

极小
种群

野生植物拯救保护通讯

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

2020

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



序言

2020 年，是国家启动实施“十四五”规划的关键一年。在《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》中，明确把极小种群野生植物专项拯救纳入重要生态系统保护和修复工程专栏中的自然保护及野生动植物保护规划中。作为实施极小种群野生植物拯救保护最早的云南省，也在《云南省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》中，把极小种群野生植物保护纳入了筑牢西南生态安全屏障中的加强生物多样性保护规划中。

2020 年，也是云南省人民政府批复（云政复【2010】15 号）《云南省极小种群物种拯救保护规划纲要（2010-2020）》和《云南省极小种群物种拯救保护紧急行动计划（2010-2015）》（简称《规划纲要与紧急行动计划》）以来的第十年，也是云南省实施首批极小种群野生植物拯救保护的收尾的一年。通过十余年的努力，云南省的极小种群野生植物拯救保护工作取得了丰硕的成果，共实施极小种群野生植物拯救保护项目 120 多个，建设 30 个保护小区或保护点、18 个迁地和 4 个近地保护基地（园）、16 个物种回归试验基地，受保护对象物种达 52 个。华盖木（*Manglietiastrum sinicum*）、漾濞槭（*Acer yangbiense*）、巧家五针松（*Pinus squamata*）等一批极小种群野生植物人工繁育苗木 10 万余株，回归自然 15 种 3000 多株，壮丽含笑（*Michelia lacei*）、华盖木、滇桐（*Craigia yunnanensis*）、云南金钱槭（*Dipteronia dyeriana*）、萼翅藤（*Getonia floribunda*）、富民枳（*Poncirus polyandra*）、漾濞槭等 15 个物种的迁地保护（植物园、树木园、其它专业种质资源圃开展植物栽培保存）植株已开花结实。

通过“十二五”和“十三五”期间实践与探索，云南省形成了一套完善的极小种群野生植物保护体系。**一是多元保护模式日益完善** 云南在开展专项调查的基础上，形成就地保护、迁地保护、迁地保护和回归自然与种群重建等综合保护措施。对于分布在自然保护地有效保护范围内的极小种群野生植物，云南省加强了就地保护力度，进行科学管护和动态监测；同时设立保护小区或保护点，保护分布于保护地有效保护范围外的种群及其生境。对于分布区极为狭窄、生境极为特殊、分布点极少的物种，开展迁地保护，通过人工繁殖并构建苗木数量和种群结构，在其分布区周围选择气候相似、生境相似、群落相似的自然或半自然地段进行固定管护，并逐步形成稳定物种种群。对于生境不断恶化导致生存和繁衍受到严重威胁的物种，开展迁地保护，将其迁移到自然生境以外，活体保存这类物种的种质资源。中国科学院昆明植物研究所昆明植物园从 2015 年开始建设了“极小种群野生植物专类园”，成功建立了 44 种极小种群野生植物的迁地保护种群。**二是建立了多渠道资金筹措机制** 云南采取“科技支撑单位+基层林业部门”联合实施的方式，突破了过去单一靠政府预算的筹资方式，通过“政府——科研机构——非政府组织”合作，形成以科技为先导和支撑，以法制建设和资金投入为保障的资金筹措机制。**三是地方性立法让极小种群野生物种保护具备了法律基础** 2018 年，云南省政府发布了《云南省生物多样性保护条例》，这是我国第一部生物多样性保护的地方性法规，其中极小种群野生物种保护概念得到强化。

2020 年 3 月，依托中国科学院昆明植物研究所建设云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室通过云南省科技厅组织的专家验收，正式挂牌。云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室（英文：Yunnan Key Laboratory for Integrative Conservation of Plant Species with Extremely

封面故事

枯鲁杜鹃（*Rhododendron adenosum* (Cowan & Davidian) Davidian）为杜鹃花科（Ericaceae）杜鹃花属（*Rhododendron*）植物，最早为美国植物学家洛克于 1929 年 9 月在四川省枯鲁山区发现的，1978 年正式发表为新种。之后，这个神秘的物种就销声匿迹了，除了 2008 年科研人员偶然见过一次，其他所有调查都没发现过这个物种。2013 年中国环境保护部和中国科学院联合发布的《中国生物多样性红色名录-高等植物卷》和 2017 年覃海宁等发表的《中国高等植物红色名录》里，枯鲁杜鹃均被评估为野外灭绝（EW）。

2020 年，在第二次青藏高原综合科学考察项目和国家科技基础资源调查专项项目的支持下，中国科学院昆明植物研究所极小种群野生植物综合保护团队的马永鹏、刘德团、姚刚等人在康坞大寺周围的山区开展了为期 2 天的调查，终于在 5 月 22 日发现了一株枯鲁杜鹃。这一发现引起了轰动，人民日报、中央电视台等多家媒体进行了报道，截至 2021 年 7 月 2 日，百度资讯搜索“枯鲁杜鹃”找到相关资讯约 6410 篇，是 2020 年度热度最高的“明星”极小种群野生植物物种之一。

枯鲁杜鹃的发现使得重启该物种的拯救保护成为可能。

（照片：刘德团）

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本。

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

邮箱：taolidan@mail.kib.ac.cn

QQ：1523272875

联系人：陶丽丹

电话：0871-65223814

Small Populations)是极小种群野生植物保护研究领域的第一个省部级重点实验室,是支撑云南省、乃至国家极小种群野生植物拯救保护的重要科技平台,它的建成是极小种群野生植物保护研究领域一个里程碑式的事件。

为了深入推进“十四五”期间云南省极小种群野生植物拯救保护工作,2020年12月,中国科学院昆明植物研究所郝小江院士和孙卫邦研究员向中共云南省省委、省人民政府提出了“关于调整云南省极小种群野生植物保护名录 指导我省“十四五”生物多样性保护的建议”,并得到中共云南省省委、省人民政府主要领导的高度重视和批复。2021年2月,由云南省林业和草原局牵头,启动了《云南省极小种群野生植物保护名录(2021版)》编制工作,现已完成了种类征集、公开征求意见和专家审定等工作。在《云南省极小种群野生植物保护名录(2021版)》编制过程中,基于过去10余年的系统调查和拯救保护工作,对2010批复实施《规划纲要和紧急行动计划》中62个目标物种进行保护现状评估。评估表明,华盖木、毛果木莲(*Manglietia ventii*)、漾濞槭、滇桐、巧家五针松、云南蓝果树(*Nyssa yunnanensis*)等13个物种已通过实施综合保护措施实现了抢救性保护;2种物种的分类地位存疑;发现了17种野外现存数量较多,不需要进行抢救性保护;8种因未找到野外种群不能开展保护工作;22种尚未实现抢救性拯救保护,需要纳入《云南省极小种群野生植物保护名录(2021版)》中继续实施保护。

2020年,是云南省极小种群野生植物保护事业承前启后的一年,是国际生物多样性关键的一年,是新冠肺炎在全球广泛流行的一年。在2020年里,全球经济、科学研究、合作交流等方面都经受了一次巨大的考验,生物多样性对人类生存的重大意义越加清晰,尤其体现在生物多样性给人类社会提供的药用植物开发潜力方面。然而生物多样性保护的全球行动也同样受到了考验,原定于2020年在昆明召开的联合国《生物多样性公约》第十五次缔约方大会(COP15)因疫情推迟到2021年,疫情让人类重新思考人与自然之间的关系。

当前,全球生物多样性保护的重点已开始从物种和种群层面逐渐转向生态系统。对于极小种群野生植物的拯救保护研究来看,植物的“极小种群”是如何形成的?植物的“极小种群“有什么样的进化历史?如何评价极小种群野生植物在生态系统中的作用和功能?在特定生态系统中极小种群野生植物与动物、微生物等有什么样的生态关系?如何重建极小种群野生植物的自然生境?如何对极小种群野生植物种质资源进行系统评价与发掘利用?等等,都是急待解决的科学和技术问题。云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室将继续同各界人士合作,共同推进极小种群野生植物综合保护领域的进步!

本年度的《极小种群野生植物拯救保护通讯》(第7期),力求系统整理我国在极小种群野生植物保护和研究领域的主要进展。此外,为展现和促进我国极小种群野生植物保护事业的发展,本期《通讯》还收录了几篇有关极小野生植物概念、发展和拯救保护的重要英文文献的中文翻译稿。在本期《通讯》编辑完成之际,感到非常高兴!期望本期《通讯》继续成为相关科研单位、高等院校、保护部门和保护组织、植物保护爱好者等的一个重要信息交流的平台,并能为政府相关部门的决策提供一些参考。

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



目录

资讯

华盖木等野生植物居群稳定增长·····	1
云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室顺利通过验收·····	1
云南云龙:极小种群野生植物漾濞槭首次开花·····	1
云南率先保护极小种群物种·····	2
极小种群野生植物综合保护团队顺利完成新平哀牢山、南涧无量山伯乐树调查以及大理茈碧莲调查·····	2
研究团队顺利完成滇东北地区极小种群野生植物调查·····	3
德宏人工培育成活48株“植物活化石”·····	4
两种极小种群野生植物在昆首开花·····	4
“植物多样性保护和综合评估”课题完成2020年度青藏高原科考工作·····	5
上海植物园名师讲堂第一讲“极小种群野生植物及其拯救保护——以漾濞槭为例”·····	6
典型极小种群野生植物保护与恢复技术项目研讨会在通山举行·····	6
生物多样性保护云南有4个率先和3个创新·····	7
“探寻云南生物多样性之美”公益大课堂启动仪式·····	7

探索发现

腾冲新发现两种铠兰属植物——喜马拉雅铠兰和铠兰·····	8
“野外灭绝”物种枯鲁杜鹃重现枯鲁山区·····	9
朱红大杜鹃亟待保护·····	10
滇西南地区极小种群植物调查发现五个植物新分类群·····	11
贵州喀斯特地区苦苣苔科植物一新种——小黄花石山苣苔(<i>Petrocodon luteoflorus</i>)·····	14
滇东南苦苣苔科植物一新种——南溪蛛毛苣苔·····	15
大围山发现一梧桐新种·····	17
中印植物学家联合发表苦苣苔科一新种:中印长蒴苣苔(<i>Didymocarpus sinoindicus</i>)·····	19
云南喀斯特地区天门冬科一新种——西畴蜘蛛抱蛋(<i>Aspidistra xichouensis</i>)·····	21
云南喀斯特地区发现4种马铃薯苣苔新种·····	23

物种研究案例

大理铠兰的保护生物学研究·····	26
-------------------	----

受威胁植物海菜花的两性模拟和“不完美”的欺骗性传粉..... 28

极度濒危物种红萼杜鹃遗传多样性和遗传结构研究..... 30

典型极小种群野生植物长梗杜鹃的遗传多样性和遗传结构研究..... 32

金沙江特有极小种群野生植物白魔芋的遗传多样性和种群结构..... 34

极小种群野生植物毛脉杜鹃（*Rhododendron pubicostatum*）的杂交起源研究 38

极小种群野生植物富民枳的拯救保护..... 41

“一种壮丽含笑种子无菌萌发及快速繁殖方法”专利介绍..... 43

“一种云南梧桐组培快繁方法”专利介绍..... 45

“一种华盖木组培快繁方法”专利介绍..... 47

“一种滇桐的组培快繁方法”专利介绍..... 49

科普美文

天涯何处觅野莲——茈碧莲芳踪记..... 51

大理铠兰（*Corybas taliensis*）学名中的 N 重玄机 52

当看到漾濞槭的翅果时，我们在想什么..... 54

统计数据

2020 年极小种群野生植物领域发表文章情况 56

概念发展与拯救保护成效

中国的极小种群野生植物保护..... 57

极小种群野生植物保护新概念推动中国植物保护..... 61

中国极小种群野生植物保护：进程和展望..... 64

“极小种群野生植物”的概念适用于动物物种吗？ 75

保护全球植物遗产：极小种群野生植物（PSESP）保护计划 77

资讯

华盖木等野生植物居群稳定增长

3 月 3 日是联合国第七个“世界野生动植物日”。国家林业和草原局：近年来，通过系统实施濒危物种拯救工程，我国濒危野生动植物种群总体稳中有升。大熊猫、朱鹮、亚洲象、藏羚羊等濒危野生动物已扭转了持续下降态势，德保苏铁、华盖木、百山祖冷杉等野生植物居群稳定增长。全国共建立自然保护地 1.18 万处，约有 65% 的国家

重点保护野生植物和极小种群野生植物得到保护。通过对德保苏铁、华盖木、百山祖冷杉、天台鹅耳枥、普陀鹅耳枥等近百种极小种群野生植物实施抢救性保护，部分濒危物种种群数量逐步恢复。目前，我国还建有近 200 个各级各类植物园，收集保存了 2 万多个物种，占我国植物区系的 2/3，基本完成苏铁、棕榈种质资源及原产我国的重点兰科、木兰科植物的收集保存。（来源：人民日报）

云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室顺利通过验收

3 月 25 日，依托中国科学院昆明植物研究所建设的“云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室”顺利通过验收。云南省科学技术厅组织了本次验收会议，邀请了云南大学、云南农业大学、云南省农业科学院、中国林业科学院资源昆虫研究所、中国科学院西双版纳热带植物园等单位的七位专家对实验室成果进行评审。

实验室主任孙卫邦研究员详细汇报了实验室 2 年运行情况。专家组在听取了实验室运行总结汇报之后，对实验室进行了现场考察。经质询和讨论，专家组对实验室的成果产出与建设成绩做出了高度评价，认为实验室的成果与工作推动了云南省乃至全国极小种群野生植物的科学拯救与保护，培育期超额完成了《任务合同书》规定的各项指标，一致同意通过验收。根据《云南省重点实验室运行管理办法》的规定，实验室通过验收后，经省科技厅批准正式认定为云南省重点实验室。



云南云龙：极小种群野生植物漾濞槭首次开花

3 月 29 日，在云南省大理白族自治州云龙县漕涧镇志本山近地保护的极小种群野生植物漾濞槭首次开花。这标志着漾濞槭在漕涧镇志本山的近地保护取得初步成功。中国科学院昆明植物研究所植物保育与驯化生物学研究组于 2008 年开始和漕涧林场合作，2013 年在漕涧镇志本山建立了“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”，2013 年、2014 年分两批向该基地定植了漾濞槭种苗，共计 200 株。

2013 年至 2019 年间，研究人员对这两批幼苗进行了



持续监测，2019 年的生长数据显示，两批幼苗尚存 21 株，平均株高 2.05 米，平均基径 4.2 厘米，最高的一株 4.27 米。漕涧镇志志本海拔稍高于漾濞槭自然分布区域，气温相较于原生境偏低。漾濞槭在志本山研究基地顺利开花，

云南率先保护极小种群物种

5 月 22 日，“国际生物多样性日”，云南省人民政府新闻办公室在昆明召开新闻发布会，云南省林业和草原局二级巡视员王哲在会上表示，云南省率先在全国启动开展极小种群物种拯救保护，经过多年连续努力，多个濒临灭绝的野生动植物种类得到有效保护，其中，亚洲象数量从 150 头增长到 300 头左右。

为保护极小种群物种及其赖以生存的自然环境，拯救现存物种资源，2004 年，云南在全国率先提出和倡议极小种群保护，2005 年又率先在全国启动了 62 种极小种群野生植物拯救优先保护行动，2009 年在全国率先启动生物多样性保护小额赠款项目——极小种群物种保护行动，成为云南实施生物多样性保护工程的重点和亮点。

近 15 年来，云南省投入野生植物保护资金达 1.4 亿元，平均每年近 1000 万元。截至 2019 年年底，全省已实施极小种群野生植物物种拯救保护项目 120 多个，建设了

表明该种群对当地具有一定的适应性，可以在海拔稍高的地区生存、繁殖，为漾濞槭或其他物种开展迁地及近地保护提供了经验，对其他极小种群野生植物的近地保护具有指导意义。

30 个保护小区（保护点）、18 个迁地和 4 个近地保护基地（园）、20 个物种回归实验基地，受保护对象物种达 52 个。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。

华盖木、漾濞槭、巧家五针松等 20 种极小种群野生植物繁育人工种群 10 万余株，回归 3000 多株，迁地保护的壮丽含笑、华盖木、滇桐、云南金钱槭、萼翅藤、富民枳、漾濞槭等已开花，部分种类能正常结实。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。

（来源：人民网）

极小种群野生植物综合保护团队顺利完成新平哀牢山、南涧无量山伯乐树调查以及大理茈碧莲调查

5 月，由中国科学院昆明植物研究所极小种群野生植物综合保护团队成员组成的科考队，对新平哀牢山及南涧无量山境内的伯乐树进行了调查，调查中一共发现 71 棵伯乐树。此前，尚未有研究团队对这两个地方的伯乐树进行过系统调查，本团队的调查数据将填补这一物种的分布空白，增加对该物种的认识。通过考察，团队发现这两个区域内伯乐树分布范围较广，但是分布非常零散，个体之间距离远。同时发现野外伯乐树开花结实没有困难，林下小苗非常多，小树较少。由于保护区管理较完善，这两个分布区内伯乐树受到的人为干扰非常小，种群结构较好。

此行中，团队成员赴大理州洱源县调查了茈碧莲（*Nymphaea tetragona* Georgi）的现存分布情况。茈碧莲又名茈碧花，是睡莲在云南高原湖泊的野生类群，产于大理白族自治州洱源县茈碧湖及周边湖泊、以及苍山上少数湖泊。团队通过多方调查寻访，于洱源县境内距茈碧湖 6 公里处一湖泊、以及苍山海拔 3000m 左右的一湖泊找到了茈碧莲，两个湖泊都是季节性高原湖泊，目前都处于枯水期。前者茈碧莲数量较多，然而受到放牧等威胁；后者茈碧莲数量非常少，受放牧、挖黄鳝、挖阴沉木的威胁极大，许多 茈碧莲已经被挖出，漂在小水坑的表面。茈碧



莲触目惊心的现状让对其进行抢救性保护变得刻不容缓，团队当即收集了少量茈碧莲交由昆明植物园进行人工繁育和迁地保护，希望这批茈碧莲能承担起延续种群的重任，成为茈碧莲保育的开端，也希望有朝一日，茈碧莲将重返茈碧湖，让千年的传说不再仅存于人们的叹息中。同时，团队也向当地管理部门提出了建议，希望可以对这两个湖泊加强就地保护，维持野外种群正常更新。

（来源：云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室）



研究团队顺利完成滇东北地区极小种群野生植物调查

中国科学院昆明植物研究所极小种群野生植物综合保护团队于 2020 年 5 月 28 日至 2020 年 6 月 7 日，对滇东北、滇北地区分布的极小种群野生植物进行了调查。

此次调查中，在当地的林草部门和保护区管理部门支持与帮助下，首次在云南境内调查到西南远志的野外分布点，但其生境干旱，并部分遭到修路等人为破坏，每个

分布点都只发现极少的个体。调查西南远志时还在永仁县、元谋县发现了极小种群野生植物龙棕（*Trachycarpus nanus*）新的分布点，拍照并做了记录，向相关调查团队提供了分布点信息。在巧家县调查时，发现毛瓣杓兰（*Cypripedium fargesii*）居群，正好是花期，拍摄照片，做了相应的记录。另外，调查云南百部时，在四川会理县金沙江边发现一个较大的云南百部新分布点，向项目四川调查团队进行了交流。

（来源：云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室）



A、西南远志 *Polygala crotalarioides*; B、云南百部 *Stemona mairei*; C-D、龙棕 *Trachycarpus nanus*



A-B 毛瓣杓兰 *Cypripedium fargesii*; C-D、西康天女花 *Oyama wilsonii*



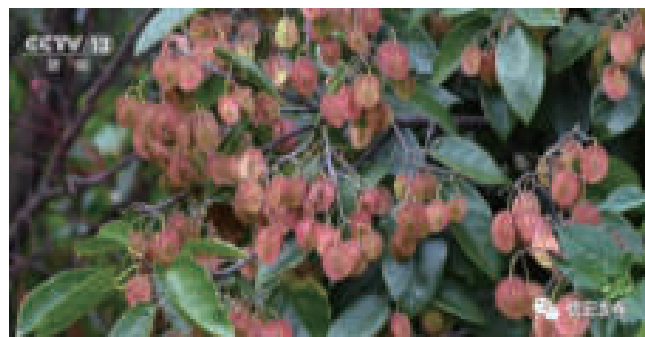
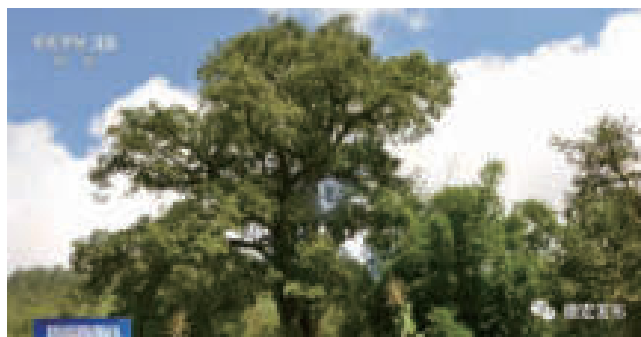
A-B 调查工作照

德宏人工培育成活 48 株“植物活化石”

6 月 13 日，记者采访并报道了中国科学院昆明植物研究所极小种群野生植物综合保护团队对滇桐的调查和保护工作。为了使人类和滇桐和谐共生，科研人员和林业部门取种育苗，实施近地保护措施。记者跟随科研人员来到一位农户的地里，看到一棵长势良好的滇桐幼树。据介绍，这棵滇桐由科研人员取种育苗，当地农户在自家田里进行栽培。农户介绍，经过精心照料，这株滇桐每年能长 20 厘米左右。除了近地保护，植物专家还对自然保护区外的滇桐进行了迁地保护和引种回归。经过努力，保护措施初见成效。在云南省德宏州江东乡，科研人员培育的 100 余株滇桐幼苗经过村民的栽培，成活了 48 株，种群数量得

到显著扩大。截至目前，科研人员共在我国境内云南、贵州等地发现 19 个野生滇桐种群，总数不超过 300 株。

（来源：央视新闻）



两种极小种群野生植物在昆首开花

7 月 20 日，广西火桐和显脉木兰在中国科学院昆明植物研究所昆明植物园首次开花，标志着显脉木兰和广西火桐的迁地保护获得初步成功。据介绍，显脉木兰是木兰科木兰属植物，近年来，因其生境被破坏，仅在云南零星

