔香青 *Anaphalis nepalensis*、木根香青 *Anaphalis xylophiza*、钝裂银莲花 *Anemone obtusiloba*、楔叶委陵菜 *Potentilla cuneata*, 属于典型的高山灌丛植被。

百合科 Liliaceae 贝母属 *Fritillaria* 植物约有60~85种,分布于北温带,我国有16种,各省区均产,云南野生贝母属植物有粗茎贝母、川贝母(*F. cirrhosa*)、梭沙贝母(*F. delavayi*)三种,外栽培有浙贝母(*F. thunbergii*)一种。

其中,川贝母、梭沙贝母、浙贝母植物的鳞茎为中药材“川贝”、“炉贝”、“浙贝”的基源植物,粗茎贝母并没有收录于中国药典中,但在当地也会作为土方草药使用。虽然粗茎贝母使用范围较小(粗茎贝母鳞茎较大,不符合贝母小而优的认知),但较三种野生贝母而言,粗茎贝母生境是最小的,主要集中在滇西北(中甸、丽江),生于海拔3000~3900米的草坡或林下。

粗茎贝母在野外是难以被发现的,即使我园长期在其生境范围内调查,粗茎贝母的记录也屈指可数,且种群规模较大的仅有此次。从国家植



粗茎贝母种群所在群落

物标本资源库在线查询发现粗茎贝母标本数量很少，仅能查询到16号，其余三种云南产贝母标本数量很多。长期与植物接触的经验警示我们——野生粗茎贝母资源已经下降到较低的程度，可能成为了一个需要我们关注的“极小种群”。

药材“贝母”为百合科贝母属植物的干燥鳞茎，在我国有悠久的历史，是我国传统珍贵中药之一，其以鳞茎入药，有清热润肺、化痰止咳、散结消痈等功能，是治疗肺热燥咳，干咳少痰，阴虚劳嗽，痰中带血，瘰疬，乳痈，肺痈及急慢性支气管炎的主要药物。

在过去一般认为过度的采挖和栽培周期过长是导致多数贝母属植物资源总量减少的原因。但对于使用范围小、少有栽培、生境局限的粗茎贝母



粗茎贝母植株



粗茎贝母的花



繁育保护植株



个体植株及果



将谢的花朵



附图 香格里拉高山植物园苗圃-贝母繁育研究区域(局部)内茁壮生长的贝母

来说，发展迅速却缺乏合理规划方式传统的畜牧业可能是对粗茎贝母资源总量冲击最为严重的。

其次为由观赏价值带来的影响。通常情况下野生植株高30~60厘米，花大，花被片长4~5厘米，内3片宽1.3~1.5厘米，具有较好的观赏价值。可能会随着旅游行业的发展而遭受打击。

为保护种群数量，在调查后采集了一年龄粗茎贝母幼苗15株，迁地保护于香格里拉高山植物园苗圃-贝母繁育研究区域。于今统计，15株迁地植株在经历4轮冬枯后，有4株没有再次发芽，其余11株个体以陆续分出新的鳞茎，至此总计拥有17株粗茎贝母个体。植株生长情况良好，最优植株个体株高86厘米，茎长102厘米，植株平均高度在60厘米上，且均以挂果。

孑遗植物滇桐的保护现状

陈娅玲 杨静

(中国科学院昆明植物研究所昆明植物园; 云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室)

早第三纪(约6500~2330万年前),北半球的气候条件温暖而湿润,因此维持了大量中高纬度和环北分布的植物物种^[1]。大约从渐新世纪早期(约3400万年前)开始,由于气候变冷,它们逐步向低纬度退缩。到了晚第三纪(约2330~164万年前)和第四纪时期(约260万年前),这些物种更进一步向南扩散,最终分布在欧洲西南部、北美洲和东亚三个地区^[2]。这些曾经在第三纪时期环北极连续分布,但目前仅分布于上述三个地区的物种被称为第三纪孑遗物种^[1]。值得注意的是,许多曾广泛分布的物种,现代分布仅局限于东亚地区相互隔离的避难所,特别是中国的中部和南部^[2]。这些孑遗植物代表了一些最受威胁的植物,具有极高的灭绝风险,而中国西南山地是第三纪孑遗植物长期稳定的避难所^[3]。因此,许多孑遗植物同时也是国家和云南亟待拯救保护的极小种群野生植物,如滇桐(*Craigia yunnanensis* W. W. Smith & W. E. Evans)、云南梧桐(*Firmiana major* (W. W. Smith) Hand.-Mazz)、水松(*Glyptostrobus pensilis* (Staunton ex D. Don) K. Koch)、云南穗花杉(*Amentotaxus yunnanensis* H. L. Li)等。

据记录,滇桐曾在中国广西、贵州、云南及越南北部皆有分布^[4]。因交通不便和资料缺乏,越南的分布情况不明。国内方面,2005年,高则睿调查时仅在云南文山和德宏发现6个种群,成年植株共655株。但

2007年回访调查时,这6个种群只剩下584株,并且存在明显砍伐痕迹,很多残株是从伐桩上生长出来的^[5]。2014~2017年,杨静对云南省滇桐进

2017~2019年,在执行国家科技基础资源调查专项项目“中国西南地区极小种群野生植物调查与种质保存”(2017FY100100)的过程

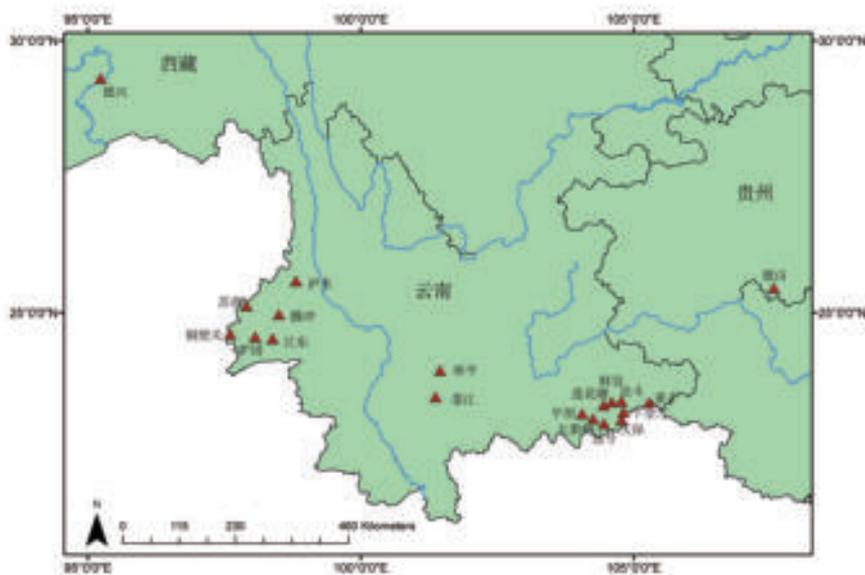


图1. 滇桐野外分布点

行种质资源调查和采集时,发现高则睿曾调查过的6个种群仅残存73株成年植株。除了文山州下金厂种群因处于“老山省级自然保护区”的缓冲区而受到的破坏较少之外,其他种群均受到不同程度的人为干扰和破坏。由于滇桐的生长环境非常适合人类生存及经济作物栽培,其原始生境大部分已被人类所占据。当地居民为了种植杉木、草果、茶等经济作物而砍伐滇桐成年植株和清除林下幼苗,使种群无法正常更新,生境破坏越来越严重,具有极高的灭绝风险。

中,孙卫邦研究员带领的极小种群野生植物保护与利用创新团队及项目合作单位在云南、贵州等地发现了一些滇桐种群。整合这些调查资料(图1),国内找到19个滇桐种群、共232株成年植株。主要分布在东经95°13'57.41"~107°34'18.90"、北纬22°57'49.19"~29°18'26.08"的区域内,最低海拔为875m(贵州独山),最高海拔为2011m(普洱和平)。此外,近来在腾冲又发现了一些植株。调查结果显示,目前滇桐的种群较多,但均受到严重的人为破坏,种群内植株

个体极少，大多数种群的个体数小于5株。目前，滇桐有4个种群位于保护区内（图2），分别是高黎贡山国家级自然保护区、铜壁关省级自然保护区、文山国家级自然保护区和老山省级自然保护区。

2014~2017年，研究组对滇桐开

展了3次种质采集和人工繁育，目前在昆明植物园苗圃保存了来自文山州法斗、莲花塘、下金厂和德宏州苏典、护国、江东共6个种群的滇桐苗木达500株。此外，昆明植物园的极小种群野生植物专类园设有滇桐迁地保护保育区，目前已有2株滇桐开花结实

（图3），标志了该物种的迁地保护初步成功。

2016年，本研究组与文山州马关县古林箐省级自然保护区管理局合作，在古林箐乡定植了来自文山州的滇桐幼苗210株；2019年9月调查发现，这批苗有71株成活（图4）。

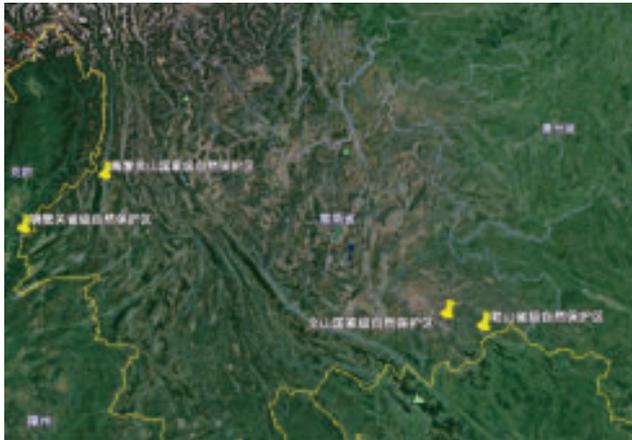


图2. 滇桐就地保护点



图4. 滇桐近地保护点



图3. 植物园迁地保护滇桐



图5. 滇桐增强回归点

2016年，本研究组在江东乡用本地滇桐种群的种子繁殖了约150株幼苗。2017年，与江东乡林业站配合，将这些滇桐苗木分发至当地农户手中。农户可自由选择种植于自家屋旁或林地周围闲置地段作为风景树。2018年的回访调查时发现，这批回归幼苗有80余株成活；2019年9月再次调查，发现有48株成活（图5）。

参考文献：

[1] Tiffney B H. The Eocene North Atlantic land bridge: its importance in Tertiary and modern phytogeography of the Northern Hemisphere [J]. Journal of the Arnold Arboretum, 1985, 66(2): 243 - 273.
 [2] 邱英雄, 鹿启祥, 张永华, 等. 东亚第三纪孑遗植物的亲缘地理学: 现状与趋势 [J]. 生物多样性, 2017, 25 (02): 136-146.
 [3] Tang C Q, Matsui T, Ohashi H, et al. Identifying long-term stable refugia for relict plant species in East Asia [J]. Nature Communications, 2018, 9(1): 4488.
 [4] Tang Y, Gilbert M G, Dorr L J. Flora of China. Vol. 12 [M]. Beijing: Science press, 2007.
 [5] Gao Z R, Zhang C Q, Milne R I. Size-class structure and variation in seed and seedling traits in relation to population size of an endangered species *Craigia yunnanensis* (Tiliaceae). Australian journal of botany [J], 2010, 58(3): 214-223.

云南滇西极小种群野生植物近地 —迁地保护试验示范研究基地工作进展

周元

(中国科学院昆明植物研究所昆明植物园; 云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室)

“云南滇西极小种群野生植物近地—迁地保护试验示范研究基地”是BGCI、中国科学院昆明植物研究所昆明植物园与云龙漕涧林场联合开展的试验示范性研究基地,旨在对与该基地“植被相似、生境相似与气候相似”和自然分布极为狭窄的极小种群野生植物开展近地保护试验示范、科研观察与科普展示,同时对与该基地植被类型、生境和气候条件差异大的种类开展迁地保护试验研究工作。

基地位于云南省大理州云龙县漕涧镇东经99°07'35"、北纬25°43'50",海拔2400米,占地67公顷。基地于2013年开始建设,截

止2019年先后种植了漾濞槭 *Acer yangbiense* Y. S. Chen et Q. E. Yang、西畴青冈 *Cyclobalanopsis sichouensis* Hu、华盖木 *Manglietiastrum sinicum* (Y. W. Law) N. H. Xia et C. Y. Wu、珙桐 *Davidia involucrata* Baill.、巧家五针松 *Pinus squamata* X. W. Li、云南金钱槭 *Dipteronia dyeriana* Henry、大树杜鹃 *Rhododendron protistum* var. *giganteum* (Forrest ex Tagg) D. F. Chamb.、滇藏木兰 *Magnolia campbellii* Hook. f. et Thoms.、水青树 *Tetracentron sinense* Oliv.、十齿花 *Dipentodon sinicus* Dunn、云南榧 *Torreya fargesii* var. *yunnanensis* (W. C.

Cheng et L. K. Fu) N. Kang、三尖杉 *Cephalotaxus fortunei* Hooker、西藏红豆杉 *Taxus wallichiana* Zucc.、油麦吊云杉 *Picea brachytyla* var. *complanata* (Mast.) Cheng 和沧江海棠 *Malus ombrophila* Hand. -Mazz. 等极小种群野生植物(PSESP)和重要木本植物约40种、67000余株,并定期开展科学管护、动态监测及数据采集工作,建立了一整套科学的栽培管理、长期监测和“近地—迁地”保护植物的数据收集等工作方法。按照土壤样品采集规程,采集了基地的土壤进行了理化性质分析,对极小种群野生植物配置了物种的解说牌。



图1. 基地情况: A. 张品摄; B. 周元摄

随着基地的发展，今后的重点还是在极小种群野生植物和珍稀濒危植物的引种收集和栽培保育方面，并且对每个保育于该基地的物种持续进行科学管护、生长动态监测、数据采集分析和档案建立。

基地的建设和发展，充分体现了“近地-迁地”保护的不可替代性：
①通过“近地-迁地”保护获得了野生植物的管理技术、经验和保护；
②“近地-迁地”保护为原栖息地遭到破坏的物种提供了庇护；③“近地-

迁地”保护是植物回归自然的基础；
④“近地-迁地”保护是公众开展生物多样性保护和环境保护教育的重要基地。



图2. 基地保护的极小种群野生植物：
A. 漾濞槭（张品摄）；
B-E, 水杉、云南红豆杉、
沧江海棠、巧家五针松
（吴翠芬摄）

元阳首次发现极小种群野生植物毛果木莲

蔡磊¹ 车鑫² 莫明忠³ 刀志灵¹

(1 云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室; 2 元阳县林业和草原局; 3 红河州林业和草原局)

2019年5月,元阳县林草局保护办主任车鑫、红河州林草局保护办副主任莫明忠以及中国科学院昆明植物研究所孙卫邦研究团队人员参加国家科技基础资源调查专项“中国西南地区极小种群野生植物资源调查与种质保存”(项目号2017FY100100)野外调查过程中,首次在云南省元阳县

境内发现了极小种群野生植物——毛果木莲(*Manglietia ventii* N. V. Tiep)的野生种群。本次在逢春岭乡发现的种群为元阳县首次记录,也为元阳县增添一种极其重要的新记录植物物种。

毛果木莲被列为国家Ⅱ级重点保护野生植物及云南省62种极小种群野生植物之一,在《The Red List

of Magnoliaceae》(木兰科红色名录)和《中国高等植物受威胁物种名录》均被评估为濒危等级,为木兰科(Magnoliaceae)木莲属(*Manglietia*)常绿乔木,花期4~5月,果期9~10月。据植物志和相关文献记载,其仅分布在云南的金平县、河口县及屏边县海拔800~1600m的山地雨林、季风常绿



图1. 毛果木莲(花枝)

阔叶林中。该物种是 Tiep (1980) 依据采自云南省屏边县的标本命名发表的物种, 发表后极少再有报道。2016年, 莫明忠及中国西南野生生物种质资源库工作人员在元阳采集到该种的标本, 此次调查时正值花期, 调查队当场确定为调查目标物种——毛果木莲。本次元阳调查到毛果木莲种群分布在海拔 1150~1250 m 的一片常绿阔叶林中, 共成年植株 35 株, 胸径从 37~75 cm 不等, 最高植株高度接近 40 m, 占地面积 138 余亩。

毛果木莲在元阳县的首次发现, 不仅丰富了该地区的植物多样性, 也预示有很多类似情况的极小种群野生植物还未被发现, 元阳县境内尚有很多保存完好的森林植被, 因此需要更加详细的调查和关注这一类极小种群野生植物。本次还调查到长蕊木兰 *Alcimandra cathcartii*、红河木莲 *Manglietia hongheensis* 等珍稀濒危植物。毛果木莲树干挺拔通直, 木材结构细致, 是珍贵的用材树种; 同时, 其花色淡雅、芳香, 树冠优美,

四季常青, 又是极具开发前景的园林绿化植物。此外, 毛果木莲是木兰型 (Magnolia-type) 植物中较原始的种类, 对研究古植物区系及木兰科分类系统和演化有较高的科研学术价值。中国科学院昆明植物研究所刀志灵博士建议采取就地保护 (建立保护小区) 和尝试人工繁育研究, 以扩大种群数量, 使该种野外能正常更新, 同时也要加大野外调查力度, 以摸清野外种群状况, 并开展其它相关的科学研究。



图 2. 毛果木莲



图 3. 长蕊木兰

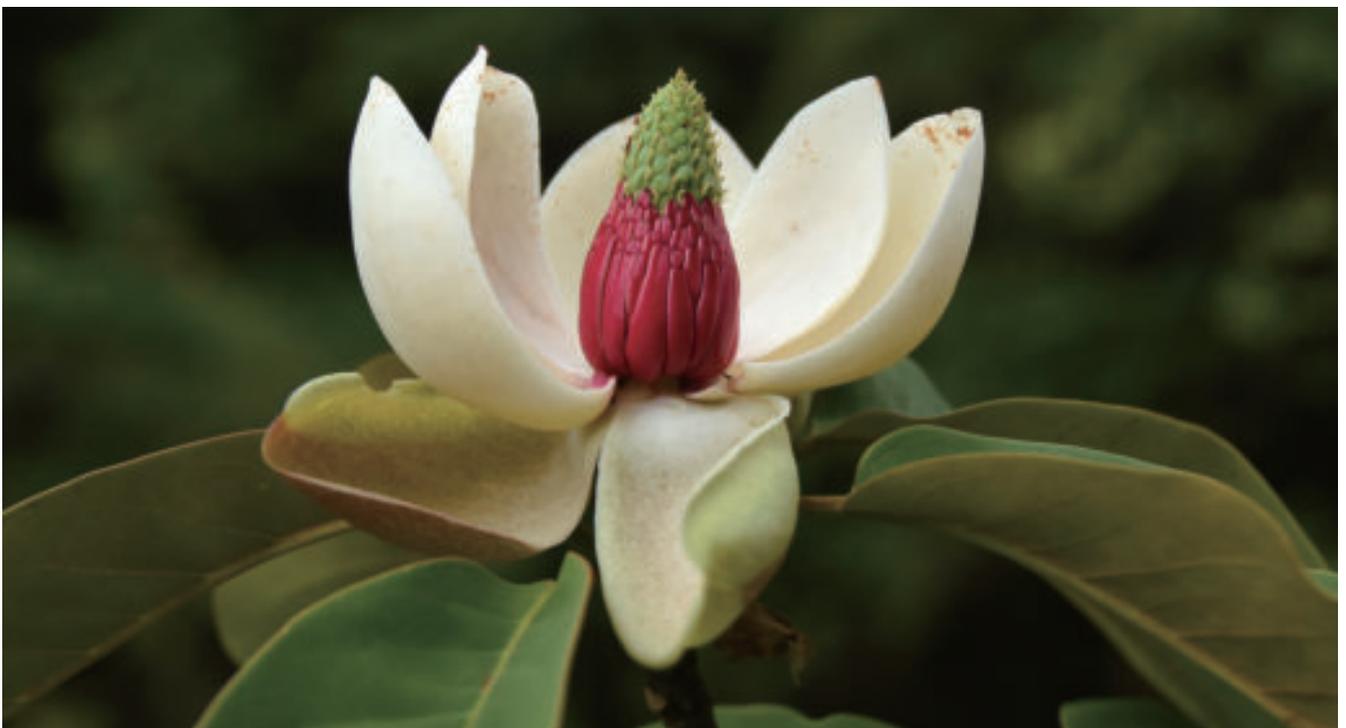


图 4. 红河木莲

云南文山发现马兜铃科植物二新种

蔡磊¹ 何德明² 朱鑫鑫³ 刀志灵¹

(1 云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室; 2 文山市国家级自然保护区管护分局;

3 信阳师范学院)

滇东南是云南两大生物多样性分布中心之一, 区内喀斯特地貌众多, 地势起伏, 生境多变, 孕育了丰富的植物物种多样性。近期, 中国科学院昆明植物研究所联合文山市国家级自然保护区管护分局等科考人员在野外发现了两种马兜铃科植物新种——文山马兜铃 *Aristolochia wenshanensis* Lei Cai, D. M. He & Z. L. Dao 和何氏关木通

Isotrema hei Lei Cai & X. X. Zhu 相继发表。

广义的马兜铃属 (*Aristolochia* s.l.) 是马兜铃科中种类最多和分布最广的属, 约有 600 种, 广布于世界的热带和亚热带地区, 少数分布至温带地区。传统意义上马兜铃属分为三个亚属, 即马兜铃亚属 (subgen. *Aristolochia*)、对药马兜铃亚属 (subgen. *Siphisia*) 和多药马兜铃亚

属 (subgen. *Pararistolochia*), 前两个属在我国有分布。2019 年, 朱鑫鑫等基于形态性状和分子系统学证据, 正式将对药马兜铃亚属从广义马兜铃属中恢复成关木通属 (*Isotrema*), 进而又列出修订后的马兜铃属 (17 种) 和关木通属 (59 种) 植物名录, 后续发表的新种有: 克长马兜铃 *Aristolochia kechangensis*、拟囊花马兜铃 *Aristolochia pseudoutriformis*、杨氏马兜铃 *Aristolochia yangii*、苍山关木通 *Isotrema cangshanense*、斜檐关木通 *Isotrema plagiosomum*、三亚关木通 *Isotrema sanyaense*, 加上此次发表的文山马兜铃和何氏关木通, 目前我国广义上的马兜铃属达到了 80 种以上。

2018 年至 2019 年, 由中科院昆明植物研究所蔡磊博士和文山市国家级自然保护区的何德明工程师等在文山市开展极小种群野生植物调查发现, 发现几种正马兜铃属植物。通过野外的标本采集、照片拍摄, 并查阅大量标本和文献资料, 最终确定为马兜铃科的二个新种。其中一种因模式标本采自于云南省文山市, 因此定名为: 文山马兜铃 *Aristolochia wenshanensis*。另一种为表达对文山市国家级自然保护区管护分局何德明工程师长期从事自然保护事业的感谢, 故以其姓氏命名为何氏关木通 *Isotrema hei*。目前这两个物种只在滇

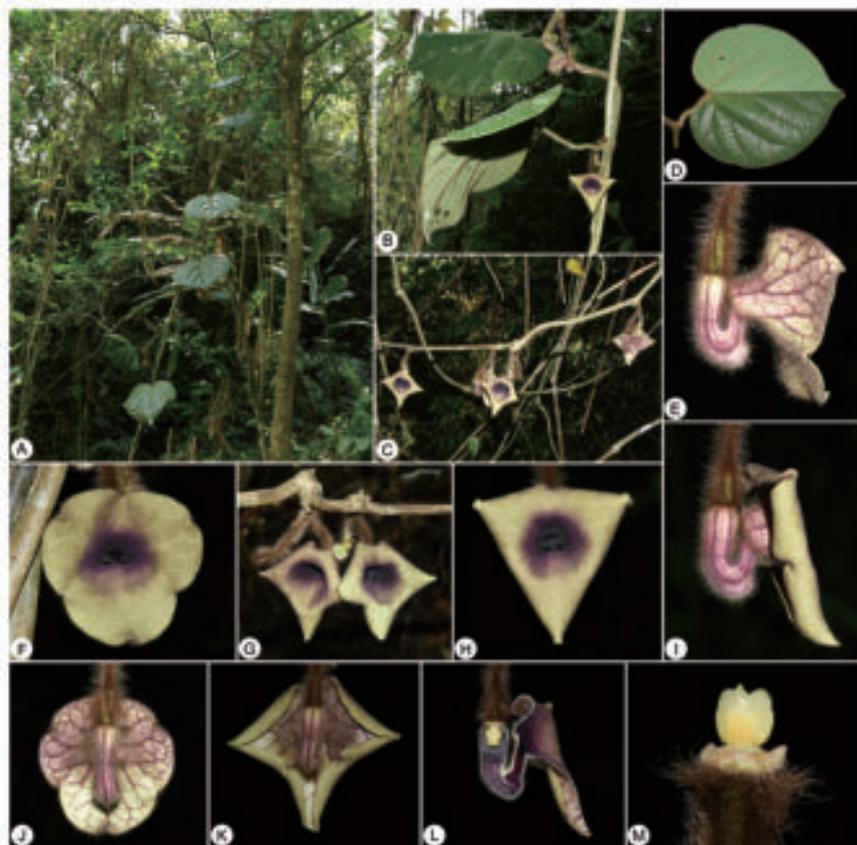


图 1. 文山马兜铃的野外及解剖照

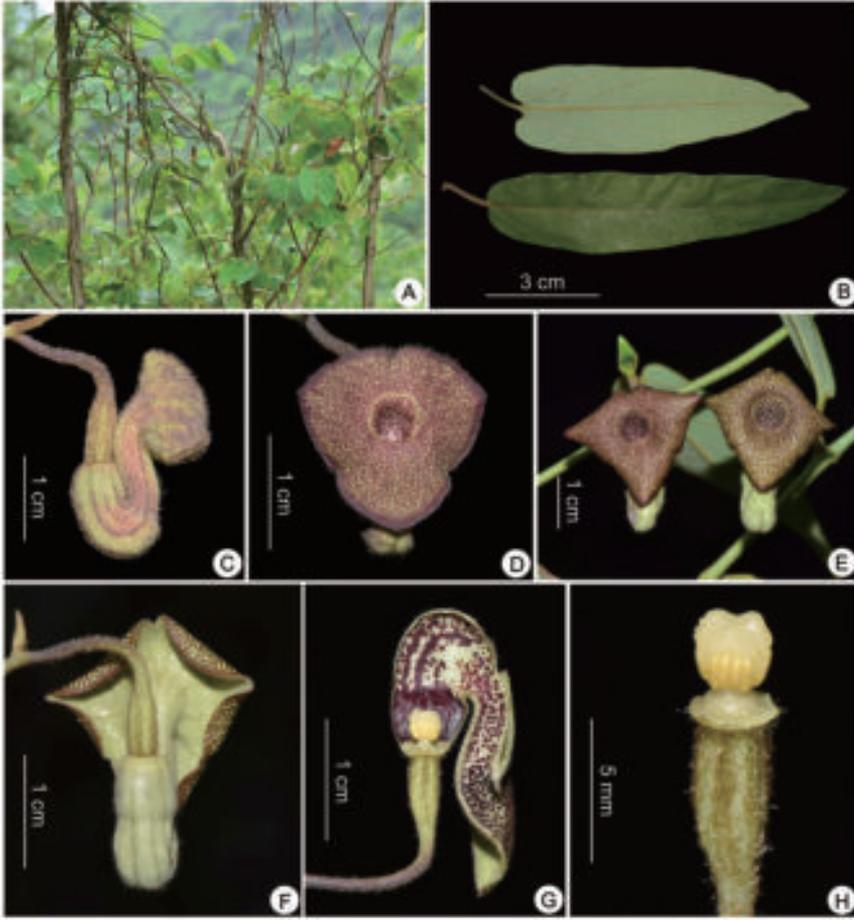


图2. 何氏关木通的野外及解剖照

东南境内发现少量分布点，而且种群数量很少，均是种典型的极小种群野生植物，亟需采取拯救保护措施。

相关成果以“*Aristolochia wenshanensis*, a new species of Aristolochiaceae from karst region in southeastern Yunnan, China”和“*Isotrema hei* (Aristolochiaceae), a new species from Yunnan, China”为题发表在国际生物多样性期刊 *Taiwania* 和国际植物学期刊 *Annales Botanici Fennici* 上（均为SCI收录）。该研究得到国家科技部基础资源调查专项项目“中国西南地区极小种群野生植物调查与种质保存”（2017FY100100）和国家自然科学基金青年基金（31600161，31600439）等项目支持。

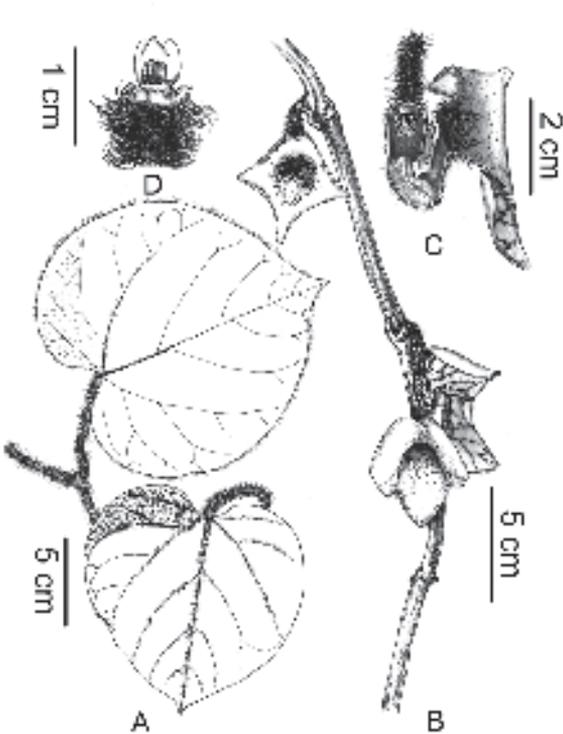


图3. 文山马兜铃墨线图

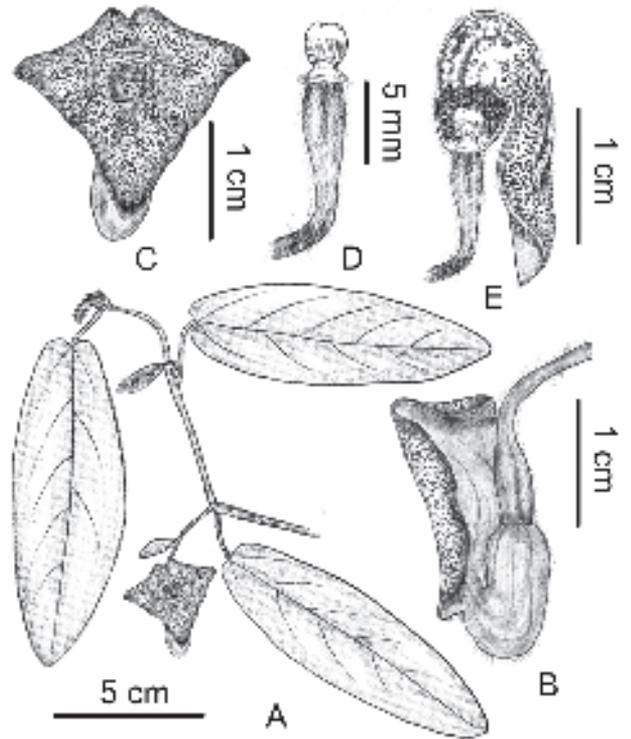


图4. 何氏关木通墨线图

极小种群野生植物白蘑芋的传粉生物学研究

唐荣 陈高

(中国科学院昆明植物研究所昆明植物园; 云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室)

白蘑芋 (*Amorphophallus albus* P. Y. Liu et J. F. Chen) 是天南星科 Araceae 蘑芋属 *Amorphophallus* 的多年生草本植物, 是金沙江特有分布的植物之一, 主要分布于四川省的南部及云南省的东北部。白蘑芋是非常重要的栽培经济作物, 并且在我国栽培面积仅次于花蘑芋 (*A. konjac*) 的蘑芋属植物。白蘑芋由于块茎中葡甘聚糖含量显著高于花蘑芋而备受欢迎, 但又因为其适宜的生境狭窄, 且繁殖系数及产量都不如花蘑芋而使种植白蘑芋受到很大限制。目前在贵州、湖南、湖北、重庆等多地有引种栽培白蘑芋记录, 但规模较小。野生白蘑芋由于人为采挖严重, 现在已很难找到。白蘑芋目前在《中国高等植物红色名录》中被列为近危 (NT), 同时在科技部“中国西南地区极小种群野生植物调查与种质保存”项目中被列为潜在的极小种群野生植物。

蘑芋属植物中大多数都为自交不亲和植物, 需要借助昆虫完成异花授粉才能结实。研究发现蘑芋属植物的传粉昆虫通常是甲虫类或苍蝇类等食腐昆虫。在长期的进化过程中, 蘑芋属植物与其传粉昆虫形成了一种特有的相互作用关系。其中佛焰苞为其传粉昆虫提供遮蔽保护的作用, 而附属器在雌蕊成熟时通常会散发强烈的恶臭气味, 同时产生大量热量。研究证明了蘑芋属植物开花过程中, 温度和气味在吸引传粉昆虫为其传粉的过程

中扮演着重要的作用。

通过研究白蘑芋的开花物候、交配系统及其传粉策略, 一方面可以摸清其交配系统, 为今后的繁殖育种提供基础资料; 另一方面探究白蘑芋与其传粉昆虫的相互作用关系, 为植物与昆虫之间的协同进化提供进一步的

此时苞片完全打开, 苞片和附属器呈黄绿色。早上 8:00~9:00, 恶臭气味渐渐消失。第二天早上 5:30 左右, 雄蕊开始散粉, 6:00~7:00 期间为大量散粉期, 9:00 左右散粉逐渐停止。第四天, 白蘑芋花序逐渐萎蔫。因此, 白蘑芋单花花期为两天。

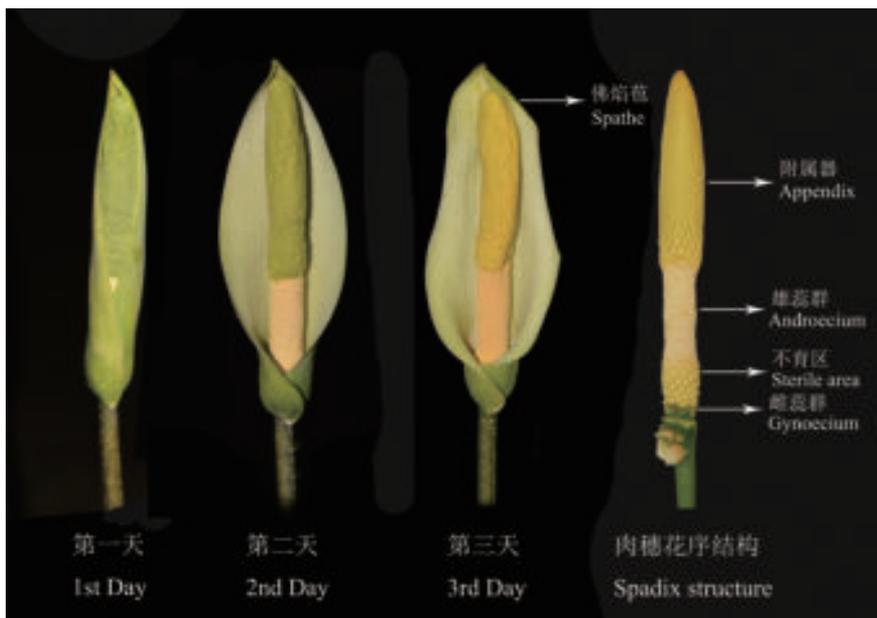


图 1. 白蘑芋的开花动态过程及佛焰苞花序结构

理论依据; 同时可以探究白蘑芋分布区域狭窄是否与其传粉过程相关, 为野生白蘑芋的有效保护提供切实可行的策略。

白蘑芋的开花动态过程如图 1。在开花前一天, 苞片打开至不同程度的缝隙, 此时苞片和附属器均为青绿色。在开花当天早上 5:30 左右, 柱头开始分泌粘液, 同时散发出恶臭气味,

对白蘑芋的授粉实验结果如表 1 所示, 三个实验地点在 2018 年和 2019 年的人工自花授粉以及套袋的结实率都为 0 ($n \geq 25$), 且 2019 年富源实验地的自然结实率也为 0 ($n = 26$)。2018 年, 金阳和永善的自然结实率分别为 72.0% ($n = 25$) 和 32.0% ($n = 25$), 人工异花授粉结实率分别为 60.0% ($n = 25$) 和 100.0% ($n =$

25)；2019年，永善实验地的自然结实率和人工异花授粉结实率分别为53.1% (n = 32) 和 63.3% (n = 30)，富源实验地的人工异花授粉结实率为76.0% (n = 25)。

数量过多而不育区作为食物不足，隐翅虫会继续取食与不育区连接的部分雄蕊区和附属器。

采用 GC-MS 分析白蘑芋花气味的结果表明，其主要化学成分是

术 (GC-EAD) 分析了隐翅虫触角是否对白蘑芋花序气味中的各个成分具有刺激性反应，结果如图 3，表明隐翅虫的触角对白蘑芋花气味中的二甲基二硫、二甲基三硫及二甲基四硫均

表 1 白蘑芋不同居群人工授粉处理的结实率

处理 Treatment	2018		2019	
	金阳 Jingyang	永善 Yongshan	永善 Yongshan	富源 Fuyuan
自然对照 Control	72.0%	32.0%	53.1%	0
仅套袋 Bagged	0	0	0	0
人工自花授粉 Autogamy hand-pollination	0	0	0	0
人工异花授粉 Xenogamy hand-pollination	60.0%	100.0%	63.0%	76.0%

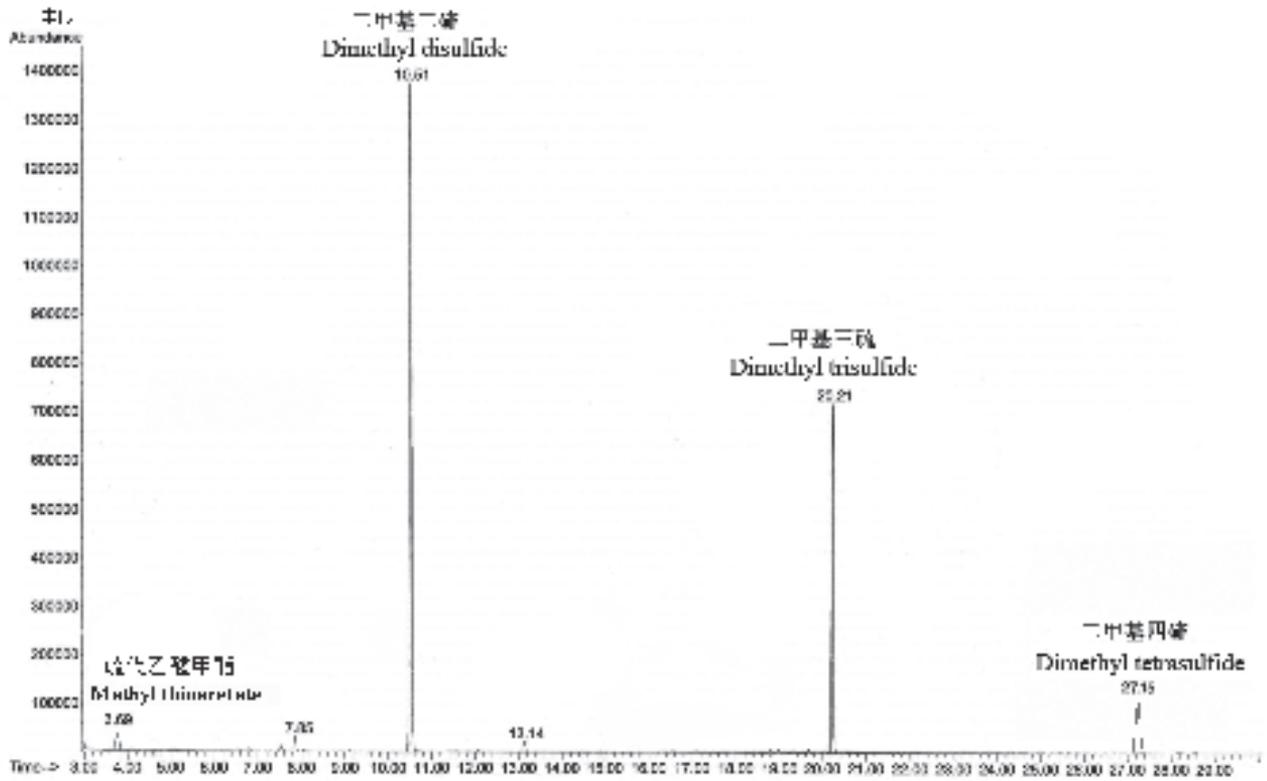


图 2 白蘑芋花序气味的化学成分

对金阳和永善居群分别连续三天的观察发现，两个居群的主要访花者及传粉者是隐翅虫，白蘑芋于第一天早上五点半左右散发出恶臭气味，而隐翅虫在早上六点左右陆续前来，隐翅虫来访的时间主要集中在 6:30~7:00 时段。刚开始是盘旋在花序周围，而后逐渐进入花序中。随后隐翅虫在火焰苞花序中进行交配和取食行为，取食的部位主要是不育区。若隐翅虫的

二甲基二硫和二甲基三硫，其中二甲基二硫占 $66.1\% \pm 4.2\%$ ，二甲基三硫占 $26.6\% \pm 4.8\%$ 。其次还有少量的二甲基四硫和硫代乙酸甲酯，分别占 $3.2\% \pm 2.9\%$ 和 $1.4\% \pm 0.6\%$ ，GC-MS 结果如图 2。结果表明白蘑芋释放花气味的化合物单一，只有两种主要成分，都是二甲基硫化物且含量较高，表现出强烈的恶臭气味。

采用气相色谱 - 触角电位联用技

表现出明显的反应。表明白蘑芋花气味对隐翅虫的触角具有明显的刺激作用，推测该气味是吸引隐翅虫来访的重要嗅觉信号。

采用红外热成像相机测定了白蘑芋花期时的温度变化，结果如图 4 所示，由图可知白蘑芋自第二天凌晨 3:00 左右附属器温度开始升高，于 6:00 到 6:30 之间到达最高，最高温度接近 35°C ，高于环境温度 10°C 。同时该时

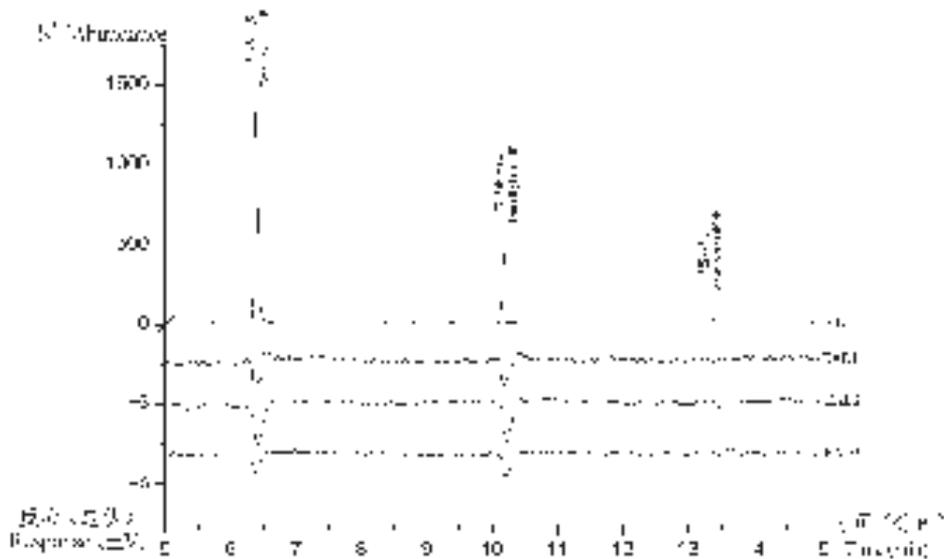


图 3. 隐翅虫触角对花序气味的触角电位反应

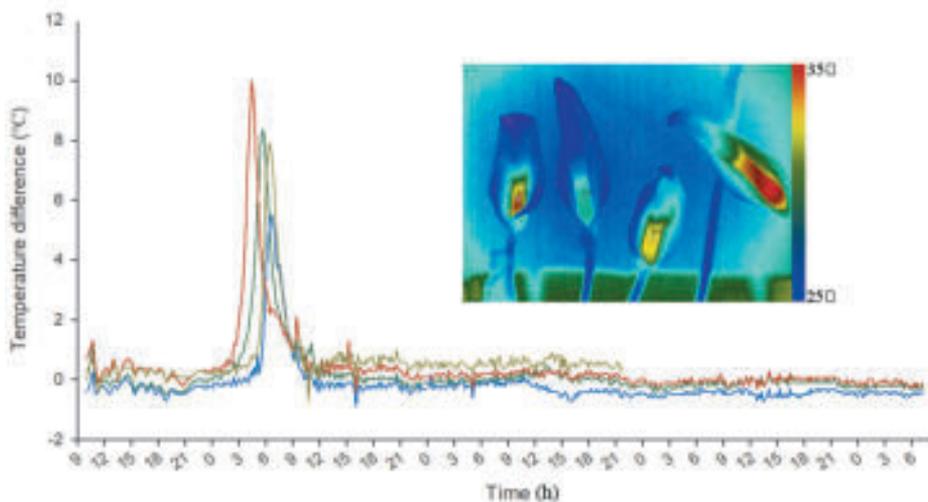


图 4. 白蘑芋开花过程中的温度变化

段是隐翅虫来访数量最集中的时候，因此表明温度可能是吸引隐翅虫来访的重要信号。

人工授粉实验结果表明白蘑芋属于自交不亲和的交配系统。植物在长期的进化过程中逐渐形成了防止自交而专性异交的繁殖策略。植株防止自交亲合主要有合子前隔离和合子后隔离两种方式，合子前隔离包括了雌雄异熟和雌雄异位。天南星科植物主要通过雌雄异熟的方式阻止自交，白蘑芋本次实验结果与此一致。

此外，研究结果表明白蘑芋的传粉昆虫是隐翅虫，在传粉过程中，隐翅虫在花序中交配、取食等，获得了相应的报酬，因此两者属于互惠互利的关系。通过对白蘑芋花期时的温度变化、花气味成分测定及 GC-EAD 的综合结果表明，白蘑芋花期时升高的温度和释放的恶臭气味在吸引隐翅虫为其传粉的过程中起着关键的作用。

金沙江大型梯级水电站的修建导致白蘑芋本就狭窄的生境遭到进一步的破坏，同时人为采挖野生白蘑芋的

现象非常严重。由于多重因素导致白蘑芋的野生资源大量减少，生存受到严重威胁，保护白蘑芋的野生资源刻不容缓。基于本研究，我们提出的保护建议是建议首先在其原生境进行就地保护。一方面加强当地居民对白蘑芋野生资源重要性的认识，杜绝采挖野生白蘑芋的现象；另一方面要重点保护其原生境及其特有的传粉昆虫，同时开展人工辅助授粉，提高结实率。

白蘑芋花器官草酸钙晶体对隐翅虫的潜在防御能力研究

唐荣 陈高

(中国科学院昆明植物研究所昆明植物园; 云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室)

天南星科植物组织中普遍存在草酸钙晶体。该科植物中的草酸钙晶体存在于植物的各个部位, 且具有非常丰富的变化, 研究表明天南星科植物花序不同部位的草酸钙晶体含量与天南星科植物类群的传粉策略存在一定的因果关系。在前期对白蘑芋 (*Amorphophallus albus* P. Y. Liu & J. F. Chen) 开花过程的调查发现, 白蘑芋花期花序中聚集有大量的隐翅虫 (*Atheta* sp. 及 *Anotylus* sp.), 隐翅虫在花序中交配、取食, 并产卵, 完成对白蘑芋的传粉。花期结束后, 白蘑芋花序不同部分 (不育区、雄蕊、附属物) 均遭到不同程度的取食, 但

雌蕊区却未受到影响。为探寻导致白蘑芋传粉昆虫产生取食偏好的原因, 本研究通过分析花序各部位草酸钙的含量差异, 探讨其与白蘑芋花序不同部分被取食差异的潜在关系。

统计花序中不同部位被隐翅虫取食的比例如图 1, 可以看出隐翅虫主要取食的部位是不育区, 若隐翅虫的数量过多而不育区作为食物不足, 隐翅虫会继续取食与不育区连接的部分雄蕊区和附属器。

统计白蘑芋花序各部位草酸钙晶体含量的结果表明雌蕊子房中所含草酸钙晶体的数量最多, 平均每个视野约为 188.4 个。LSD 多重比较的结果

表明其含量显著高于其他三个部位中草酸钙晶体的含量, 如图 2。其次含量高的部位是雄蕊区, 平均含 37.6 个草酸钙晶体。而佛焰苞苞片和附属器中的草酸钙晶体平均含量分别为 25.3 个和 29.7 个, 多重比较分析表明雄蕊区、佛焰苞苞片与附属器三者之间的草酸钙晶体含量并无显著差异。花序各部位中, 草酸钙含量最低的是不育区, 平均仅 11.8 个, 与雌雄蕊区均存在显著性差异。草酸钙晶体的形状主要有 2 种, 存在一定的大小差异, 长针晶 80 ~ 120 μm , 短簇晶胞针晶长度 30 ~ 50 μm (图 3)。