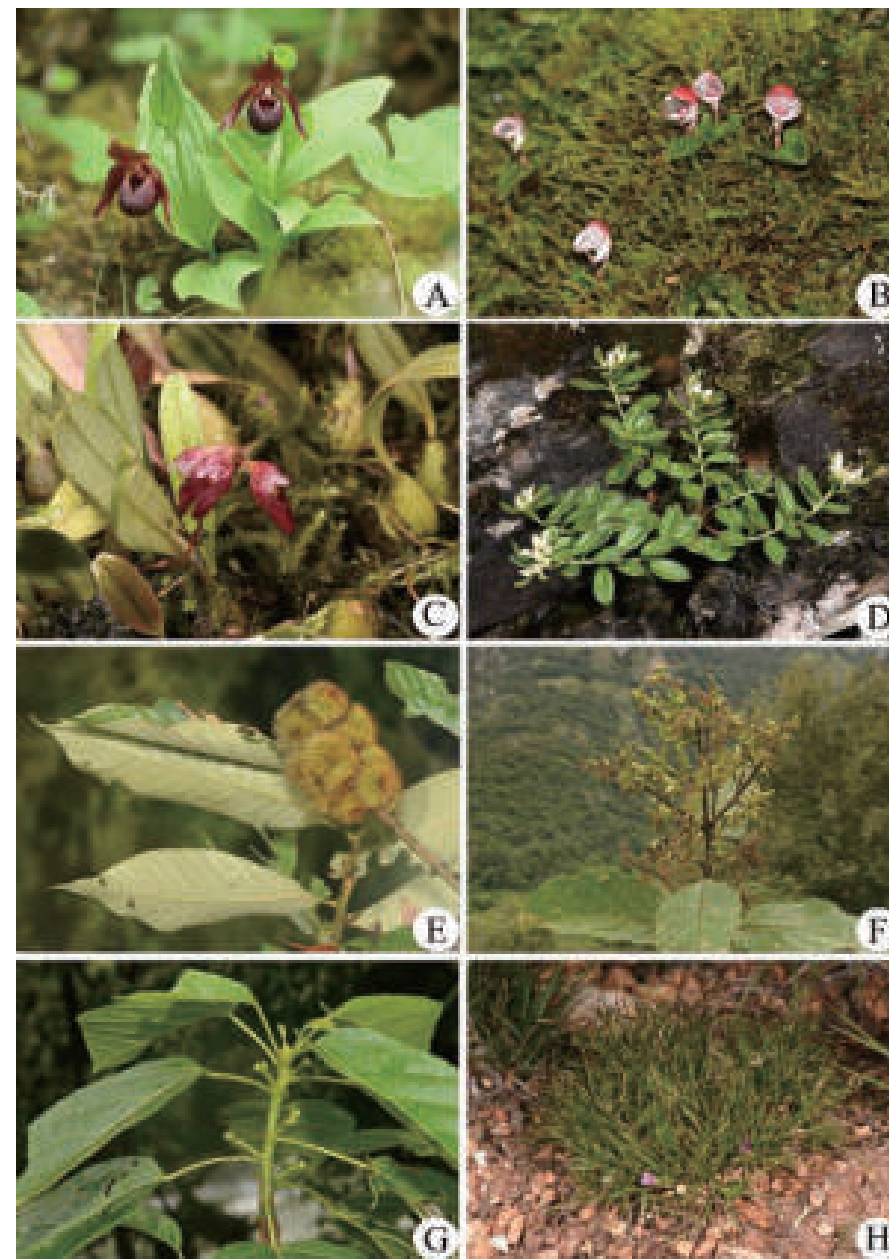
分布，被列为急需拯救保护的极小种群野生植物。广西火桐为一种落叶乔木，高达 10 米，该种为广西特有，因个体数量少，备受关注，已被列入我国亟待拯救保护的极小种群野生植物。

（来源：新华社）

“植物多样性保护和综合评估” 课题完成 2020 年度青藏高原科 考工作

7 月 5 日至 8 月 24 日，极小种群野生植物研究团队对青藏高原的昌都市、林芝市、山南地区、日喀则市、那曲市进行了为期 51 天的野生植物调查。对青藏高原地区的极度濒危植物、青藏旗舰物种、西藏自治区重点保护野生植物、极小种群野生植物等开展了调查，并对青藏高原地区重要球根宿根类植物进行了调查和引种。

本次调查到的目标物种共计 26 种。包括极小种群野生植物和极度濒危植物：无苞杓兰 (*Cypripedium bardolphianum*)、大理铠兰 (*Corybas taliensis*)、滇桐 (*Craigia yunnanensis*) 等 13 种；西藏自治区重点保护植物：西藏含笑 (*Michelia kisopa*)、西藏木莲 (*Manglietia caveana*)、西藏柯 (*Lithocarpus xizangensis*) 等 7 种；调查引种了球根宿根植物共计 16 种。



（来源：云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室）

上海植物园名师讲堂第一讲“极小种群野生植物及其拯救保护——以漾濞槭为例”

8月28日上午，作为上海植物园“名师讲堂”系列讲座的第一讲，本次讲座邀请了中国科学院昆明植物研究所昆明植物园主任孙卫邦研究员作了一场题为“极小种群野生植物及其拯救保护——以漾濞槭为例”的报告。

本次报告由奉树成园长主持，上海植物园、上海辰山植物园、园科院相关科室的业务人员参加了此次学习交流。该报告首先介绍了需要优先保护的植物种类，回顾了极小种群野生植物（Plant Species with Extremely Small Populations，简称 PSESP）这一概念的提出过程，系统地介绍了极小种群野生植物的概念。简要介绍了我国极小种群野生植物研究与保护现状及取得的成果。重点以漾濞槭（*Acer yangbiense*）为例论述了极小种群野生植物保护的重要性以及科学拯救保护途径。提出了抢救性保护和系统研究并重的保护策略，建立了就地、近地、迁地、种群增强与回归等综合保护技术体系。报告引起参会者极大地兴趣，就受威胁植物保护的意义、植物保护回归材料的选择、

回归种群大小等问题和孙卫邦研究员展开了热烈讨论。重要野生植物资源的引种驯化与科学保护是植物园重点工作之一。

（来源：上海植物园）



典型极小种群野生植物保护与恢复技术项目研讨会在通山举行

10月27-29日，由中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所主办，中国科学院武汉植物园承办、九宫山国家级自然保护区管理局协办的国家重点研发计划项目“典型极小种群野生植物保护与恢复技术研究”研讨会在九宫山风景区举行。县政府党组成员赖长青，九管会工委副书记、副主任徐丽华参加会议。研讨会上，赖长青对全国各地专家学者们一行的到来表示欢迎，国家重点研发计划项目负责人、中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所臧润国研究员介绍了重点研发计划项目的基本情况，九宫山自然保护区与中科院武汉植物园合作的极小种群野生植物九宫山迁地保护基地调查一项课题入选此次重点六项课题之一。会议围绕“珍稀濒危植物种群保护与恢复”的前沿和热点问题，六位专家教授做了精彩的学术报告。这些报告既有基础理论研究，也有共性关键技术集成，对珍稀濒危植物种群（尤其是极小种群野生植物）的保护与恢复的理论与技术做了全面的总结。与会专家学者与报告专家进行了热烈讨论。

通山县物种资源丰富，是华中地

区动植物物种的天然基因库，现查明：维管束植物1986种，其中珍稀濒危植物37种。早在1985年，九宫山自然保护区就与中科院武汉植物园合作建设了华中地区珍稀濒危植物园，引进华中地区珍稀濒危物种43种。1989年，为了保存三峡库区珍稀濒危植物，采用与原生境相似的栽培方法，栽培了三峡库区珍稀濒危植物25种，与国家林科院及中科院武汉植物园合作，又培育栽植极小种群珍稀濒危14种。现九宫山珍稀植物园共计面积60余亩，保存各类珍稀濒危植物59种。其中：国家一级保护植物有：珙桐、钟萼木、水杉、银杉、红豆杉等5种。

（来源：通山发布）



生物多样性保护云南有4个率先和3个创新

12月4日下午，云南省政府新闻办召开“COP15 云南省筹备情况暨云南生物多样性保护”专题新闻发布会，COP15 云南省筹备工作领导小组办公室、省林草局、中科院昆明分院就COP15 云南省筹备情况、生物多样性保护领域等相关工作进行发布，总结了云南省生物多样性保护成果：4个率先和3个创新，包括率先在全国开展极小种群物种拯救保护，对2620种严重受威胁本土植物进行有效保护；率先在全国开展国家公园新型保护模式探索；率先在全国理顺自然保护区管理体制，全省新增44个处级机构、1425个省级编制，切实理顺了自然保护区管理机制，

“探寻云南生物多样性之美”公益大课堂启动仪式

12月19日，“探寻云南生物多样性之美”公益大课堂启动仪式在昆明花之城婕珞芙南亚芳香植物资源圃举行。云南农业大学校长、云南省高原特色农业产业研究院院长盛军作为“探寻云南生物多样性之美”公益大课堂第一期主讲嘉宾，围绕“生物王国密码”进行演讲。启动仪式上，来自政府、高校、科研机构、新闻媒体、企业等相关领域的领导、负责人及专家学者就云南生物多样性资源的优势、保护成果、开发利用等话题展开探讨。与此同时，“探寻云南生物多样性之美”线上公益大课堂也正式上线。为COP15大会营造良好的舆论氛围，宣传云南生物多样性保护成果，向社会各界普及科普知识，提高公众保护生物多样性意识，展示中国及云南省在生态文明建设、生物多样性保护等方面取得的丰硕成果，着力讲好中国故事，



夯实了生物多样性保护基础。建立了面积约20万公顷的跨境保护区域，创新开展林业科技“双十行动”，建立了15个森林、湿地、荒漠、草原等生态系统定位站。“十三五”以来，列入国家林草局成果管理库科研成果160个，30余项科技成果获省部级以上奖项，推广林业优良品种和技术234项，建立科技示范基地233个，“云南核桃全产业链关键技术创新与应用”成果获2018年度省科技进步特等奖。建成重点种质资源库16个，收集乡土树种800余种近万份。

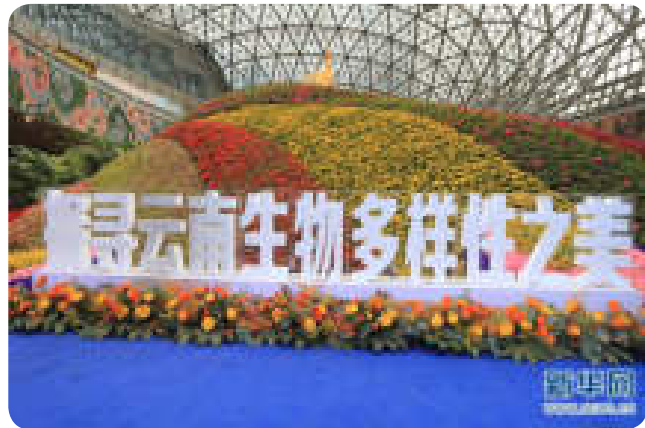
（来源：人民日报）

展示美丽中国七彩云南新形象，提高全社会保护生物多样性的主动性、积极性和参与度，大力弘扬生态文化，切实增强全社会生态环保意识，营造关爱自然、和谐发展氛围提供一个“线上线下”融合的崭新舞台。

据统计，“十三五”时期，云南省持续推进全省360处自然保护地整合优化工作，构建以国家公园为主体的自然保护地体系，全省90%以上的重要生态系统得到有效保护；实施极小种群野生植物拯救保护项目120多个，建成了30个保护小区（点）、13个近地和迁地基地（园）、5个物种回归实验基地，67种野生植物种群得到有效保护和恢复。

COP15 云南省筹备工作领导小组办公室及云南省科学技术厅领导在启动仪式上发表了相关讲话。

（来源：新华网）



探索发现

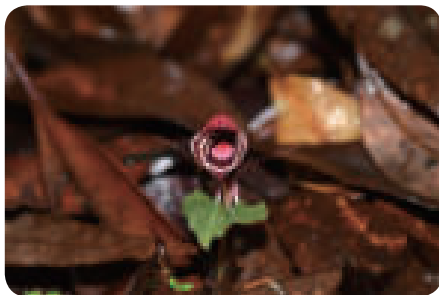
腾冲新发现两种铠兰属植物 ——喜马拉雅铠兰和铠兰

王慧纯，孙卫邦

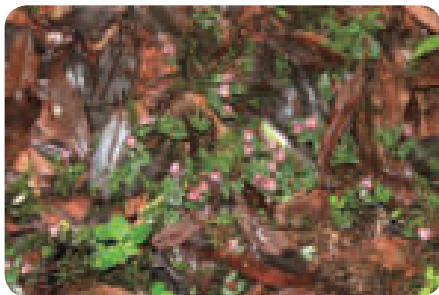
（中国科学院昆明植物研究所 云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室）

2020年7月，云南省高黎贡山国家级自然保护区保山管护局腾冲分局在高黎贡山发现了一种铠兰属（*Corybas* Sp.）植物的野生种群，经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孙卫邦研究团队的实地调查，鉴定为喜马拉雅铠兰（*Corybas himalaicus* (King & Pantl.) Schltr.）。同时，在此次调查中，孙卫邦团队还意外发现了同属的铠兰（*Corybas sinii* T. Tang et F. T. Wang）。此次发现的这两种铠兰属植物的种群均为腾冲市首次记录，为高黎贡山南段山系增添了两种重要的新纪录植物物种。

兰科（Orchidaceae）铠兰属植物



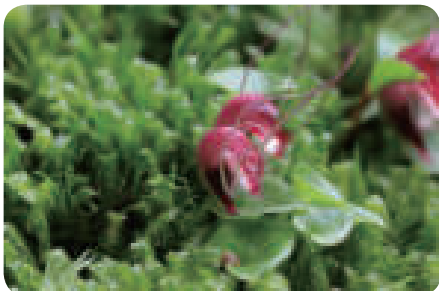
喜马拉雅铠兰



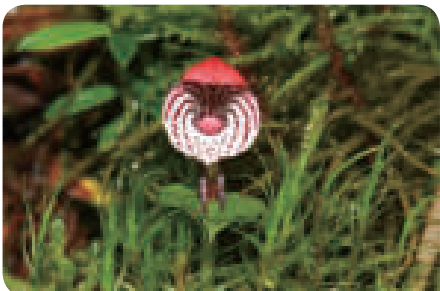
喜马拉雅铠兰



铠兰



铠兰



大理铠兰

现，铠兰与喜马拉雅铠兰同域分布于海拔1790-1810 m的一片区域内，共同着生于苔藓及枯木上，但植株较少，约七百余株。

按IUCN（世界自然保护同盟组织）受威胁物种的评估标准，喜马拉雅铠兰的受威胁等级是无危（LC），铠兰的受威胁等级是濒危（EN）。据当地的护林员介绍，由于这两座山不属于保护区范围，当地村民经常上山砍柴、放牧、采菌，人为干扰严重。孙卫邦团队建议采取就地保护（建立保护小区）并进行人工繁育研究，以扩大种群数量。

据悉，2018年高黎贡山保护区腾冲分局就曾在保护区发现了迄今为止最大的大理铠兰种群。加上此次喜马拉雅铠兰和铠兰的发现，高黎贡山南段已有三种铠兰属植物分布，具有极高的科研价值，应在实施就地保护的同时积极开展其他相关的科学研究工作。

“野外灭绝”物种枯鲁杜鹃重现枯鲁山区

刘德团，马永鹏

（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）

1929年9月，美国植物学家洛克在四川西南部的枯鲁山区采到一份杜鹃标本，但未命名。直到1953年，该标本被作为粘毛杜鹃（*Rhododendron glischrum* Balf. F. et W. W. Smith）的变种（*R. glischrum* var. *adenosum* Cowan et Davidian）发表；后于1978年被提升为种，因 *R. kuluense* D. F. Chamb. 晚于 *R. adenosum* (Cowan & Davidian) Davidian 约2天，根据国际植物命名法规（圣路易斯版）的优先律原则，*R. adenosum* 为合法名称，中文名为枯鲁杜鹃（*Flora of China*, 2005）。



在2013年中国环境保护部和中国科学院联合发布的《中国生物多样性红色名录-高等植物卷》和覃海宁等（2017）发表的《中国高等植物红色名录》里，枯鲁杜鹃均被评估为野外灭绝（EW）。自1929年以后，中国数字植物标本馆仅有2008年采自四川省凉山州普格县螺髻山的“疑似枯鲁杜鹃”（*Rhododendron* aff. *adenosum*）标本记录。

中国科学院昆明植物研究所极小种群野生植物综合保护团队的马永鹏、刘德团、姚刚等，对四川省凉山州普格县螺髻山、木里县的枯鲁山区

（该种模式标本采集地）展开了调查。在螺髻山的调查过程中，科研人员发现该疑似种与枯鲁杜鹃至少在毛被、花色、花形方面有明显区别，遂判断该疑似种并非枯鲁杜鹃。木里县的枯鲁山区在地图上已经不存在了，经过查阅相关资料，在《中国黄教喇嘛的木里王国（插图版）》中找到了相关记载，“kulu”意指木里县的“康坞”，而木里县唯一保留“康坞”关键词的只有明神宗年间建造的康坞大寺（文革时期已毁，现存为重建），基于此考察队对康坞大寺周围的山区开展了为期2天的调查，就在大家觉得此次调查无望且快要下山时，发现了一株花团锦簇的杜鹃，经与模式标本比对、中国植物志核对，确认为枯鲁杜鹃。这让考察队员们浑身的疲惫与饥饿感瞬间全无。目前仅发现一株。

此次野外科学考察改写了枯鲁杜鹃“野外灭绝”的历史。有必要进一步采取“地毯式”系统调查，彻底摸清该种的资源本底，同时开展“抢救性保护”和系统研究工作。



朱红大杜鹃亟待保护

刘德团

(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)

朱红大杜鹃 (*Rhododendron griersonianum* Balf. f. et Forrest) 属于杜鹃花属、常绿杜鹃亚属、朱红大杜鹃亚组的唯一物种^[1], 生于海拔 1580-1865 米的林内或灌丛中, 尤以河边林缘最多, 伴生有窄叶青冈、柯属、扇叶槭、水红木、马银花、滇隐脉杜鹃和柳属等物种。

朱红大杜鹃花大、色彩艳丽、观赏价值高、性状优良, 是西方园艺育种的重要种质资源。尽管全世界有超过 1000 种的野生杜鹃花种类 (Ma et al. 2010), 仅朱红大杜鹃 1 种就产生了占比约 10% 的 *rhododendron* 类的杜鹃花品种 (这些品种的亲本都与朱红大杜鹃有着直接或间接的关系), 超过了世界上所有的杜鹃种类^[3]。这是常绿杜鹃亚属其他所有物种都无可比拟的。

在 2011 年出版的《The Red List of Rhododendrons》^[4]、2013 年发布

的《中国生物多样性红色名录——高等植物卷》(环境保护部和中国科学院 2013) 以及 2017 年发布的《中国高等植物受威胁物种名录》^[2] 中, 朱红大杜鹃均被评为极度濒危 (CR) (Critically Endangered)。

朱红大杜鹃所有野生个体估测仅存 300 余株, 受公路、水库和电站等设施建设的影 响, 生境丧失, 加之人为采挖, 濒临高度灭绝风险, 属于典型的极小种群野生植物。2020 年 11 月 18 日, 当我们再次对腾冲市界头镇周家坡村 居群寻访时, 该居群已消失。该居群分布于村旁河边, 距离最近的一户人家不到 100 m, 距离农田不到 10m。就在最近的 2019 年 10 月中旬, 该居群还剩 2 株个体。朱红大杜鹃另一个居群位于腾冲市猴桥镇, 该居群位于保护区外, 未受到保护区保护。我们拟对该居群进行繁育系统研究, 并采集种子进行萌发实验。繁

殖的小苗可用于迁地保护。

分类学家把它单独列为一个亚组, 可见其系统进化位置的独特性与重要性; 以它为亲本杂交能产生成百上千的品种, 可见其遗传育种的重要性。朱红大杜鹃在研究杜鹃花属的起源与分化、杂交育种和新品种选育及园林园艺开发利用、生物多样性保护等方面有着非常重要的作用。我们呼吁相关政府部门的关注, 尽快建立保护小区保护现存居群及其生境。

参考文献

- [1] 胡琳贞, 方明渊 (1994). 中国植物志 57(2) [M]. 北京: 科学出版社.
- [2] 覃海宁, 杨永, 董仕勇等 (2017). 中国高等植物受威胁物种名录 [J]. 生物多样性, 25: 696-744.
- [3] Marchand J.E. (1999). Origin of the hybrid in: official journal of the American Rhododendron Society Massachusetts [M]. The Rosebay.
- [4] Gibbs D., Chamberlain D., Argent G. (2011). The Red List of Rhododendrons [M]. Botanic Gardens Conservation International.



滇西南地区极小种群植物调查发现五个植物新分类群

马兴达, 申健勇

(中国科学院西双版纳热带植物园)

2020 年至 2021 年初, 中国科学院西双版纳热带植物园园林园艺部工作人员正式发表了在开展滇西南极小种群野生植物调查过程中发现的 4 个植物新种和 1 个植物新亚种, 分别为: 多毛斑果藤 *Stixis villiflora* (2020 年 1 月发表)、普洱秋海棠 *Begonia puerensis* (2020 年 2 月发表)、版纳秋海棠 *Begonia xishuangbannaensis* (2020 年 6 月发表)、紫花黄药 *Ichtyoselmis macrantha* subsp.

porphyrantha (2020 年 8 月发表)、瑞丽舞花姜 *Globba ruiliensis* (2021 年 1 月发表)。

2018 年 4 月, 园林园艺部工作人员和云南铜壁关省级自然保护区管护局工作人员联合在德宏州开展极小种群野生植物调查过程中, 在盈江县支那乡大娘山山顶首次采集到紫花黄药 *Ichtyoselmis macrantha* subsp. *porphyrantha*。后续通过大量的标本研究和文献查阅, 发现紫花黄药分布

于云南西部 (贡山县和盈江县) 和缅甸北部地区, 而黄药 *Ichtyoselmis macrantha* subsp. *macrantha* 主要分布于我国中部到云南东部地区, 这两个亚种地理分布相隔较远。目前在模式产地我们调查到 2 个居群约 40 余株。

2019 年 3 月, 园林园艺部工作人员在西双版纳州勐腊县关累镇开展极小种群野生植物调查工作时, 发现一斑果藤属植物, 采集到开花植株的标本, 并拍摄照片。通过对标本鉴定



图 1. 紫花黄药 *Ichtyoselmis macrantha* subsp. *porphyrantha*. A: 生境; B: 花序; C-D: 花瓣

和查阅大量模式标本以及相关文献资料，最终确认为斑果藤属一新种。根据该物种的叶、花部具有多毛的特征，命名为多毛斑果藤 *Stixis villiflora*。目前，多毛斑果藤在野外仅发现 15 株，且分布地点不在保护区内，周边都有较为严重的砍伐迹象，今后园林园艺部将采取有效的保护措施，避免因人为的干扰而使该物种在当地灭绝。

2019 年 9 月，园林园艺部工作人员在普洱地区进行极小种群野生植物调查时采集到一个秋海棠疑似新种，时值花果期，经过仔细比对，最终确认该种为一新种，命名为普洱秋海棠 *Begonia puerensis*。目前，普洱秋海棠在野外仅在澜沧县和孟连县发现 4 个小居群，该种生境脆弱，仅零星分布

在所剩不多石灰山生境中，且生境受周围农田和砂仁地的严重影响，分布范围在不断的缩小。该种急需加强保护，并对周边地区进行更详细的野外调查，以期有更多的野外居群被发现。

2019 年 10 月，园林园艺部工作人员和云南铜壁关省级自然保护区管护局工作人员在德宏州开展极小种群野生植物联合调查过程中，在瑞丽市弄岛镇等嘎村和莫里瀑布附近首次发现瑞丽舞花姜 *Globba ruiensis*，目前仅发现 2 个居群，约 200 余株，是一种典型的极小种群野生植物。目前，中国科学院西双版纳热带植物园园林园艺部工作人员已通过收集种子和少量幼苗等方式对瑞丽舞花姜进行繁育，着手开展迁地保护工作。

2019 年 11 月，园林园艺部工作人员在西双版纳地区开展极小种群野生植物调查过程中，在勐海县星火山的石壁上采集到一个正在开花的秋海棠属植物，经过标本和文献查阅，发现该种为一植物新种，将其命名为版纳秋海棠 *Begonia xishuangbannaensis*。目前，版纳秋海棠在野外仅在模式产地发现 1 个小居群，该种分布于海拔约 2000 米的栎林下，生长于石头表面，生境非常脆弱，且周围已被大量砍伐和开垦。该种如不迅速采取保护措施，极有可能野外灭绝。我们将对周边地区进行更详细的野外调查，以期有更多的野外居群被发现，并采取有效的保护措施。