采用白蘑芋花序四个部分的甲醇提取物触杀白蘑芋有效传粉者隐翅虫的结果表明附属器、雄蕊区、不育区及对照四个处理一分钟内均不能杀死隐翅虫, 而雌蕊区的甲醇提取物对隐翅虫具有明显的毒杀效果, 隐翅虫平均在 14.5 s 的时间范围内死亡。

本研究通过比较白蘑芋花序不同部位草酸钙晶体的含量揭示了植物能够通过草酸钙晶体的含量差异来选择性地保护其繁殖器官。

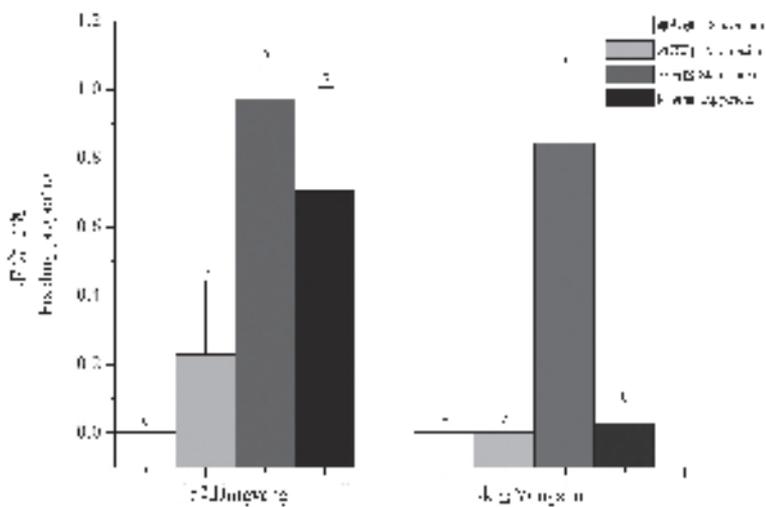


图 1. 白蘑芋花序不同部位被隐翅虫取食的比例差异

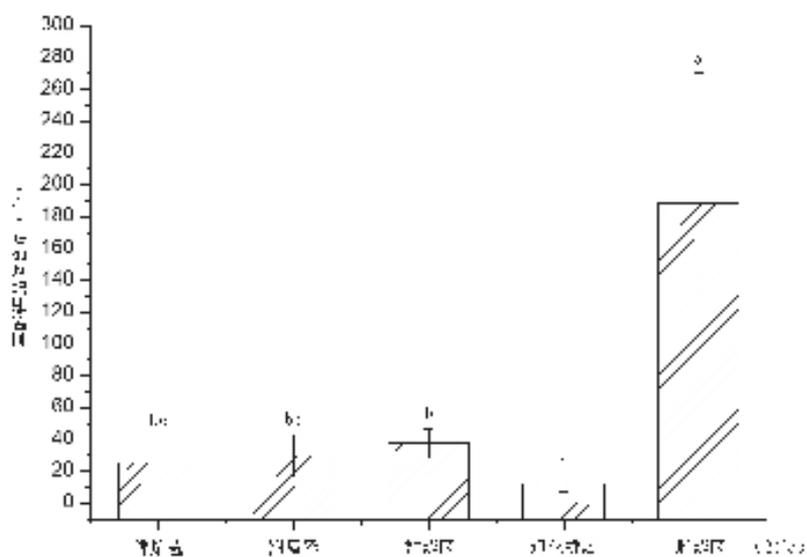


图 2. 白蘑芋花序中隐翅虫数量的分布情况

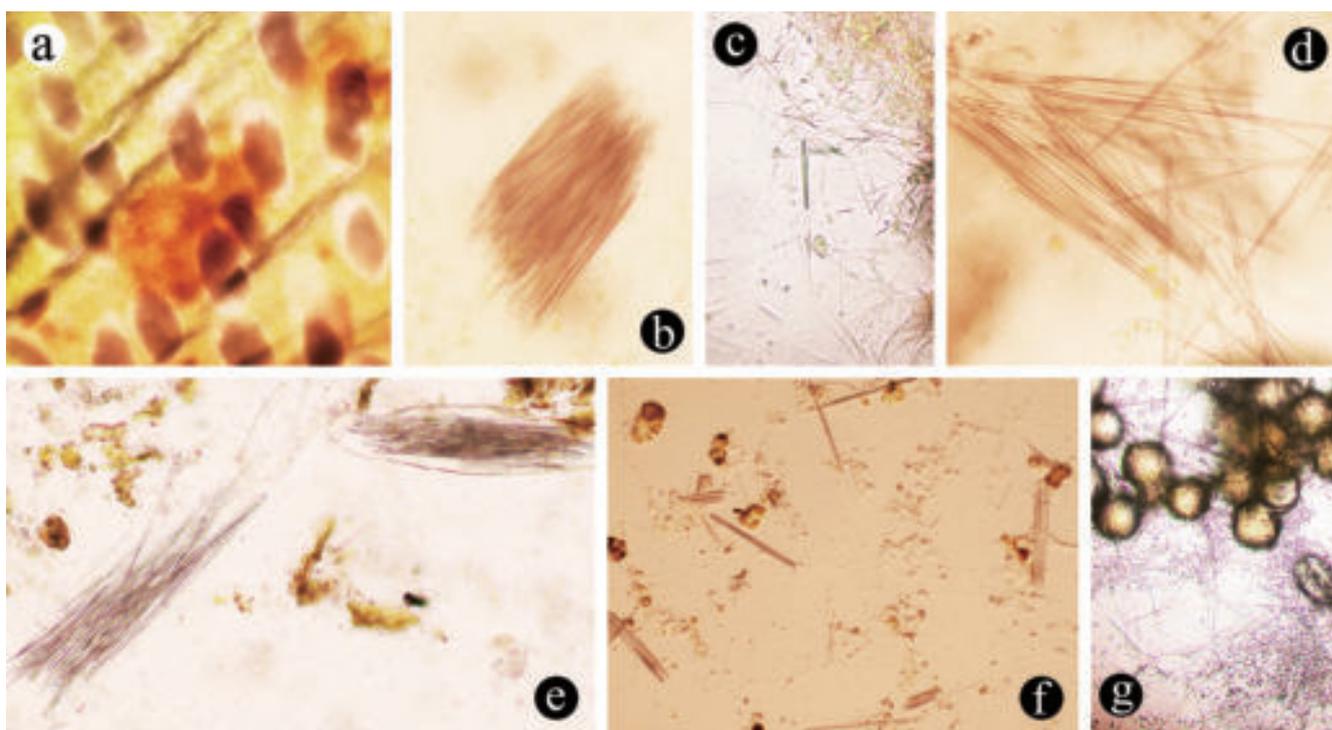


图 3. 白蘑芋花序中草酸钙晶体的分布情况

基于 GBS 简化基因组技术的宽杯杜鹃遗传多样性分析

马宏¹ 李正红¹ 马永鹏³

(1 中国林业科学研究院资源昆虫研究所; 2 南京林业大学林学院; 3 中国科学院昆明植物研究所昆明植物园, 云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室)

摘要 宽杯杜鹃花色纯黄且钟状花冠簇生于枝顶, 具有较高的观赏价值。近年来受道路建设及盗挖盗伐等人为影响, 其生境破碎化严重且种群规模日渐萎缩, 对其开展保护生物学研究以迫在眉睫。本研究采用基因分型 (genotyping-by-sequencing, GBS) 技术对宽杯杜鹃老君山 (LJS) 与大黑山 (DHS) 两个残存种群进行单核苷酸多态性 (single-nucleotide-polymorphism, SNP) 位点挖掘与遗传多样性分析。结果表明, 通过获得的 103133 个高质量 SNP 位点分析发现两个种群在物种水平上具有较低的遗传多样性 ($N_e=1.3086$, $H_o=0.1878$, $H_e=0.1856$), 而种群间具有较高的遗传分化 ($F_{st}=0.1765$), 种群间基因流 (N_m)=1.1674。聚类分析、主成分分析与种群遗传结构分析表明 36 个个体被聚为 2 个不同的遗传类群。本研究首次揭示了宽杯杜鹃较低的遗传多样性现状, 有助于进一步了解其濒危机理和科学地制定宽杯杜鹃保护措施。

关键词 宽杯杜鹃; GBS; SNP; 遗传结构; 回归引种

Genetic diversity assessment of *Rhododendron sinofalconeri* with Genotyping by Sequencing (GBS)

ZHANG Xu^{1,2} ZHANG Xiu-Jiao¹ MA Yong-Peng³ LI Zheng-Hong¹ WAN You-Ming¹ MA Hong^{1*}

(1. Research Institute of Resources Insects, Chinese Academy of Forestry, Kunming 650233, Yunnan, China; 2. College of Forestry, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China; 3. Yunnan Key Laboratory for Integrative Conservation of Plant Species with Extremely Small Populations, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650201, Yunnan, China)

Abstract *Rhododendron sinofalconeri* has high ornamental value with its pure yellow flower color and bell-shaped corollas clustered on the top of the branches. In recent years, due to the anthropogenic influence of road construction, illegal excavation and other human activities, its habitat is severely fragmented and its population size is shrinking. Therefore, it is urgent to conduct research on conservation biology of *Rh. sinofalconeri*. In this study, single-nucleotide-polymorphism (SNP) site mining and genetic diversity analysis were performed on two surviving populations of Laojun mountain (LJS) and Dahei mountain (DHS) using genotyping-by-sequencing (GBS) technology. As a consequence, analysis of the 103133 high-quality SNPs revealed that the two populations had lower genetic diversity at the species level ($N_e=1.3086$, $H_o=0.1878$, $H_e=0.1856$), and higher genetic differentiation ($F_{st}=0.1765$) at population level. The value of gene flow (N_m) between populations was 1.1674. Cluster analysis, principal component analysis and population genetic structure analysis showed that 36 individuals were clustered into two different genetic groups. This study revealed the current situation of relatively low genetic diversity of *Rh. sinofalconeri* for the first time, which is helpful to further understanding of its endangered mechanism and scientific formulation of conservation measures.

Keywords *Rhododendron sinofalconeri*; GBS; SNP; Genetic structure; Reintroduction

基金项目: 中国林科院基本科研业务费专项资金 (CAFYBB2019ZB007); 生态环境部生物多样性调查评估-杜鹃遗传多样性调查与保护成效评估项目 (2019HJ2096001006); 云南省万人计划“青年拔尖人才计划”项目 (2019); “云南省技术创新人才”培养对象项目 (2016HB007)

第一作者简介: 马宏, 男, 博士, 从事西南特色野生观赏植物保育与种质创新研究。

宽杯杜鹃 (*Rhododendron sinofalconeri*) 系杜鹃属 (*Rhododendron*)、常绿杜鹃亚属 (Subgen. *Hymenanthes*)、常绿杜鹃组 (Sect. *Ponticum*)、杯毛杜鹃亚组 (Subsect. *Falconera*) 常绿植物, 分布于中国云南东南部及越南北部^[1]。其花色为杜鹃属植物中罕见的黄色, 钟状花冠簇生于枝顶, 缀以褐色斑点状花药, 具有较高的观赏价值, 同时也是难得的育种亲本。

近年来, 由于道路建设、农田开垦和修建风力电站等人类活动, 宽杯杜鹃野生种群遭到直接破坏, 生境破碎化和人为采挖现象严重。种群年龄结构极度失衡, 绝大多数为老年个体, 偶见幼苗, 为典型的衰退性种群; 加之宽杯杜鹃对生境的海拔 (>2600 m)、湿度等要求高, 其面临着较大的灭绝风险。《杜鹃红色名录》将其收录为易危物种^[1]。根据 IUCN(3.1 版)^[2] 标准和野外调查结果, 我们将其提升为极危等级 [CR B1b (iv, v)c (iii, iv)]。遗憾的是, 有关宽杯杜鹃的研究仅见花粉储藏活性方面^[3]。因此, 开展宽杯杜鹃保护生物学研究已刻不容缓。

新一代测序技术 (next-generation sequencing, NGS) 的快速发展提高了单核苷酸多态性 (single-nucleotide-polymorphism, SNP) 的发现效率, 展现出高通量 SNP 基因分型在植物分子生物学研究的潜力。基因分型 (genotyping-by-sequencing, GBS) 技术是一种基于 NGS 技术的 SNP 基因分型方法。简化的 GBS 需要限制性内切酶在测序前消化 DNA, 以生成简化的表示库。由于参考基因组的可用性并不是实施 GBS 的必要条件, 而且成本较低、实验操作相对简单, 高通量测序获得的含量 SNP 携带丰富的全基因组信息, 因而已广泛用于植物遗传多样性分析、系统进化、分子标记定位和遗传图谱构建等研究^[4-6]。

本研究以来自 6 个亚种群的 36 个宽杯杜鹃个体为试验材料, 通过

GBS 技术对中国现存种群进行基因分型, 揭示其遗传多样性和遗传结构, 为今后原地和迁地保护策略和开发利用提供科学指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料采自云南省开远市大黑山 (23°64'N, 103°50'E, 海拔 2800m) 与文山老君山 (23°36'N, 103°91'E, 海拔 2900m)。宽杯杜鹃种群, 随机取样, 个体间距离 >15 m, 成株幼嫩叶片保存于硅胶中。将供试宽杯杜鹃材料按照地理来源区分为 2 个种群与 6 个亚种群, 大黑山种群 (包括 A, B, C 这 3 个亚种群, 分别包含样本 D1~D5, D6~D10, D11~D13), 老君山种群 (包括 A1, A2, A3 这 3 个亚种群, 分别包含样本 L1~L11, L12~L17, L18~L23)。

1.2 DNA 提取和 GBS 文库构建

利用 CTAB 方法提取 DNA, 采用 PstI-HF/MspI 对 DNA 进行酶切, 使用 Qubit 测定 PCR 产物浓度, 浓度需 >5ng/μL, 利用 UGbs-Flex 技术^[7] 进行测序文库构建。

1.3 单核苷酸多态性 (SNP) 鉴定

依据建库样品与条形码接头对应关系拆分为单样品原始数据, 将混池下机测序得到的原始数据 (raw reads) 使用 fastqc(v0.11.7) 软件^[8] 进行质控。使用 stacks(v2.1) 软件包^[9] 中的 process_radtags 程序 (主要参数 -r --renz_1 --adapter_mm 1), 剔除混池下机 Raw Reads 含有接头序列的 Reads, 并依据建库样品与 barcode 对应关系拆分为单样品 Raw Reads。使用 fastx toolkit(v0.0.14) 软件包^[10] 中的 fastx_trimmer 程序 (主要参数 -f -l), 移除酶切位点序列以及 3' 端 fastqc 质控质量分数 <20 的所有碱基。使用 bowtie2(v2.3.4.1) 软件^[11] (主要参数: --maxins1000 --no-discordant --no-mixed) 将得到的高质量数据软件比对到参考基因组上 (ftp://parrot.genomics.cn/gigadb/

pub/10.5524/100001_101000/100331/Genome/Rhododendron_delavayi_genome.fa.gz)。利用 GATK(v3.8-1) 软件 Unified 程序预测样品中的 SNP 和 INDEL (Insertion and Deletion) 位点, 再通过 SelectVariants 程序 (主要参数 -restrictAllelesTo BIALLELIC -select "QD>10.0") 对预测结果进行筛选, 得到初步 SNP 和 INDEL 结果。为了降低 SNP 和 INDEL 检测的误差率, 使用 vcftools(v0.1.13) 软件对获得 SNP 分型结果进行过滤 (主要参数 --maf 0.01 --minDP 4 --max-missing 0.8)^[12]。

1.4 遗传数据分析

利用 treebest^[13] (v1.9.2) 软件计算遗传矩阵并构建进化树, 并通过 bootstrap 法进行检验可靠性 (重复 1000 次)。使用 plink2 (v2.0) 软件进行 PCA 分析。通过 PLINK(v1.9) 软件^[14]、ADMIXTURE(v1.3.0) 软件进行种群结构分析。采用 R 语言扩展包 genepop(v1.0.5) 计算两个宽杯杜鹃种群样本的哈迪-温伯格平衡 (Hardy-Weinberg equilibrium, HWE)、期望杂合度 (expected heterozygosity, H_e)、观测杂合度 (observed heterozygosity, H_o)、多态信息含量 (polymorphism information content, PIC)、等位基因数 (number of alleles, N_a)、有效等位基因数 (number of effective alleles, N_e)、F 统计及种群间的遗传分化系数 (F_{st})、基因流 (N_m); 运用 vcftools(v0.1.14) 软件进行单位点计算核苷酸多样性 (P_i)。

2 结果与分析

2.1 SNP 位点挖掘

经 GBS 测序, 36 个宽杯杜鹃样本的测序总数据量为 57.82Gb, 清理低质量序列后, 得到高质量序列数据共 51.49Gb, 平均每样本为 1.43Gb。测序质量较高 (Q20>=95.43%, Q30 >=88.97%), GC 分布合理, 种群样本与参考基因组的平均比对率为 30.86%。测序得到所有 reads 对全基因组的覆

盖度为 1.8%~3.3%；测序深度大于 1 的测序 reads 对全基因组的覆盖度为 1.4%~2.14%，测序深度大于 3 的测序 reads 对全基因组的覆盖度为 1.15%~1.58%。过滤后共获得 103133 个高质量 SNP 位点。

2.2 遗传结构

基于 SNP 信息构建的系统进化树分析表明，两个种群可按地理分布划分为两大类群 Group1(老君山种群)与 Group2(大黑山种群)，其中 L21 与老君山其它个体的遗传距离较远(图 2)。

主成分分析 (PCA) 结果表明，处于主导地位的第一主成分 (PC1) 与第二主成分 (PC2) 贡献率分别为 52.62% 和 12.32% (图 3)。二维聚类结果表明，宽杯杜鹃 2 个种群中的亚种群间隔较小，根据 PC1 可将总样本分为 2 个类群，分别为 Group1(老君山种群)和 Group2(大黑山种群) (图 3)。

对 36 份宽杯杜鹃材料进行 Structure 分析，根据 CV(Cross validation error) 确定最优 K 值为 2，基于此将试验材料划分为 2 个类群。Group1 包含老君山种群的 13 个个体，Group2 包含大黑山种群的 23 个个体。

2.3 遗传多样性

2.3.1 种群内遗传多样性

各种群的遗传多样性结果表明，大黑山种群 (A, B, C)、老君山种群 (A1, B1, C1) 中 SNP 位点的 N_e 值介于 1.4543~1.6825， N_e 值介于 1.2910~1.3198， H_o 值介于 0.1821~0.1948， H_e 值介于 0.1709~0.1961，PIC 值介于 0.1368~0.1604， P_i 值介于 0.2051~0.2079。以上指标表明各亚种群内具有较低的遗传多样性 (PIC<0.25) (表 1)。卡方检验计算出 6 个亚种群的 HWE 无偏估计的概率值 (p) 均 >0.05，表明所调查亚种群均达到遗传平衡。

2.3.2 种群间遗传多样性

结果显示，6 个亚种群间的 F_{st} 值为 0~0.1822，大黑山种群与老君山种群之间遗传分化较大 (F_{st} >0.15)，

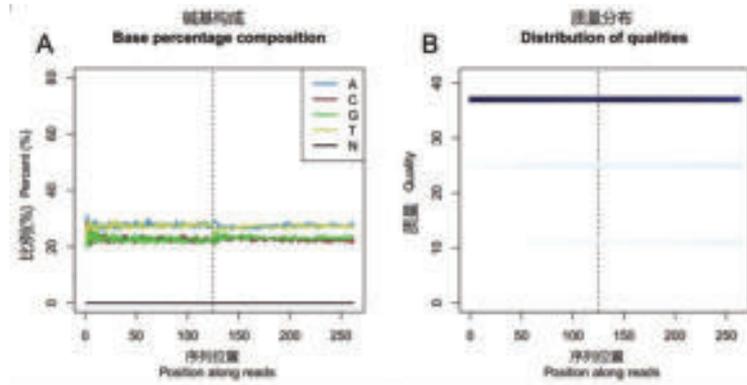


图 1. 碱基及其质量值分布统计

注：A. 碱基构成，不同颜色代表不同的碱基类型，测序中识别不出的碱基标为 N；虚线左侧为双端测序 R1 端 Reads 的碱基分布，右侧为 R2 端 Reads 的碱基分布；B. 质量分布，虚线左侧为双端测序 R1 端 Reads 的碱基质量值分布，右侧为 R2 端 Reads 的碱基质量值分布；颜色越深表示在数据中该质量值的碱基比例越高。

Figure 1. Statistics on the distribution of base and qualities

Notes: A. Base distribution, different colors represent different base types, and N represent bases that cannot be identified in sequencing. On the left side of the dotted line is the base distribution of double-terminal sequencing R1-terminal Reads, and on the right side is the base distribution of R2-terminal Reads; B. Quality distribution, the left side of the dotted line is the base quality value distribution of the double-end sequencing R1-terminal Reads, and the right side is the base quality value distribution of the R2-terminal Reads. A darker color indicates that the quality value of bases has a higher percentage in the data.

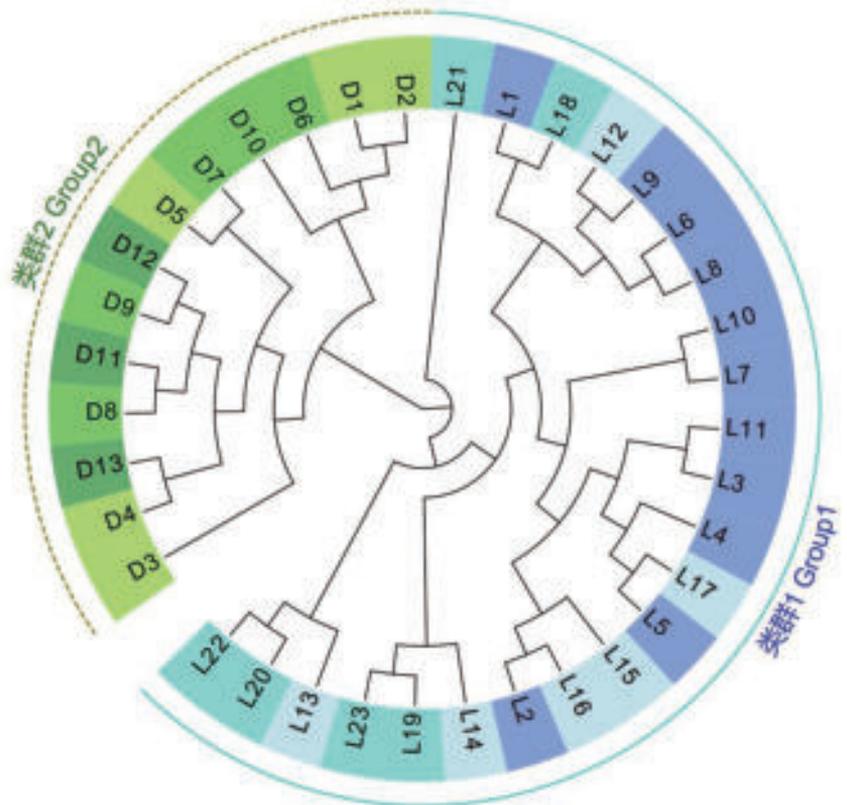


图 2. 36 个宽杯杜鹃个体 NJ 聚类进化树

Figure 2. Neighbor-Joining phylogenetic tree of 36 individuals of *Rh. sinofalconeri*

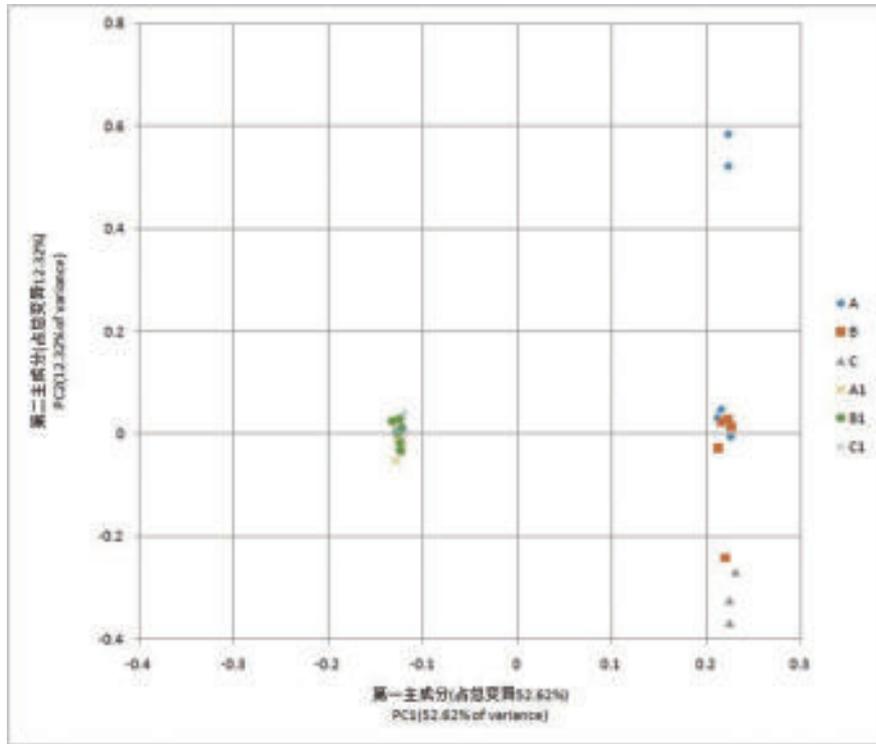


图 3. 36 个宽杯杜鹃个体主坐标分析 (PCA) 的二维图

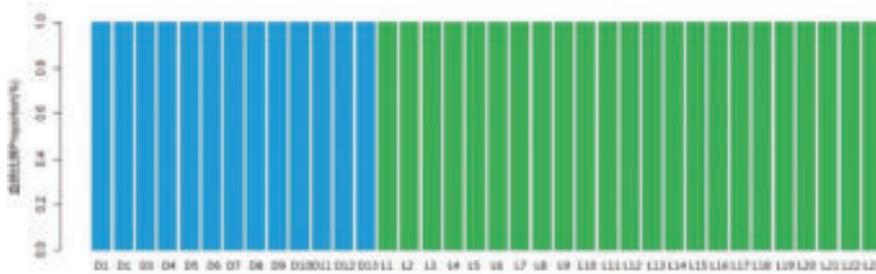
Figure 3. PCA of 36 individuals of *Rh. sinofalconeri*

图 4. 基于 SNP 的遗传结构

Figure 4. Analysis of population structure based on identified SNP

表 1 不同种群宽杯杜鹃遗传多样性度量指标

Table 1 Genetic diversity indexes of *Rh. sinofalconeri* of different groups

来源 Origins	等位基因数 N_a	有效等位基因数 N_e	观测杂合度 H_o	期望杂合度 H_e	多态信息含量 PIC	核苷酸多样性 P_i
A	1.5390	1.3105	0.1894	0.1852	0.1494	0.2065
B	1.5486	1.3112	0.1885	0.1864	0.1507	0.2079
C	1.4543	1.2910	0.1948	0.1709	0.1368	0.2051
A1	1.6825	1.3198	0.1852	0.1961	0.1604	0.2057
B1	1.5839	1.3096	0.1871	0.1877	0.1526	0.2052
C1	1.5811	1.3096	0.1821	0.1876	0.1524	0.2051
平均 Average	1.5649	1.3086	0.1878	0.1856	0.1504	0.2059

表 2 种群间的遗传分化系数和遗传距离表

Table 2 Genetic differentiation coefficient (Fst: above diagonal) and genetic distance (DR: below diagonal) between populations

种群 Population	A	B	C	A1	B1	C1
A	-	0.001700	0.012700	0.194800	0.194100	0.192 000
B	0.001650	-	-0.000200	0.189600	0.189300	0.187500
C	0.012650	-0.000230	-	0.199900	0.201100	0.199100
A1	0.177 000	0.172700	0.181200	-	-0.002 000	0.004900
B1	0.176400	0.172500	0.182200	-0.002 000	-	0.001900
C1	0.174700	0.171 000	0.180500	0.004882	0.001932	-

注：下三角：种群间遗传分化系数 (Fst), 上三角：种群间遗传距离 (DR)

Note: Genetic differentiation coefficient (Fst) between populations is below diagonal, genetic distance (DR) between populations is above diagonal

表 3 种群间的基因流 (Nm) 表

Table 3 Gene flow between populations (Nm)

种群 Population	A	B	C	A1	B1	C1
A	-					
B	151.2652	-				
C	19.5128	-1071.830 0	-			
A1	1.1624	1.1976	1.1297	-		
B1	1.1672	1.1993	1.1221	-125.188 0	-	
C1	1.181 0	1.212 0	1.135 0	50.9585	129.1496	-

而各自种群内的亚种群间分化较低 ($F_{st} < 0.05$) (表 2)。两种群内部各亚种群间基因流丰富 ($N_m > 3$)，两种群间平均基因流 N_m 为 1.1674 (表 3)。

3 讨论

丰富的遗传多样性是物种应对环境变化的基础^[15,16]，本研究发现宽杯杜鹃老君山与大黑山两个种群具有较低的遗传多样性 ($He=0.1856$)。近年研究表明多数杜鹃属植物具有较高的遗传多样性^[17-19]，即使种群中个体数量稀少的物种，如长梗杜鹃与大树杜鹃，其原因可能是许多残存于远距离孤立种群中的濒危植物，它们可能保留了从前祖先广泛连续分布时的基因信息^[20,21]。较低的遗传多样性也见于华顶杜鹃 (*Rh. huadingense*) 与 *Rh. ferrugineum*，生境破碎化致使华顶杜鹃种群规模逐步缩小，从而引起近交衰退，致使其遗传多样性丧失^[22]；

Bruni 等分析发现无性繁殖和近亲繁殖是 *Rh. ferrugineum* 发生遗传漂变的诱因^[23]。宽杯杜鹃较低的遗传多样性与其较小的种群规模且生境遭到严重人为破坏，最终导致生境破碎化和遗传漂变有关。繁育系统通常被认为是影响物种遗传多样性的重要因素之一，自交与异交类型繁育系统在杜鹃属植物中均有记录，且以往的研究表明，杜鹃属植物缺乏典型的自交不亲和系统，表明杜鹃存在复杂的交配系统^[24]。因此，繁育系统可能对宽杯杜鹃遗传多样性具有的重要影响。

遗传结构受多种因素的影响，如繁育系统、遗传漂变、种群大小、种子传播、基因流、进化史和自然选择等^[25]，种群间的遗传分化系数 (F_{st}) 分析表明，36 个个体在大黑山与老君山两种群间分化程度较高 ($F_{st} > 0.15$)，该结果与进化树、主成分分析与种群遗传结构分析结果一致，均表明大黑山

与老君山两宽杯杜鹃种群的遗传距离较远。Hamrick 等认为基因流 (N_m) > 1 可一定程度抵消遗传漂变带来的负面影响^[26]。虽然两种群间平均基因流 (N_m) 为 1.1674，但两种群间呈高度分化 ($F_{st} > 0.15$)，这可能是由于宽杯杜鹃是多年生乔木，现有的基因流可能源于其祖先种群间的遗传交流或者共享祖先种群的某些基因型所致。以往的研究发现，杜鹃属植物种子通过风的散布距离约为 30~80m，而通过昆虫与鸟类传播的杜鹃花粉移动距离通常介于 3~10 km^[27]，但两个宽杯杜鹃种群间较远的距离 (>80km) 使得花粉与种子的传播交流难以实现。长距离地理隔离和特殊的生境在将来会进一步阻碍这些高度隔离的残存种群之间的基因交换，其潜在的负面后果是减少剩余的小种群之间的基因流动和增加遗传漂变的风险^[28]。

就地保护是保护濒危物种的有效

措施^[29]。现存宽杯杜鹃种群的生境在近年来皆受到道路建设等人为破坏的影响,而生物多样性对道路建设等的滞后反应,使得在短期内难以完全认知该干扰的全部影响^[30,31],已有研究发现与杜鹃花根际真菌多样性可能由于人类活动而发生变化^[32]。大黑山种群因盗伐致使种群中仅剩老树与少量幼苗。王书珍等通过 SSR 分析发现映山红 (*Rh. simsii*) 老树与幼苗种群遗传多样性最低,以小树种群多样性最为丰富^[33]。因此,保护宽杯杜鹃的自然生境,将其并入保护区或者建立保护小区应作为优先考虑的策略。基因流是影响物种遗传多样性与遗传分化的关键因素^[34],我们发现宽杯杜鹃 2 个种群间遗传分化程度较高,加之地理隔离使其面临极高的遗传漂变风险。迁地保护是保护野生物种的重要途径,迁地引种时应尽量涵盖不同单倍型 (Haplotype) 和进化显著单元 (Evolutionary significant units, ESUs) 的个体,同时,在回归引种时注意 6 个亚种群间的相互引种,以增加其基因交流和遗传多样性,尽可能抵御遗传漂变产生的负面影响,降低野外灭绝的风险。

参考文献

- [1] Gibbs D, Chamberlain D, Argent G. The red list of rhododendrons[M]. Botanic Gardens Conservation International, 2011.
- [2] Commission S S. Red List Categories and Criteria: Version 3.1., 30[M]. United Kingdom: Gland: IUCN Species Survival Commission, 2001.
- [3] 韩聪, 杨秀梅, 彭绿春, 等. 宽杯杜鹃贮藏花粉特性及其与马缨杜鹃杂交的应用评价[J]. 江西农业学报, 2018, 30(6): 6-11.
- [4] Fu Y, Cheng B, Peterson G W. Genetic diversity analysis of yellow mustard (*Sinapis alba* L.) germplasm based on genotyping by sequencing[J]. Genetic resources and crop evolution, 2014, 61(3): 579-594.
- [5] Gürçan K, Teber S, Ercisli S, et al. Genotyping by sequencing (GBS) in apricots and genetic diversity assessment with GBS-derived single-nucleotide polymorphisms (SNPs)[J]. Biochemical genetics, 2016, 54(6): 854-885.
- [6] Pootakham W, Ruang-Areerate P, Jomchai N, et al. Construction of a high-density integrated genetic linkage map of rubber tree (*Hevea brasiliensis*) using genotyping-by-sequencing (GBS)[J]. Frontiers in plant science, 2015, 6: 367.
- [7] Qi P, Gimode D, Saha D, et al. UGbs-Flex, a novel bioinformatics pipeline for imputation-free SNP discovery in polyploids without a reference genome: finger millet as a case study[J]. BMC plant biology, 2018, 18(1): 117.
- [8] Andrews S. FastQC: a quality control tool for high throughput sequence data[Z]. Babraham Bioinformatics, Babraham Institute, Cambridge, United Kingdom, 2010.
- [9] Catchen J, Hohenlohe P A, Bassham S, et al. Stacks: an analysis tool set for population genomics[J]. Molecular ecology, 2013, 22(11): 3124-3140.
- [10] Gordon A, Hannon G J. Fastx-toolkit[J]. FASTQ/A short-reads preprocessing tools (unpublished) http://hannonlab.cshl.edu/fastx_toolkit, 2010, 5.
- [11] Langdon W B. Performance of genetic programming optimised Bowtie2 on genome comparison and analytic testing (GCAT) benchmarks[J]. BioData mining, 2015, 8(1): 1.
- [12] Danecek P, Auton A, Abecasis G, et al. The variant call format and VCF tools[J]. Bioinformatics, 2011, 27(15): 2156-2158.
- [13] Ruan J, Li H, Chen Z, et al. TreeFam: 2008 update[J]. Nucleic acids research, 2007, 36 (suppl_1): D735-D740.
- [14] Purcell S, Neale B, Todd-Brown K, et al. PLINK: a tool set for whole-genome association and population-based linkage analyses[J]. The American journal of human genetics, 2007, 81(3): 559-575.
- [15] Li M, Chen S, Shi S, et al. High genetic diversity and weak population structure of *Rhododendron jinggangshanicum*, a threatened endemic species in Mount Jinggangshan of China[J]. Biochemical systematics and ecology, 2015, 58: 178-186.
- [16] Wang X, Zhao W, Li L, et al. Clonal plasticity and diversity facilitates the adaptation of *Rhododendron aureum* Georgi to alpine environment[J]. PLoS one, 2018, 13(5): e197089.
- [17] Wang S, Jin Z, Luo Y, et al. Genetic diversity and population structure of *Rhododendron simsii* (Ericaceae) as revealed by microsatellite markers[J]. Nordic Journal of Botany, 2019, 37(4).
- [18] Wu F Q, Shen S K, Zhang X J, et al. Genetic diversity and population structure of an extremely endangered species: the world's largest *Rhododendron*[J]. AoB Plants, 2015, 7.
- [19] Xu J J, Zhang L Y, Zhao B, et al. Assessment of genetic diversity among six populations of *Rhododendron triflorum* in Tibet using ISSR and AFLP markers[J]. South African Journal of Botany, 2017, 108: 175-183.
- [20] 李太强. 极小种群野生植物长梗杜鹃的保护生物学研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2018.
- [21] Wu F, Shen S, Zhang X, et al. Inferences of genetic structure and demographic history of *Rhododendron protistum* var. *giganteum*—The world's largest *Rhododendron* using microsatellite markers[J]. Flora, 2017, 233: 1-6.
- [22] 陈珍慧. 珍稀特有植物华顶杜鹃的种群特征和保护遗传学研究[D]. 杭州: 杭州师范大学, 2016.
- [23] Ilaria Bruni, Mattia F D, Massimo Labra, et al. Genetic variability of relict *Rhododendron ferrugineum* L. populations in the Northern Apennines with some inferences for a conservation strategy[J]. Plant Biosystems, 2013, 1(146): 24-32.
- [24] Ma Y P, Wu Z K, Dong K, et al. Pollination biology of *Rhododendron cyanocarpum* (Ericaceae): An alpine species endemic to NW Yunnan, China[J]. Journal of Systematics and Evolution, 2015, 53(1): 63-71.
- [25] Hamrick J L, Godt M J W. Plant population genetics, breeding, and genetic resources. [J]. Sunderland, 1990: 43-63.
- [26] Hamrick J L, Godt M J W, Sherman-broyles S L. Gene flow among plant populations: evidence from genetic markers [J]. Experimental and molecular approaches to plant biosystematics, 1995: 215-232.
- [27] Sai N G, Corlett R T. Genetic variation and structure in six *Rhododendron* species (Ericaceae) with contrasting local distribution patterns in Hong Kong, China[J]. Molecular ecology, 2000, 9(7): 959-969.
- [28] Angeloni F, Ouborg N J, Leimu R. Meta-analysis on the association of population size and life history with inbreeding depression in plants[J]. Biological Conservation, 2011, 144(1): 35-43.
- [29] Shen S K, Wang Y H, Wang B Y, et al. Distribution, stand characteristics and habitat of a critically endangered plant *Euryodendron excelsum* H. T. Chang (Theaceae): implications for conservation[J]. Plant Species Biology, 2009, 24(2): 133-138.
- [30] Findlay C S, Bourdages J. Response Time of Wetland Biodiversity to Road Construction on Adjacent Lands[J]. Conservation Biology, 2000, 14(1): 86-94.
- [31] Essl F, Dullinger S, Rabitsch W, et al. Delayed biodiversity change: no time to waste[J]. Trends in Ecology & Evolution, 2015, 30(7): 375-378.
- [32] Zhang Y, Ni J, Tang F, et al. The effects of different human disturbance regimes on root fungal diversity of *Rhododendron ovatum* in subtropical forests of China[J]. Canadian Journal of Forest Research, 2017, 47(5): 659-666.
- [33] 王书珍, 张霖, 杨雯, 等. 大别山不同龄级映山红种群遗传多样性的 SSR 分析[J]. 林业科学研究, 2018, 31(5): 125-130.
- [34] Setoguchi H, Mitsui Y, Ikeda H, et al. Genetic structure of the critically endangered plant *Tricyrtis ishiiiana* (Convallariaceae) in relict populations of Japan[J]. Conservation Genetics, 2011, 12(2): 491-501.

极危物种保亭花的研究进展、 种群现状和迁地保护

周祺越 李攀
(浙江大学)

保亭花 (*Wenchengia alternifolia* C.Y. Wu & S. Chow) 是吴征镒和周铨于 1965 年根据 20 世纪 30 年代采自海南岛的 2 份标本 (侯宽昭 73689、刘心祈 28220, 其中侯宽昭 73689 为 holotype, 存放于中国科学院华南植物园标本馆 IBSC) 发表的新属新种 (吴征镒和周铨, 1965)。保亭花茎圆, 中实; 叶互生; 花于当年生枝端螺旋状排列成顶生总状花序; 花萼漏斗形, 19 脉, 5 齿, 下面 2 齿特宽大; 花冠粉红色, 斜管状种形, 冠檐二唇形, 上唇小, 2 裂, 下唇 3 裂; 雄蕊 4, 后对较长, 花药 2 室, 药室成钝角极叉开; 花柱近顶生; 花托盘状, 中央具喙状突起, 无花盘; 子房顶浅 4 裂; 小坚果倒卵形, 背腹压扁, 具侧腹的合生面, 其长为果长 1/3, 具珠柄丝穿孔, 外果皮薄, 外面 5 纵肋, 顶部有瘤状突起及单毛; 其茎、叶、花序等特征为唇形科现存其他亚科所不具有的原始性状, 而花萼、花托、果柄等特征则在现存唇形科植物中不曾发现, 因此吴征镒和周铨将其划入新亚科——保亭花亚科 (*Wenchengioideae*), 并认为其与黄芩亚科 (*Scutellarioideae*) 较为近缘 (吴征镒和周铨, 1965)。1993 年, 吴征镒院士鉴定出哈佛大学标本馆 (HUH) 的 2 份保亭花标本——How 73698 和 Lau 28220, 正是吴征镒和周铨 (1965) 发表保亭花时所引用 2 份标本的副份标本。Cantino 和 Abu-Asab (1993) 以此开展进一步研

究, 增加了花粉外壁超微结构和叶表皮解剖学分析, 但仍未能解决保亭花属的系统位置。Ryding (1996) 从果皮解剖学的角度分析, 亦将其处理为唇形科中系统位置未定的类群。值得注意的是, 自哈佛大学标本馆发现的两份标本之后, 在欧美及中国各大标本馆和野外都没有再发现保亭花的记录, 因此 Harley 等 (2004) 推测保亭花可能已经灭绝, 研究工作也一度停滞。

幸而李波及其研究组成员在多次前往海南岛进行调查与寻找后, 终于在 2010 年于万宁市南林农场双溪姆重新发现了 1 个保亭花的小种群, 共发现 66 株——繁育植株 45 株、非繁育植株 14 株以及 7 株幼

苗, 并根据 IUCN Redlist Categories and Criteria v 3.1 将该物种列为极危 (Critically Endangered, CR) 物种 (Li et al., 2014)。随后他们基于分子系统学分析和形态学证据, 基本确定保亭花属是黄芩亚科的基部类群, 与其余属所在分支互为姊妹类群 (Li et al., 2012)。之后, Paton (2016) 在法国国家自然博物馆 (P) 和英国皇家植物园 (邱园) 标本馆 (K) 中亦发现了保亭花在越南的 3 个采集。最近, 向春雷团队基于叶绿体全基因组序列的黄芩亚科系统发育分析也证实了保亭花属的系统发育地位 (Zhao et al., 2020)。

2019 年 11 月, 浙江大学李攀及

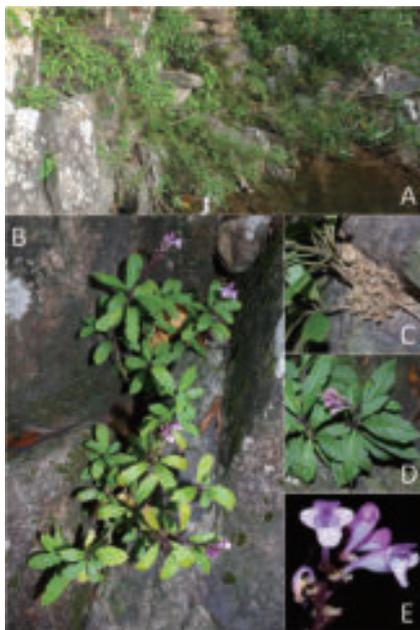


图 1. 保亭花万宁双溪姆种群: A. 生境; B. 植株; C. 茎; D. 叶; E. 花



图 2. 保亭花定安母瑞山种群: A. 生境; B. 植株; C. 茎; D. 叶; E. 花

其团队对海南岛的2个保亭花现存种群（万宁市南林农场双溪姆、定安县中瑞农场母瑞山）再次进行调查。2个种群均生长于海拔约140米的溪谷中，除溪谷中仅存的自然植被外，周围已全部开发为槟榔和橡胶树种植园。其中，万宁双溪姆种群共计有植株164株，生长在河岸岩石石缝中或岩石上（图1A），明显呈株状，环境相对干燥，生长相对艰难，有些植株叶片稍萎蔫；定安母瑞山种群约有植株144丛，生长于潮湿的河岸岩石上（图2A），几乎所有植株都生长旺盛，茎上多生有不定根，常呈丛状或片状，可见环境条件比较优越、适宜。2个种群在形态上亦有一些差异，万宁双溪姆（图1）vs. 定安母瑞山（图2）：叶绿色或黄绿色，叶脉无白纹 vs. 叶

墨绿色，叶脉有白纹；花粉红色或偶有全白色，较小 vs. 花白色但外面染有粉色，较大。目前尚不清楚这些差异是由环境差异所造成的，还是由遗传差异所造成的。

迁地保护对于保亭花这一失踪近60年的极度濒危植物具有重要意义。2010年，李波及其团队在海南岛重新发现保亭花并成功迁至华南植物园（http://www.scib.ac.cn/kycg/kyjz_1/201011/t20101125_3032052.html）。2019年，李攀及其团队又将保亭花的两个国产种群分别引种至上海辰山植物园（图3）、杭州植物园、兴隆热带药用植物园和中国农业部儋州热带药用植物种质资源圃，增加了迁地保护数量，也有利于研究交流。同时，李攀及其团队对保亭花2个种群的组织培养均

获成功（图4）。以上举措为保亭花的资源保护和开发利用奠定了基础，也为进一步繁殖和扩大种群以及将来的野外回归提供了可能。

参考文献

- [1] Cantino P D, Abu - Asab M S. A new look at the enigmatic genus *Wenchengia* (Labiatae). *Taxon*, 1993, 42: 339-344.
- [2] Harley R M, Atkins S, Budantsev A L, et al. Families and Genera of Flowering Plants VII Lamiales. Springer, 2004, 478 pp.
- [3] Li B, Xu W, Tu T, et al. Phylogenetic position of *Wenchengia* (Lamiaceae): A taxonomically enigmatic and critically endangered genus. *Taxon*, 2012, 61: 392-401.
- [4] Li B, Zhang Z, Zhang D. Conservation status of the unique population of *Wenchengia alternifolia*, an enigmatic plant endemic to Hainan Island, China. *Oryx*, 2014, 48(3): 354-357.
- [5] Paton A, Phillipson P B, Suddee S. Records of *Wenchengia* (Lamiaceae) from Vietnam. *Biodiversity Data Journal*, 2016, (4): e9596.
- [6] Ryding O. Pericarp structure and phylogenetic position of the genus *Wenchengia* (Lamiaceae). *Bot. Jahrb. Syst*, 1996, 118: 153-158.
- [7] Zhao F, Li B, Drew B T, et al. Leveraging plastomes for comparative analysis and phylogenomic inference within Scutellarioideae (Lamiaceae). *PloS one*, 2020, 15(5): e0232602.
- [8] 吴征镒, 周铨. 唇形科的两个新分类单位. *植物分类学报*, 1965, 10(3): 249-257.