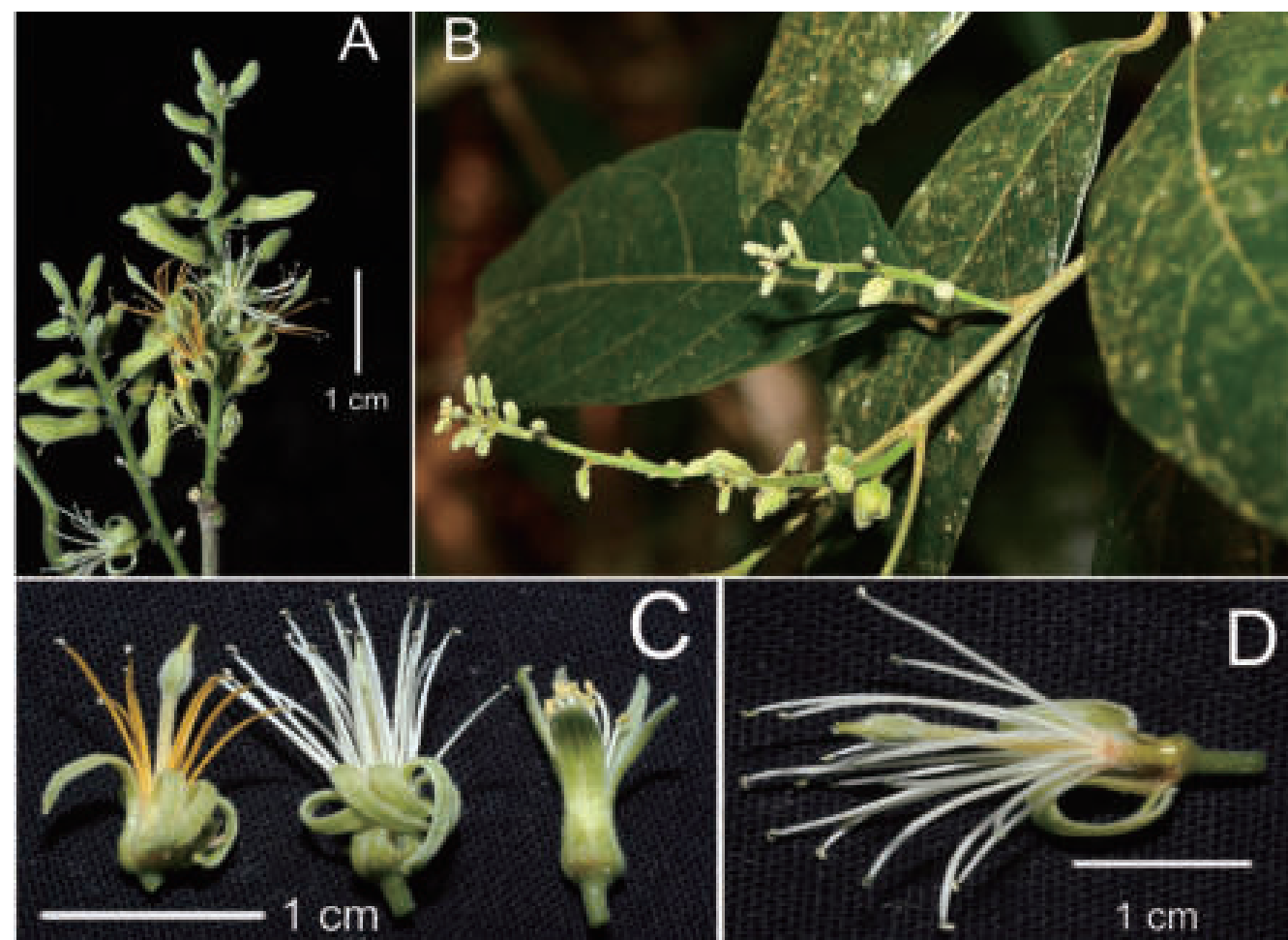


图 2. 多毛斑果藤 *Stixis villiflora*. A: 花序; B: 枝条; C-D: 花

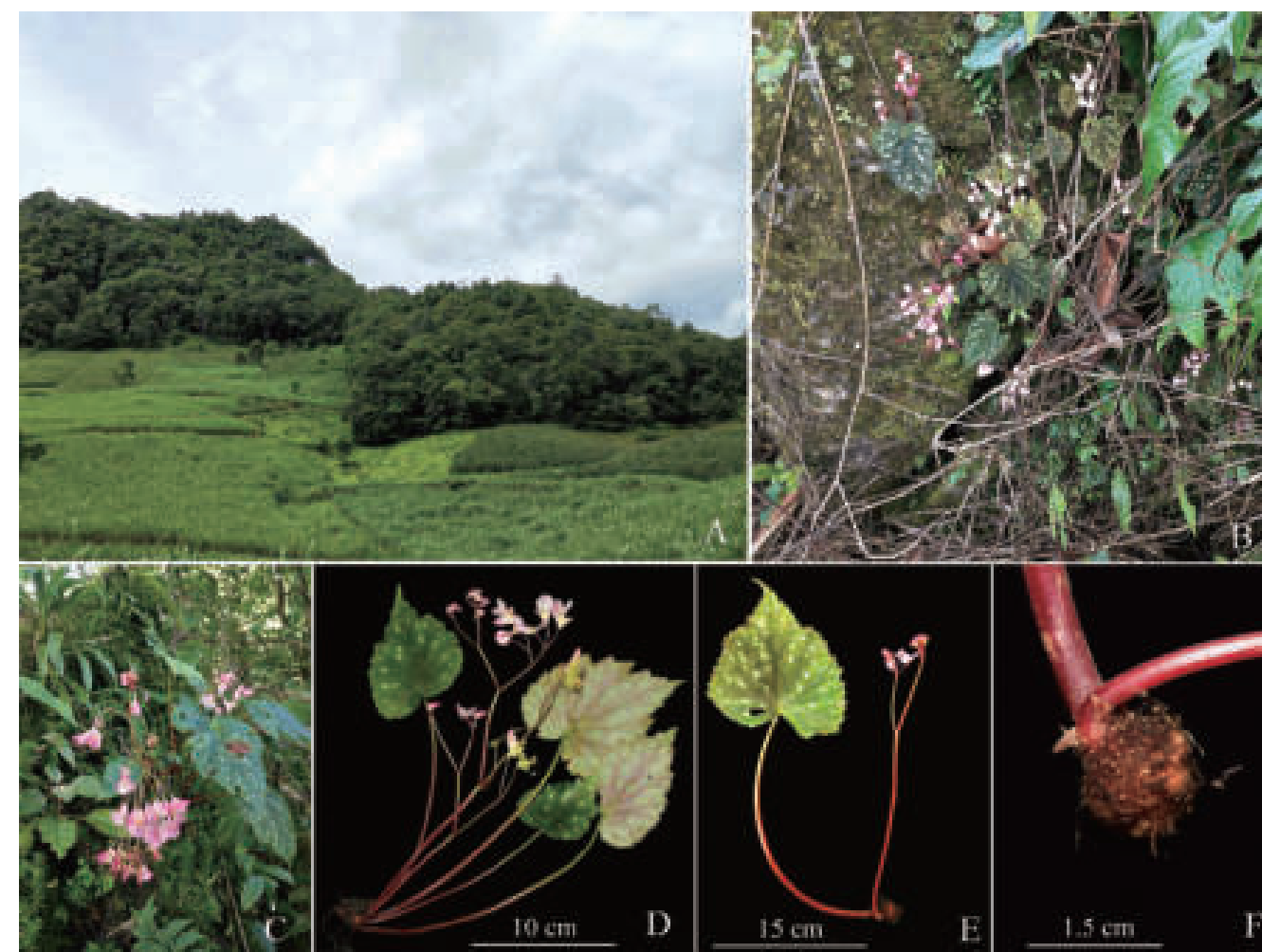


图 3. 普洱秋海棠 *Begonia puerensis*. A-C: 生境; D-E: 植株; F: 根

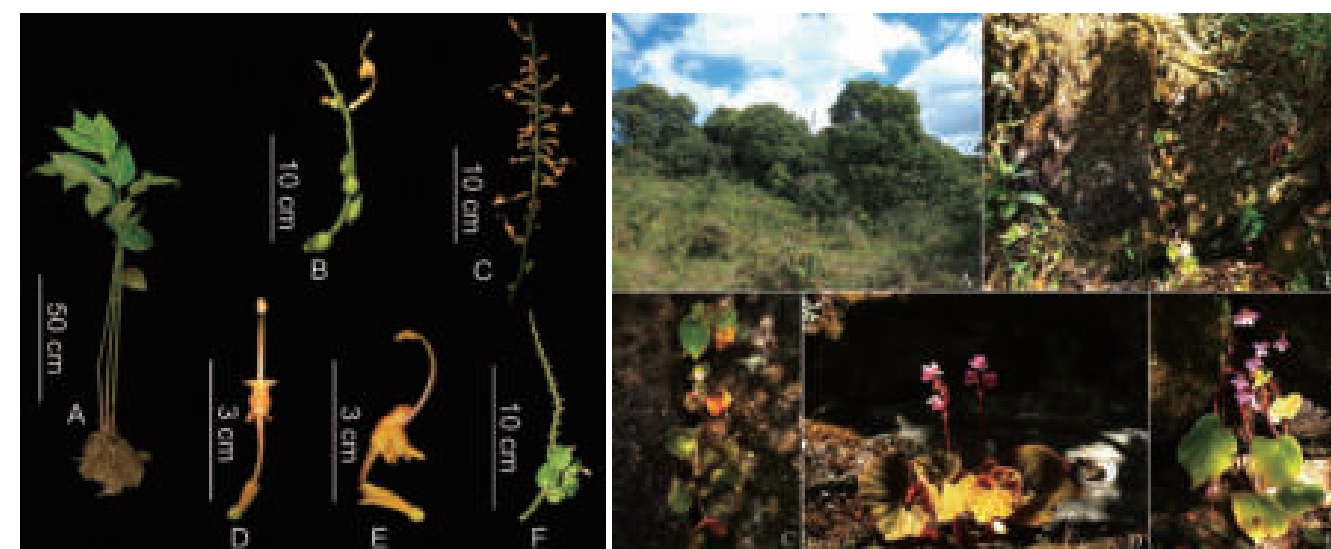


图 4. 瑞丽舞花姜 *Globba ruiensis*. A: 植株; B-C: 花序; D-E: 花; F: 果序 图 5. 版纳秋海棠 *Begonia xishuangbannaensis*. A-C: 生境; D-E: 植株

贵州喀斯特地区苦苣苔科植物一新种 ——小黄花石山苣苔 (*Petrocodon luteoflorus*)

范志伟¹, 蔡磊³, 杨加文¹, 汤升虎¹, 温放²

(1 贵州植物园; 2 中国科学院广西植物研究所 广西喀斯特植物保育与恢复生态学重点实验室;
3 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)

2017年在贵州省喀斯特地区荔波县茂兰国家级自然保护区进行实地考察时,一种有趣的苦苣苔科物种引起了我们的注意。此前,通讯作者(温放)曾在贵州省荔波县东塘镇九

洞田采集到了同种植物的无花标本。我们对桂林植物园和贵州植物园栽培的该种开花个体进行了仔细观察, 由于其形态与石山苣苔 (*Petrocodon dealbatus*) 相似, 我们确定其属于石

山苣苔属 (*Petrocodon*)。之后, 我们采集了该物种在贵州省荔波县茂兰国家级自然保护区的开花标本, 并仔细查阅了相关标本和文献, 认为该种为新种, 由于其开黄色小花, 命名为小黄花石山苣苔 (*P. luteoflorus* Lei Cai & F.Wen)。该新种形态与石山苣苔最接近, 尤其是叶形态非常接近, 但是可以通过花形态区分两者: 前者萼裂片长 6-8mm, 而后者 2-5mm 长; 前者花冠长 9-11mm, 淡黄色至黄色, 而后者长 5.5-8mm, 白色; 前者花冠裂片均为三角形, 大小一样, 约 2mm 长, 而后者裂片形状大小不同。

该新种生于林下潮湿岩石上，目前仅见于模式产地茂兰国家级自然保护区内，经过近年来的调查，该物种在当地比较常见，加之在保护区内，人为干扰弱，根据 IUCN 红色名录标准，将其受威胁等级暂定为“无危”（LC）。然而，尚需要更多可靠数据来进一步评估。

(翻译、编辑：陶丽丹)

参考文献:

[1] Fan Z.W., Cai L., Wang J.W., et al. *Petrocodon luteoflorus* (Gesneriaceae), a new species from karst region in Guizhou, China. *PhytoKeys*. 2020, 157: 167–173.

[2] IUCN. Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria, version 13. Prepared by the Standards and Petitions Subcommittee of the IUCN Species Survival Commission. 2017. <http://cmsdocs.s3.amazonaws.com/RedListGuidelines.pdf> [Accessed 23 November 2018].

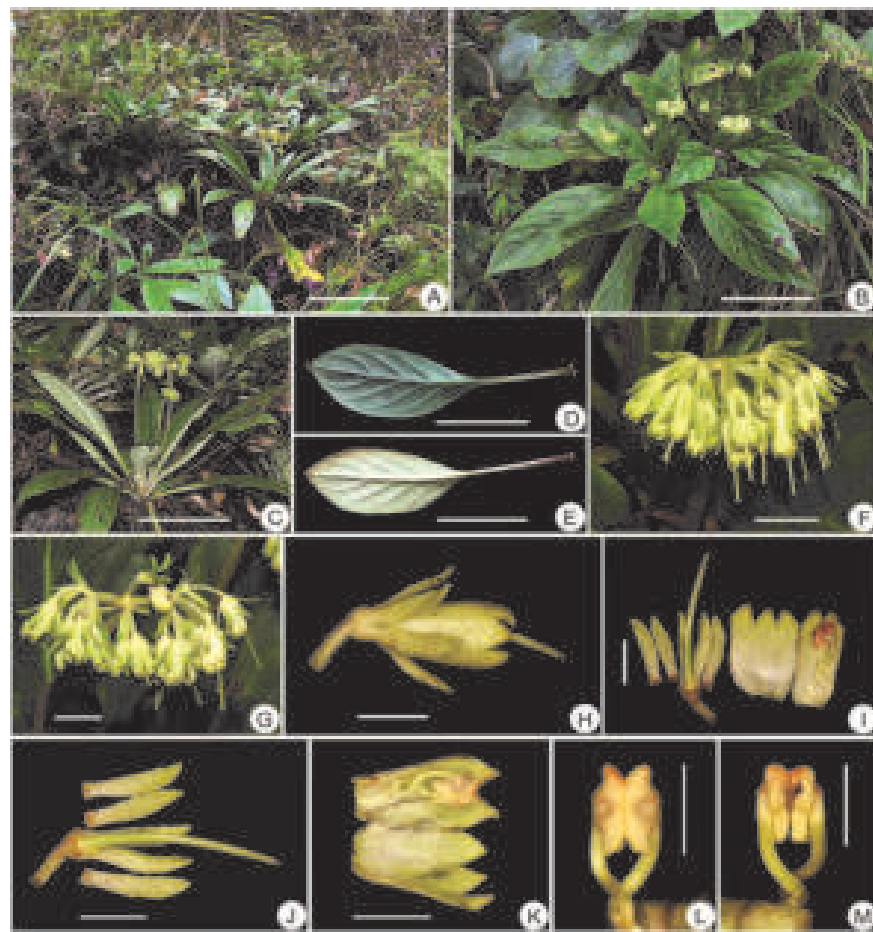


图1. 小黄花石山苣苔 (*Petrocodon luteoflorus* Lei Cai & F.Wen): A: 生境; B、C: 开花植株; D: 叶柄及叶正面; E: 叶柄及叶背面; F、G: 聚伞花序; H: 花侧视图; I: 花冠剖视图及雌蕊和花萼; J: 雌蕊、花盘及花萼; K: 花冠剖视图 (示雄蕊和退化雄蕊); L: 粘合雄蕊正面; M: 粘合雄蕊背面; 比例尺: 20cm (A); 10cm (B、C); 5cm (D、E); 1cm (F、G); 5mm (H、I、J、K); 3mm (L、M)。(蔡鑫和温放摄)

滇东南苦苣苔科植物一新种 ——南溪蛛毛苣苔

张贵良¹, 蔡磊², 王逸之³, 张贵生⁴

(1 河口县林业和草原局; 2 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; 3 西南林业大学生物多样性保护与利用学院; 4 云南大围山国家级自然保护区河口管护分局)

2016年,在对滇东南进行植物区系调查过程中,在河口县中越边境石灰岩地区南溪镇发现了一种苦苣苔科(Gesneriaceae)长蒴苣苔亚科(Didymocarpoideae)的植物,随后几年观察到了花和果实的形态(如:可育雄蕊2枚,蒴果扭曲,叶被蛛丝状绵毛),经过查阅文献和仔细对

比标本, 我们确定其为蛛毛茛苳属 (*Paraboea*) 的一个新种, 根据其模式产地, 将其命名为南溪蛛毛茛苳 (*P. nanxiensis* Lei Cai & Gui L. Zhang)。

该新种形态上类似产自广西那坡的垂花蛛毛苣苔 (*P. nutans* D.Fang & D.H.Qin): 叶卵形, 两面均被蛛丝状棉毛及褐色棉毛, 无叶柄或叶柄极短,

花蓝紫色。但是该新种的花萼裂片先端最宽且光滑无毛，花冠浅宽钟形、花冠筒不明显、花冠管内面基部白色，花丝无毛以及蒴果稍微扭曲，这些特征可以区分这两个种；另外该新种生于云南海拔 530-610m 的河口及马关一带，而垂花蛛毛苣苔生于广西那坡海拔 900-1150m 的石灰山。

南溪蛛毛苣苔生长于石灰岩季雨林下的潮湿石壁上, 已知分布点 2 个, 分别位于河口县和马关县, 接近中越边境, 共计约 50 株个体。分布区域极其狭窄, 喀斯特生境非常脆弱, 按 IUCN 标准, 将其受威胁等级评为“极度濒危”(CR)(B2a)。按照极小种群野生植物的定义, 该物种为极小种群野生植物, 研究团队将持续关注该物种的种群动态。

近年来,中越边境的石灰岩地区不断有新分类群或新记录物种的发现,不仅具有较丰富的植物多样性,而且特有现象十分突出,有必要加强对该区域的植物多样性考察,加大保护力度,同时考虑物种的开发利用。

新种发表在《广西植物》上。

(翻译、编辑：陶丽丹)

参考文献:

[1] 张贵良, 蔡磊, 王逸之, 张贵生. 云南东南部苦苣苔科植物一新种——南溪蛛毛苣苔. 广西植物, 2020, 40(10): 1423-1428.

[2] IUCN. Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 14. Prepared [EB/OL]. The Standards and Petitions Subcommittee of the IUCN Species Survival Commission. 2019.

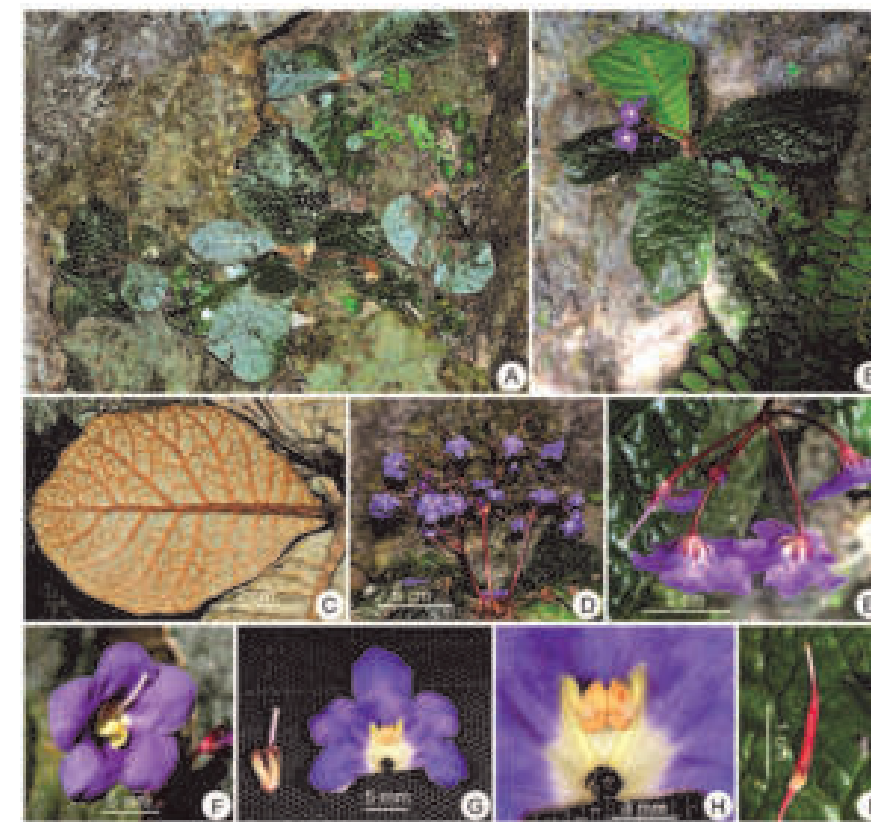


图 1. 南溪蛛毛茛苔 (*Paraboea nanxiensis* Lei Cai & Gui L. Zhang)

[3] Wang W.T., Pan K.Y., Li Z.Y. Gesneriaceae. // Wu Z.Y., Raven P.H. Flora of China. Beijing: Science Press; St. Louis: Missouri Botanical Garden press. 1998, 18: 362-367.

[4] 王文采, 潘开玉, 李振宇. 苦苣苔科 // 王文采. 中国植物志. 北京: 科学出版社. 1990, 69: 460-471.

[5] 李振宇, 王印政. 中国库苦苣苔科植物. 郑州: 河南科学技术出版社. 2005: 1-721.

[6] Chen W.H., Moller M., Shui Y.M., et al. Three new species of *Petrocodon* (Gesneriaceae), endemic to the limestone areas of Southwest China, and preliminary insights into the diversification patterns of the genus. Syst Bot. 2014, 39(1): 316-330.

[7] Xu W.B., Guo J., Pan B., et al. Three new species of *Paraboea* (Gesneriaceae) from limestone karsts of China based on morphological and molecular evidence. Bot

Stud. 2017, 58(1): 1-14.

[8] Middleton D.J. Two new species of *Paraboea* (Gesneriaceae) from Vietnam. Edinb J Bot. 2018, 75(3): 421-425.

[9] He D.M., Feng Y.F., Pan F.Z. *Paraboea wenshanensis*, a new species of Gesneriaceae from Yunnan, China. PhytoKeys. 2018, 95: 83-91.



图2. 南溪蛛毛苣苔 (*Paraboea nanxiensis* Lei Cai & Gui L. Zhang) A: 开花植株; B、C、F: 花序俯视图; D、G、H: 花序正视图; E: 花冠剖视图 (示雄蕊和退化雄蕊以及雌蕊和萼片)。(温放摄)

大围山发现一梧桐新种

张贵良¹, 蔡磊², 段杰秋³, 王婷⁴, 向建英⁴

(1 河口县林业和草原局; 2 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; 3 西南林业大学生命科学学院; 4 西南林业大学生物多样性保护学院 / 云南生物多样性研究院)

2013年,对滇东南石灰岩区域进行植物区系调查时,在河口县大围山国家级自然保护区内发现一种罕见的梧桐属(*Firmiana*)植物,查阅相关文献后和标本后,该植物被鉴定为新种,由于其模式产地为大围山,故得名大围山梧桐(*Firmiana daweishanensis* Gui L. Zhang & J.Y.Xiang.)。该新种3-4月开花,5-6月结果;目前仅见于滇东南大围山范围内的河口县及马关县,生于海拔150-700m的石灰山沟谷或密林中。

大围山梧桐树皮灰色至灰绿色,叶片卵形,嫩叶被灰白色星状短柔毛,与海南梧桐(*F. hainanensis* Kosterm.)相似,但是大围山梧桐花紫红色,而海南梧桐花黄白色;大围山梧桐的花形态与云南梧桐(*F. major* (W.W.Smith) Hand.-Mazz.)相似:花萼紫红色,被毛,树干在近基部分支,然而云南梧桐树皮灰黑绿色,叶片三裂,同大围山梧桐截然不同。此外,大围山梧桐先花后叶,而海南梧桐和云南梧桐均为先叶后花。

有些研究将梧桐属拆成两个属,即梧桐属和火桐属(*Erythropsis*),依据是前者先花后叶,花萼裂片明显短于花萼不裂的部分,每个果囊有2粒种子;后者先叶后花,花萼裂片明

显长于花萼不裂的部分,每个果囊有4粒种子,分子研究也支持了这个想法。而其他研究者认为,萼裂片长度是可变的,果囊中的种子数量为种间差异,而不是属间差异,不应将梧桐属和火桐属分开。大围山梧桐是首个先花后叶,符合梧桐属定义,然而花形态又符合火桐属定义的物种,此物种的发现证明将梧桐属和火桐属分开的依据不可靠。

梧桐属目前已知物种16种,除了梧桐(*F. simplex* (Linnaeus) W. Wight)外,多为狭域分布的特有种,在2013年-2020年对大围山国家级自然保护区的持续考察过程中,只发现了4个分布点,总计不超过50株大围山梧桐,根据IUCN标准,由于其分布面积小于100km²,暂将其受威胁等级评为“濒危”(EN)(标准B)。

大围山梧桐分布范围狭窄,个体数量少,符合极小种群的定义,其已知分布范围均在保护区内,建议扩大调查范围,对大围山进行系统调查,同时采集种子,进行迁地保护和人工繁育研究,育出苗木后进行自然回归,扩大种群规模。(翻译、编辑:陶丽丹)

参考文献:

[1] Zhang G.L., Cai L., Duan J.Q., et al. *Firmiana daweishanensis* sp. nov. (Malvaceae) from Southeast Yunnan, China. Phytotaxa. 2020, 456(2): 215-218.