图3. 迁地保护于上海辰山植物园的保亭花植株



图4. 保亭花的组织培养

景东翅子树种子的保护及形态学研究

李慧 李涟漪

(中国西南野生生物种质资源库)

景东翅子树 (*Pterospermum kingtungense* C. Y. Wu ex Hsue) 属梧桐科 (Sterculiaceae) 翅子树属 (*Pterospermum*)，是云南省滇中地区石灰岩山地常绿阔叶林中的特有树种，属国家Ⅱ级重点保护野生植物，被列为世界自然保护联盟 (IUCN) 的极危种 (CR)，并于 2009 年被列入《云南省极小种群物种拯救保护规划纲要和紧急行动计划》。



1. 保护价值

景东翅子树为大径级、优良的用材树种。另外，其树干通直圆满、树形优美，叶形和果实形态较为独特，具有观赏价值，可作为园林绿化树种。此外，该物种还具有药用价值，其树皮可入药，具有清热解毒、祛风湿药的功效，可作为风湿热痹、小儿惊风、肿痛、疮毒和骨折的治疗用药，利用前景广阔。

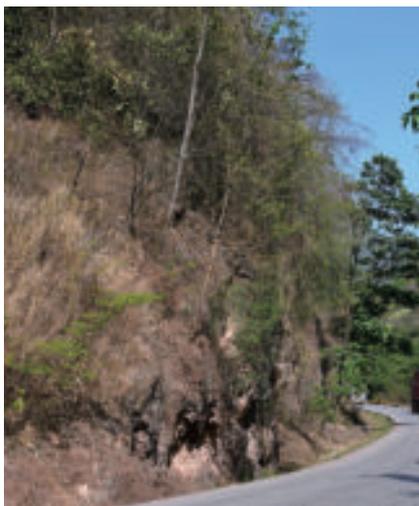


图 1 景东翅子树的生境

2. 保护现状及致危原因

景东翅子树因具有较高的经济价值，遭到了人们的过度采挖和伐木。此外，由于景东翅子树仅分布于云南省景东县，生于海拔 1400~1500 米沟谷杂木林下的石灰岩缝隙中，故分布区域极为狭窄，且种群数量少，加之天然更新极差，生长缓慢，原生生境面积急剧减少，自身生物学特性的原因难以及时适应气候变化等原因，目前正面临灭绝的危险。在加大就地保护力度的同时，采取有效的迁地保护

措施已刻不容缓。

虽然大部分植株已划入相关保护区得到保护，但仍有部分植株散落在外，保护经费和措施难以落实，只能处于自生自灭的状态。其周围被农田、耕地、公路所包围，随时面临因人类活动而可能消失的危险。

3. 种子库保护现状

中国西南野生生物种质资源库是

我国的重大科技基础设施，其 2004 年开始建设，2007 年建成，经过 12 年的快速发展，现已收集保存我国 10285 种 82746 份野生植物种子，成为了国际上有重要影响、亚洲一流的野生生物种质资源保存设施和科学体系，使我国的生物战略资源安全得到了可靠保障。目前，景东翅子树的种子已安全入驻中国西南野生生物种质资源库。

4. 景东翅子树的果实和种子形态学研究

由于种子难于采到，并且缺乏专业的研究人员和设备，因此在我国植物学巨著《中国植物志》中，景东翅子树的果实和种子形态均无叙述，在相关文献资料中，也鲜有描述。现借助中国西南野生生物种质资源库先进的种子研究平台，杜燕、李慧、李涟漪等相关人员对景东翅子树的果实和种子形态进行了深入研究，现描述如下：

●果实的形态结构：

蒴果卵形，具5棱；棕色；长7~8 cm，宽3.5~4 cm；基部具柄，长

1~1.2 cm。果皮木质，外面密被鳞片状星状毛，成熟后成5瓣开裂，内具5室，每室具发育种子2~3粒。

●种子的形态结构：

种子卵形或椭圆形，扁平，腹面平而背面稍凸；长36.52~48.10mm，宽8.57~12.44mm，厚2.17~3.65mm，重0.135~0.227g；褐色；顶端具长卵形或长椭圆形、黄棕色、纸质薄翅，翅长28.16~35.44mm，宽10.68~16.43mm，厚0.08~0.22mm。外种皮壳质，褐色，表面具细网纹。种脐条状；灰白色；位于近基端一侧。内种皮棕色；膜质；紧贴胚乳。胚乳少量，薄层状；白色；角质。胚白色；

蜡质，含油质。子叶2片；宽倒卵形；并合；呈折叠状。胚根长圆柱形，朝向基端。

参考文献

[1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志(第49卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1998.

[2] 杜燕, 杨湘云, 李拓径, 等. 种子方舟: 中国西南野生生物种质资源库[M]. 杭州: 浙江教育出版社, 2015.

[3] 吴兴华, 余昌元. 景东翅子树保护现状及拯救措施[J]. 林业调查规划, 2009, 06: 130-132.

[4] 罗忠华, 谢有能, 卢宗菊, 等. 景东翅子树的居群结构及分布动态研究[J]. 西部林业科学, 2011, 12: 41-47.



图2. 景东翅子树的果实与种子形态照片：A. 野外果实未切开；B. 果实剖面；C. 种子光学显微照片，D. 种子X光照片

极小种群野生植物 ——白脉韭在四川理县的分布调查及研究

赵良成 孙阔 王奥
(北京林业大学)

白脉韭 (*Allium ovalifolium* Hand.-Mazz. var. *leuconeurum* J. M. Xu) 隶属于石蒜科 Amaryllidaceae 葱属 *Allium*, 为多年生草本, 花期 5~6 月, 果期 7~8 月。白脉韭是卵叶韭的一个变种, 该变种与原变种卵叶韭的区别在于其叶脉白色, 内外轮花被片等大, 花丝等于或略长于花被片。白脉韭叶片长卵形, 长 6~12 厘米, 宽 3~6 厘米, 先端渐尖或近短尾状, 基部心形, 具 7~11 条白色的叶脉, 甚为美观, 极具观赏价值。

白脉韭仅零星分布于四川省西北部的理县、马尔康市、金川县、小金县, 生长于海拔 2500~3800 米的山坡林下或林缘。2019 年 5 月和 8 月, 北京林业大学极小种群课题组成员赵良成、王奥、孙阔、刘巧云、杨楠等 5 人分两次前往四川阿坝州理县的米亚罗国家级自然保护区以及保护区外的九架棚对白脉韭进行野外实地调查和种质采集, 采用样方法结合实测法进行调查。

样方一: 位于理县米亚罗国家级自然保护区外的九架棚, 地理位置为东经 102°51'48.86", 北纬 31°33'00", 海拔 2586 米, 坡度为 51°。这是白脉韭一个新的分布点, 土壤类型主要为山地棕壤土, 土层较厚, 植被类型为针阔叶混交林。群落环境较为阴湿, 植物种类丰富, 自然条件较好。乔木层主要有川西云杉 (*Picea balfouriana*)、红桦 (*Betula albosinensis*)、白桦 (*Betula platyphylla*)、山杨 (*Populus*

davidiana) 等, 灌木层物种包括刺叶高山栎 (*Quercus spinosa*)、苦槠木 (*Fraxinus insularis*)、野樱花 (*Prunus serrulata*)、桦叶荚蒾 (*Viburnum betulifolium*)、华蔓茶藨子 (*Ribes fasciculatum*)、角翅卫矛 (*Euonymus cornutus*)、峨眉蔷薇 (*Rosa omeiensis*)、六道木 (*Abelia biflora*) 等, 草本层物种丰富, 有卵叶韭 (*Allium ovalifolium*)、扇叶铁线蕨 (*Adiantum flabellulatum*)、银粉背蕨 (*Aleuritopteris*

argentea)、东亚唐松草 (*Thalictrum minus* var. *hypoleucum*)、鬼灯檠 (*Rodgersia aesculifolia*)、托柄菝葜 (*Smilax discotis*)、青绿苔草 (*Carex breviculmis*) 等。白脉韭在群落中呈星散分布, 常与卵叶韭伴生, 但数量较卵叶韭少很多, 此群落中共发现有 30 余株。该处由于位于自然保护区外, 紧邻公路不远, 山下有小型水库, 生境受到一定的干扰, 但由于山坡坡度陡峭, 攀爬困难, 白脉韭基本没有遭



图 1. 九架棚白脉韭生境及植株

到人为破坏，整体生长状况良好。此居群共采集目标物种标本4份，分子样8份，5月调查见到有少数开花，8月见到少量果序，但种子已落，没有收集到种子。

样方二：位于理县米亚罗国家级自然保护区内，地理位置为东经

和基因数量上基本一致，但在 *ndhK* 基因上有较大差异，并且正选择分析显示该基因出现正选择信号。进行高变区分析，发现 *rps2*, *rpoC2*, *psbM*, *trnD-trnE* 四个区域的 *Pi* 值明显高于其他区域，为高变区。同时，基于10属22种近缘植物的叶绿体基因序列，

引种的研究报道尚未见到，我们建议：
(1) 继续开展调查，摸清具体分布地点和种群数量；(2) 对种群较集中的地方建立监测点，开展生境监测和就地保护研究；(3) 开展繁育和引种驯化研究，扩大种群数量；(4) 通过寻找和筛选调控叶脉颜色基因，



图2. 米亚罗国家级自然保护区白脉韭生境及植株

102°44'02.4"，北纬 31°25'59.9"，海拔 2780 米，坡度为 30°。群落类型及生境与样方一相近。白脉韭在群落中也呈星散分布，数量更少，共发现有 8 株。由于位于自然保护区深处，没有遭到人为影响，受威胁状况小，整体保护良好。此居群共采集标本 1 份，分子样 2 份，未见花和果实。

以往关于白脉韭尚未开展专门的研究，在采集到分子样后，我们利用 Illumina 高通量测序技术分别对对白脉韭及其原变种卵叶韭的 DNA 进行了测序，以太白韭 *Allium pratti* 叶绿体基因组为参考序列，进行组装和拼接，得到白脉韭叶绿体基因组全长为 153,635bp，GC 总含量为 37.0%。其中大单拷贝区 (LSC) 为 82,693bp，GC 含量为 34.9%。小单拷贝区 (SSC) 为 17,932bp，GC 含量为 30.0%。两个反向重复区 (IRa、IRb) 为 26,505bp，GC 含量为 42.7%。成功注释到 132 个基因，其中包括 86 个蛋白编码基因、8 个 rRNA 基因和 38 个 tRNA 基因。与卵叶韭叶绿体基因组进行比较发现，二者在整体 GC 含量

通过构建系统树分析了白脉韭的系统位置以及葱属在百合科和石蒜科中的系统发育关系。

通过本次调查，我们发现：白脉韭为小草本，数量稀少，在阴湿的密林中零星分布，不容易被发现和找到。前人所采标本多数采集记录年代久远，采集地点的信息缺乏或已变迁，增加了调查难度。另外，两次调查分别为花期和果实后期，均没有采到种子。目前，针对白脉韭的保护和

进一步开展白脉韭叶色突变调控机理研究，为今后对其观赏价值的开发利用提供理论基础。

参考文献：

Sun K, He J, Xiang Q H, et al. The complete chloroplast genome of *Allium ovalifolium* var. *leuconeurum*, an endemic plant in Southwest China. Mitochondrial DNA Part B, 2019, 4: 1681-1682.

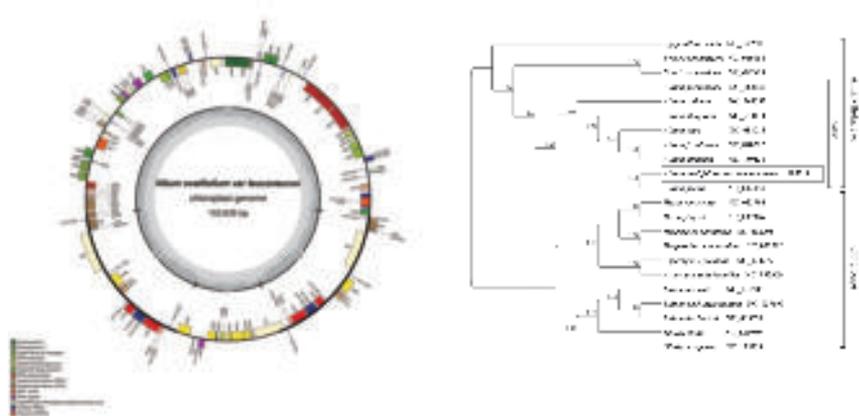


图3. 白脉韭叶绿体基因组结构及系统树构建

极小种群野生植物龙棕的保护遗传学研究

李萍 周雄丽 严璧君 丁礼梅 张丽芹 王跃华¹ 申仕康²

(云南大学生态与环境学院)

龙棕 (*Trachycarpus nanus*) 是棕榈科棕榈属植物, 雌雄异株, 灌木状, 无地上茎, 叶片簇生于地面, 主要通过种子繁殖, 花期 4 月, 果期 10~11 月, 目前其仅分布于我国云南西部至西北部的大理、楚雄等地。龙棕是国家 II 级重点保护野生植物和极小种群野生植物, 同时也被《世界自然保护联盟濒危物种红皮名录》(IUCN) 收录为濒危植物。2017~2019 年期间, 课题组在国家科技部科技基础资源调查专项——“中国西南地区极小种群野生植物资源调查与种质保存”(项目资助号: 2017FY100100) 的资助下, 系统地开展了西南地区龙棕野生种质资源的分布、种群大小、群落特征、自然更新与干扰现状等, 野外调查表明, 龙棕主要分布于海拔 2000 m 到 2500 m 的西南山地, 其群落内伴生植物主要有云南松 *Pinus yunnanensis*、灰背栎 *Quercus senescens*、高山栲 *Castanopsis delavayi*、厚皮香 *Ternstroemia gymnanthera*、马缨杜鹃 *Rhododendron delavayi*、麦冬 *Ophiopogon japonicus*、鼠曲草 *Pseudognaphalium affine* 等; 群落郁闭度介于 0.5~0.7 之间, 盖度介于 52%~75% 之间, 郁闭度和盖度均为中等水平。龙棕为群落中的优势种, 建群种为云南松、高山栲、灰背栎等高大的乔木和灌木。同时, 在此基础上, 通过野外居群采样, 通过 SSR 分子标记技术开展了龙棕的保护遗传学研究, 从而为探明极小种群野生植物龙棕的濒危机制与种质保护提供了科学依据。

利用 7 对 SSR 微卫星引物对龙棕 6 个居群 120 个个体的遗传多样性水平、遗传结构与居群历史动态进行了研

究, 结果表明: 7 个 SSR 位点共检测到 58 个等位基因 (N_t), 平均每个位点有 8.286 个等位基因。龙棕物种水平上的遗传多样性水平较低 ($N_a=3.571$, $N_e=2.053$, $N_p=7.833$, $R_a=3.540$, $H_o=0.129$, $H_e=0.338$) (表 1), 近交系数 F_{IS} 较高 ($F_{IS}=0.633$), 居群内存在较明显的近交现象。遗传变异主要存在于居群内 (76.99%), 居群间遗传分化明显 ($F_{ST}=0.23$, $P < 0.001$)。PCoA 分析和 UPGMA 聚类分析均将 6 个龙棕居群分为明显的两组, 即居群 DZS 独立为一组, 其他居群 (HDZ、MDZ、YJA、LJS 和 JZS) 为一组。当 $K=3$ 时, Structure 聚类显示最佳分组, 龙棕居群被分为 3 组, 即居群 DZS 和 JZS 为一组, 居群 JZS 为一组, 居群 HDZ、MDZ 和 YJA 为一组。Mantel test 分析结果显示龙棕遗传距离与地理距离无明显相关性 ($P > 0.05$)。龙棕各居群间历史基因流和近代基因流都较低, 各居群近期也均未经历瓶颈效应。

综上研究结果, 提出尽管目前龙棕具有较大的种群数量, 但是种群局限于狭域的山地范围内分布, 且现存种群均受外界高强度的人为干扰, 种群遗传多样性低, 因此, 龙棕种群仍然亟待有效保护, 课题组提出了加强对龙棕现存野生种群及生境的保护、进行龙棕迁地保护的研究与实践等保护策略, 同时, 鉴于棕榈科植物在世界范围内的园艺观赏价值和经济价值, 且龙棕亦具有极高的园艺价值, 建议尝试对龙棕进行引种栽培和开发利用的研究, 从而实现对其有效保护和合理利用的可持续种质资源保存。

1 基金项目: 中国西南地区极小种群野生植物资源调查与种质保存 (2017FY100100)

2 通讯作者: 王跃华, 博士/教授, E-mail: wangyh58212@126.com; 申仕康, 博士/教授, E-mail: ssk168@ynu.edu.cn

表 1 龙棕居群水平的遗传多样性

Table 1 Genetic diversity within populations of *Trachycarpus nanus*

Populations	N_p	N_a	N_e	I	H_o	H_e	UH_e	PPB(%)	R_a	F_{IS}
HDZ	3	4.143	2.344	0.770	0.193	0.387	0.397	100.00	4.085	0.52
MDZ	0	3.429	2.035	0.574	0.114	0.270	0.277	85.71	3.406	0.594
YJA	20	3.714	1.850	0.680	0.150	0.360	0.369	100.00	3.664	0.6
DZS	20	4.000	1.981	0.779	0.093	0.391	0.401	85.71	3.963	0.773
LJS	3	3.143	2.260	0.582	0.107	0.281	0.288	85.71	3.135	0.634
JZS	1	3.000	1.848	0.632	0.114	0.341	0.350	85.71	2.985	0.679
Mean	7.833	3.571	2.053	0.670	0.129	0.338	0.347	90.48	3.540	0.633

注: N_p -私有等位基因; N_a -平均等位基因数; N_e -有效等位基因数; I -Shannon's 信息指数; H_o -观测杂合度; H_e -期望杂合度; UH_e -无偏杂合度; PPB -多态位点百分数; R_a -稀有等位基因数; F_{IS} -固定指数.

Note: N_p , No. of Private Alleles; N_a , the mean number of Alleles; N_e , No. of Effective Alleles; I , Shannon's Information Index; H_o , Observed Heterozygosity; H_e , Expected Heterozygosity; UH_e , Nei's unbiased heterozygosity; %P, Percentage of Polymorphic Loci; R_a , Rarefied allelic richness; F_{IS} , Fixation Index.

对蒜头果根部半寄生特性缺乏了解是蒜头果造林的一个重要限制因素

李悦^{1,2} 李云驹³ 毛平⁴ 李爱荣^{1*}

(1 中国科学院昆明植物研究所, 云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室; 2 中国科学院大学; 3 云南磷化集团有限责任公司国家磷资源开发利用工程技术研究中心; 4 广南县林业和草原局; * 通讯作者: airongli@mail.kib.ac.cn)

蒜头果 (*Malania oleifera* Chun et Lee) 又名山桐果、马兰后, 为铁青树科 (Olacaceae) 蒜头果属 (*Malania*) 常绿乔木 (图 1A), 是我国特有的单种属植物。蒜头果分布狭域, 仅零星分布于云南东南部和广西西部的喀斯特地区。蒜头果具有较高的利用价值。其种仁富含油脂 (高达 60% 以上), 是提取神经酸和合成麝香酮的重要原料, 果内含有的毒蛋白具有良好的抗肿瘤活性。此外, 蒜头果在石灰岩山地自然分布, 适应能力强, 是喀斯特地区生态恢复和石漠化治理的优良树种。

由于生境扰动和过度开发, 蒜头果的野外资源十分有限。在 IUCN 红色名录中被列为易危物种, 是国家二级保护植物, 近期被列为亟待保护的极小种群野生植物。尽管有许多关于蒜头果濒危机制的研究和栽培繁育技术的探讨, 但蒜头果的人工栽培仍然是个难题, 目前尚未成功开发为经济林, 这在很大程度上限制了蒜头果资源的保护和开发利用。

在蒜头果的栽培造林中, 成苗困难是长期困扰林农的一个主要难题。人们多次报道过蒜头果根部会产生大量瘤状物 (图 1B)。这些瘤状物曾经被认为是由于微生物感染而产生的



图 1. 蒜头果植株及其寄生器官: A. 蒜头果具有正常绿色叶片, 地上部无明显寄生形态性状; B. 蒜头果的寄生器官 (吸器) 形成于根部 (白色瘤状物); C. 蒜头果在何首乌根部形成的吸器; D. 蒜头果在清香味木根部形成的吸器; E. 蒜头果吸器的解剖结构: 蒜头果的维管束形成手状结构与寄主植物的维管束紧密连接, 从中获取养分和水分

结构，对蒜头果生长不利。近期，我们通过野外调查和根系解剖分析，发现蒜头果根部形成的瘤状结构其实是寄生器官（吸器；图 1C&D），这些结构对蒜头果的生长发育至关重要。解剖结构分析结果显示，蒜头果的吸器通过木质桥和寄主植物的维管束相连，但没有韧皮部连接（图 1E）。综合野外观察和吸器解剖分析，我们判定，蒜头果是一种根部半寄生植物。

根部半寄生植物是一类有绿色叶片并具有一定光合能力的寄生植物。它们在根部形成吸器与寄主植物建立维管束连接，依靠从寄主获取部分养分和水分以满足自身生长需要。根部半寄生植物的寄生器官形成于根部，具有较强的隐蔽性。在找到合适寄主建立寄生关系之前，根部半寄生植物均有一个独立生长的阶段，时间因物种不同而存在差异，从数天到数月不等，部分根部半寄生植物甚至可以在没有寄主的条件下独立完成整个生活史。蒜头果的种子较大，储存的

养分可以维持幼苗较长时间的养分供应，使其可以在没有寄主植物的条件下存活。此外，蒜头果有绿色叶片并且枝繁叶茂，从地上植物形态来看与正常绿色植物无任何差异。较长时间的独立存活能力及看似正常的地上植株形态，是导致蒜头果根部半寄生特性被长期忽略的一个主要原因。

由于根部半寄生植物与正常绿色植物的生理生态特性存在较大差异，先前针对正常植物的栽培管护措施不但无法满足蒜头果的生长发育需求，甚至可能有致命伤害。在野外调查过程中我们发现，林农为保障蒜头果幼苗生长，幼苗移栽前对周围的植物进行了比较彻底的清理，并定期除草（图 2）。这种养护模式非常不利于蒜头果幼苗与寄主建立寄生关系。在环境条件允许的情况下，蒜头果幼苗可以独立生长一段时间，随着根系发育，可在较大范围内寻找合适的寄主建立寄生关系，继续生长；但在环境胁迫严重的条件下，未成功建立寄生关系

的蒜头果幼苗相对于寄生成功的幼苗更容易遭受胁迫影响，导致生长缓慢甚至死苗。

基于本团队前期对其它根部半寄生植物的研究结果，我们推测虽然蒜头果能在不同科属的多种植物根部形成吸器，但它对寄主植物的选择可能存在一定偏好，且在不同阶段可能需要与不同的寄主建立寄生关系。然而，由于不同根部半寄生植物的养分需求和生理生态特性存在较大的种间差异，若要对蒜头果栽培造林进行科学指导，需针对蒜头果的根部半寄生特性开展系统研究。目前，我们对蒜头果的根部半寄生特性了解还非常有限，蒜头果的寄生关键时期、吸器发生和分化过程、不同寄主植物对蒜头果养分吸收和生长发育的贡献程度均是未解之谜。对这些问题的解析将有助于我们全面了解蒜头果的根部半寄生特性，为这一珍稀资源植物的成功栽培提供理论指导和技术参考。



图 2. 蒜头果养护过程中过度除草是常见误区：A. 过度除草限制了蒜头果幼苗与寄主建立寄生关系；B. 频繁除草和表层松土是蒜头果栽培造林中常见的管理模式

极小种群滇桐首批育苗实验获得成功

杨国平 李剑武

(中国科学院西双版纳热带植物园)

滇桐 *Craigia yunnanensis*, 隶属于椴树科 Tiliaceae 滇桐属 *Craigia* 的高大落叶乔木, 系国家 II 级重点保护野生植物, 已被《中国物种红色名录 (第一卷)》和 IUCN 列为濒危植物。目前, 野生滇桐资源稀少, 天然更新困难, 濒临灭绝。该树种树体高大, 树形优美, 树皮纤维良好, 是山地造林、纤维优良的珍贵树种, 加强保护研究开发利用, 具有重要的生态意义和经济意义。

2005 年, 云南省在全国率先提出和倡议“极小种群”保护, 2008 年后又率先在全国启动了极小种群野生植物拯救优先保护行动, 并陆续编制了《云南省生物多样性保护工程规划 (2007—2020 年)》、《云南省极小种群物种拯救保护规划纲要》、《云南省极小种群物种拯救保护紧急行动计划》、《云南北极小种群野生植物拯救保护工程实施方案》等, 明确了保护目标、重点和拯救保护措施, 成为实施生物多样性保护工程的亮点。

作为国家重点保护和挽救的濒危植物之一的滇桐, 其分布区域狭窄, 数量不多, 加之植被不断受到破坏, 生存受到威胁。为积极拯救保护滇桐, 西双版纳热带植物园科技工作者, 进行了滇桐的科学实验。

1. 观测和种子收集

2019 年 5 月至 11 月, 我们对分布在墨江县景星乡一株滇桐进行物候观测。根据观测, 其开花量小、结实

率低, 成熟种子非常少, 可能是该株树龄大 (500 年左右) 加之近几年较为干旱的原因所致。2019 年 12 月至 2020 年 1 月种子采集, 因该株树体高大 (胸径 251 cm、树高 35 m), 无法攀爬采集种子, 只能在树下铺垫 10 m² 薄膜收集和树下空地收集种子, 共收集到种子 113 粒。

倍浓度的高锰酸钾溶液浸泡 20 min, 后用清水漂洗净, 待播种。

3. 苗床选择与播种

为方便管理, 地点选择在景东亚热带植物园大棚内育苗沙池。苗池长 5m × 0.8m × 0.6m, 选用粒径 0.25~0.35mm 河沙作为基质, 播种长度则根据种子



图 1. 滇桐种子

2. 种子处理

滇桐的果实采回后, 去掉膜质果翅, 将种子用清水浸泡 3 h, 再用 500

多少调整。用 400 倍浓度的多菌灵溶液进行沙池消毒, 2020 年 1 月 23 日将处理好的滇桐种子均匀点播于苗床上, 种子点播后再盖上 1cm 河沙, 浇

水使其保持湿润，2020年3月1日（38d）开始发芽，发芽率71.1%。

4. 移植

营养土配制，即红土、珍珠岩、草炭土拌均匀（8:1:1），装入20×20cm营养袋，待移栽苗木用。幼苗在苗床上长出2~3片真叶即可移至装有红土的营养袋中，移栽时应小心地起幼苗，尽量避免伤害到根系。栽培时在育苗袋中锥出一个穴孔，深度根据幼苗根的长度确定，略比根长

即可，将幼苗根部放入锥好的穴孔中，根部尽量不受挤压，要做到根正苗舒。幼苗放好后，将土回进孔穴中，用手指轻轻按压至幼苗稳固，浇透水即可。

5. 苗期管理

每天的早上或晚给幼苗浇一次水（根据营养袋湿度决定），保证营养袋潮湿，同时按照“除早、除小、除了”的原则除去杂草，以利于小苗快速生长。苗木生长至12cm后，用40%（N20:P10:K10）复合肥按每个营养

袋/株的边缘施放2g追肥，能有效促进幼苗的生长。滇桐幼苗极易受虫害威胁，保持育苗地干净、卫生，每隔15d，用80%敌敌畏乳油1000倍液和50%辛硫磷溶液乳油2000倍液喷雾，喷洒农药时尽量不留死角，定期观察幼苗生长状况。

首批滇桐育苗试验获得了成功，待苗木长到一定高度，将进行苗木的野外回归试验，中国科学院西双版纳热带植物园对滇桐的保护迈出了第一步。



图2. 滇桐袋苗

极小种群野生植物蒜头果 在广南县的鼠害防治技术

毛平 张小安
(广南县林业和草原局)

蒜头果(*Malania oleifera* Chun et S. Lee ex S. Lee)为铁青树科(Olacaceae)蒜头果属(*Malania*)的寡种属植物,主要分布于云南广南、富宁两县及广西西部与西南部。1991年,蒜头果被列入《中国植物红皮书》;1999年,被列为《国家重点保护野生植物名录(第一批)》中的国家二级重点保护植物;2010年,被列为《云南省极小种群物种拯救保护纲要及紧急行动计划》亟需保护的62个极小种群野生植物之一;2017年,在《中国高等植物受威胁名录》中被评估为“易危”(Vulnerable)。

在野生或人工种植的生长过程中,蒜头果会遭到不同程度的破坏,其中,动物取食对蒜头果危害的最大。

一、主要害兽

蒜头果在广南县主要受到鼠害的侵袭,具体表现为松鼠或树鼩取食种子和幼苗。松鼠(*Sciurus vulgaris*)分布范围较广,在整个寒温带森林地区都能见到,除了在大洋洲外,全世界都有分布。树鼩(*Tupaia belangeri*)主要分布在东南亚各国,主要生活于热带和亚热带森林、灌丛及村落附近。松鼠主要在树上活动,吃蒜头果的鲜果及种仁;树鼩主要在树下活动,取食出土部分的嫩芽及根茎的膨大部分。

二、危害时间和范围

I. 松鼠的危害:蒜头果鲜果即将

成熟至成熟期自然落地的两个月间,即松鼠取食一般发生在当年的8月下旬到10月下旬。而种子即使在其他季节播种,松鼠也会少量取食埋藏于地下的种子。

II. 树鼩的危害:主要发生于蒜头果幼苗出土后的两个月,即5月下旬

树鼩对蒜头果的危害表现于啃食幼苗期根茎膨大部分。有野生资源分布的地方,大面积种植蒜头果,种子出土到苗木第一次木质化之前,幼苗根茎的膨大部分被树鼩啃食后,都造成了毁灭性的破坏(表1和图1)。

2017年2月,在广南县珠琳镇薄

表1 部分地区种植的蒜头果的萌芽率及啃食率

种植时间	地点	面积(亩)	萌芽率(%)	啃食率(%)
2015年3月	布岷	140	95.00	76.92
2016年1月	布岷	50	90.00	85.68
2017年3月	布岷	200	85.00	91.50
2017年11月	牛泥塘	600	92.75	90.00
2017年6月	牛泥塘	500	94.37	95.25

~7月上旬。

危害区域覆盖了整个广南县有野生蒜头果分布的地点,包括石灰岩山地。

三、危害程度

松鼠对蒜头果的危害,主要表现为啃食即将成熟或已经成熟的果实。有蒜头果野生资源分布的地方,如果资源较少,松鼠会取食树上60%~70%的鲜果;如果野生资源较多、结实量也多的区域,依然有30%~40%的鲜果会被松鼠取食或啃食掉落到树下。在有野生资源分布的区域种植蒜头果种子,如果种植地点是林下或灌丛,种下的蒜头果会被取食40%~50%;如果种植地点杂草丛生,则取食现象比较严重,达70%~80%。

竹箐种植了蒜头果400多亩(每亩种植42粒至56粒种子),在坝美镇西松、者烈、弄同、革南等地的茶叶地、杉木地和行道树旁套种蒜头果共200余亩;2018年1月,在坝美镇未康茶叶地套种蒜头果15亩,在者烈套种6亩;2019年11月,在坝美镇者烈种植103亩,在珠琳镇以兔种植20亩,至2020年4月下旬,已经有15%左右的蒜头果幼苗出土生长。以上种植基地,由于没有野生蒜头果的分布,从播种到种子萌发后的生长过程中,没有出现松鼠和树鼩造成的危害。

四、危害机制

松鼠主要在树上活动。未成熟的鲜果大量被松鼠采食,或在采食过

程中遭到破坏,造成有效种源急剧减少;播种后的取食行为,造成出苗率和幼苗的保存率比较低,造林投资成本加大。查阅文献和实地观察表明,松鼠的食物以果实和种子为主,由于需要过冬,需要补充脂肪。而蒜头果属于木本油料,种子含油量较高,鲜果快要成熟时,已经是立秋前后,松鼠会储存蒜头果的种子作为过冬的食物(松鼠搬运种子能力较强,一旦它忘记了先前储存的种子,蒜头果幼苗就出现在即使未有大树分布的地方,即松鼠帮助了蒜头果种子传播)。

树鼯的主要危害在于幼苗出土后毁灭性的破坏。它造成幼苗的保存率比较低,造林成效比较差,加重造林的投资成本,延缓树木的收成时间。食物链严重断裂是树鼯危害蒜头果的主要原因。第一,绝大多数农地(山地)以前都栽种了粮食作物,现在这些土地要么退耕还林,要么丢荒;其次,这些土地及周围区域野生植物种类较少,发生鼠害的季节,基本没有野果可供树鼯食用;第三,生态环境改善,人类活动减少,缺少天敌的情况下,树鼯数量急剧增长,在食物短缺的季节,树鼯会取食任何可以作为食物的植物,如蒜头果、杉木等的幼苗。

由此可知,蒜头果发生鼠害的地方主要发生于有野生蒜头果分布的区

域,松鼠会取食蒜头果的果实、种子,树鼯啃食幼苗根茎处的膨大部分;而在没有野生蒜头果分布的区域,人工种植的蒜头果并没有出现上述危害现象。

五、预防和治理

1、尽量在没有野生蒜头果分布的地方人工种植蒜头果。如珠琳镇薄竹箐,当地没有野生蒜头果,该村30户农户种植蒜头果种子共700余亩,2017~2018年两年间,都没有发生树鼯或松鼠的危害。即使算上其它病虫害造成的损失,该村蒜头果保存率平均仍然达到70%左右。

2、在茶叶地、水果地、道路边等人为活动频繁的地块种植蒜头果。这些人类活动频繁的地方,松鼠和树鼯数量较少。

3、培育幼苗成长至一定的阶段,特别是幼苗第一次木质化以后,可以避开了树鼯危害幼苗的季节,同时也减少了幼苗对树鼯的吸引力,降低了种植幼苗时的损失。曙光乡牛泥塘、芭蕉冲等三个村小组于2018年8月种植了蒜头果8000多株,当时幼苗已木质化,树鼯的破坏减少了90%以上。而布岷村小、庄科两个村小组18农户于2018年6月再次播下蒜头果种子350斤,但树鼯的破坏率仍高达85%以上;7月起,选用蒜头果幼苗补种10000多棵,即使算上病虫害及

管理方式不恰当造成的损失,苗木存活率仍达到了85%以上,树鼯的危害不到0.5%。2018年7月至2019年1月,广南县的曙光、南岷、珠街、坝美等7个村小组、30多个地点种植蒜头果幼苗近2万棵,树鼯的危害不足0.5%。

4、林地清理放置一段时间后,再清除杂草,种植蒜头果可减少损失。珠琳镇以兔村播种的蒜头果没有遭受大面积破坏,除了当地没有野生蒜头果之外,也与清山后放置一段时间、播种前清除杂草有关,种下后没有出现树鼯或松鼠危害幼苗的现象。2018年3月,布岷村小组2农户使用农药除草后种植小苗,树鼯的危害也降低了70%以上。

综上所述,在蒜头果种植过程中,都可以起到有效预防或减少松鼠和树鼯危害的作用。在有野生蒜头果分布的地方,最好是人工培育幼苗,并在幼苗第一次木质化以后种植,同时种植前清理杂草,这是蒜头果大面积种植一次性成功的根本保证;而如果采用种子造林,最好是选择没有野生蒜头果分布的地点进行播种。

参考文献:

- 赖家业. 珍稀植物蒜头果保护生物学研究[D]. 四川成都: 四川大学, 2006.
- 赖家业, 石海明, 潘春柳, 等. 珍稀濒危植物蒜头果传粉生物学研究[J]. 北京林业大学学报, 2008, 5(2): 59-64.
- 梁月芳. 蒜头果的濒危原因研究及挽救对策[D]. 广西南宁: 广西大学, 2001.
- 梁月芳, 吴曙光, 黎向东. 蒜头果的濒危原因研究[J]. 广西植物, 2003, 23(5): 404-407.
- 陆树刚. 蒜头果的民间利用[J]. 植物杂志, 1998, (1): 12-13.
- 孙卫邦. 云南省极小种群野生植物保护实践与探索[M]. 云南: 云南科技出版社, 2013, 1-100.
- 王菡莉, 陈福, 徐德兵, 等. 广南县发展蒜头果的意义、优势和建议[J]. 现代园艺, 2019, 4: 1-3.

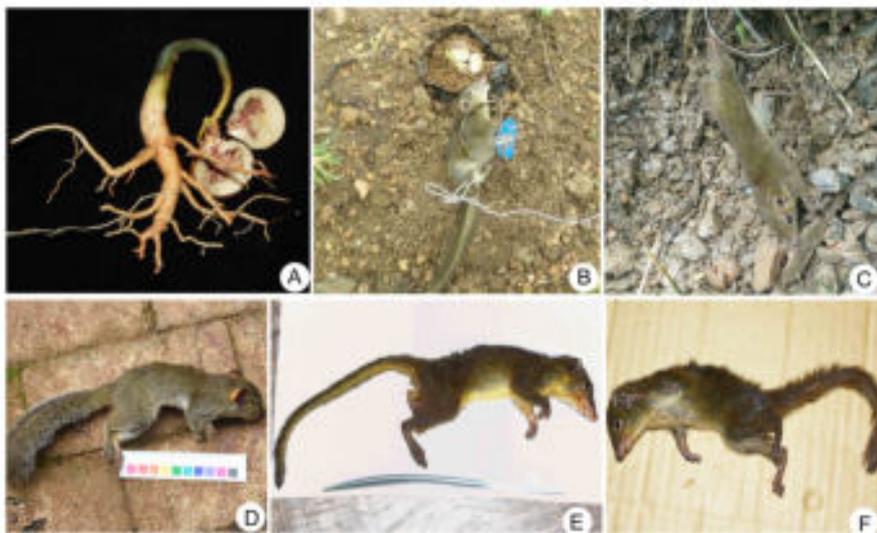


图1. 蒜头果幼苗被动物啃食实验: A. 蒜头果幼苗, B-F. 植食动物(树鼯)

兰科极小种群野生植物传粉与保护虚拟仿真项目的构建与应用

张金菊 李兵 孙士国

(华中师范大学 生命科学学院, 湖北省生物学实验教学示范中心; 国家级生物学虚拟仿真实验教学示范中心, 湖北 武汉 430079)

摘要: 创新性地利用 unity3D、三维数字采集还原、全景摄影、无人机航拍、测绘数字高程模型 (DEM)、计算机仿真等先进信息技术, 将珍稀兰科植物的形态结构、生境选择、传粉策略和保护管理等核心要素进行虚拟仿真, 开发了兰科植物传粉与保护虚拟仿真实验项目。项目呈现手段多样, 设置基础理论及核心操作引导, 在线帮助和讨论环节, 学习的沉浸感、交互性和趣味性强, 激发了学习兴趣, 解决了珍稀濒危植物不易获得、时空因素限制等教学瓶颈问题; 增进了学生对以兰科植物为代表的珍稀濒危植物资源与保护的理解, 为植物学虚拟仿真教学项目提供了良好范例。

关键词: 植物学; 传粉; 保护; 虚拟仿真实验教学

兰科植物种类丰富, 形态美观, 极具观赏价值, 然而大部分兰科植物被列为濒危物种, 是物种保护中的“旗舰”类群。此外, 兰科植物具有独特的传粉特征, 种子往往需要在特定的共生真菌环境下才能生长为成年植株。因此, 从达尔文发表《物种起源》以来, 兰科植物的传粉和保护一直受到全世界植物学家的广泛关注。然而由于传粉观察需要在野外进行, 特别是一些珍稀濒危的植物传粉过程更为独特, 经常遇到材料和观察对象难以获取的情况, 使得珍稀植物传粉生物学的实验教学显得尤为困难。虚拟仿真实验是解决真实实验条件不具备或极端环境等问题的有效手段。为此, 我校生物学国家级虚拟仿真实验教学中心, 以兰科极小种群野生植物为例, 开发了兰科植物传粉与保护虚拟仿真教学项目。该项目促使学生了解以兰科植物为代表的珍稀濒危植物形态特征、传粉对策与生物多样性保护策略, 为今后学习珍稀植物资源、植物保护与管理等课程打好基础, 提高学生

对珍稀濒危植物保护意义的认识, 增强

1 兰科植物传粉与保护虚拟仿真实验项目构建与应用

1.1 虚拟仿真实验资源建设

以珍稀濒危的兰科植物为例, 通过采集其原生生境、植物的形态 (包括花部构成、根茎和叶子形态、开花过程等)、野外生存状态和生活史 (种子库、原地保护、迁地保护、资源开发与利用、种质回归等) 等基础数据及图片、视频等资料, 采用运用 unity3D、三维数字采集还原、超景深显微摄影、全景摄影、无人机航拍、测绘数字高程模型 DEM、计算机仿真技术, 将具有代表性兰科植物的形态结构、传粉与生殖策略、濒危机制与保护措施等方面进行虚拟仿真, 构建了兰科植物传粉与保护虚拟仿真实验项目。

实验方法主要包含兰科植物的形态结构观察、不同属植物之间的比较分析、分类检索、生境的鸟瞰和地面

观察、传粉方式和传粉过程模拟、保护管理措施浏览、以及在线测试等内容。该项目包括形态结构、生境选择、传粉策略、保护管理 4 个模块, 28 个交互性实验步骤, 此外, 还有随堂小知识和在线测试对学生学习效果进行评价 (图 1)。

1.1.1 兰科植物形态结构

任意选取 5 种珍稀濒危兰科植物虚拟标本, 用鼠标拖曳即可进行整体观察、旋转查看、拖曳缩放、分拆复原等虚拟实验操作, 学生可对兰科植

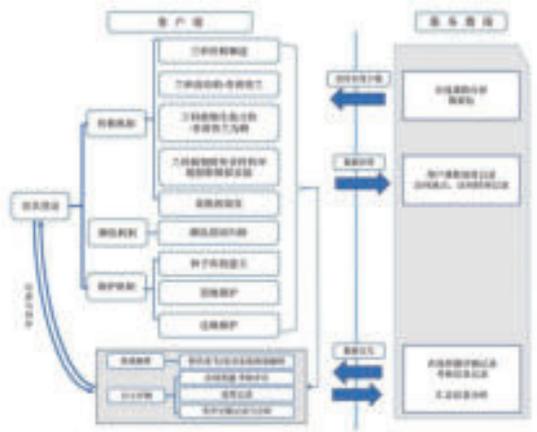


图 1. 兰科植物传粉与保护虚拟仿真实验教学项目构架

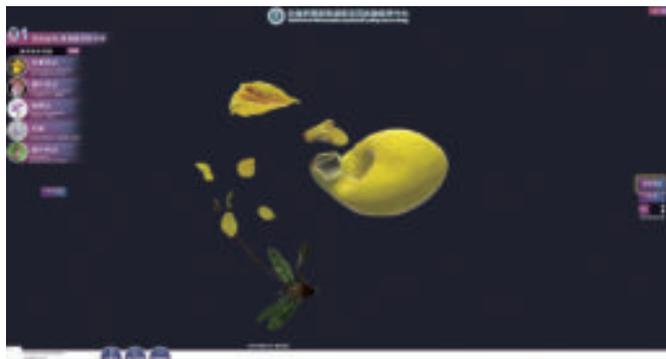
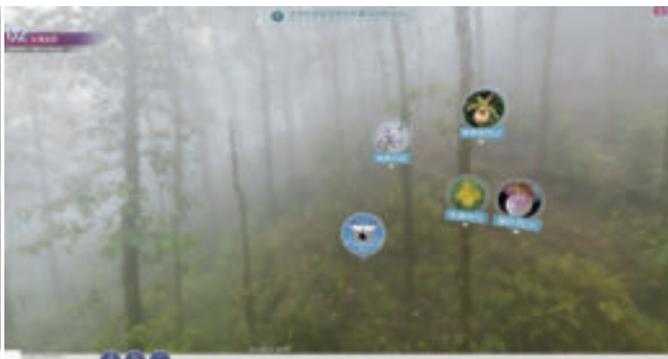
图 2. 杏黄兜兰 *Paphiopedilum armeniacum* 花结构解剖虚拟仿真实验

图 3. 杏黄兜兰等高湿度亚热带生境虚拟仿真实验



图 4. 传粉者找到杏黄兜兰虚拟仿真实验

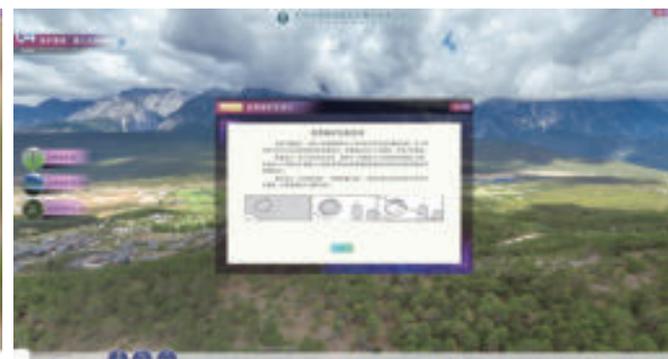


图 5. 原位保护虚拟仿真实验

物的花、茎、叶和种子等器官进行形态与结构学习，掌握兰科植物的形态特点和演化地位。本模块设计 5 个交互性步骤（图 2）。

1.1.2 兰科植物生境选择

为了帮助学生了解兰科植物的主要生境，我们将几种濒危兰科植物生长在高海拔亚热带的区域，定位到中国云南省。该区域有大量兰科植物分布标识，点击标识热点进入到对应的宏观生长环境，鸟瞰兰科植物原生生境，分析植被、坡度、湿度等环境因子的影响，再进入与航拍点对应的 7 个地面观察点，了解不同兰科植物生存条件，如土壤类型、植被郁闭程度、依附植物或共生植物、生长方式等（图 3）。本模块设计 7 个交互性步骤。

1.1.3 兰科植物传粉策略

进入原生生境还原场景，用户化身传粉昆虫，使用鼠标和键盘的 WASD 按键进行方向操作，空格与 C

键进行升降操作，控制传粉昆虫在几种兰花中寻找食物、配偶或者巢穴等，展示泛化食源性欺骗、性欺骗、产卵地欺骗、长喙昆虫等传粉方式，传粉昆虫进入兰科植物的花朵“陷阱”之后，按兰花设计的逃逸路线携带花粉块爬出，然后飞到另一朵兰花，并将花粉块移送到此花柱头上，如出现逃逸失败或昆虫在不同种类的兰花访问时，则判定传粉失败，系统仍然作为有效成绩记录（图 4）。本模块设计 4 个交互性步骤。

1.1.4 兰科植物原位保护和迁地保护

点击兰科植物原位保护选项，浏览兰科植物自然保护区的保护措施、管理方法和效果对比分析。本模块设计 1 个交互性步骤。点击兰科植物迁地保护选项，浏览代表性兰科植物迁地保护的案例，了解迁地保护的一般步骤和实施方法（图 5）。本模块设计 1 个交互性步骤。

1.1.5 随堂小知识

点击随堂小知识选项，系统将自动对学生的实验操作进行归纳总结，既可复习巩固知识点，强化学习效果，也可记录用户使用进度。本模块设计 1 个交互性步骤。

1.1.6 在线测试

虚拟实验完成后，学生在线进行题目测试，将随机从题库中抽取单选题和多选题进行测评，系统自动评定成绩。本模块设计 1 个交互性步骤。

1.2 项目建设实施效果

由于兰科植物分布区域的限制、花期的不可遇和珍稀濒危等因素的限制，传统兰科植物实验教学主要以讲授为主，辅以图片、标本等资料，教学的直观性、互动性和趣味性不够，教学效果不理想。该项目通过对兰科植物形态结构、传粉对策、资源保护等核心要素进行虚拟仿真，突破了珍稀植物实验材料、原生生境和时空等

因素的限制,实现了教学的直观化和互动性,拓展了植物学实验课程关于植物分类、形态适应、传粉策略和资源与保护等教学内容的深度和广度,使原来无法完成的实验内容成为可能,极大地激发了学生的学习兴趣,实现了教学过程从以教师为主体的讲授型向以学生为主体的转变。

1.3 项目开放共享

目前,华中师范大学兰科植物传粉与保护虚拟仿真实验项目面向全校多个专业开放,包括生物科学、生物技术、化学-生物交叉培养班、化学、化学(英才班)、应用化学、心理学、体育教育等。截至2019年,兰科植物传粉与保护虚拟仿真实验项目的用户使用量达到1300人次,学生的满意度为91.23%。此外,该项目已对南京农业大学、东北师范大学等高校免费共享应用,实现兄弟院校的资源共享、共同发展。

2 兰科植物虚拟仿真实验建设效果

“模拟昆虫访花的互动过程是非常有趣的游戏体验,就像置身云南兰花生境中,我们化身为传粉昆虫,利用鼠标和键盘控制方向,随机选择不同路径进行传粉。在模拟有效传粉通道的操作中也发现了实现正常传粉的难度,一下子感受到了兰科濒危的原因,也更懂得保护兰科植物的必要性,保护我们赖以生存的大自然。”这是我校生命科学学院生态学2018级研究生徐琪居家体验《兰科植物传粉与保护虚拟仿真实验项目》的感受。新冠肺炎疫情发生后,生命科学作为典型的实验类学科,为贯彻落实“停课不停学”工作要求,学院党委超前谋划、主动作为,既把疫情看作是对虚拟仿真实验教学的一次大考,也是推动虚拟仿真实验发展的良机,及时调用多年建设的虚拟仿真资源,将沉浸

感、交互式学习作为学院虚拟仿真实验建设方向重点,实现“防疫+教学”的双赢效果。

面对高危实验环境不可及、珍稀生物实验材料不可采、微观瞬时实验过程不可见等实验教学的瓶颈,虚拟仿真较传统实验教学相比,具有明显优势:仿真度高、交互性强、规范性好、灵活性广、共享性高。为拓展实验教学内容广度和深度、延伸实验教学时间和空间、提升实验教学质量,我校生命科学学院遵循“危险实验安全化、微观实验可视化、宏观实验微缩化、昂贵实验经济化”的建设思路,建设国家级生物学虚拟仿真实验教学中心。实验中心与传粉生态学团队强强联合开发的《兰科植物传粉与保护的虚拟仿真实验项目》已成功申报国家级项目,相关建设仍在进行,并致力于建设成为生物科学类虚拟仿真实验建设的典型案例。

3 结语

随着5G技术以及互联网技术的发展,虚拟实验教学作为实验教学的一个重要环节,必将得到快速发展,为提升相关学科的教学质量、培养学生科学素养做出重要贡献。兰科植物传粉和保护虚拟仿真实验项目具有较强的学科前沿性和教学应用性,既提升了实验教学的水平和层次,又加深了学生对生命科学前沿性技术的掌握,也提升了学生实践动手能力和创新创业能力。

附语:在本次疫情期间,响应教育部号召,本实验项目向全国高校免费开放。并且组建了教学及技术服务团队,负责校内外师生在线辅导答疑、实验注册指导和技术支持服务等工作(各项目实验首页面均设有辅导答疑工作QQ群或者二维码)。成立了由校领导牵头的巡课小组,负责协调对外开放过程中出现的问题等。对于完成实验项

目,且成绩合格的学生,可颁发电子学习证书。欢迎访问实验平台(<http://vecb.cnu.edu.cn/virlab/lanhua.html>),并可通过QQ群(607889453)进行咨询和提供您的意见和建议。

参考文献:

- [1] 周琼,黎桦,盛玉萍,等.植物学实验教学改革探讨[J].高教论坛,2003(1): 85-87.
- [2] 教育部.教育部关于一流本科课程建设的实施意见教高〔2019〕8号[EB/OL].(2019-10-24).http://www.gov.cn/xinwen/2019-10/31/content_5447277.htm
- [3] 金效华,向小果,陈彬.怒江河谷低海拔地区残存原生植被中兰科植物多样性[J].生物多样性,2011,19: 120-123.
- [4] 教育部高等教育司.教育部关于开展国家级虚拟仿真实验教学中心建设工作的通知[EB/OL].(2013-08-21)[2019-02-01].http://www.moe.gov.cn/s78/A08/A08_gggs/A08_sjhj/201308/t20130821_156121.html.
- [5] 教育部办公厅.教育部办公厅关于开展2015年国家级虚拟仿真实验教学中心建设工作的通知[EB/OL].(2015/06/04)[2019-02-01].http://www.moe.edu.cn/srcsite/A08/s7945/s7946/201506/t20150618_190671.html.
- [6] 鲁顺保,储榕,杜宏霄,等.植物分类学虚拟仿真实验教学项目在植物学野外实习中的应用[J].教育现代化,2019,13: 103-105, 111.
- [7] 成丹,崔瑾,鲁燕舞,等.生物学野外实习虚拟仿真实训系统构建与应用[J].实验室技术与管理,2016,33(12): 128-131, 162.
- [8] 张炜,崔瑾,成丹.农业生物学虚拟仿真实验教学资源建设[J].高校生物学教学研究,2015,5(1): 51-56.
- [9] 李忠虎,刘文哲,房敏峰,赵桂仿.高等院校植物学开放式实验教学课程建设与实践[J].教育教学论坛,2018,52: 269-270.
- [10] 龚思颖,陈晓婷,张金菊,等.生物类虚拟仿真实验教学资源建设与发展[J].实验室技术与管理,2019,36(9): 176-180.