[2] IUCN (2010) The IUCN Red List of Threatened Species, Version 2010.4. IUCN Red List Unit, Cambridge U.K. Available from: <http://www.iucnredlist.org/> (accessed 19 May 2011)

[3] Tang, Y., Gilbert, M.G. & Dorr, L.J. Sterculiaceae. In: Wu, C.Y., Raven, P.H. & Hong, D.Y. (Eds.) Flora of China, vol. 12. Science Press, Beijing & Missouri Botanical Garden Press, St. Louis. 2007: 302-330.

[4] Xu, S.J. & Xu, X.H. Comments on the taxonomic position of some genera in Sterculiaceae. Journal of Tropical and Subtropical Botany. 2000, 8 (1):11-16.

[5] Huang, Y.S., Wu, W.H., Xu, W.B. et al. *Firmiana calcarea* sp. nov. (Malvaceae) from limestone areas in Guangxi, China. Nordic Journal of Botany. 2011, 29: 608-610.

[6] Schott, H.W. & Endlicher, S. Meletemata Botanica. Typis Caroli Gerold. Vindobonae. 1832: 36.

[7] Ridley, H.N. *Firmiana and Erythropsis*. Kew Bulletin. 1934, 5: 214-216.

[8] Willis, J.C. & Airy Shaw, H.K. A Dictionary of the Flowering Plants and Ferns, 8th ed. (revised). Cambridge University Press. 1973: 1245.

[9] Hsue, H.H. Sterculiaceae. In: Feng, G.M. (Ed.). Flora Republicae Popularis Sinicae, vol. 49 (2). Science Press, Beijing. 1984: 112-190.

[10] Fan, Q., Guo, W., Chen, S.F. et al. Phylogeny of *Firmiana* (Sterculiaceae) based on nrDNA ITS analysis (Abstract). In: Botanical society of Yunnan Province (Eds.) The 2011 National Symposium on Plant Systematics and Evolution & the 10th Youth Academic Seminar in China, Kunming. 2011: 61.

[11] Kostermans, A.J.G.H. A note on some African Sterculiaceae. Bulletin Jardin Botanique de l'Etat, Bruxelles. 1954, 24: 335-338.

[12] Kostermans, A.J.G.H. The genus *Firmiana* Marsili (Sterculiaceae). Reinwardtia. 1957, 4: 281-310.

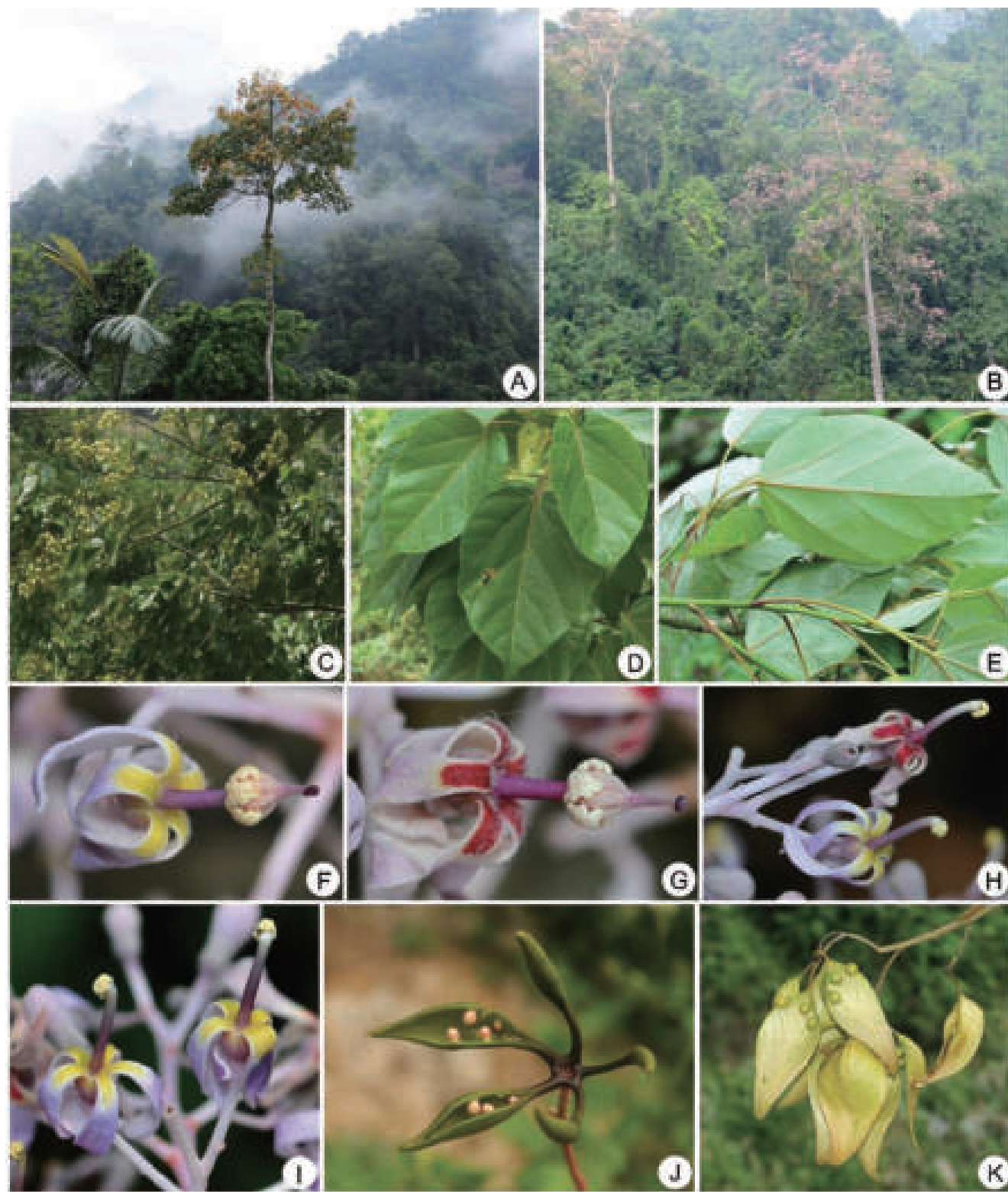


图1. 大围山梧桐 (*Firmiana daweshanensis* Gui L. Zhang & J. Y. Xiang.) A: 生境; B: 三月份开花植株; C: 五月份的果枝; D: 叶正面; E: 叶背面; F: 初开的雌花; G: 授粉后的雌花; H: 雄花; I: 除开的雄花; J: 幼果; K: 完全张开的果实。(张贵良摄)

中印植物学家联合发表苦苣苔科一新种：中印长蒴苣苔 (*Didymocarpus sinoindicus*)

Prasanna N.S.¹, 刘德团², Saryan P.¹, 段绍忠³, 蔡磊², V. Gowda¹

(¹ 印度科学教育研究所生物科学系热带生态与进化实验室; ² 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; ³ 高黎贡山国家级自然保护区保山管理局腾冲管护分局)

1949年, 英国植物学家 Kingdon-Ward 在印度那加兰邦的 Japvo 山采集到一份苦苣苔科植物标本, 并将其归为长蒴苣苔属 (*Didymocarpus*), 但是由于未见花特征, 而未能将其命名。69 年后的 2018 年, 印度学者

在印度东北部又采集到该未知苦苣苔科植物, 同时中国作者于 2019 年在滇西的高黎贡山采集到了相似物种的标本, 通过形态测量, 基于可育雄蕊 2 枚, 柱头盘状, 子房 1 室, 侧膜胎座, 蒴果室背开裂为 2 瓣等形态特征, 两个研究团队均将其归入长蒴苣苔属, 通过查阅文献和标本, 并对比了形态或地理分布相似的类群后, 认为该物种是新种。巧合的是这两个不同国家的独立研究团队分别同时向苦苣苔科植物特刊提交了该新种的文稿, 两个团队都使用了反映各自模式产地 (印度的 Saramati 和中国的腾冲) 的种加词描述了新物种, 审稿人和编辑发现了这两个物种的相似之处, 并建议作者进一步研究, 对新种进行合作描述, 最终促成了两个国家、两个素不相识的研究团队之间的意外合作。

根据新种的两个已知分布区 (中国和印度), 同时也是为了纪念这场机缘巧合下的跨国合作, 我们将其命名为中印长蒴苣苔 (*Didymocarpus sinoindicus* N.S.Prasanna, Lei Cai & V.Gowda)。

该新种在印度 7-9 月开花, 中国 4-8 月开花, 果期均为 8-11 月; 生长在海拔 2200m 至 2600m 的密林中苔藓覆盖的石壁上, 分布于杜鹃林等常绿阔叶林中; 在形态上与 *D. oblongus* Wall. ex D.Don、*D. hookeri* C.B.Clarke 及腺萼长蒴苣苔 (*D. adenocalyx* W.T.Wang) 相似, 但可以通过其萼片颜色为乳白色至黄绿色, 花瓣以及花冠裂片上的紫色条纹与它们区分开来。

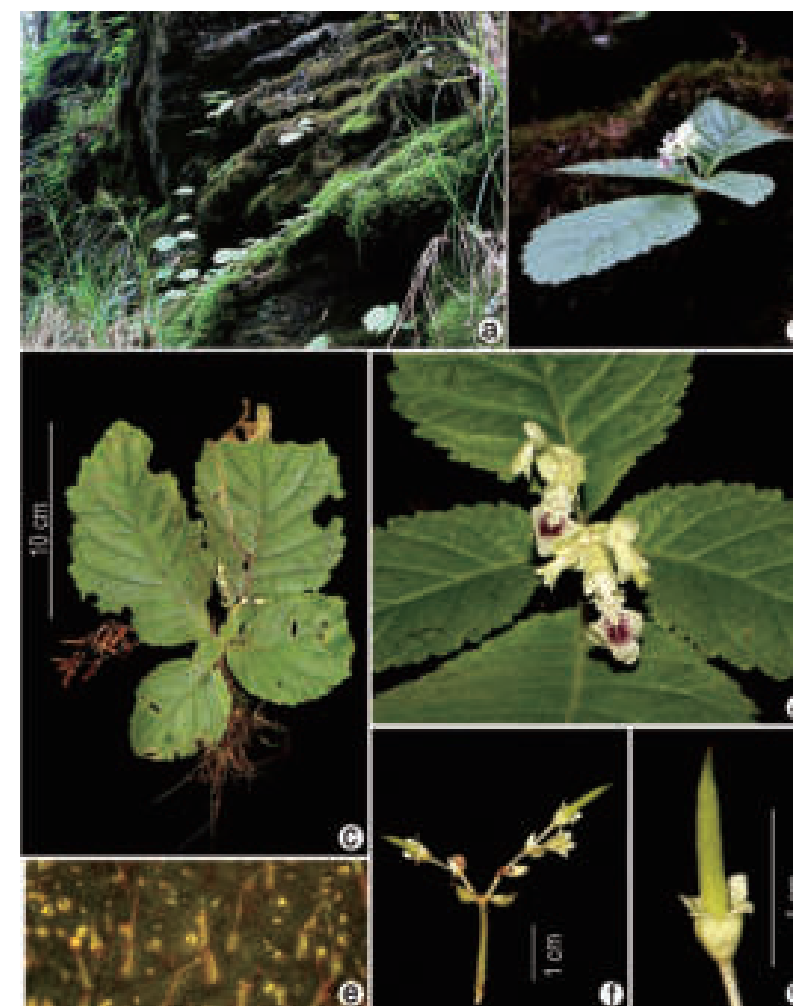


图1. 印度分布的中印长蒴苣苔 (*Didymocarpus sinoindicus* N.S.Prasanna, Lei Cai & V.Gowda) A: 生境; B: 全株; C: 带花序和果序的全株; D: 花序; E: 叶背面的腺体; F: 带果的聚伞花序; G: 幼果。(Preeti Saryan 摄)

该新种目前仅发现 3 个分布点，其中，印度 2 个分布点，一个位于东北部那加兰邦 Kiphire 的 Saramati 山大本营附近，有 5 个成熟个体，此区域为保护区，人为干扰弱，另一个为历史分布点位于那加兰邦的 Japvo 山脊，距 Saramati 山分布点 100km，种群状况未知；中国 1 个分布点，位于腾冲市丹扎村，这 3 个分布点均靠近缅甸，且这一带生境相似，推测缅甸北部的实皆和克钦邦可能也有分布。

由于缺乏系统评估，暂将其受威胁等级评为“数据缺乏”（DD）。

这项研究说明了中印两国需要进行更多植物分类学合作研究，以便增加两国对共同的生物多样性的了解，使我们能够更好地实施保护措施、减少分类混乱。

（翻译、编辑：陶丽丹）

参考文献：

[1] Prasanna N.S., Liu D.T., Saryan P., et al. *Didymocarpus sinoindicus* (Gesneriaceae), a new species from India and China. *Rheedea*. 2020, 30(1): 135-142.

[2] Weber A. & B.L. Burtt. Remodelling of *Didymocarpus* and associated genera (Gesneriaceae). *Beiträge zur Biologie der Pflanzen*. 1998, 70(2 & 3): 293-363.

[3] Kanjilal U.N., Das A., Kanjilal P.C. et al. *Flora of Assam*. Volume 3. Government of Assam, India. 1939: 387-400.

[4] Wang W.T., Pan K.Y. & Z.Y. Li. Gesneriaceae. In: WANG W.T. (ed.), *Flora Reipublicae Popularis Sinicae*. Volume 69. Science Press, Beijing. 1990: 420-451.

[5] Wang W.T., Pan K.Y. & Z.Y. Li 1998. Gesneriaceae. In: WU, Z.Y. & P.H. RAVEN (eds.) *Flora of China*. Volume 18. Science Press, Beijing and Missouri Botanical Garden Press, St. Louis. 349-358.

[6] Grierson A.J. & D.G. Long. *Flora of Bhutan*, including a record of plants from Sikkim and Darjeeling. Volume 2(3). Royal Botanic Garden, Edinburgh. 2001: 1308-1315.

[7] Sinha B.K. & S. Datta. Taxonomic account on the family Gesneriaceae in Northeast India. *Nelumbo*. 2016, 58: 1-43.

[8] Roy S. 2017. Taxonomic studies of the family Gesneriaceae of Indian part of Eastern Himalaya. Ph.D. Thesis, University of Kalyani, West Bengal, India.



图 2. 中国分布的中印长蒴苣苔 (*Didymocarpus sinoindicus* N.S.Prasanna, Lei Cai & V.Gowda) A: 生境; B: 果实; C: 带花和老果的植株; D: 花序和叶正面; E: 花口部; F: 花被前视图; G: 花侧视图 (示花萼和苞片); H: 雌蕊及花萼和花盘; I: 花被剖视图 (示内部结构); J: 雄蕊和退化雄蕊。(刘德团、蔡磊摄)

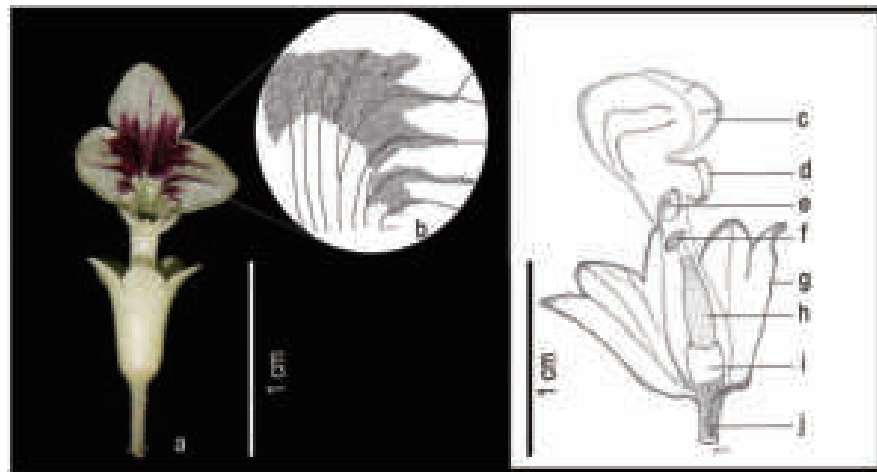


图 3. 中印长蒴苣苔 (*Didymocarpus sinoindicus* N.S.Prasanna, Lei Cai & V.Gowda) A: 花; B: 三个下唇裂片交界处的斑纹; C: 下唇; D: 上唇; E: 雄蕊群; F: 柱头; G: 花萼; H: 子房; I: 花盘; J: 花梗。(Preeti Saryan 摄, Vinita Gowda 绘)

云南喀斯特地区天门冬科一新种 ——西畴蜘蛛抱蛋 (*Aspidistra xichouensis*)

蔡磊¹，潘勃²，林春蕊²，刀志灵¹，胡光万³

(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 中国科学院广西植物研究所; 3 中国科学院武汉植物园 中国科学院植物种质创新与特色农业重点实验室)

2013 年 6 月，作者之一胡光万在云南省西畴县采集到一种叶窄长、花较小的蜘蛛抱蛋属 (*Aspidistra*) 植物，花朵虽已枯萎，但仍保留了形态特征，从中可以看出花被壶形，4 裂，雄蕊着生于花被筒中部，花特征不同于所有已知的蜘蛛抱蛋，因此，作者采集了活体材料，种植在武汉植物园（栽培号 HGW-Z-1616），其中有一部分移栽至桂林植物园，并于 2018 年在桂林植物园开花，武汉植物园的个体尚未开花（推测该物种可能更适应热带、亚热带温暖潮湿气候）。2019 年 3 月，另一位作者蔡磊在对同一区域进行调查时，发现了正在开花的植株，通过查阅文献、标本，并仔细对比过形态之后，我们确定这是一个蜘蛛抱蛋新种，并根据其模式产地命名为 *Aspidistra xichouensis* Lei Cai, Z.L.Dao & G.W.Hu. 该新种在叶形态和花大小上和小米蜘蛛抱蛋 (*A. minutiflora*)、禾叶蜘蛛抱蛋 (*A. graminifolia*)、圆柱蜘蛛抱蛋 (*A. cylindrica*) 相似，但是新种叶柄明显，而其他三者叶柄不明显；新种花梗直立朝上，而其他三者花梗向下弯曲；新种花直立，而其他三者花下垂；新种花被筒略呈杯状，最宽处在中部，而其他三者花被筒为基部或口较宽的瓶状、杯状或钟状；新种花被片以 4 裂为主，而其他三者以 6 裂为主；新种具 4 枚雄蕊，着生于花被筒中部附近，而其他三者具 6

枚雄蕊，着生于花被筒基部。

目前该新种仅在西畴县发现了 2 个种群，生于石灰岩地区常绿阔叶林下，第一个发现的种群在大龙寨，有

15 丛野生植株；距大龙寨 10km 处，发现了第二个种群，有大约 10 丛野生植株。由于调查尚不充分，没有对该物种进行受威胁等级评估。

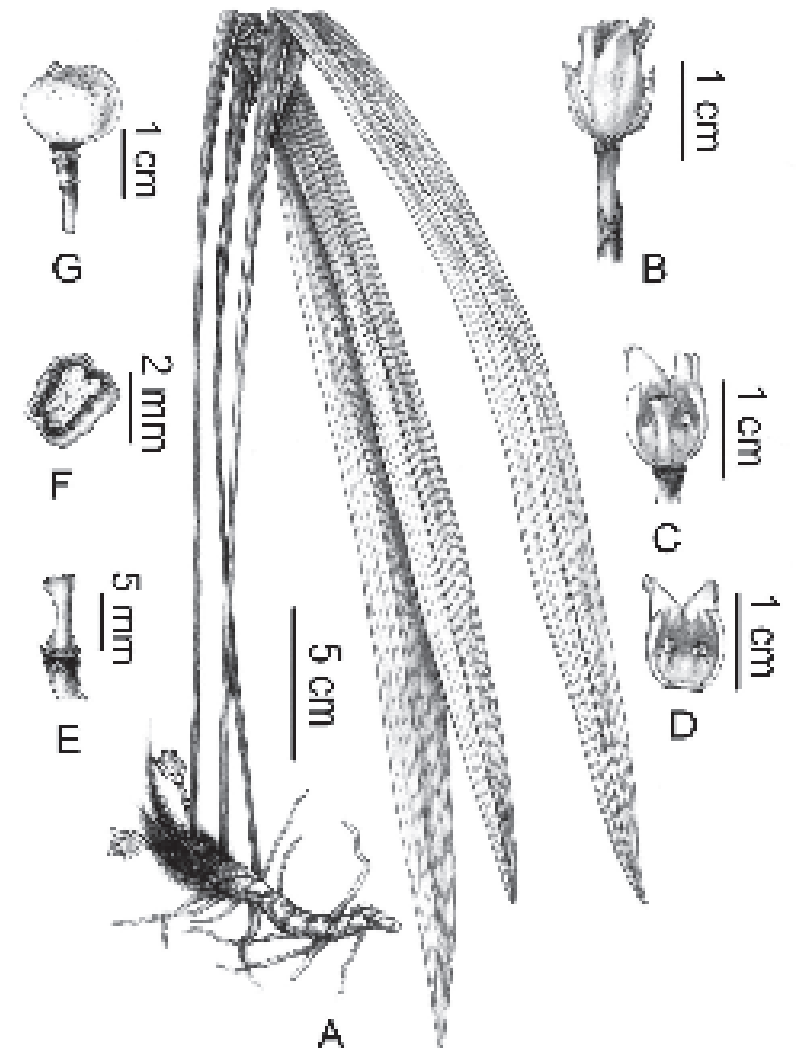


图 1. 西畴蜘蛛抱蛋 (*Aspidistra xichouensis* Lei Cai, Z.L.Dao & G.W.Hu) A: 生境; B: 花侧面观 (带苞片); C、D: 花纵剖面; E: 雌蕊侧面观; F: 柱头; G: 果。(朱炫霖绘)

新种发表在《Phytotaxa》期刊上，题名为“*Aspidistra xichouensis* (Asparagaceae), a new species from the karst region in southeastern Yunnan, China”。

(翻译、编辑：陶丽丹)

参考文献：

[1] Cai L., Pan B., Lin C.R., et al. *Aspidistra xichouensis* (Asparagaceae), a new species from the karst region in southeastern Yunnan, China. *Phytotaxa*. 2020, 439(2): 143-149.

[2] Liang, S.Y. & Tamura, M.N. *Aspidistra* Ker Gawler. In: Wu, Z.Y. & Raven, P.H. (Eds.) *Flora of China*, vol. 24. Science Press, Beijing & Missouri Botanical Garden Press, St. Louis, 2000: 240-250.