极小种群野生植物狭叶坡垒的隐秘传粉者 ——蕈蚊

汤亚飞

(广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所)

狭叶坡垒 *Hopea chinensis* Hand.-Mazz., 为龙脑香科 Dipterocarpaceae 坡垒属 *Hopea* 乔木, 自然分布范围狭窄, 国内仅见于广西南部, 国外见于越南北部, 被国家林业局列入急需保护的极小种群野生植物物种名录。狭叶坡垒材性优良, 属我国重要的资源储备树种, 具有重要的经济和科研价值。广西植物研究所黄仕训研究员带领的研究团队多年来持续对狭叶坡垒开展研究, 并在广西植物研究所内进行引种保存。

该团队刘长秋博士指导研究生卢清彪对狭叶坡垒的繁殖生物学开展了研究, 发现狭叶坡垒虽然开花量大, 但结实量却很少, 种群内的幼苗也很少见, 因此猜测是否存在因传粉受限制造成繁殖困难的现象。为此展开了狭叶坡垒传粉昆虫的研究。通过观察, 发现狭叶坡垒的花由一种体型细小的昆虫进行传粉, 经鉴定该传粉昆虫为蕈蚊。

蕈蚊为眼蕈蚊科. 迟眼蕈蚊属 *Bradysia* sp. 其体型非常小, 比我们日常生活中见到的蚊子还小。它在访狭叶坡垒的花时, 会首先在花的附近徘徊, 然后趴到花瓣上, 接着再往雄蕊和柱头上爬。通常, 蕈蚊会在花内停留 1~2 min, 这个过程便携带花粉或将携带的花粉传至柱头, 从而完成传粉。此前由于其体型小, 活动时间多在傍晚, 且其传粉植物多分布在热带、

亚热带, 因此蕈蚊的传粉作用一直得不到关注。该研究第一次在高大乔木狭叶坡垒中发现蕈蚊传粉现象, 为蕈蚊作为传粉昆虫增添了有力依据。

研究显示, 狭叶坡垒的访花昆虫少、种类单一, 除了蕈蚊外, 还有少量的蝇和蜂, 但传粉效率不高。虽然蕈蚊是狭叶坡垒的主要有效传粉昆虫, 但由于蕈蚊的生长和繁殖容易受到环境因素的干扰, 导致其访花频率并不高。通过对狭叶坡垒花期物候与开花动态、访花昆虫及访花行为、传粉昆虫有效性验证、花粉活力和柱头可授性、交配系统等方面研究发现: 狭叶坡垒的花粉数量多, 最高花粉活

力和最强柱头可授性出现时期一致; 自然授粉与人工授粉座果率基本一致, 说明蕈蚊虽然访花频率不高, 但传粉有效性高, 能够满足传粉需求, 因此排除了传粉不足导致狭叶坡垒繁殖困难的可能性。

该研究首次发现了小小蕈蚊为高大的龙脑香科乔木狭叶坡垒传粉这一奇特的现象, 为后续的研究提供了参考。目前, 该研究团队在探明狭叶坡垒蕈蚊传粉的基础上, 正在对该物种的人工繁育技术和种子生理进行研究, 为下一步的资源保护及种群回归提供研究基础。



图 1. 蕈蚊访问狭叶坡垒的花



图 2. 蕈蚊访问狭叶坡垒的花



图 3. 狭叶坡垒的花结构



图 4. 狭叶坡垒的花结构

极小种群野生植物贯叶马兜铃叶挥发性成分的地理变化及潜在价值分析

于玉龙^{1,2} 陈高¹

(1 云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室;

2 云南大学生态与环境学院)

贯叶马兜铃 (*Aristolochia delavayi* Franch.) 是马兜铃科 Aristolochiaceae 马兜铃属 *Aristolochia* 多年生柔弱草本, 为我国金沙江流域特有植物, 因其叶基部心形而抱茎得名, 是一种拥有地域特色的野生食用香料植物。当地居民除了用以去除牛羊肉膻味的香料植物食用外, 还广泛地利用叶片作为芳香健胃药以增进食欲或用于感冒、疟疾等。由于当地居民经常用其作香料, 导致该物种野外种群长期遭到采挖, 加上人类活动造成的生境破碎化及自然结实率低等自身生物学特性, 其野生资源逐年减少, 濒临灭绝。目前, 该物种在《中国高等植物红色名录》和《IUCN 红色名录》中均被

评估为“濒危”(EN), 也被列为云南省亟待保护的极小种群野生植物。

我们对其野外种群调查中发现, 由于贯叶马兜铃植株本身会在风吹或有其他扰动的情況下散发出浓烈的辛辣气味, 这对我们在其生境中寻找为数不多的植株提供了帮助; 同时也发现, 不同种群(地理区域)植株所释放的挥发性气味略有不同。之前的研究表明, 该植物的精油主要存在于叶片中, 鉴于挥发性气味是挥发油的外在表现形式, 且癸烯醛是贯叶马兜铃挥发油和叶挥发性气味的主成分, 从而以贯叶马兜铃叶挥发性成分中的癸烯醛含量来表示精油的“质量”。以此, 我们对不同地理区域的贯叶马兜铃叶

挥发性气味成分进行分析, 来探究贯叶马兜铃挥发性成分在不同种群间的特异性、稳定性和一致性。

本研究采用固相微萃取-气质联用技术分析来自 5 个不同地理区域(图 1)的贯叶马兜铃叶的挥发性成分, 并用气相色谱面积归一化法对各成分进行了定量。结果表明, 4 个贯叶马兜铃种群植株叶挥发性主成分均为癸烯醛, 且占有较高比例。香格里拉三坝乡、丽江大具、楚雄铁锁乡和禄劝则黑乡 4 个种群的植株叶中挥发性成分癸烯醛分别占挥发性成分检出总量的 63.5%、79.3%、69.9%、79.6%。而分布在鹤庆黄坪的种群, 检测出其挥发性主成分为乙酸龙脑酯(30.1%),



图 1. 贯叶马兜铃植株

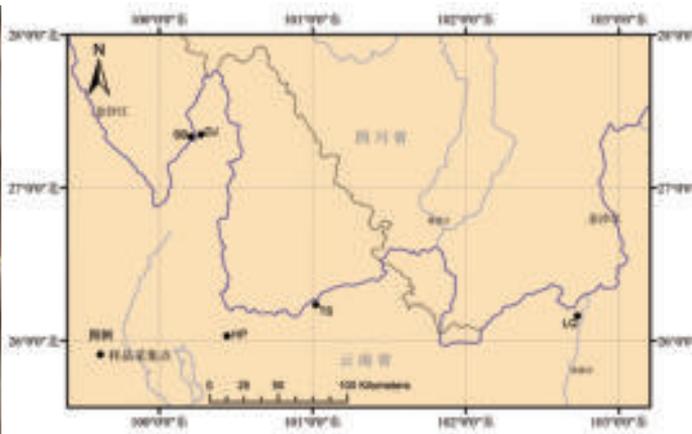


图 2. 贯叶马兜铃样品采集点(种群)

表 1 5 个贯叶马兜铃种群中叶片主要挥发性成分相对含量比较

主要挥发性成分 Major volatile constituent	相对含量 % Relative content (%)				
	三坝乡 (SB)	大具 (DJ)	铁锁 (TS)	禄劝 (LQ)	黄坪 (HP)
反式 -2- 癸烯醛 (E)-2-Decenal	63.47 ± 8.77	79.31 ± 2.26	69.91 ± 15.30	79.57 ± 1.14	4.47 ± 0.98
癸醛 Decanal	8.47 ± 1.57	1.45 ± 0.30	1.43 ± 0.45	1.54 ± 0.27	1.25 ± 0.25
月桂烯 Myrcene	6.24 ± 1.42	5.66 ± 2.49	5.61 ± 0.95	5.17 ± 1.56	
芳樟醇 Linalool	5.85 ± 2.54	0.91 ± 0.18	1.98 ± 0.51	0.38 ± 0.34	
2- 十二烯醛醇 2-Dodecenal	2.73 ± 0.46	5.08 ± 0.90	5.34 ± 1.03	5.23 ± 1.64	
2- 辛烯醛 2-Octenal	1.22 ± 0.27	1.63 ± 0.22	1.00 ± 0.46	1.63 ± 0.50	0.48 ± 0.04
乙酸龙脑酯 1-Bornyl acetate	0.85 ± 0.16	0.48 ± 0.04	5.99 ± 7.66	0.55 ± 0.18	30.27 ± 2.49
辛醛 Octanal	1.54 ± 0.56	0.52 ± 0.07	0.60 ± 0.31	0.98 ± 0.50	12.83 ± 2.16
2- 壬酮 2-Nonanone					6.94 ± 0.69

但癸烯醛含量仅占 4.5%，该结果与其他种群有明显差异（详情见表 1）。另外，通过对萃取过程中加入的内标（正壬烷）换算得出，上述五个种群中每个种群植株干叶片平均每克每小时释放癸烯醛的量分别为 17.31 ng、21.63 ng、19.06 ng、21.70 ng、1.22 ng。从以上结果可以看出，来自大具和禄劝两种群的植株叶挥发性成分中癸烯醛占有较高含量以及相对较高的释放量，且在种群内具有较好的稳定性。

贯叶马兜铃主要在金沙江两岸的三坝和大具两地区被广泛用于香料食用，该地区种群规模较大且分布集中，成为当地纳西族人长期使用的重要传统香料。然而，贯叶马兜铃的植株或叶片直接用作香料的传统方式存在潜在的健康隐患。鉴于马兜铃酸及其衍生物的致突变性和肾毒性，建议尽量不要直接食用。由于马兜铃酸类物质不具有挥发性，贯叶马兜铃的挥发油中不会含此类物质，并且香料成分也主要存在于挥发油中，因此对其挥发油成分的开发应用，可以为当地居民使用传统香料提供一个更安全的方式。另外，已有研究表明，贯叶马

兜铃精油不仅具有广谱的抗菌活性，而且含有丰富的、合成香精香料重要组分不饱和脂肪醛。我们调查时发现，当地居民储存多年的干燥叶中仍具有非常浓烈的辛香气味，这可能与特殊香料的抗氧化作用有关，我们认为贯叶马兜铃精油应该具有较强的稳定性。因此，选择合适的种源进行规模化种植及优化提取精油工艺，充分利用贯叶马兜铃精油，不仅为抗菌类产品的开发提供新的借鉴，也增加了合成香精香料的原料来源。

此外，从结果中发现来自黄坪的种群与其他种群在植株叶挥发性气味及成分上存在较大差异。该种群的植株叶片散发出类似塑料的气味，这与本种植物通常所含的辛香气味相去甚远。根据以前的研究，塑料的挥发性成分中主要是羰基类化合物，产生塑料气味的是低分子的己酮和甲基戊烯酮，然而本研究没有检测到类似气味的成分，我们推测这种气味的来源可能是挥发性成分混合引起的“鸡尾酒效应”。另外，与其他种群典型的干热河谷生境相比，该种群分布于鹤庆县黄坪境内远离金沙江支流的某山顶部分区域中，由于相对海拔较高，该

分布区小气候呈现湿热的特点，生境中草本的覆盖度较高，且立地条件属于石灰岩地质，不同于干热河谷的松散沙石土质。挥发性气味成分的较大差异以及特异的生境分布是否暗示该种群为另一变种或亚种的可能，还需对其花部结构等特征进行比较并结合分子生物学方法进一步研究确定。

参考文献：

- [1] 陈高, 葛佳, 秦燕, 等. 辛香料植物贯叶马兜铃的根及叶挥发性成分分析及其食用风险解析 [J]. 中国调味品, 2018, 43(8): 22-27.
- [2] Li Z J, Njateng G S, He W J, et al. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil from the edible aromatic plant *Aristolochia delavayi* [J]. Chemistry Biodiversity, 2013, 10(11): 2032-2041.
- [3] Villberg K, Veijane A, Gustafsson I, et al. Analysis of odour and taste problems in high-density polyethylene [J]. Journal of Chromatography A, 1997, 791(1-2): 213-219.
- [4] 周铁生, 杨庆宽, 张正居, 等. 云南山草果精油化学成分及香气的研究 [J]. 香料香精化妆品, 1995, 23(3): 13-17.

备注：该研究已于 2019 年 6 月以《贯叶马兜铃叶挥发性成分的地理变化及其潜在价值分析》为题发表在“广西植物”杂志上。

金沙江特有极小种群野生植物云南梧桐

李聪佳 杨静

(中国科学院昆明植物研究所昆明植物园; 云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室)

云南梧桐 *Firmiana major* (W. Smith) Hand. -Mazz., 是梧桐科 Sterculiaceae 梧桐属 *Firmiana* 植物, 是中国西南地区金沙江河谷的特有优势树种。该属在世界范围内有 16 个种, 中国有 9 个, 其中 6 个为中国特有种。该属植物大多处于受威胁状态, 其中 3 个为国家二级保护植物, 2 个在世界保护联盟 (IUCN) 红色名录中。

云南梧桐为落叶乔木, 野外有萌蘖现象; 叶掌状, 下面密被黄褐色短茸毛; 雌雄同株异花, 圆锥花序; 花萼靠近蜜腺的部分为黄色, 后变为红

世界保护联盟 (IUCN) 把它列为我国可能野外灭绝的特有植物之一^[2]; 1999 年, 《国家重点保护野生植物名录》也删除了云南梧桐^[3]。2002 年, 王大绍再第五届全国生物多样性保护与持续利用研讨会上称并没有灭绝^[4], 但是由于没有给出具体的坐标点, 没有引起关注。直到 2017 年, 中科院昆明植物研究所孙卫邦研究团队在执行国家科技基础资源调查专项项目“中国西南地区极小种群野生植物调查与种质保存”的野外调查中, 分别在云南省丽江市宁蒗县和楚雄州元谋县意

年 6 月在金沙江流域系统调查了该物种地理分布, 种群结构和更新特性, 评估了其种群受威胁等级。

1. 分布现状

通过野外调查, 一共发现了 14 个分布点 (图 2), 约 4000 株, 均沿金沙江及其支流的两岸分布。其中, 11 个分布点在云南省, 3 个在四川省。所有分布点中, 只有 1 个分布点处于国家级攀枝花苏铁保护区内, 其它分布点均无任何保护措施。我们把这几个分布点分为 6 个种群: 丽江种群、攀枝花种群、湾碧种群、平地种群、元谋种群和禄劝种群。丽江种群分布面积最大, 数量最多; 平地种群的面积最小; 攀枝花种群中, 有 77 株处于未保护状态, 植株零散分布在保护区对面的山上和攀枝花市区公路旁的山上; 湾碧种群和元谋种群的生境高度破碎化。

2. 人为干扰情况

云南梧桐目前主要的人为干扰是放牧、修路和修建水电站。山羊取食云南梧桐幼苗、萌蘖产生的幼枝、树皮和花, 这对云南梧桐的更新十分不利。修路造成了种群的间断分布, 不利于种群基因交流。仅攀枝花和禄劝种群未发现放牧现象。大型水电站乌东德水电站将修建在元谋种群的附近, 将淹没该种群盐水井分布点的植株。

3. 种群结构和更新情况

对云南梧桐 6 个种群的径级结构和年龄结构进行统计分析表明, 得到



图 1. 云南梧桐: A. 生境; B. 萌蘖情况; C. 果实; D. 花序。

色; 种子圆球形, 成熟后表面有缢纹, 着生在心皮边缘的近基部 (图 1)。

1984 年, 云南梧桐在“第一批中国珍稀濒危保护植物名录”中列为国家二级重点保护植物^[1]。1998 年,

外发现了云南梧桐的两个种群, 其中宁蒗县的种群约有千余株, 而元谋县种群则仅发现 11 株^[5]。

在前期对云南梧桐野外调查工作的基础上, 2018 年 10~11 月和 2019

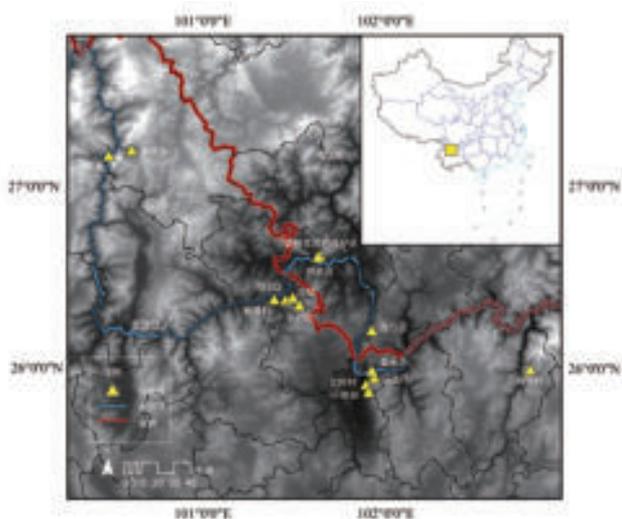


图 2. 云南梧桐已知分布点

无放牧现象的攀枝花和禄劝种群的更新能力较好。云南梧桐的更新方式分萌蘖更新和种子更新两种，攀枝花种群的萌蘖更新能力最强，6个种群的种子更新能力普遍较差。

4. “灭绝”原因

为了了解云南梧桐的“灭绝”的可能原因，我们在云南梧桐种群旁边的村子对村民进行访谈。访谈中得知，用云南梧桐幼树的树皮搓绳索是村子的传统，这些绳索用来做背篓的带子、拴牲口的绳子或者做草鞋。大约从1950~1980年，当地供销合作社大量收购这些绳子。在强大的幼树树皮利用压力下，幼树消失或许是导致云南梧桐在1998年“灭绝”的原因。

5. 利用价值

云南梧桐作为金沙江河谷的优势乔木，对金沙江生态脆弱区的生态修复工作有重要的生态价值。云南梧桐为速生乔木，叶大花美，果实形状奇特，且耐旱能力强，可作为城市景观树种。

调查时发现当地村民有食用云南梧桐种子的习惯。我们采集了云南梧桐的种子进行了营养成分的测定，结果显示云南梧桐的种子脂肪含量为32.0%，高于同属植物梧桐（20.04%），与油茶（30.1%）、茶（30.13%）、重阳木（30%）、大豆

（20%~22%）和胡麻（30%~35%）等^[7-8]几种油料作物相当。其中，一共检测出16种氨基酸，7种为必需氨基酸，分别为苏氨酸、脯氨酸、赖氨酸、蛋氨酸、缬氨酸、异亮氨酸和亮氨酸；9种为非必需氨基酸，分别为天冬氨酸、丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、胱氨酸、酪氨酸、组氨酸、精氨酸。其中，天冬氨酸和谷氨酸在种子中的含量分别为3710 mg/100 g和4620 mg/100 g，远高于梧桐种子中的含量（分别为1392 mg/100 g和2616 mg/100 g）^[9]。研究表明，多不饱和脂肪酸具有降低人体胆固醇和甘油三酯含量及软化血管、防止血栓形成等作用^[10-11]，云南梧桐种子的多不饱和脂肪酸含量也很高（10.57 mg/100 g）。因此，云南梧桐的种子营养价值很高，开发潜力大。

6. 受威胁等级

根据国际自然保护联盟对物种受威胁评估体系的标准^[12]，云南梧桐占有面积小于2000 km²，其占有面积和数量在未来可能继续下降，故云南梧桐的受威胁等级为易危[VU B2b (ii, v)]。同时，依据极小种群野生植物的界定标准，云南梧桐应列入亟待拯救保护的极小种群野生植物。

7. 保护建议

根据调查研究结果，我们建议：
①在就地保护方面，探索可行的保护小区或保护点建设模式，保护好现有单株及其生境，尤其要优先考虑对种群自然更新困难的四个种群的保护；
②采集所有种群的种子，开展种质保存、活植物迁地保护和人工繁育基础

上的回归自然与种群重建等工作；
③云南梧桐是金沙江河谷特有优势树种，应研究云南梧桐高效繁育的关键技术，在规模化人工繁育的基础上，在开展金沙江干热河谷栽植人工繁殖植株，促进该地区退化生态系统的人工恢复工作；
④云南梧桐的种子具有很高的营养价值，应研究其集约化栽培技术，鼓励当地政府把其作为一种经济作物进行推广种植，在人工规模化栽培利用的基础上，保护现有野生种质资源。

参考文献：

- [1] 国家环境保护局，中国科学院植物研究所．中国珍稀濒危保护植物名录[J]．生物学通报，1987(07): 23-28.
- [2] Sun W. *Firmiana major*[J]. IUCN red list of threatened species, 1998, 1998: e.T32349A9700122.
- [3] 国家林业局，国家农业部．国家重点保护野生植物名录（第一批）[J]．中华人民共和国国务院公报，2000, (13).
- [4] 王大绍．中国云南梧桐分布现状和保护．第五届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文摘要集，2002 [C].
- [5] Yang J, Chen G, Sun W B. Conserving *Firmiana major*, a tree species endemic to China[J]. Oryx, 2018, 52(2): 211.
- [6] 段丽娟，侯智霞，李连国，等．我国木本食用油料植物种实品质研究进展[J]．北方园艺，2009, (7): 136-139.
- [7] 王宗训．中国资源植物利用手册[M]．北京：中国科学技术出版社，1989.
- [8] 中国油脂公司．几种主要植物油脂商品常识[M]．北京：财政经济出版社，1956.
- [9] 柳青，刘映良，张卫方，等．青桐种子的含水量与化学成分分析及利用评价[J]．贵州农业科学，40(5): 179-181, 200.
- [10] Kris-etherton P M, Hecker K D, Binkoski A E. Polyunsaturated fatty acids and cardiovascular health[J]. Nutrition Reviews, 2004, 62(11): 414-426.
- [11] Caggiula A W, Mustad V A. Effects of dietary fat and fatty acids on coronary artery disease risk and total and lipoprotein cholesterol concentrations: epidemiologic studies[J]. The American Journal of Clinical Nutrition, 1997, 65(5): 1597S-1610S.
- [12] IUCN. IUCN red list categories and criteria[M]. IUCN Gland, Switzerland. 2012.