[3] Li, G.Z. The genus *Aspidistra*. Guangxi Science & Technology Publishing House, Nanning, 2004: 229.

[4] Averyanov, L.V., Tillich, H.-J., Guo, X.M., et al. Three new species of *Aspidistra* (Convallariaceae) from Vietnam. *Wulfenia*. 2016, 23: 57-67.

[5] Vislobokov, N.A., Nuraliev, M.S., Kuznetsov, A.N. et al. *Aspidistra cylindrica* (Asparagaceae), a new species from Southern Vietnam. *Systematic Botany*. 2016, 41 (1): 160-165.

[6] Zhong, Z.X., Cai, X.Z., Tian, J., et al. *Aspidistra radiata*, a new species of Asparagaceae from Yunnan Province, China. *Plant Science Journal*. 2016, 34 (6): 842-848.

[7] Xu, W.F., Lv, D.H., Wang, B. et al. *Aspidistra maguanensis* (Asparagaceae), a new species from Yunnan, China. *Phytotaxa*. 2017, 312 (1): 147-149.

[8] Cai, L., Peng, S., Tian, J., et al. *Aspidistra austroyunnanensis* (Asparagaceae), a new species from southern Yunnan, China. *Phytotaxa*. 2018, 356 (3): 233-237.

[9] Cai, L., Zhang, G.L., Hu, G.W. et al. *Aspidistra bogneri* H.-J. Tillich, a newly recorded species of *Aspidistra* (Asparagaceae) from China. *Plant Science Journal*. 2019, 37 (5): 572-575.

[10] Peng, S., Cong, Y.Y., Wei, N., et al. *Aspidistra nutans*, a newly recorded species of *Aspidistra* from China. *Plant Science Journal*. 2018, 36 (6): 790-793.

[11] Tillich, H.-J. & Averyanov, L.V. A critical survey of infraspecific taxa in the genus *Aspidistra* (Asparagaceae). *Feddes Repertorium*. 2018, 129: 185-189.

[12] Pan, B., Qin, Y., Yuan, Q. et al. *Aspidistra semiaperta* Aver. et Tillich, A new record of Asparagaceae from China. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*. 2019, 27 (3): 343-345.



图2. 西畴蜘蛛抱蛋 (*Aspidistra xichouensis* Lei Cai, Z.L.Dao & G.W.Hu) (蔡磊摄)



图3. 小花蜘蛛抱蛋 (*Aspidistra minutiflora* Stapf. A) (蔡磊摄)

云南喀斯特地区发现 4 种马铃薯苔新种

蔡磊, 刀志灵

(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)

2017年至2019年,在对滇东南麻栗坡县、滇东北盐津县乌蒙山区、滇东南大围山蒙自市、滇东师宗县的石灰岩地区分别进行野外考察时,分别采集到一些苦苣苔科植物,其中,麻栗坡、乌蒙山和大围山采集的苦苣苔采集时未开花,前者引种到桂林植物园,后两种引种到昆明植物园,次年首次开花;师宗采集的苦苣苔采集时正在开花。

这四种苦苣苔科植物都具有马铃薯苔属的典型形态特征:叶基生成莲座状,可育雄蕊4,蒴果在一侧开裂,然而通过查阅文献、对比标本,我们认为这4种植物均为马铃薯苔属未被描述的新物种。

麻栗坡采集的马铃薯苔命名为长梗马铃薯苔 (*Oreocharis longipedicellata* Lei Cai & F.Wen), 目前仅在模式产地发现一个居群,形态上与盘州马铃薯苔 (*O. panzhouensis* Lei Cai, Y.Guo & F.Wen) 最接近——叶卵形,花黄色,可育雄蕊4,分生,花萼5裂,柱头2,但是长梗马铃薯苔花序梗长20-28cm,苞片披针形至椭圆形,边缘具小齿,花萼5裂至基部,雄蕊着生于花冠,距基部3-4mm,雌蕊长1.5-2cm,通过这些特征可以清晰地区分这两个种。

师宗采集的马铃薯苔命名为滇东马铃薯苔 (*O. aimodisca* Lei Cai, Z.L.Dao & F.Wen)。经过调查,该物种分布在常绿阔叶林

下、中坡、海拔2000米以上的

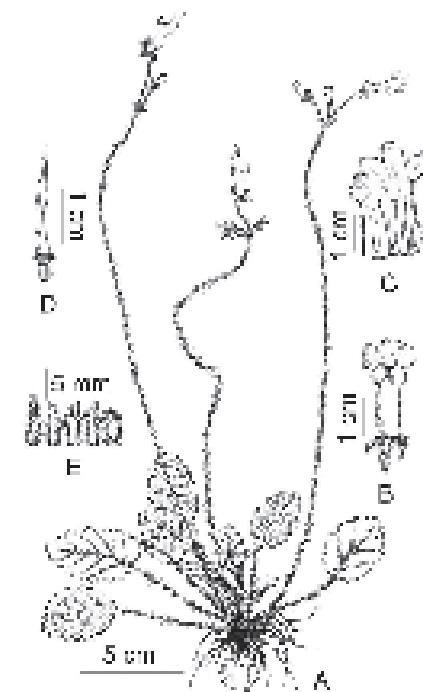


图1. 长梗马铃薯苔 (*Oreocharis longipedicellata* Lei Cai & F.Wen)

A: 全株;
B: 花正面观;
C: 花冠剖视图 (示雄蕊和退化雄蕊);
D: 雌蕊和花盘; E: 萼片。(朱炫霖绘)

石灰岩灌丛中阴湿处,目前仅在模式产地师宗县发现2个相邻的种群,占有面积约为5000平方米,有约1000个成熟个体,其形态上与长叶粗筒苣苔 (*O. longifolia*) 和蕨丛粗筒苣苔 (*O. muscicola*) 最为相似,花冠为黄色、粗筒状,但在叶片形状、花序梗、花梗、花萼、花冠和雌蕊的毛被特征以及分离的雄蕊等方面与后两种不同。

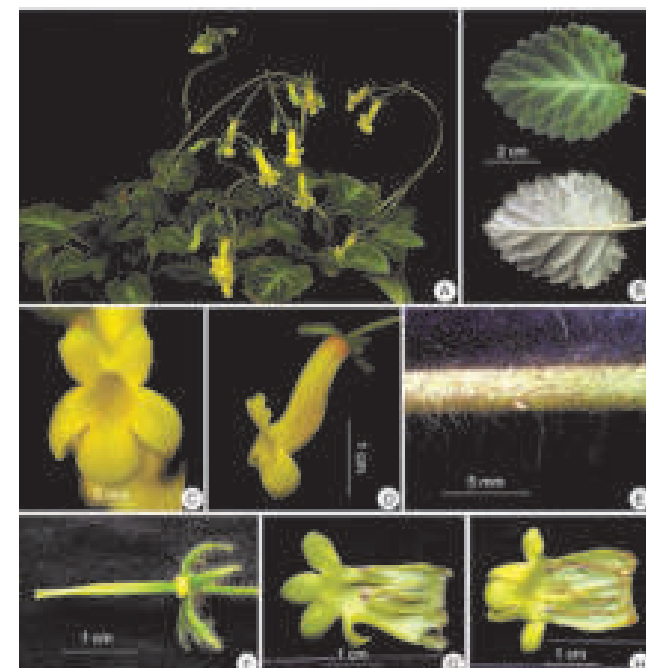


图2. 长梗马铃薯苔 (*Oreocharis longipedicellata* Lei Cai & F.Wen)

A: 桂林植物园栽培植株;
B: 叶片正反面;
C: 花正面观;
D: 花侧视图;
E: 叶柄;
F: 雌蕊和花盘、花萼;
G、H: 花冠剖视图 (示雄蕊和退化雄蕊)。

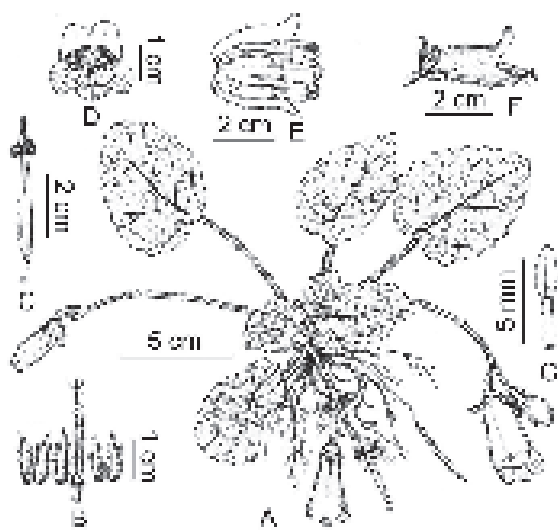


图3. 滇东马铃苣苔 (*Oreocharis aimodisca* Lei Cai, Z.L.Dao & F.Wen) A: 全株; B: 雌蕊、花盘和花萼; C: 成熟蒴果; D: 花正面观; E: 花冠剖视图 (示雄蕊和退化雄蕊); F: 花侧视图; G: 花药近轴面。(朱炫霖绘)

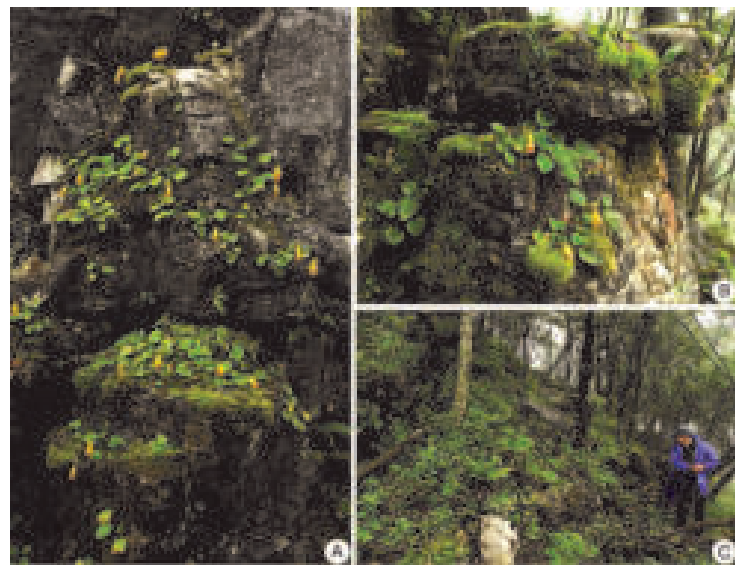


图4. 滇东马铃苣苔 (*Oreocharis aimodisca* Lei Cai, Z.L.Dao & F.Wen) A、B: 野生植株; C: 生境。(蔡磊摄)

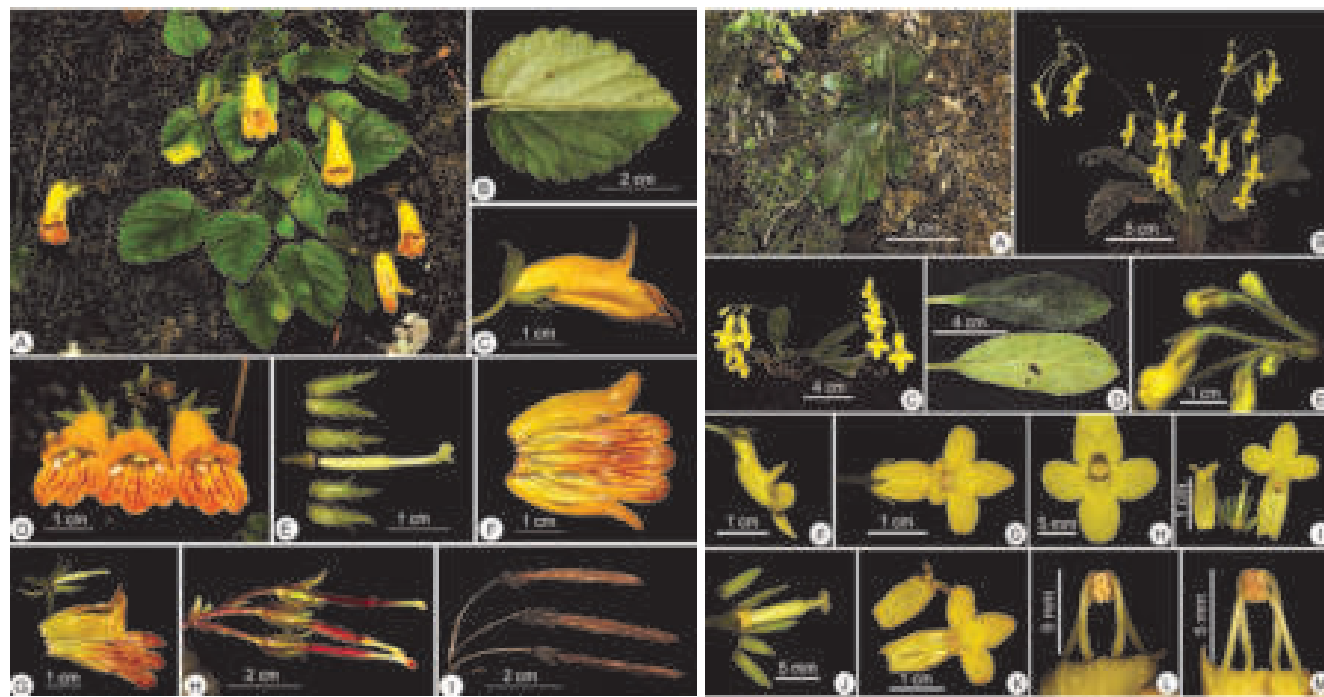


图5. 滇东马铃苣苔 (*Oreocharis aimodisca* Lei Cai, Z.L.Dao & F.Wen) A: 全株; B: 叶背面 (上半) 和叶正面 (下半); C: 花侧视图; D: 花正视图; E: 雌蕊和花盘、花萼; F: 花冠剖视图 (示雄蕊和退化雄蕊); G: 花冠剖视图 (示雄蕊和花萼); H: 嫩果; I: 老果。(蔡磊摄)

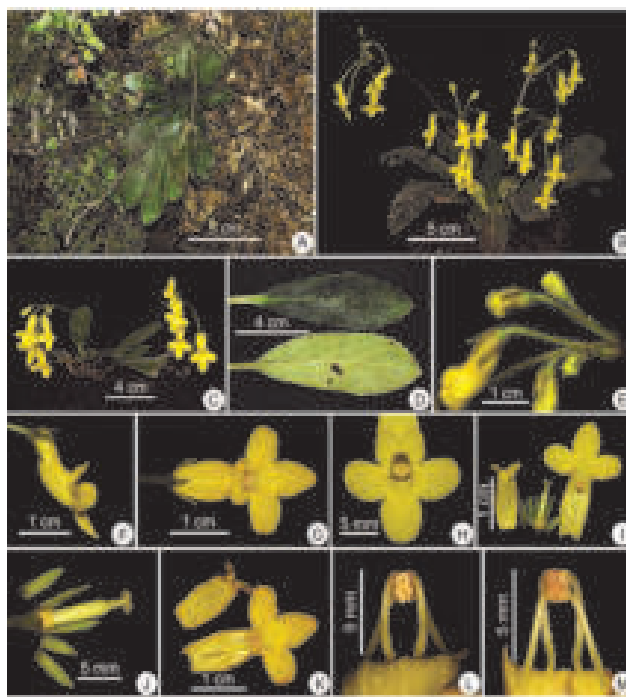


图6. 乌蒙马铃苣苔 (*Oreocharis wumengensis* Lei Cai & Z.L.Dao) A: 野生植株; B、C: 昆明植物园栽培植株; D: 叶正反面; E: 花序; F、G: 花侧面观和俯视图; H: 花正面观; I: 花冠剖视图 (示雌蕊和花萼); J: 雌蕊、花盘和花萼; K: 花冠剖视图 (示雄蕊和退化雄蕊); L: 贴生花药背面观; M: 贴生花药正面观。(蔡磊摄)

乌蒙山采集的马铃苣苔定名为乌蒙马铃苣苔 (*O. wumengensis* Lei Cai & Z.L.Dao)。该物种在花冠形状、柱头数和雄蕊上与盘州马铃苣苔相似, 但该物种叶柄扁圆, 具有棕色短柔毛, 叶片长圆形、长椭圆形至倒披针形叶片, 花梗具腺状短柔毛, 花萼5裂至基部, 花药在顶部贴合, 通过这些性状可以同盘州马铃苣苔区分开。目前仅在模式产地发现该物种的一个种群、约50个植株。

蒙自采集的马铃苣苔被定名为银叶马铃苣苔 (*O. argentifolia* Lei Cai & Z.L.Dao)。该物种主要鉴别特征为: 花冠筒钟状, 喉部不缢缩, 叶片椭圆至卵形, 叶密被银白色柔毛, 花冠黄色, 花丝无毛, 柱头2。该物种仅在模式产地发现了1个居群, 共约80株。

这四个新种均生长在喀斯特地区潮湿的岩石表面, 生境脆弱, 随时濒临灭绝 危险, 但是由于调查不充分, 还需要更多数据才能对其受威胁等级进行有效评估。

新种分别发表在《PhytoKeys》和《Nordic Journal of Botany》期刊上。

(翻译、编辑: 陶丽丹)

参考文献:

[1] Cai L., Huang Z.J., Wen F., et al. Two new species of *Oreocharis* (Gesneriaceae) from karst regions in Yunnan and notes on *O. tetraptera* and *O. brachypoda* from China. *PhytoKeys*. 2020, 162: 1–12.

[2] Cai L., Liu F.P., Yi X.B., et al. *Oreocharis wumengensis*, a new species of Gesneriaceae from northeastern Yunnan, China. *PhytoKeys*. 2020, 157: 113–119.

[3] Cai L., Dao Z.L. *Oreocharis argentifolia* (Gesneriaceae), a new species from the karst region in southeastern Yunnan, China. *Nordic Journal of Botany*. 2020: e02699.

[4] Wang WT, Pan KY, Li ZY. Gesneriaceae. In: Wang WT (Ed.) *Flora Reipublicae Popularis Sinicae* (Vol. 69). Science Press, Beijing, 1990: 141–211.

[5] Wang WT, Pan KY, Li ZY, et al. Gesneriaceae. In: Wu ZY, Raven PH (Eds) *Flora of China* (Vol. 18). Science Press, Beijing & Missouri Botanical Garden Press, St. Louis, 1998: 254–401.

[6] Cai L, Guo Y, Zhang RM, Dao ZL, Wen F. *Oreocharis panzhouensis* (Gesneriaceae), a new species from karst regions in Guizhou, China. *Phytotaxa*. 2009. 393(3): 287–291.

[7] Li ZY, Wang YZ. *Plants of Gesneriaceae in China*. Henan Science & Technology Publishing House, Zhengzhou,

Henan, 2005: 14–47.



图8. 银叶马铃苣苔 (*Oreocharis argentifolia*) A: 全株; B: 花侧面观; C: 花冠剖视图 (展示雄蕊和退化雄蕊); D: 花前视图; E: 雄蕊; F: 雌蕊、花盘和花萼。(朱炫霖绘)



图7. 乌蒙马铃苣苔 (*Oreocharis wumengensis* Lei Cai & Z.L.Dao) 主模式标本 (KUN-1444080)

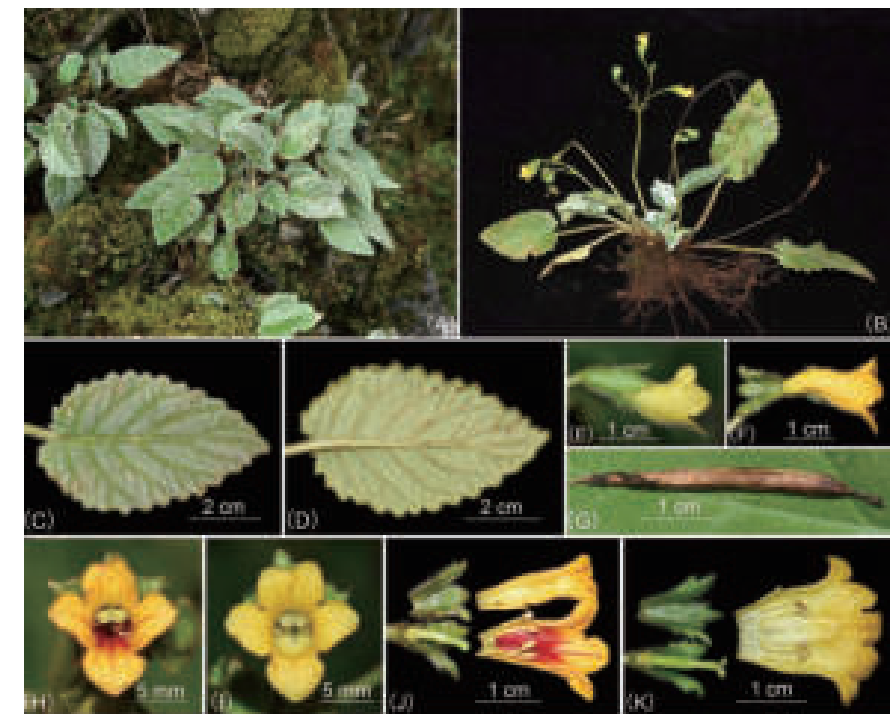


图9. 银叶马铃苣苔 (*Oreocharis argentifolia*) A: 野生植株; B: 昆明植物园栽培植株; C: 叶正面; D: 叶背面; E、F: 花侧面观; G: 干燥、成熟蒴果; H、I: 花正面观; J、K: 花剖视图。(蔡磊摄)

大理铠兰的保护生物学研究

王慧纯

(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)

大理铠兰 (*Corybas taliensis* Tang & F. T. Wang) 是兰科铠兰属 (*Corybas* Salisb.) 的一种地生兰，全株高 5–6 cm，单叶单花，“体小花大，异常美丽”^[1]，观赏价值极高。大理铠兰按 IUCN 评估体系评估的受威胁等级是濒危 (EN)^[2]，同时它也被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) 列为开展调查的潜在目标物种。云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室团队通过野外调查查清了大理铠兰的种群现状，并对其遗传多样性 (基于简化基因组测序) 以及繁殖生物学特性进行了系统研究。

2018–2020 年间，团队一共调查到了八个大理铠兰的种群 (6 个为新分布)，分布于云南省、四川省以及西藏自治区，总占有面积为 0.04km²，其生境多为海拔 2200–3200 m 的山顶苔藓矮林或针阔叶混交林。植株着生于林下苔藓，对水分需求很高。位于自然保护区的五个种群基本没有受到人为干扰，而位于保护区之外的三个种群分别受到了来自放牧、修路、风电站、采水苔的或中或强的人为干扰。

大理铠兰花期较长，群体花期为六月底至八月下旬，单花花期为 (17.5±1.5) d (n=20) (图 1)。其传粉昆虫为双翅目的蕈蚊，访花频率相当低，五天的连续观察中仅见一次有效的访花行为。由于无法主动自交并且异交受到传粉昆虫的限制，大理铠兰的结实率很低，仅为 5.0%。同时

我们观察到大理铠兰可以通过地下块茎进行克隆繁殖，一个植株通常可同时形成 13 个克隆体 (图 2)。营养繁殖应是大理铠兰的主要繁殖方式。

利用简化基因组测序开发的 3399 个 SNP 位点进行的遗传多样性分析结果显示，大理铠兰种群内遗传多样性很低 (H_o : 0.0504–0.0764)，纯合子过剩，这应是大理铠兰营养繁殖为主的特性以及传粉大多是在基因型

相似的个体间发生导致的。大理铠兰种群间遗传分化水平也很低 (F_{st} : 0.0353–0.0703)，Structure 分析、PCA 分析、系统发育树分析的结果表明这 8 个种群可分为三个遗传单元 (图 3)，分别是位于西藏自治区南部的种群，位于西藏东南部与云南省的种群以及位于四川省的种群，具有一定的地理相关性。

本研究结果表明，大理铠兰对生

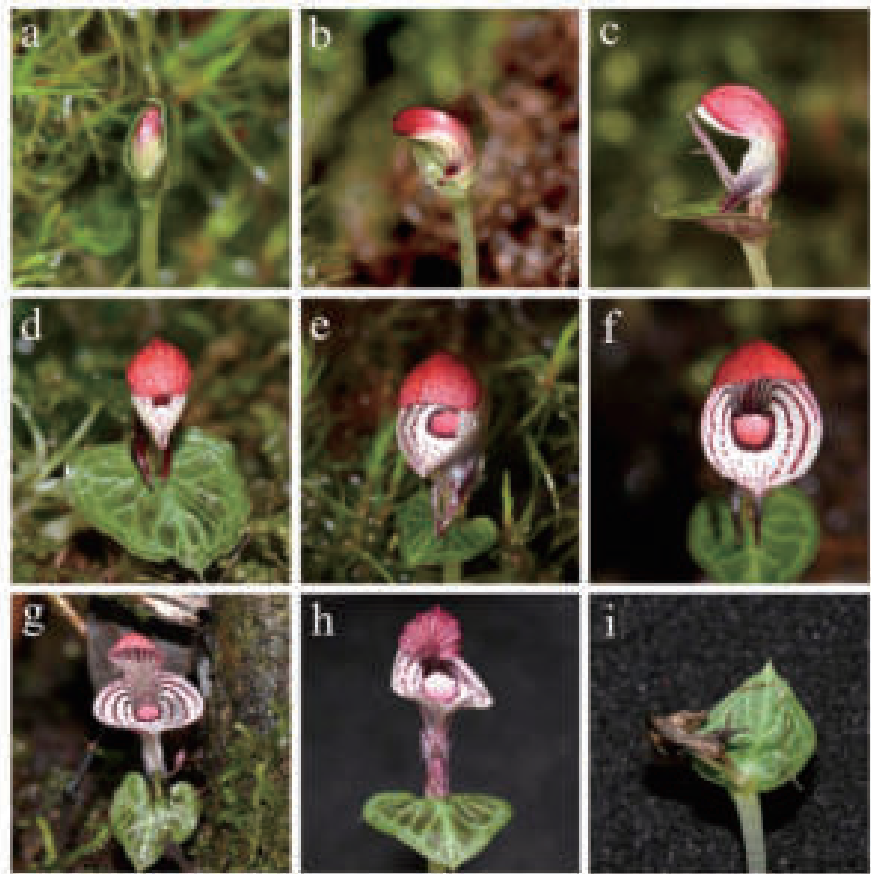


图 1 大理铠兰的开花动态

境要求高应是导致其分布狭窄的主要因素，同时其较低的传粉频率与营养繁殖致使遗传多样性很低。此外，大理铠兰的栖息地受到不同程度的人为干扰，适宜生境在进一步缩小。应尽快建立保护小区或保护点，加强对分

布于保护区有效保护范围外大理铠兰的就地保护力度，并研发其人工高效扩繁技术，为其种质资源的离体保存以及后续的迁地、近地保护等综合保护工作提供基础。

参考文献:

- [1] 唐进, 汪发绩. 铠兰——中国兰科之一新增属 [J]. 植物分类学报, 1951. 1(2): 185-187.
[2] 覃海宁, 杨永, 董仕勇等. 中国高等植物受威胁物种名录 [J]. 生物多样性, 2017. 25(7): 696-744.



图 2 大理铠兰的营养繁殖

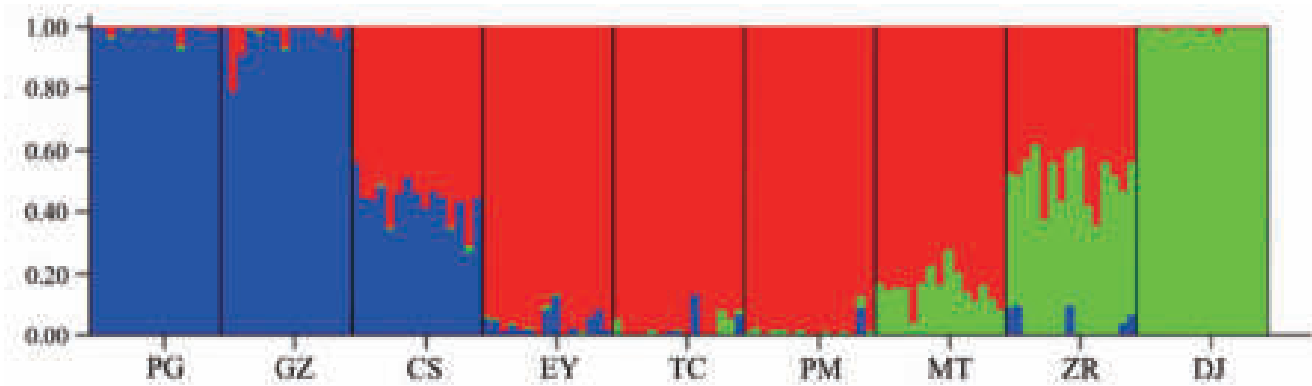


图 3 基于贝叶斯模型的大理铠兰种群 Structure 分析 (K=3)

受威胁植物海菜花的两性模拟和“不完美”的欺骗性传粉

杨静¹, 牛洋²

(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 中国科学院昆明植物研究所昆明植物园)

在自然界, 很多植物通过向传粉者提供回报(如花蜜、花粉等)诱使传粉者为其传粉。但有的植物不为传粉者提供回报, 而是利用拟态来欺骗传粉者为其传粉, 这种现象被称为欺

骗性传粉。兰科植物提供了许多欺骗性传粉的著名案例, 在这些欺骗性传粉体系中, 模拟者和被模拟对象常常是不同的物种。而在一种被称为两性模拟的欺骗性传粉中, 模拟者和被模

拟对象则是同一种植物。在自然界, 仅约6%的被子植物为雌雄异株, 其中一些植物存在雄花有回报而雌花无回报的特征。一个物种的生殖成功需要保证传粉者既访问雄花也要访问

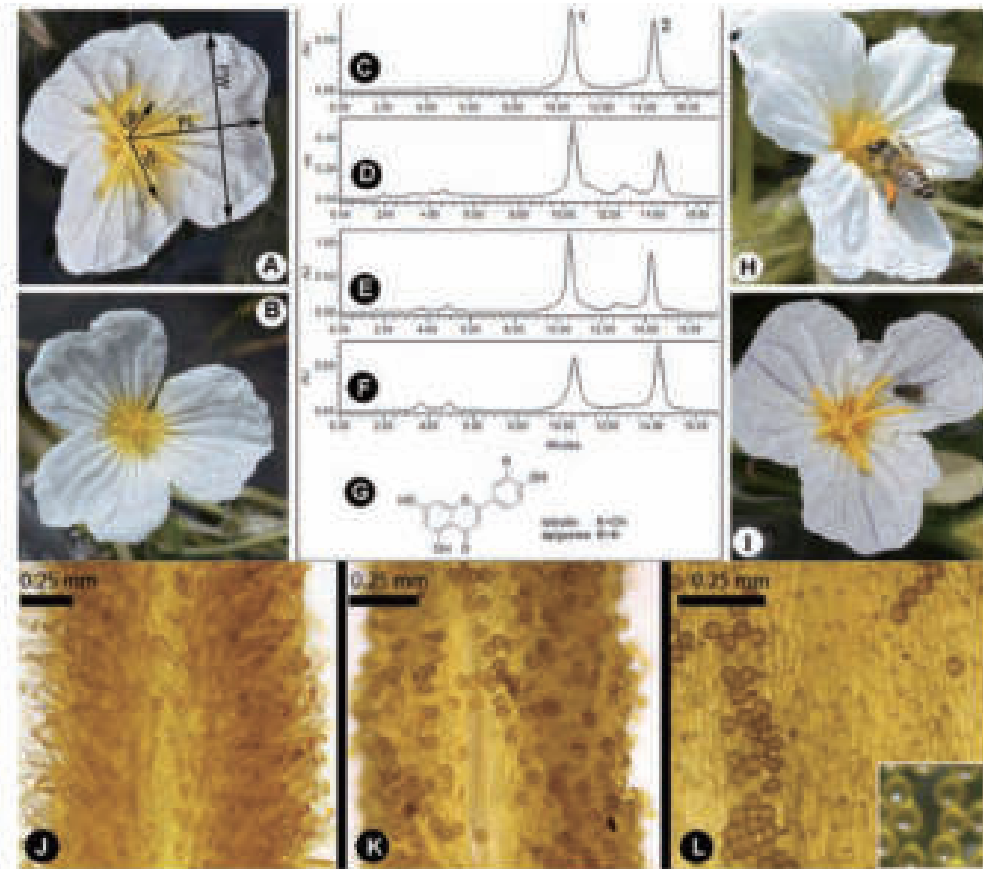


Fig. 1. A, A female flower of *Ottelia acuminata* with a yellow nectar guide, three deeply bifid styles and three stamens. GR, nectar guide radius; SL, sex organ length (androecium lobe vs. stigma lobe); PL, petal length; PW, petal width. B, A male flower with a yellow nectar guide, nine deeply bifid stamens and three stamens. Pigments and their mass in the chromatograms of (C) stigma lobes (D) female nectar guide (E) androecium lobes (F) male nectar guide. G, Two main pigments. H, *Apis cerana* as effective pollinator. I, Fly as less efficient pollinator. J, Magnified stigma lobe. K, Magnified androecium lobe. L, Magnified stigma lobe attached with artificially transferred pollen grains.

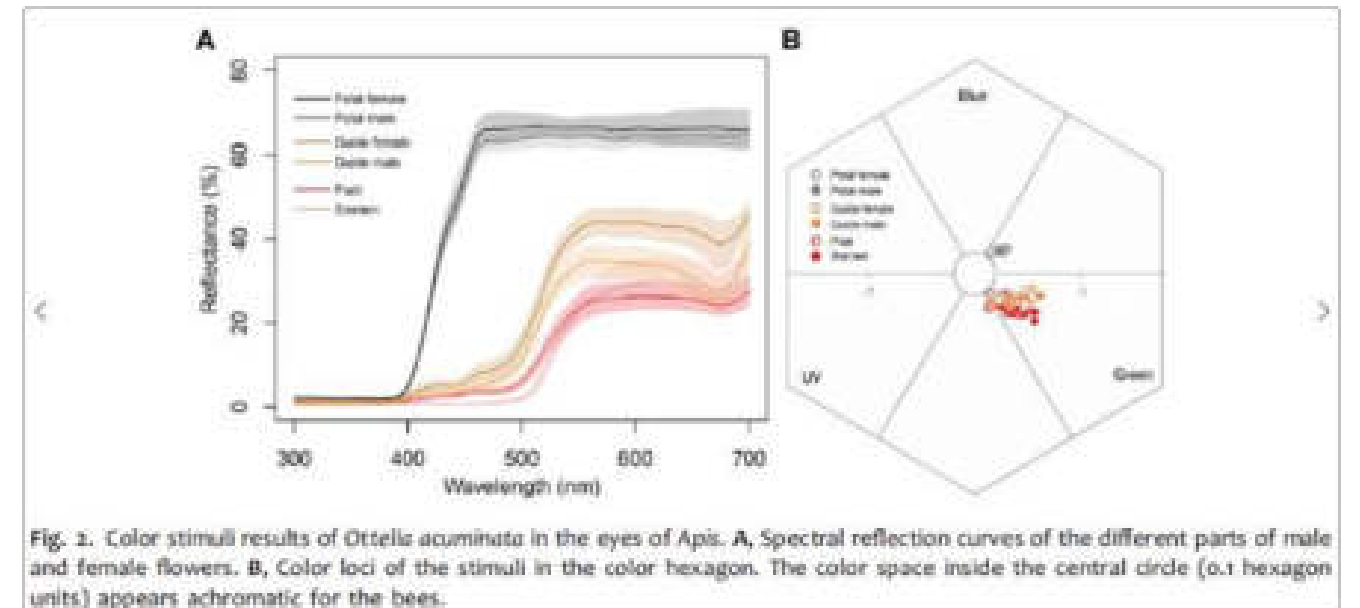


Fig. 2. Color stimuli results of *Ottelia acuminata* in the eyes of *Apis*. A, Spectral reflection curves of the different parts of male and female flowers. B, Color loci of the stimuli in the color hexagon. The color space inside the central circle (0.1 hexagon units) appears achromatic for the bees.

雌花。在这类植物中, 无回报的雌花如何通过模拟有回报的雄花从而欺骗传粉者访问成为了一个有趣的研究问题。

海菜花 (*Ottelia acuminata*) 是分布在中国南部的一种雌雄异株的水生植物, 曾为云南高原湖泊的象征。它对水体污染敏感, 仅轻度污染就能导致一个水体内所有的海菜花消失, 曾经有海菜花分布的很多湖泊现在已经难见其踪影。虽然中国高等植物受威胁物种名录 (2017) 将海菜花评为易危 (VU), 但其脆弱性超过陆生的受威胁植物, 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) 将其列入了调查物种。

研究发现海菜花存在两性模拟的欺骗性传粉: 海菜花的雌花对传粉者 (中华蜜蜂) 没有回报, 但雌花的花部形态、花部色素及花香的成分和比

例与有花粉回报的雄花极其相似。有趣的是, 海菜花雌花散发的花香显著高于雄花且尺寸略大, 这两个特征都有利于雌花在与雄花竞争传粉者访问中有更佳的“广告”效果, 但是也意味着海菜花在进化过程中可能受到了花粉限制 (pollen limitation) 的影响, 即雌花的成功传粉可能长期受到传粉者不足的限制。

那么, 雌性海菜花的模拟是否成功欺骗了传粉者呢? 研究发现, 虽然海菜花种群的雌雄株比例约为 1: 7, 但中华蜜蜂的访花行为在次数上对雄花有显著偏好。这意味着中华蜜蜂能够识别雌雄花并更多的访问了雄花, 雌花的欺骗并不“完美”。但是, 这个结果并没有导致此研究中的海菜花种群出现强烈的花粉限制。夏婧等 (2013) 研究发现种群大小和雌雄花比例会影响海菜花人工种群的花粉限制。结合他们的研究, 我们推论: 虽然海菜花雌花的模拟并不能完全骗

过传粉者, 但是仍起到了避免传粉者强烈歧视并引导传粉者偶然受骗的效果, 保证了传粉者的访问中仍有一小部分给予了雌花 (有研究认为偶然地访问无回报的花对传粉者的惩罚是微小的, 并不会导致传粉者强烈的去避免这种错误)。因此, 在传粉者数量及访花次数高的种群中, 雌花获得的访花数量提高并抵消了传粉者歧视可能引发的花粉限制。而一个足够大、雄花足够多的海菜花种群, 预告了丰富的回报, 更可能获得传粉者的光临。这时, 两性模拟的欺骗性传粉虽然不完美但已足够有效了。这个研究对保护海菜花及具有类似传粉机制的植物有重要的意义, 揭示了这类植物的繁殖和更新对传粉者数量及其访花行为具有较高的依赖, 在遭遇种群萎缩时可能会更加脆弱, 也提醒保护工作者对海菜花和类似植物开展人工种群恢复或重建时需要重视构建合理的种群规模和雌雄比例。

极度濒危物种红萼杜鹃 遗传多样性和遗传结构研究

马宏¹, 张秀姣¹, 李正红¹, 万友名¹, 马永鹏²

(1 中国林业科学研究院资源昆虫研究所; 2 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)

红萼杜鹃 (*Rhododendron meddianum*) 是杜鹃属 (*Rhododendron*)、常绿杜鹃亚属 (*Subgen. Hymenanthus*)、常绿杜鹃组 (*Sect. Ponticum*) 蜜腺杜鹃亚组 (*Subsect. Thomsonia*) 多年生常绿植物, 分布于中国云南西北部和缅甸东南部。该物种株形优美, 大型钟状花冠簇生枝头, 花色深红鲜艳, 具有很高的观赏价值。《中国高等植物受威胁目录》将其列为极度濒危等级。我们对红萼杜鹃标本记录地点及其它可能分布区进行全面调查后, 仅发现 3 个狭域分布于横断山脉南段的野生种群。然而, 迄今未见有关红萼杜鹃的研究报道。因此, 开展红萼杜鹃保护生物学研究迫在眉睫, 而对其遗传多样性和生存状态的分析是制定科学有效保护措施的前

提。

采用 ddRAD 技术对 3 个种群共 45 个个体的遗传多样性、遗传结构和种群动态历史进行了研究。基于 3377 个中性 SNP, 红萼杜鹃具有较高的遗传多样性 ($\pi=0.0772\pm0.0024$, $H_e=0.0742\pm0.0023$)。F_{ST} 值 (0.1582-0.2388) 和 AMOVA 分析均表明种群间具有一定程度的遗传分化, 这可能与横断山地区复杂的地形地貌有关, 该地区纵横交错的高山、峡谷等地形条件阻碍了横向的基因流动。HQ 和 PM 种群均位于高黎贡山地段, 与位于怒山地段的 CJ 种群中间隔着怒江河 (图 1)。有研究表明, 杜鹃属植物的种子传播距离只有 30-80 m, 且杜鹃花花粉主要通过昆虫和鸟类传粉, 传播距离间距 3-10 km。而 3 个研究种群间

的横向距离大于 50 km。除此之外, 根据我们的观察, 幼苗零星生长在母树周围。所以, 限制距离的花粉流动和短距离的种子传播可能是种群间发生分化的原因。Mantle 检验结果表明, 红萼杜鹃 3 个种群间的遗传分化与地理距离没有明显的相关性, 这与秀雅杜鹃 (*R. concinnum*)、雪层杜鹃 (*R. nivale*) 的研究结论一致。(图 2) 造成这种情况也许与各种群之间隔离严重有关, 大部分种群局限分布在海拔 3000 以上特定生境, 且横向间隔距离大, 导致相互间基因交流困难, 造成遗传距离与地理距离的相关性不显著。此外, 根据 3 个种群的 19 个生物气候变量, HQ 种群相对于其它两个种群温度更低, 降水量更多。其生境的不一致, 导致其积累各自的变异,

进一步促进了种群分化。Structure、PCoA 和 NJ 树分析确定红萼杜鹃存在 3 个古老的遗传组分, 分别由 CJ 谱系、PM 谱系和 HQ 谱系三大组成, 最早分化是 HQ 谱系。但是关于红萼杜鹃谱系动态过程仍需要后续进一步的研究和探讨。Stairway plot 显示各谱系在 145,000-150,000 年前遭受过瓶颈, 可能与中国大冰期倒数第二冰期第三阶段 (136-154 ka) 有关。

目前红萼杜鹃仅在云南分布, 种群规模大但种群数量少; 野外调查发现大部分野生种群的幼树、幼苗比

例偏低或极低, 天然更新难以为继; PM 种群并未在自然保护区或没有建立保护小区, 受生境破坏干扰影响较大, 因此存在极高的濒危风险。基于本文研究, 提出的保护建议如下: (1) 加强现有红萼杜鹃种群和生境的保护力度, 对不在保护区范围内的种群纳入自然保护区或建立保护小区原地保护。(2) CJ 种群的遗传变异最为丰富, PM 种群私有等位基因数目最多, 应重点保护。(3) 制定科学的繁殖体 (特别是种子) 采集策略, 通过采集种子进行种质库保存或育苗, 扩大活植物

迁地保护和种群回归的规模。在选择栽培地中, 尽量选择与红萼杜鹃原始生境相似, 受外界干扰的区域, 保证移栽后成活并顺利完成其生活史。(4) 采集 3 个种群个体的花粉进行人工授粉, 得到种子后进行种子萌发和苗期抚育研究, 利用杂交后代进一步丰富红萼杜鹃的遗传多样性。(5) 由于红萼杜鹃种群间分化较大, 建议对自然种群间的个体进行植株相互移栽和采种育苗移栽, 以提高种群间的基因交流, 最大限度保存红萼杜鹃的遗传多样性。

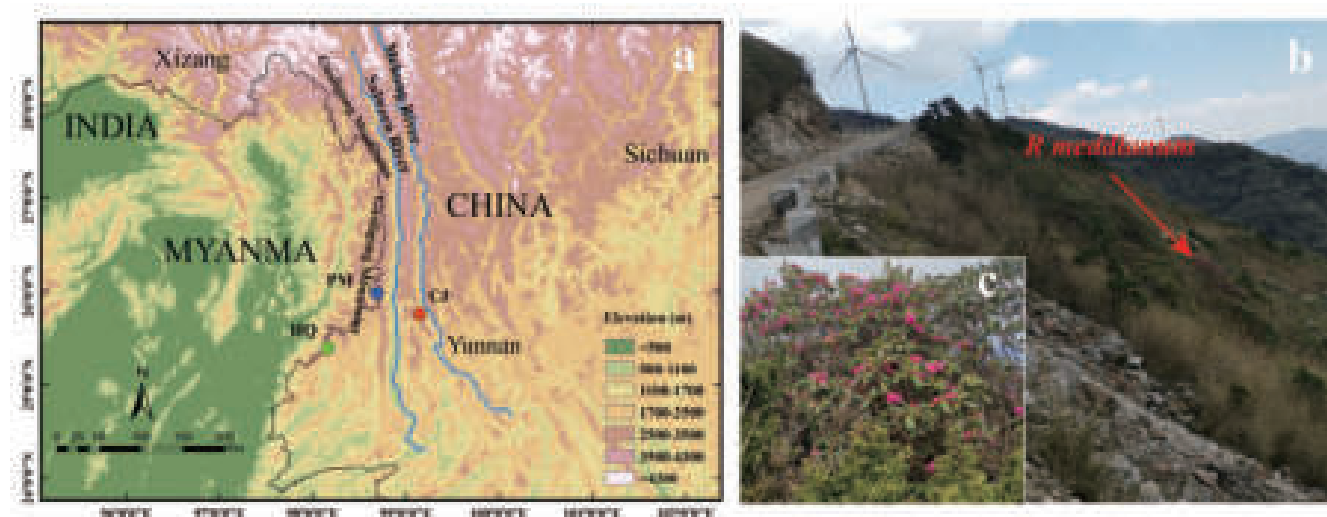


图 1. 红萼杜鹃地理分布与生境

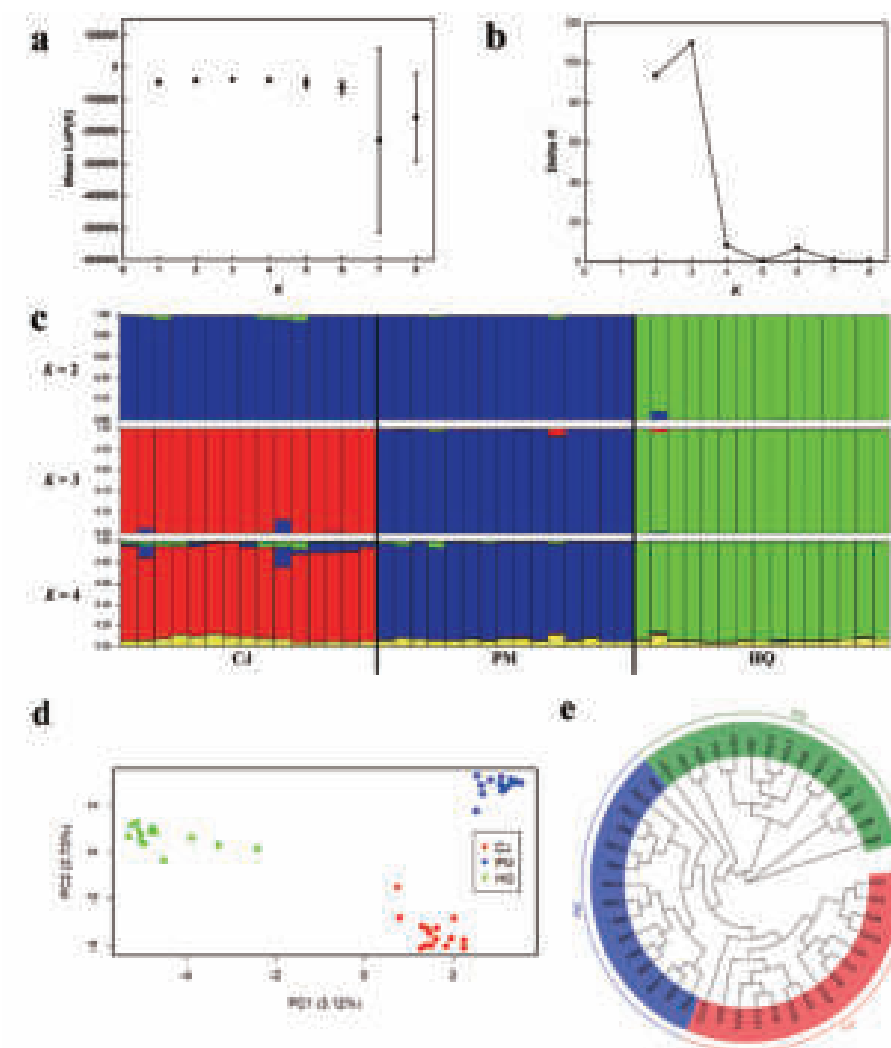


图 2 平均 LnP(K)(a) 和 ΔK (b) 的分布。c: 基于模型的种群 Structure 分析 K=2-4。d: 45 个红萼杜鹃样品的主成分分析 (PCA), PC1 解释 3.12% 的方差, PC2 解释 2.73% 的方差。e: 红萼杜鹃样品的 Neighbor-joining (NJ) 系统发育树