该研究成果以“Population Structure and Regeneration Dynamics of *Firmiana major*, a Dominant but Endangered Tree Species”为题，发表于期刊 *Forest Ecology and Management* 上。

“一种旱地木槿种子无菌萌发与快速繁殖方法” 授权专利介绍

发明人：罗桂芬 陈高 孙卫邦

申请单位：中国科学院昆明植物研究所昆明植物园（云南省极小种群野生植物保护重点实验室）

摘要：一种旱地木槿 *Hibiscus aridicola* Anthony 种子无菌萌发与快速繁殖的方法。以旱地木槿成熟种子为外植体，通过外植体消毒、种子无菌萌发、增殖与生根一系列培养步骤，有效解决了旱地木槿人工繁殖、引种驯化及其在园林园艺景观上的开发利用，同时有效避免野生资源过度利用所造成的自然植株量减少与自然植被区遭受破坏的问题，在开发利用方面具有重要意义。本发明提供的方法，种子 20 天开始萌发，无菌萌发率 60%，繁殖周期 30 天，增殖系数为 5，生根率为 98%，移栽成活率 95%，极大地提高了旱地木槿的繁殖数量与生长速率，为该物种的引种驯化及园艺开发、保存和规模化生产提供了技术支持。

技术领域

本发明涉及生物技术中植物种子无菌萌发与快速繁殖方法，具体地说涉及到旱地木槿种子无菌萌发与快速繁殖方法。

背景技术

旱地木槿 *Hibiscus aridicola* Anthony 是隶属于锦葵科 Malvaceae 木槿属 *Hibiscus* 的美丽多花小灌木。旱地木槿是金沙江干热河谷特有种和地区标志种，仅分布于云南丽江和四川盐边地区，海拔高 600~2500 米的干热和干暖河谷中。由于分布点少于 5 个，分布区域狭窄。2004 年，被列入《中国物种红色名录》濒危种类 [EN B2ab(ii)]。近年来，由于大坝建设，生境丧失，及人类活动的影响，该物种的生存环境受到严重威胁。旱地木槿种群持续衰退，人工引种驯化难度大。

为解决其自然资源少，短时间内达到大量繁殖、保存和持续利用，

填补旱地木槿在生物技术上的研究空白。多年来我们一直在努力，于 2017 年 11 月 24 日对“旱地木槿种子无菌萌发与快速繁殖技术”进行了专利申请，为旱地木槿全面的开发和持续利用奠定了基础。

目前，生物技术中的无菌快速繁殖已成为中药材、花卉、濒危物种、经济林果等种苗生产的重要手段。但迄今为止，现有技术中未见有旱地木槿种子无菌萌发与快速繁殖方面的报道。

发明内容

本发明的目的是提供旱地木槿种子无菌萌发与快速繁殖的方法，填补旱地木槿繁殖在生物技术上的空白，同时解决旱地木槿在野外分布区域狭窄，引种驯化难度大的问题。本发明为旱地木槿全面的开发和持续利用奠定了种苗繁育基础。

一种旱地木槿种子无菌萌发与快

速繁殖的方法，其特征在于该方法包括外植体选择与消毒、种子无菌萌发培养、增殖与继代培养、壮苗与生根培养、瓶苗移栽等步骤。其特点是增殖与继代培养基合二为一，壮苗与生根培养基合二为一，培养方法简化。

与现有技术相比，本发明的有益效果为：

1. 本发明通过改良基础培养基配方，使得材料成活率较其他常用培养基提高 43%。

2. 本发明建立了有效的旱地木槿种子无菌萌发与快速繁殖方法，解决了其分布狭窄、引种驯化困难的状况，填补了旱地木槿繁殖在生物技术上的研发空白。

3. 本发明通过无菌快繁得到的同一幼苗单株系后代，成苗容易，繁殖步骤简化，有效繁殖速率高，同时又保持了不同旱地木槿植株的优良性状系列。

4. 本发明采用种子作为繁殖材

料，极大化地保存了其后代的遗传多样性，为恢复旱地木槿种群遗传多样性和旱地木槿极小种群保护、保存与开发利用提供前期基础，意义重大。

5. 本发明通过种子无菌萌发与快速繁殖的方法繁育的旱地木槿在30天内增殖系数为5，生根率为98%，移栽成活率为95%，极大地提高了旱

地木槿的繁殖系数，为该物种的引种驯化、保存、园林园艺及其商业价值的发挥利用提供了非常有效的方法。



“一种旱地木槿紫色花系优良单株组培快繁方法”授权专利介绍

发明人：罗桂芬 陈高 孙卫邦

申请单位：中国科学院昆明植物研究所

摘要： 本发明公开了一种旱地木槿 *Hibiscus aridicola* Anthony 紫色花系优良单株组培快繁方法。以旱地木槿紫色花系优良单株为外植体，通过外植体消毒、诱导、分化、增殖与生根一系列培养步骤，有效解决了旱地木槿组培快繁、引种驯化及其商业上的开发利用瓶颈问题，同时有效避免了野生资源过度利用所造成的自然植株量减少与自然植被区遭受破坏，特别是在保持优良单株特殊形状的稳定性方面具有积极作用，开发利用前景甚好。本方法诱导分化率80%，繁殖周期30天，增殖系数为4，生根率为95%，移栽成活率为92%，极大地提高了旱地木槿的繁殖数量与生长速率，为该物种的引种驯化、保存和规模化生产供了技术支撑。

技术领域

本发明涉及生物技术中植物组培快繁方法，具体地涉及旱地木槿紫色花系优良单株组培快繁方法。

背景技术

旱地木槿 *Hibiscus aridicola* Anthony，隶属于锦葵科 Malvaceae 木槿属 *Hibiscus*，一种美丽的多花灌木。旱地木槿是金沙江干热干暖河谷特有种，仅分布于云南丽江和四川盐边地区，海拔高600~2500米的干热干暖河谷丛中。花色以白色较为常见，紫色花和粉色花极为罕见。同时由于自然分布点少于5个，种群持续衰退，2004年被列入《中国物种红色名录》濒危种类 [EN B2ab(ii)]。近年来，由于兴建水库大坝，生境逐步丧失，加上受人类活动频繁影响，旱地木槿的生存环境受到更加严重的威胁。

旱地木槿分布区域狭窄，为金沙

江干热干暖河谷特有物种，种群持续衰退，人工引种驯化难度大。其紫色花基因型更是稀缺。为解决其自然资源少，短时间内达到大量繁殖、保存和持续利用，填补旱地木槿在生物技术上的研究空白。故此发明了旱地木槿紫色花系优良单株组培快繁技术，为旱地木槿全面的开发和可持续利用奠定了基础。

目前，生物技术中的无菌快速繁殖已成为中药材、花卉、濒危物种、经济林果等种苗生产的重要手段。但迄今为止，现有技术没有关于旱地木槿紫色花系优良单株组培快繁和相关的生物技术方面的报道。

发明内容

本发明的目的是提供旱地木槿紫色花系优良单株组培快繁的方法，填补旱地木槿生物技术上的空白，同

时解决旱地木槿在野外分布区域狭窄，引种驯化难度大的问题。本发明为旱地木槿全面的开发和持续利用、紫色花基因型的保存与扩大奠定了种苗繁育基础。一种旱地木槿 *Hibiscus aridicola* Anthony 紫色花系优良单株组培快繁方法的特点是：旱地木槿紫色花系优良单株在组培过程中，诱导与分化培养基合二为一，增殖与继代培养基合二为一，壮苗与生根培养基合二为一，培养方法简化。

与现有技术相比，本发明的有益效果为：

1. 本发明建立了有效的旱地木槿紫色花系优良单株组培快繁方法，解决了其分布狭窄、引种驯化困难、紫色花基因型稀缺，填补了旱地木槿在生物技术上的研发空白。

2. 本发明通过旱地木槿紫色花系优良单株组培快繁方法，成苗容易，

繁殖步骤简化，有效繁殖速率高，为保存和扩大旱地木槿种群，意义重大。

3. 本发明通过旱地木槿紫色花系优良单株组培快繁方法，高度保持了旱地木槿紫色花系优良单株的遗传稳定性和一致性，为旱地木槿全面的开

发和持续利用奠定了基础。

4. 本发明的旱地木槿紫色花系优良单株组培快繁方法繁育的旱地木槿，20天诱导分化率87%，在30天内增殖系数为4，生根率为95%，移栽成活率为92%，极大地提高了旱

地木槿的繁殖系数，为该物种的引种驯化、保存、园林园艺及其商业价值的发挥利用提供了非常有效的繁殖方法。



我与伯乐树的情愫

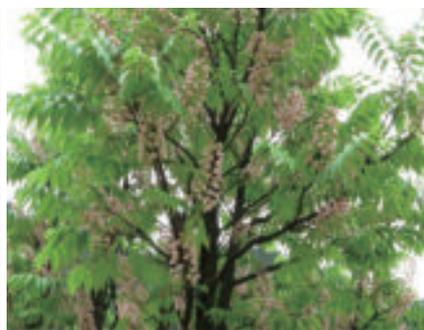
黄宏全

(天门山国家森林公园)

翻开《中国树木志》第四卷，里面有一种树木的名称与我国古代历史故事中的主人公同名同姓，她会使人产生许多联想；那就是中国湖南张家界乡土树木——伯乐树。

你一定会问，为什么叫伯乐树？能够叫伯乐树吗？带着这些问题，说说我与伯乐树的不解之缘。

第一次认识伯乐树是在1979年，我从湖南农学院林学系毕业被分配到原大庸县林科所工作不久，时逢科学的春天，有幸参加了湖南省林学会组织的张家界树木资源考察，7月中旬省内树木学专家教授云集在张家界林场，我被分配到缪勉之老师考察组，还有大学同窗钟兴国。考察进行到第三天的中午，我们一行5人，在林场向导段伯里的带领下来到黄石寨的半坡上，海拔820米的地方，看到一株树皮灰白色、树干通直圆满、树高21米、胸径39厘米的大乔木。缪老师给我们介绍说：“这是伯乐树 *Bretschneidera sinensis* Hemsl.，又叫钟萼木，属伯乐树科 *Bretschneideraceae* 伯乐树属 *Bretschneidera* 的高大落叶乔木；奇数羽状复叶；总状花序直立顶生，花浅红色至白色；蒴果椭圆形，种子橙红色。这个科只有伯乐树一种，属单科植物，是我们国家的三个特有科之一，同时在植物分类系统中占有重要的位置；国家一级保护植物。它主要分布在我国华中地区，植物区系属华中植物区系。今天发现的伯乐树是这次考查的一个重要的成果。”随后大家对它作了相关记录和采集标



本。这是我第一次认识伯乐树的经历，她给我的印象是：名字好听响亮、树形优美、资质高贵。

考查结束后的几年里我对伯乐树作了两个方面的试验研究，一是调查资源，二是采种繁育。调查表明，伯乐树不光张家界林场有，猪石头林场、石长溪林场、喻家溪林科所、桑植五道水、八大公山等地都有分布。且石长溪林场天然林中的一株伯乐树，高29米、枝下高18米、胸径60厘米，树干通直圆满，可以说是伯乐树王。



繁育试验显示，伯乐树成熟的种子千粒重522克，出苗率较高，在80%以上。春播15~20天发芽，子叶留土，当年苗高20厘米。1982年在原大庸县城郊营造了2亩地的试验林，现已30多年，表现得很优秀，开花结实多年，林下出现很多幼苗。

说明伯乐树在人工条件下的采种育苗植树试验是成功的，为伯乐树的保护繁育和将其用于园林绿化提供了科学依据。1987年中国林科院洪涛教授带着研究生来我所调查我国的珍稀





植物，看了我们伯乐树研究资料很是高兴，回北京后来函邀请我参加他们的《中国树木志》的编写工作，具体任务是伯乐树科的调查编写。我作为最基层的林业科技工作者，能有幸参与这样一本国家级工具书的编写，是老一辈林学家对我们年轻一代林业科技工作者的提携和希望，是伯乐精神的具体行为。该任务1993年完成交稿，按分类系统编辑，伯乐树科被安排在第四卷。该书2002年出版发行。

星移斗转，2007年我被调往天门山国家森林公园，负责天门山的植物区系和森林定位评价工作。2012年，

中国湖南张家界国际森林保护节在天门山国家森林公园举办。活动中有一个项目是植树，参与者有省市领导、相关部门负责人、群众代表等。分配给我的任务是：根据不同身份的参与者选择适合身份的树种供其栽植，还必须是张家界的乡土树木。经两天的考虑，我选择了四个树种：伯乐树供省市行政领导栽植；珙桐树供林业、环保厅局长栽植；摇钱树（青钱柳）供企业代表栽植；天门山杜鹃供少先队员代表栽植。活动结束后，所有参与者皆大欢喜。时任林业厅唐副厅长因要主持整个活动，提前栽植了伯乐

树与珙桐树。

随后不久，湖南省原副省长杨汇泉来天门山国家森林公园调研，管理处安排我陪同。主要介绍天门山的珍稀植物，一行7人来到伯乐树旁，给杨省长介绍了伯乐树的情况，他说这样的树很引人注目，并问为什么叫伯乐树？我向他介绍了伯乐树名称的来历：“伯乐树树名是根据伯乐树属名（*Bretschneidera*）音译而来，加上附词（*sinensis*）中国特有，两单词合在一起意为伯乐树中国特有，是生物学界统一用拉丁文书写的伯乐树学名，也是文章作者威廉·海姆斯里（1843~1924，英国植物学家，1909年获维多利亚女王荣誉勋章，英国皇家植物园职工）为纪念俄国植物学家艾莫尔·伯乐内得里拉（1833~1901，法国科学院院士，1866~1883年任驻华使馆医生期间，潜心研究中国植物，著有《中国植物》专著）研究中国植物的杰出贡献，用艾莫尔的姓氏‘伯乐内得里拉’（*Bretschneidera*）来命名中国特有植物——伯乐树，并在霍克主编1901年出版的《植物图鉴》中第28卷2708页首次向世界报道。为了表示对研究中国植物的专家的尊重与敬仰，中国植物学家在翻译时音译为伯乐树，也同样是对前辈劳动成果的尊重。”我接着说：“伯乐树除了有很好的观赏价值外，还有丰富的文化内涵，一说到伯乐树大家就会联想到伯乐与千里马的故事，所以说她是集观赏性、纪念性、向象征性为一身的优秀树种。”听了我的介绍，杨省长说：很有科学性、知识性、趣味性，为张家界市有这样的好树高兴，是我们的精神财富。要多宣传，要让全省乃至全国都知道，我国有这样的好树种。你们做得很好，要发扬光大，加强保护、多采种育苗、多植树造林。彰显伯乐树的生命价值、科学价值、文化价值和美学价值。

2009年，一位大庸一中校友向我咨询：“给母校栽植一棵纪念树，选

哪种树适合？”起因是他们班要在母校开同学会。我告诉他：这棵树除了具备优秀的观赏价值和纪念价值外，还必须具备最突出的特征是象征性。这样的树，唯有伯乐树，别无其他选择。因为她能象征母校一中是伯乐、你们的老师是伯乐，你们都是大大小小的千里马。聚会那天你们在树下照张合影，刻上“毕业30年我们欢聚在伯乐树下”，这是多么有意义的一张照片。

尊敬师长是中华民族的传统美德，在继承、发扬、创新这种美德的载体唯有伯乐树是最理想的选择。对于给予知识的人；给予无私帮助的人，用伯乐树来表达真挚的友谊、崇高的敬仰之情无需言表。

花木以其姿色、风韵、馨香飨食人们，给人们带来美的享受。把花木作为美好事物的象征，并赋予深刻的文化内涵，以花木为载体，寄托人们的追求和希望。人们爱菊花，是爱她的晚节香；爱荷花，是爱她出污泥而不染。伯乐树是承载伯乐与千里马文化最理想的载体，将伯乐树作为纪念树、象征树、希望树来表达人们的追求和希望，会受到崇尚。在党政机关、学校、重要的文化活动现场等地栽植一至两棵伯乐树将会意义非凡。

伯乐树系高大落叶乔木，中国特有的乔木花卉。株形、叶、花、果都有很高的观赏价值。树干通直圆满，株形雄伟挺拔；春献花、秋献果、初冬献彩叶。伯乐树用这些优秀的形态特征，完美地凸现了伯乐在中华民族的历史文化中、在现代人们的心目中：高大、雄伟、挺拔、清风亮节、无私奉献、受人敬仰的伟大形象。

伯乐树所属的伯乐树科是我们国家的三个特有科之一，集中分布在我们的华中植物区系，也是我国的植物精华所在。同时伯乐树又是古老的残遗种、典型的单种植物，在分类系统中占有重要的位置。在科学上通过对她的研究分析，了解气候变化、地



伯乐之花 —— 献给启蒙老师张宏春：是您开启了我人生的知识与文化大门，并纠正了我左手写字的不良习惯，才不致于在以后的求知路上落伍。

质变迁、植物系统发育等都有十分重要的意义。所以，国务院1999年8月4日批准的《国家重点保护植物名录（第一批）》就将伯乐树列为国家一级重点保护植物来加以保护。伯乐树用她在植物系统中的重要位置，完美地诠释了伯乐在中华民族的历史和当今社会中的重要地位。

到此，我和伯乐树的情缘还没有结束，目标是要将伯乐树确定为我们张家界的市树。所以还要继续为伯乐树鼓与呼，让大多数市民认知伯乐树，接受我的建议，早日实现市树的愿望。

按杨省长的话说：以此彰显伯乐树的生命价值、科学价值、文化价值和美学价值。

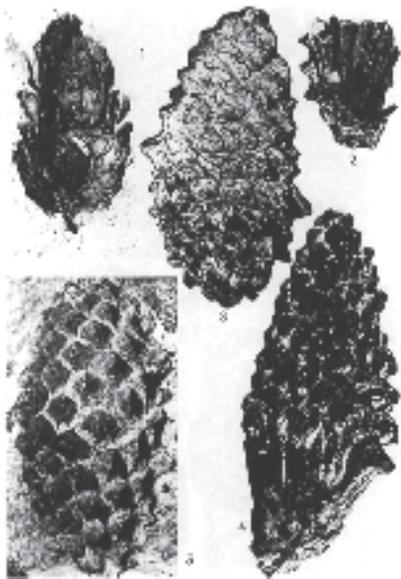
注：文中“名称来源”一段由天津商业大学外国语学院岳福新教授收集、翻译、整理完成。该文落稿后经原张家界日报副总编向永新同志看后并提出修改意见。前面3幅图片由老科协会员汤发州提供。在此一并致谢。
笔者：黄宏全系天门山国家森林公园退休高级工程师，享受国务院特殊津贴的专家，湖南省劳动模范，张家界市有突出贡献的拔尖人材，永定区老科协常务理事。

美国人欲拿波音飞机交换的国宝 “华夏树”——银杉

潘彦丽 陈智发

(中国科学院昆明植物研究所昆明植物园)

在植物王国里，有一种与国宝大熊猫相媲美的古老孑遗植物，也是世界各国公认的最珍贵植物之一。曾经，它的家族崛起是中生代的骄傲，与恐龙并行亿年，见证这些庞然大物的兴衰成败，然后又横行于亚欧大陆数千万年。当年，在德国和西伯利亚偶然发现它的化石，西方人以为如获至宝。殊不知，在遥远的东方，它如同绝世高人一般横空出世，震惊世人。



1955年4月，我国植物学家钟济新教授带领一支调查队到广西桂林附近的龙胜花坪林区进行考察时，发现了一株外形很像油杉的苗木，后来又采到了完整的树木标本，他将这批标本寄给了陈焕镛和匡可任教授。经他们鉴定，这种植物就是当年那种地球上早已灭绝的、现在只保留有化石的

珍稀植物，消息一经传出，立即引起世界各国植物学界的轰动。据说，当时有美国植物学家找到中国植物学家及有关部门，表示愿以一架波音飞机换取一株幼树。当然，这桩交易自然也没有做成。

什么植物竟如此价值连城，连美国人也愿意动用飞机来交换呢？它就是仅产于我国的珍稀物种——银杉 (*Cathaya argyrophylla* Chun et Kuang)，古老的起源，特别的形态，对裸子植物中松科的系统发育和进化理论的研究，及对古生物、气候、地质和生态方面的重塑都具有非常重要的科学价值。

银杉属于松科 Pinaceae 银杉属 *Cathaya* Chun et Kuang 的常绿乔木，曾广泛分布于北半球的亚欧大陆，在距今 200~300 万年前的第四纪大冰期袭击中惨遭涂炭。当时，我国西南有着特殊的地貌，冰川间断性分布，在某些低纬度高山峡谷中，有些温暖湿润的环境，成了很多动植物最后的避难所，银杉就苟存于这些特殊的地方。然而，它的这次历史性大退却成了最后的绝唱，再也没恢复往昔的风光。上世纪 50 年代发现它之后，相继在广西、贵州、四川、湖南 4 省区 8 个分区 40 多个分布点上共找到自然生长的银杉 2000 多株。目前，银杉已被列为国家一级重点保护植物，国家林业局和发改委联合下文拯救保护的 120 种极小种群野生植物之一。银杉

的属名“*Cathaya*”为拉丁语，其词根“*Cathay*”意为“中国、华夏、契丹”，整个词谓之“华夏树”，周恩来总理曾赞誉它为中国的“植物国宝”。1972 年尼克松访华，曾向周恩来提出，希望一睹有“世界活化石”之称的银杉风采，足见它的稀有和珍贵。

银杉喜欢生长在阳光充足，温暖湿润的环境中，抗风性强，具有长寿和抗逆性强的特点，能耐寒、耐旱、耐土壤贫瘠。经植物学家对其考究，认为银杉长寿的奥秘在于体内，它的叶片细胞含有一种自卫免疫抗菌能力很强的特殊化学物质——杀菌素，对细菌、真菌和病虫害的抵抗能力很强。因此，平稳地渡过了一波接一波的劫难。

银杉的魅力与其他松科植物不同，树冠像一座宝塔，分枝平展，树干曲直，挺拔秀丽，枝繁叶茂，树皮暗灰色浅裂呈鳞片状，叶深绿色针状，在小枝上端排列紧密呈簇生状，在其碧绿的线性叶背面有两条银白的气孔带，每当微风吹拂，便银光闪闪，更加诱人，银杉的美称便由此而来。

1992 年 3 月 10 日，中国植树节前夕，原邮电部门发布了《杉树》特种邮票，全套四枚，分别为水杉、银杉、秃杉、百山祖冷杉，邀请了由著名艺术家邮票设计家、时任中国科学院昆明植物研究所教授级画家曾孝濂设计。在我国以往发行的被子植物邮票里，表现主要以花冠为主，“杉树”邮票另辟蹊径，表现以球果为主。曾



孝谦选择银杉成熟后期的球果枝，将其置于画面的主要部位，准确地刻画球果的形状和种鳞的数量及排列方式，树形作为远景，描绘了银杉的整体形态。整套邮票具有一种素雅宁静的气氛，《杉树》邮票被评为1992年度全国最佳邮票，获首届专家奖。

银杉珍稀的一大原因是，它只能通过有性生殖方式繁殖后代。单株母株所产球果数量很少，每个球果所产生的种子量又低，致使银杉种群种子资源匮乏，成为种群更新、壮大的瓶颈，进而成为银杉濒危的主要原因之一。因此，对银杉的保护必须要注意充分利用有限的种子资源，当务之急是做好银杉天然群落周围生境的保护，加强人工繁殖力度，进行迁地保护。希望在不久的将来，这一古老的植物能重现辉煌。

植物园对这些珍稀濒危的植物进行保护负有不可推卸的责任，而昆明植物园是国内收集极小种群野生植物最多的植物园之一。近日，昆明植物园内1996年引种成活的唯一一株银杉已经结果了，它长势颇好，树形优美，实为园区内一道风景线。这是这株银杉第二次结果，而去年第一次结果时采集到的所有种子都收纳入中国西南野生种质资源库保存起来。让我们翘首期待这种古老的植物在昆明生根发芽，生长壮大，能使所有人一睹它的风采。

参考文献：

[1] D H Mai, E Velitzelos, Feddes Repertorium. Uber fossile Pinaceen-Reste im Jungtertiar von Griechenland, 1992, 103: 1-18.
[2] 曾联盟, 森林与人类. 银杉: 地球历史的见证者, 2003, 5: 40.
[3] 王春华, 国土绿化. 银杉, 2013, 6: 53.
[4] 孙治强, 化石. 植物中的熊猫, 2001, 4: 9-10.
[5] 任梦莲, 中国林业. 博大的植物世界, 2000, 5: 39.

[6] 张雷, 广西林业. 植物“国宝”银杉——方寸之间话林业之八, 2017, 10: 34.

[7] 李才华, 广西林业. 银杏、银杉为何能长寿, 1997, 1: 43.

[8] 李庆梅, 谢宗强, 朱日光, 种子. 我国特有濒危植物银杉的球果特征与出种量, 1997, 2: 1.

[9] 谢宗强, 陈伟烈, 植物生态学报. 中国特有植物银杉的濒危原因及保护对策, 1999, 23(1): 1-7.







策划指导：孙卫邦研究员
编辑：陈智发 冯石 常帅

中国科学院昆明植物研究所
云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室
云南省昆明市蓝黑路 132 号，650201
电话：0871-65223814

漾濞槭 *Acer yangbiense* (摄影：陈智发)