典型极小种群野生植物长梗杜鹃的遗传多样性和遗传结构研究

马宏, 万友名, 李正红

(中国林业科学研究院资源昆虫研究所)

长梗杜鹃 (*Rhododendron longipedicellatum*) 是我国滇东南特有种 (Cai *et al.*, 2016)。其美丽的树形、明亮的纯黄色花朵及不同寻常的花期赋予了该物种极高的开发利用价值, 同时也是难得的黄色系杜鹃花育种亲本。自 2014 年以来, 本研究组通过多次专门的长期野外调查, 仅发现残存于云南省麻栗坡县石灰岩生境海拔约 1183 ~ 1316m 的 5 个野生居群, 植株数量不足 1000 株, 由于临近人类居住区和观赏价值高等原因, 人为破坏现象较为严重, 加之分布区单一、居群数及植株个体数较少、种群内实生苗较少, 自然更新较弱, 为典型的极小种群野生植物 (Plant Species with Extremely Small Populations, 简称 PSESP) (Ma *et al.*, 2013a; Sun *et al.*, 2019), 目前部分居群野生资源还在持续下降 (图 1、2)。

根据 IUCN Red List Categories and Criteria (version 3.1) 评估标准, 长梗杜鹃已处于极度濒危状态 [CR B1ab (i, iii, v)], 野生资源状况令人担忧、亟待保护。鉴于此, 本研究采用我们先前开发的 17 对高多态性 EST-SSR 标记 (Li *et al.*, 2018) 对长梗杜鹃 5 个残存居群 150 份材料的遗传学特征进行遗传多样性与遗传结构研究, 计算遗传参数, 运用 PASSaGE 进行遗传距离与地理距离的相关性 Mantel 检验, 软件 Arlequin 用于分子方差分析, 聚类分析运用 MEGA 中

的 NJ 法, 基于个体间的遗传距离进行主成分分析, 使用 STRUCTURE 软件中的贝叶斯聚类算法分析群体遗传结构, 同时, 通过 BOTTLENECK 软件中的逐步突变模型 (SMM) 和两相

模型 (TPM) 探究其残存居群是否经历过遗传瓶颈, 试图探索以下问题:

- (1) 遗传多样性水平和遗传结构;
- (2) 基因流与居群间和居群内的遗传变异;
- (3) 遗传距离和地理距离



图 1 被人为破坏的长梗杜鹃野生居群

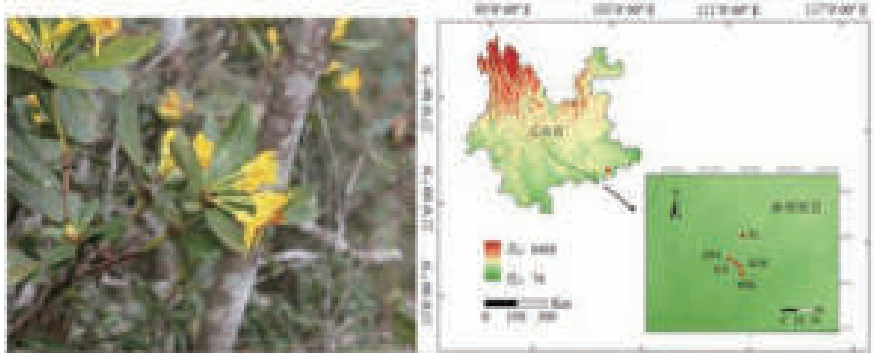


图 2 长梗杜鹃及其 5 个残存居群的地理分布图

间的相关性及瓶颈效应分析。以期阐明石灰岩生境中残存的小居群可能带来的遗传后果, 并基于这些遗传信息从分子层面探讨其濒危机制, 从而为长梗杜鹃的有效保护和种质资源管理提供借鉴。

经研究发现, 17 对标记平均数据缺失率为 1%, 共扩增出 162 个等位基因, 平均每个位点的等位基因数为 9.529 (表 1)。长梗杜鹃尽管野外资源数量有限、受人为干扰严重, 但仍保持着较高的遗传多样性 ($H_e=0.559$, $PPB=100\%$) 和能发挥均质化作用的基因流 ($N_m=2.763$), 其可能是以下四个方面的因素所致: 第一, 与所处石灰岩生境的异质性有关。石灰岩作为一种特殊的生境, 在时空尺度上都存在着较大的异质性, 光照、温度、岩石的类型和分化程度、裂隙土壤、岩溶水、腐殖质层厚度及伴生植物的种类和密度等都可能存在差异; 加之, 部分植株附生于树干上, 石灰岩和树干对长梗杜鹃形成的稳定且多态的微环境可以减轻地质历史事件、生境片段化对其造成的破坏, 从而维持各居群内较高的遗传变异水平。第二, 受长梗杜鹃异交的繁育系统所影响。我们先前采用 OCI、P/O 以及人工授粉试验对长梗杜鹃的繁育系统进行了科学系统的研究, 证明其繁育系统为自交亲和、异交、需要传粉者。因此, 异交的繁殖方式对长梗杜鹃高的遗传多样性可能起到了极大的促进作用。第三, 来自具有丰富遗传基础的祖先居群。

AMOVA 分析表明, 总遗传变异中有 91.25% 的变异来自居群内, 居群间的变异仅占 8.75%。STRUCTURE 分析将 5 个现存居群的 150 个个体明显分为 2 个基因库 (图 3), WJL 和 XCW 二者间的亲缘关系较近, XL、ZWL 和 WBL 三者间的亲缘关系相对较近, 且每个居群都出现了两种基因的相互交流与渗透 (交流程度: $XCW > WJL > WBL > XL > ZWL$)。居

表 1 长梗杜鹃在 5 个残存居群和物种水平上的遗传多样性指数

居群编号	样本大小	等位基因数	有效等位基因数	观测杂合度	期望杂合度	Shannon 信息指数	近交系数	异交率	群体间遗传分化系数	基因流	多态位点百分率
Pop	N	Na	Ne	Ho	He	I	FIS	t	FST	Nm	PPB /%
WBL	60	4.647	2.146	0.448	0.432	0.860	-0.056	1.118	-	-	100
WJL	60	5.235	2.817	0.581	0.545	1.099	-0.084	1.182	-	-	94.12
XCW	60	6.177	2.844	0.631	0.596	1.207	-0.075	1.163	-	-	100
XL	57	5.647	2.610	0.626	0.568	1.123	-0.123	1.281	-	-	100
ZWL	60	5.118	2.177	0.465	0.461	0.917	-0.026	1.053	-	-	100
Species	297	9.529	2.897	0.550	0.559	1.244	-0.075	1.163	0.083	2.763	100

群 NJ 树和 PCoA 分析进一步将其细分为 3 大类群 (图 4、5)。此外基于 SMM 和 TPM 模型的瓶颈效应分析显示, 长梗杜鹃在物种水平上均经历了遗传瓶颈。

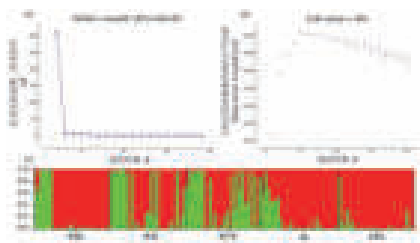


图 3 基于 EST-SSR 标记的个体贝叶斯聚类分析



图 4 基于 DAS 遗传距离构建的长梗杜鹃 5 个残存居群的 NJ 聚类树 (a) 及 150 个个体的 NJ 聚类树 (b)

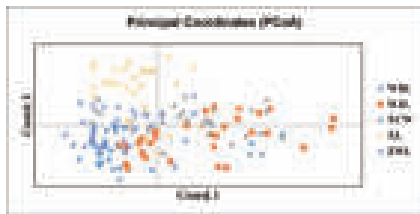


图 5 长梗杜鹃居群主坐标分析

长梗杜鹃残存的 5 个野生居群均具有较高的遗传多样性, 且各居群间的基因交流较为频繁。但目前所处分布地单一、呈间断分布, 长期受人类活动的严重干扰, 部分居群出现退化及植株个体数减少等现象; 加之, 居群内的实生苗较少或没有, 自然更新

较弱, 部分植株以克隆繁殖为唯一的生存策略来适应石灰岩生境。这在很大程度上制约了长梗杜鹃居群进一步迁移的可能性。在短期内遗传多样性虽然尚未受到影响, 但被破坏的植株难以恢复, 将导致该濒危植物遗传多样性水平的下降。因此, 加强长梗杜鹃生境的保护、严禁乱砍乱伐, 使其免受人为干扰是当前最为有效的保护措施。可以通过向当地有关部门呼吁、设立保护警示牌, 以及向当地居民宣传该濒危种的价值和保护方法, 提高大家的保护意识; 在野生居群附近建立保护小区或保护点, 进行时时仪器监测, 并定期检测 5 个残存居群的遗传结构及遗传变异水平, 进而实现该濒危种全面的就地保护。

在 SMM 和 TPM 模型下, 长梗杜鹃近期均经历了遗传瓶颈, 尽管目前尚未导致遗传多样性降低, 但正经历着瓶颈效应带来的各种选择压力的影响。因此, 为避免未来居群基因库数量和质量的下降, 应结合近地保护和迁地保护措施, 开展人工繁殖 (不同居群间的人工杂交、组培快繁和扦插等) 与回归试验, 使居群数量得到有效恢复, 并不断积累新的遗传变异。基于 EST-SSR 分子标记的居群和个体 NJ 树聚类及 PCoA 分析, 5 个残存居群 150 个个体被划分为 3 大类群。因此, 在进行种质资源、植株离体材料收集时尽量涵盖以上 3 个不同的遗传进化单元。

金沙江特有极小种群野生植物白魔芋的遗传多样性和种群结构

唐荣¹，刘二喜²，张亚洲³，Johann Schinnerl⁴，孙卫邦¹，陈高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 恩施土家族苗族自治州农业科学院；3 中国科学院昆明植物研究所 中国科学院东亚植物多样性与生物地理学重点实验室；4 维也纳大学植物学和生物多样性研究系)

白魔芋 (*Amorphophallus albus* P. Y. Liu & J. F. Chen) 是天南星科 (Araceae) 魔芋属 (*Amorphophallus*) 多年生草本植物，是一种干热河谷特有的极小种群野生植物，主要分布于四川南部和云南北部的金沙江沿岸，海拔 800-1000m 的干旱疏林中^[2]。

魔芋块茎富含可溶性膳食纤维葡甘聚糖 (KGM)，具有很好的保健效果，加之其热量极低，是著名的减肥食品，近年来深受人们的喜爱，魔芋制品、魔芋减肥产品持续火爆。市场上售卖的魔芋制品主要用魔芋属植物——花魔芋 (*A. konjac* K. Koch) 的块茎制成，白魔芋是紧随其后的中国第二大栽培魔芋^[3]，其块茎中可以提取大量高品质、高纯度的葡甘聚糖，是一种广泛用于食品、医药和工业的经济作物^[4,5]。目前，白魔芋种植是金沙江沿岸各县的支柱农业之一。以金阳县为例，该县白魔芋种植面积达 3333 多公顷，产量超过 3 万公斤，产值每年约 1.2 亿元。除了较高的经济价值之外，白魔芋耐高温、抗旱，是少数适合在金沙江干热河谷大规模推广的本土经济植物^[7]，经过数百年的栽培，野生种群难觅踪迹。

2017 年，白魔芋作为潜在极小种群野生植物，列入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资源调查与种质保存”

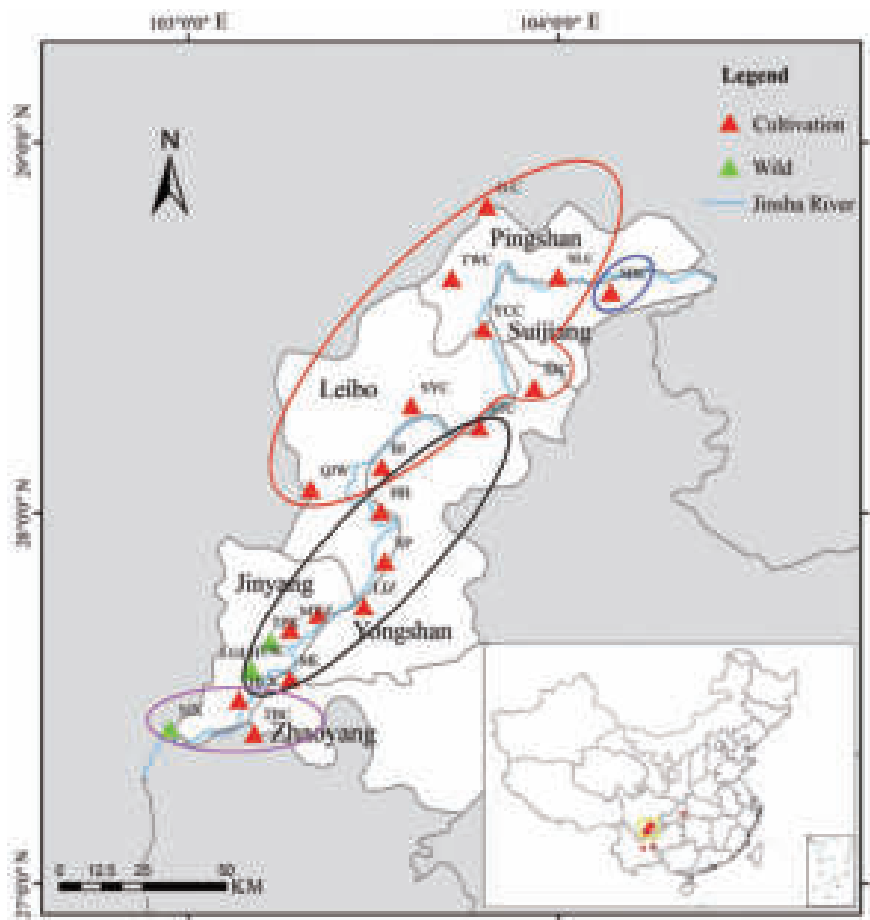


图 1. 白魔芋采样居群沿金沙江的地理分布图

(2017FY100100)调查物种名单中^[8]。

遗传多样性低可能会影响物种的适应潜力，增加有害基因积累的可能性，对濒危物种而言，在保护实践中进行科学合理的遗传管理是必要的。

为解析白魔芋的遗传多样性和种群遗传结构、探索白魔芋形成和演化

的历史和趋势，厘清栽培种群的来源及该物种的来源，便于日后对白魔芋进行保护和利用，我们开发了 13 对微卫星引物，对云南省、四川省和湖北省共 24 个居群 (含 4 个野生居群、17 个栽培居群)，364 个个体进行了遗传多样性和种群遗传结构分析。

结果发现，白魔芋位点多态性比例 (PPL) 为 69.23-100%，期望杂合度 (He) 为 0.504，香农指数 (I) 为 0.912，分子变异分析 (AMOVA) 显示，大部分变异 (71%) 在种内，居群分化水平 (Fst) 为 0.29，基因流 (Nm) 为 0.61 (表 1)。参照前人的研究结果，白魔芋遗传多样性水平中等，低于魔芋属其他物种的遗传多样性水平^[13]，但是高于特有物种的平均遗传多样性水平^[12]。植物遗传多样性水平与其繁

育系统、分布范围及生活型相关^[14,15]。一般来说，广布种、自交不亲和的繁育系统和动物传播种子的多年生物种具有更高的遗传多样性^[16]。白魔芋是多年生草本，自交不亲和，虽然分布相对较狭窄，但是仍应具有较高的遗传多样性。由于白魔芋是重要经济作物，野生种群遭受生境破坏、过度利用等人类活动干扰^[17]，出于商业目的，农民倾向于使用无性繁殖来获得更多块茎，缩短生命周期^[18]。这种栽培模

式会导致遗传多样性降低，这在 SDC 和 JLC 的居群非常明显。然而，一些栽培种群仍保持较高的遗传多样性，甚至高于野生居群，如 HLX 和 LIZ。我们推测，这些人工栽培群体应是从其野生居群中直接移植过来的，并且在没有或几乎没有人为干扰的情况下进行种植。而遗传多样性低的居群可能是由于瓶颈效应和农民倾向于用块茎进行无性繁殖导致的。

遗传多样性高的种群几乎全在金

表 1. 24 个白魔芋居群的遗传特征

Pop	N	Na	Ne	I	Ho	He	PPL
BJ	13.462	3.385	2.062	0.860	0.421	0.480	100.00%
BJC	13.923	3.615	2.311	0.864	0.437	0.476	100.00%
FY	17.000	3.538	2.568	0.983	0.557	0.545	100.00%
HB	14.923	4.077	2.144	0.917	0.509	0.487	100.00%
HH	14.538	4.000	2.974	1.100	0.579	0.594	92.31%
HLX	16.538	4.615	3.233	1.238	0.601	0.654	100.00%
JLC	16.923	2.462	1.762	0.604	0.548	0.369	92.31%
KIB	13.923	4.231	2.068	0.845	0.354	0.422	100.00%
LGLH	9.000	2.308	1.714	0.534	0.530	0.330	76.92%
ML	16.692	3.923	2.600	1.042	0.641	0.573	100.00%
MYZ	16.769	4.462	2.025	0.877	0.481	0.457	100.00%
QJW	15.923	4.231	2.644	1.082	0.539	0.591	100.00%
SJX	16.385	3.923	2.449	0.994	0.438	0.551	100.00%
SLC	16.923	2.769	1.541	0.511	0.362	0.293	84.62%
SYC	17.000	4.308	2.657	1.100	0.502	0.583	100.00%
TBC	16.923	4.154	2.558	1.041	0.436	0.553	100.00%
TPX	16.615	4.231	2.601	1.037	0.573	0.547	100.00%
TSC	15.846	3.615	2.592	1.014	0.470	0.551	92.31%
TWC	4.000	1.846	1.815	0.576	0.769	0.413	84.62%
YCC	17.000	3.462	2.397	0.898	0.457	0.496	92.31%
LIZ	14.462	3.308	3.404	1.245	0.645	0.667	100.00%
SDC	15.000	1.846	1.749	0.494	0.615	0.334	69.23%
STC	14.923	3.385	2.358	0.919	0.556	0.525	100.00%
XP	14.615	4.154	2.712	1.105	0.647	0.598	100.00%
Mean	14.971	3.619	2.372	0.912	0.528	0.504	95.19%

N: 样本量; Na: 观测等位基因数量; Ne: 有效等位基因数量; I: 香农指数; He: 期望杂合度; Ho: 观测杂合度; F: 固定系数; PPL: 多态性位点比例。

阳县及其周围，而遗传多样性最低的种群出现在屏山和绥江。因此我们认为金阳可能是白魔芋的自然起源地，并且基因流呈现从金阳到屏山呈金沙江水系向东扩展的趋势 (图 1)。这种模式也可以从其他原产于金沙江干热河谷的物种中观察到^[19,20]。

白魔芋居群具有高遗传分化和低基因流的特征^[21]——高遗传分化可能来自环境异质性^[22]。虽然所有种群都分布在金沙江沿岸，但干热河谷与暖干河谷之间在温度、湿度、植被形态等方面存在较大差异^[23]。此外，天南星科物种通常由蚂蚁、甲虫和苍蝇等

小昆虫授粉^[24,25]，而白魔芋则由隐翅虫授粉。小型昆虫授粉加上复杂的地理环境可能限制了种群之间的基因流动，促进了种群分化^[26]。此外，虽然白魔芋的果实符合鸟类传播种子的特性，但并未观察到其被鸟传播。

类分析、STRUCTURE、Mantel

表 2. 白魔芋遗传结构的分子变异分析 (AMOVA)

Source of variation	Degree of freedom	Total variance	Variation component	Percentage of variation
Among population	23	968.88	1.29	29.23%
Within population	704	2195.60	3.12	70.77%
Total	727	3164.47	4.41	100.00%

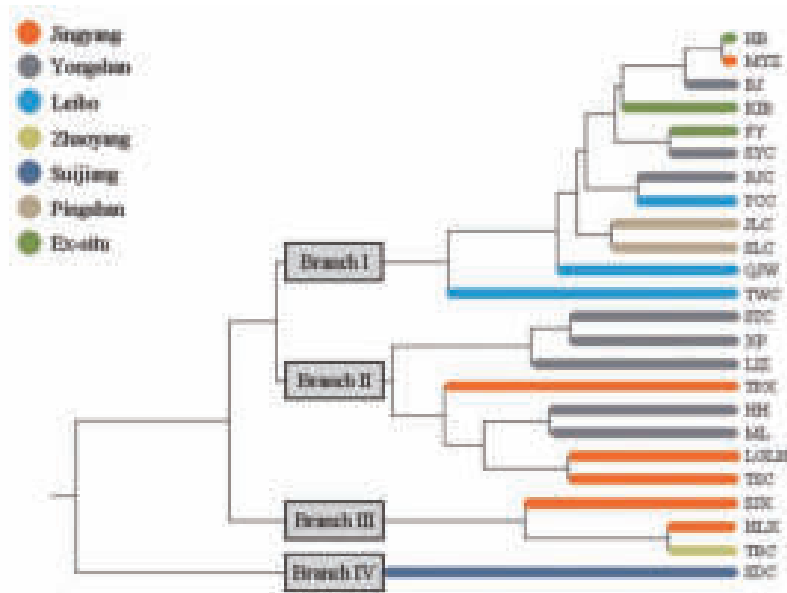


图2. 基于 Nei 's 遗传距离的聚类树, 颜色代表不同的地区

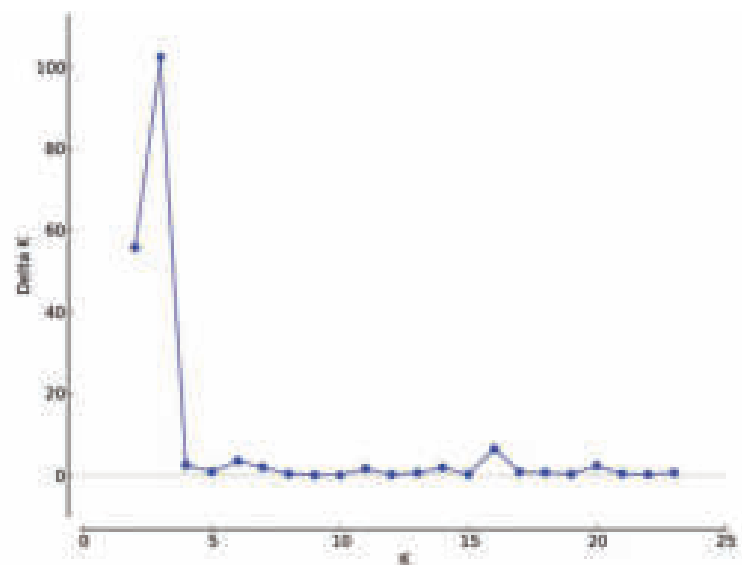


图3. ΔK 和 K 的关系图

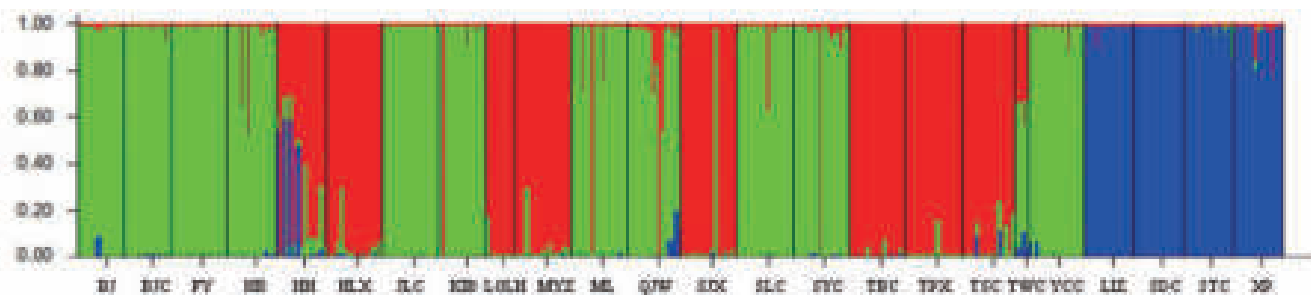


图4. 白魔芋 24 个居群 STRUCTURE 聚类分析结果

分析 ($R^2=0.352$, $P<0.01$) 结果均显示, 白魔芋居群遗传距离与地理距离呈微弱的正相关, 除了个别例外之外, 无论是自然种群还是栽培种群, 地理位置近的居群, 遗传结构上也聚在一起 (表 2, 图 2、3)。这说明现存的大部分栽培种群都源于本地野生种群, 在聚类结果中也出现了异地引种居群聚在一起的情况, 这可能是与花魔芋发生了种间杂交导致的。

综上所述, 由于驯化时间短, 白魔芋仍保有相当水平的遗传多样性, 人工选择的影响较小, 大多数栽培居群来自自然居群, 少数为重建居群。遗传多样性水平低的居群可能是由于无性繁殖或瓶颈效应造成的, 而遗传多样性高的居群可能是该物种遗传多样性的中心。

为了维持白魔芋目前的遗传多样性, 避免其野生资源灭绝, 我们建议: 1) 对所有野生居群和遗传多样性水平高的栽培居群进行重点保护; 2) 进行野生居群人工繁殖基础上的迁地保护, 防止人类活动造成栖息地持续破坏; 3) 促进该物种的有性繁殖, 增加其遗传多样性。

本研究以 “Genetic diversity and population structure of *Amorphophallus albus*, a plant species with extremely small populations (PSESP) endemic to dry-hot valley of Jinsha River” 为题, 发表在《BMC Genetics》期刊上 (Tang et al., 2020)。

(翻译、编辑: 陶丽丹, 唐荣)

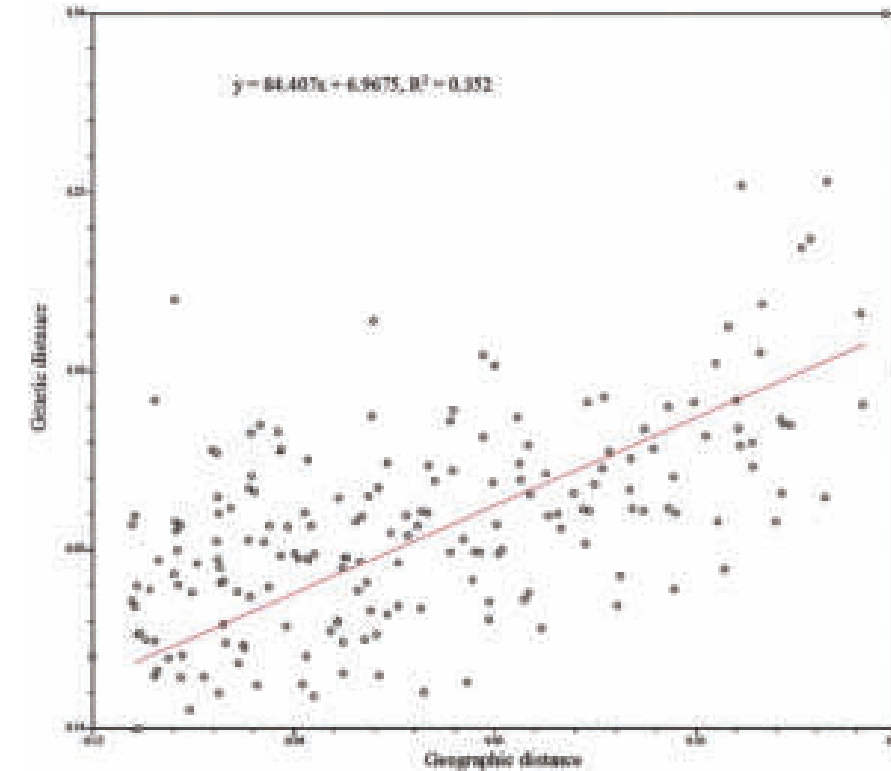


图5. 白魔芋地理距离和遗传距离相关性的 Mantel 分析

参考文献:

- [1] Tang R, Liu EX, Zhang YZ, et al. Genetic diversity and population structure of *Amorphophallus albus*, a plant species with extremely small populations (PSESP) endemic to dry-hot valley of Jinsha River. BMC Genetics. 2020, 21: 102.
- [2] Li H, Hettterscheid WLA. Araceae. In: Flora of China. Beijing & St. Louis: Science Press & Missouri Botanical Garden Press; 2000: 23–33.
- [3] Liu EX. Study on identification technology adaptability evaluation and propagation characteristics in *Amorphophallus germplasm*. Enshi: Hubei Minzu University; 2016.
- [4] Liu PY. Konjac. Beijing: China Agriculture Press; 2004: 3.
- [5] Liu N, Yang F. An overview about konjac glucomannan research progress and its application. J Ankang Teachers Coll. 2011, 23: 95–8.
- [6] Li DG, Lei ZG, Jia BHL. Problems and countermeasures of white konjac industry in Jinyang County. Sci Technol Sichuan Agric. 2007, 9: 38–9.
- [7] Liu EX, Mou FG, Pan YN, et al. Study on the biological characteristics and mating ability of flower organs of *Amorphophallus*. Chinese Agric Sci Bull. 2011, 27: 126–31.
- [8] Yang J, Sun WB. A new programme for conservation of plant species with extremely small populations in south-West China. Oryx. 2017, 51: 396–7.
- [9] Ma KP, Qian YQ. Principles and methods of biodiversity research. Beijing: Science and Technology of China Press. 1994.
- [10] Zhang DQ, Yang YP. Statistical analysis of genetic diversity parameters of several commonly used molecular markers. Acta Bot Yunnanica. 2008, 30: 159–67.
- [11] Han JP, Zhang WS, Cao HB, et al. Genetic diversity and biogeography of the traditional Chinese medicine, *Gardenia jasminoides*, based on AFLP markers. Biochem Syst Ecol. 2007, 35: 138–45.
- [12] Nybom H. Comparison of different nuclear DNA markers for estimating intraspecific genetic diversity in plants. Mol Ecol. 2004, 13: 1143–55.
- [13] Santosa E, Lian CL, Sugiyama N, et al. Population structure of elephant foot yams (*Amorphophallus paeoniifolius* (Dennst.) Nicolson) in Asia. PLoS One. 2017, 12: 1–18.
- [14] Loveless MD, Hamrick JL. Ecological determinants of genetic structure in plant populations. Annu Rev Ecol Syst. 1984, 15: 65–95.
- [15] Hamrick JL, Godt MJW. Effects of life history traits on genetic diversity in plant species. Philos Trans R Soc B. 1996, 351: 1291–8.
- [16] Nybom H, Bartish IV. Effects of life history traits and sampling strategies on genetic diversity estimates obtained with RAPD markers in plants. Perspect Plant Ecol. 2000, 3: 93–114.
- [17] Pan C, Gichira A, Chen JM. Genetic variation in wild populations of the tuber crop *Amorphophallus konjac* (Araceae) in Central China as revealed by AFLP markers. Genet Mol Res. 2015, 14: 18753–63.
- [18] Liu EX, Yang CZ, Zheng XJ, et al. Adaptability evaluation of *Amorphophallus albus*. Chinese Agric Sci Bull. 2006, 32: 57–63.
- [19] Fan DM, Yue JP, Nie ZL, et al. Phylogeography of *Sophora davidii* (Leguminosae) across the ‘Tanaka-Kaiyong line’, an important phytogeographic boundary in Southwest China. Mol Ecol. 2013, 22: 4270–88.
- [20] Ying LX, Liu Y, Chen ST. Simulation of the potential range of *Pistacia weinmannifolia* in Southwest China with climate change based on the maximum-entropy (Maxent) model. Biodivers Sci. 2016, 24: 453–61.
- [21] Wright S. The interpretation of population structure by F-statistics with special regard to systems of mating. Evol. 1965, 19: 395–420.
- [22] Wang H, Pei D, Gu RS, et al. Genetic diversity and structure of walnut populations in central and southwestern China revealed by microsatellite markers. J Am Soc Hortic Sci. 2008, 133: 197–203.
- [23] Jin ZZ. Study on the floristic composition of seed plants in the dry-warm valley of Yunnan and Sichuan. Guihaia. 1998, 18: 313–21.
- [24] Zhang Y, Ye Q. Breeding system of the endangered species *Psilopogon sinense* and its pollination process in a botanical garden. Plant Sci J. 2011;29: 599–606.
- [25] Gibernau M. Pollinators and visitors of aroid inflorescences: an addendum. Aroideana. 2011, 34: 70–83.
- [26] Yang J, Li XD, Li XW, et al. Analysis of AFLP variation of the endemic and rare species *Psilopogon sinense* in Central China. J Wuhan Bot Res. 2007, 25: 226–34.

极小种群野生植物毛脉杜鹃（*Rhododendron pubicostatum*）的杂交起源研究

张雪梅¹，秦汉韬²，解玮佳³，马永鹏¹，孙卫邦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 中国科学院昆明植物研究所 中国科学院东亚植物多样性与生物地理学重点实验室；3 云南省农业科学院花卉研究所）

同域分布的植物发生属内自然杂交是普遍现象，当受威胁物种同常见种发生自然杂交，可能会造成受威胁种受到基因污染，其遗传物质被常见种遗传同化，比如说由于常见种个体多，产生的花粉量大，受威胁物种的柱头接受常见种花粉的可能性比接受本种花粉的可能性高。如果可以发生自然杂交，势必会产生大量的杂交后代，这些杂交后代可能会取代受威胁种自己的后代，这种自然杂交导致的遗传渐渗可能会加速小种群的灭绝^[1-14]。

毛脉杜鹃（*Rhododendron pubicostatum* T. L.Ming）在杜鹃花科红色名录中被评为“濒危（EN）”^[15]，标本记录仅一个分布点，位于轿子雪山。据我们实地调查，其成熟个体数量少于 5000 株，生境狭窄，人为干扰严重，符合极小种群野生植物的定义^[16-19]。

2017 年的一次野外考察中，我们发现在轿子雪山，有两种杜鹃花——锈红毛杜鹃（*R. bureavii* Franch.）、优美杜鹃（*R. sikangense* var. *exquisitum* T. L. Ming）与毛脉杜

鹃同域分布，且亲缘关系近，开花时间重叠，且毛脉杜鹃的主要形态性状介于两者之间，如毛被、花序上单花数量等等，毛脉杜鹃是否可能是杂交起源的？同时，该物种的遗传多样性和种群结构尚无数据，为了下一步科学有效地对其采取保护措施，这些数据必不可少。为了回答毛脉杜鹃是否杂交起源的问题，从而为保护提供遗传数据，我们用 Illumina MiSeq 测序开发了微卫星引物，评估了这三种杜鹃花的遗传多样性和分化程度。

我们从基因片段中初筛出 66229 对微卫星引物，通过层层筛选，最终保留了 58 对引物，其中 12 对有多态性，用于后续实验。研究结果显示，这三种杜鹃花的遗传多样性水平中等，其中毛脉杜鹃期望杂合度为 0.565，优美杜鹃期望杂合度为 0.549，锈红毛杜鹃期望杂合度为 0.508（表 1、2），介于文献记载的杜鹃花科广布种与狭域分布种的一般遗传多样性水平之间，这三个种也是狭域分布种，但它们的遗传多样性高于狭域分布种的一般水平，毛脉杜鹃的遗传多样性水平略高于其他两个种，这和粉红爆杖花（*R. × duclouxii*）的研究结果一致^[20]，种间自然杂交确实会增加遗传多样性^[21]。从这点来看，支持毛脉杜鹃是由锈红毛杜鹃与优美杜鹃杂交起源的推测。

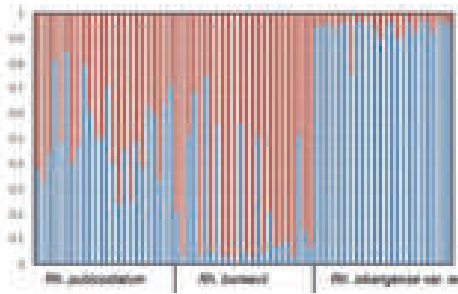


图 1. 主成分分析 (PCoA)
a: 第一主成分和第二主成分；
b: 第一主成分和第三主成分。

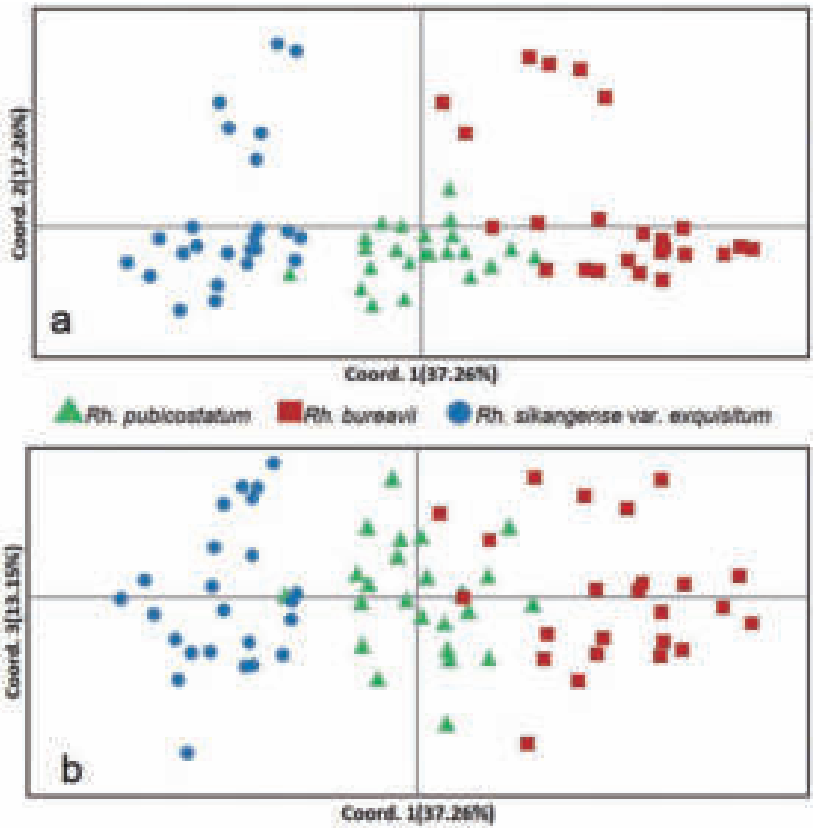


图 2. STRUCTURE 分析。Y 轴指各样本在遗传结构分析中的遗传成分的比例。红色和蓝色分别代表锈红毛杜鹃和优美杜鹃的遗传成分。

主成分分析和贝叶斯结构分析显示，锈红毛杜鹃和优美杜鹃在遗传上分为两支，而毛脉杜鹃的遗传成分介于两个疑似亲本之间，混合了两个亲本的成分（图 1、2），这个结果进一步支持了毛脉杜鹃是由锈红毛杜鹃与优美杜鹃杂交起源的推测^[22,5,23,3,11]。

此外，研究显示生境受到较大干扰的地区更容易产生自然杂交^[24,25]，毛脉杜鹃所在的轿子雪山是著名旅游景点，尤其是 4-5 月份杜鹃花盛开的

时候游人如织，旅游业对当地生境产生了巨大的干扰，景区道路的修建也可能造成杂交后代比亲本更适应环境。

一般而言，在杜鹃花属植物自然杂交带内，亲本往往占优势，杂交后代比较少见。然而毛脉杜鹃在杂交区域内是优势种，两个疑似亲本退居边缘，说明这是一个单峰杂交带，存在时间可能已经非常久了，可能早在轿子雪山开发成旅游景点之前很久就存在了，这种杂交带在杜鹃花属植物的

自然杂交现象中比较罕见。

我们的所有研究结果都支持毛脉杜鹃杂交起源于同域分布的两个亲本——锈红毛杜鹃和优美杜鹃。但我们目前的研究结果还无法提供证据支持其是否应该被立即采取保护行动：如果毛脉杜鹃仅为物种杂交起源的早期阶段，和亲本尚存在频繁的基因交流，尚不能视其为真正意义上的独立的物种，那么毛脉杜鹃并非物种保护的优先选择；如果毛脉杜鹃的进化地位能得到深入解析，且发现其与亲本已经产生相当程度的隔离，那么考虑到毛脉杜鹃的数量少、分布狭窄、人为干扰强，应对其进行抢救性保护^[26-28]。

因此，对毛脉杜鹃的受威胁等级评估上还需要更多分子生物学及繁殖生物学研究支撑。

本研究发表在《Plant Diversity》期刊（Zhang et al., 2020）。

（翻译、编辑：陶丽丹）

参考文献：

[1] Abbott R, Albach D, Ansell S., et al. Hybridization and speciation. J. Evol. Biol. 2013, 26, 229-246.
[2] Ma YP, Zhang CQ, Zhang JL, et al. Natural Hybridization between *Rhododendron delavayi* and *R. cyanocarpum* (Ericaceae), from Morphological, Molecular and Reproductive Evidence. JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY. 2010, 52(9): 844-851.
[3] Ma YP, Milne RI, Zhang CQ, et al. Unusual patterns of hybridization involving a narrow endemic *Rhododendron* species (Ericaceae) in Yunnan, China. AMERICAN JOURNAL OF BOTANY. 2010, 97(10): 1749-1757.
[4] Marczewski T, Chamberlain DF, Milne, RI. Hybridization in closely related *Rhododendron* species: half of all species-differentiating markers experience serious transmission ratio distortion. ECOLOGY AND EVOLUTION. 2015, 5(15): 3003-3022.
[5] Milne RI, Abbott RJ, Wolff K, et al. Hybridization among sympatric species of *Rhododendron* (Ericaceae) in Turkey: Morphological and molecular evidence. AMERICAN JOURNAL OF BOTANY. 1999, 86(12): 1776-1785.
[6] Milne RI, Terzioğlu S, Abbott RJ. A hybrid zone dominated by fertile F(1)s: maintenance of species barriers in *Rhododendron*. MOLECULAR ECOLOGY. 2003, 12(10): 2719-2729.
[7] Zha HG, Milne RI, Sun H. Asymmetric hybridization in *Rhododendron agastum*: a hybrid taxon comprising mainly F(1)s in Yunnan, China. ANNALS OF BOTANY. 2010, 105(1): 89-100.

[8] Zha HG, Milne RI, Sun H. Morphological and molecular evidence of natural hybridization between two distantly related *Rhododendron* species from the Sino-Himalaya. BOTANICAL JOURNAL OF THE LINNEAN SOCIETY. 2008, 156(1): 119-129.

[9] Ma YP, Marczewski T, Xue D, et al. Conservation implications of asymmetric introgression and reproductive barriers in a rare primrose species. BMC PLANT BIOLOGY. 2019, 19: 286.

[10] Milne RI, Abbott RJ. Reproductive isolation among two interfertile *Rhododendron* species: low frequency of post-F-1 hybrid genotypes in alpine hybrid zones. MOLECULAR ECOLOGY. 2008, 17(4): 1108-1121.

[11] Yan LJ, Liu J, Moeller M, et al. DNA barcoding of *Rhododendron* (Ericaceae), the largest Chinese plant genus in biodiversity hotspots of the Himalaya-Hengduan Mountains. MOLECULAR ECOLOGY RESOURCES. 2015, 15(4): 932-944.

[12] Gilman RT, Behm JE. HYBRIDIZATION, SPECIES COLLAPSE, AND SPECIES REEMERGENCE AFTER DISTURBANCE TO PREMATING MECHANISMS OF REPRODUCTIVE ISOLATION. EVOLUTION. 2011, 65(9): 2592-2605.

[13] Burgess KS, Husband BC. Habitat differentiation and the ecological costs of hybridization: the effects of introduced mulberry (*Morus alba*) on a native congener (*M. rubra*). JOURNAL OF ECOLOGY. 2006, 94(6): 1061-1069.

[14] Ma YP, Xie WJ, Sun WB, et al. Strong reproductive isolation despite occasional hybridization between a widely distributed and a narrow endemic *Rhododendron* species. SCIENTIFIC REPORTS. 2016, 6: 19146.

[15] Gibbs D, Chamberlain D, Argent G. The red list of *Rhododendrons*. Botanic Gardens Conservation. 2011: 51.

[16] Ma YP, Chen G, Grumbine RE, et al. Conserving plant species with extremely small populations (PESP) in China. BIODIVERSITY AND CONSERVATION. 2013, 22(3): 803-809.

[17] 孙卫邦, 杨静, 刀志灵. 云南省极小种群野生植物研究与保护. 2016. 北京: 科学出版社.

[18] Sun WB, Ma YP, Blackmore S. How a New Conservation Action Concept Has Accelerated Plant Conservation in China. TRENDS IN PLANT SCIENCE. 2019, 24(1): 4-6.

[19] Sun WB. Words from the Guest Editor-in-Chief. Plant Diversity. 2019, 38(5): 207-208.

[20] Yan LJ, Burgess KS, Milne R, et al. Asymmetrical natural hybridization varies among hybrid swarms between two diploid *Rhododendron* species. ANNALS OF BOTANY. 2017, 120(1): 51-61.

[21] Dobes CH, Mitchell-Olds T, Koch MA. Extensive chloroplast haplotype variation indicates Pleistocene hybridization and radiation of North American *Arabis drummondii*, *A. x divaricarpa*, and *A. holboellii* (Brassicaceae). MOLECULAR ECOLOGY. 2004, 13(2): 349-370.

[22] Kron KA, Gawen LM, Chase MW. Evidence for introgression in azaleas (*Rhododendron*, Ericaceae)-chloroplast DNA and morphological variation in a hybrid swarm on stone mountain, Georgia. AMERICAN JOURNAL OF BOTANY. 1993, 80(9): 1095-1099.

[23] Zhang JL, Zhang CQin, Gao LM, et al. Natural hybridization origin of *Rhododendron agastum* (Ericaceae) in Yunnan, China: inferred from morphological and molecular evidence. JOURNAL OF PLANT RESEARCH. 2007, 120(3): 457-463.

[24] Bleeker W, Hurka H. Introgressive hybridization in *Rorippa* (Brassicaceae): gene flow and its consequences in natural and anthropogenic habitats. Mol. Ecol. 2001, 10(8): 2013-2022.

[25] Hasselman DJ, Argo EE, McBride MC, et al. Human disturbance causes the formation of a hybrid swarm between two naturally sympatric fish species. MOLECULAR ECOLOGY. 2014, 23(5): 1137-1152.

[26] Oro D, Aguilar JS, Igual JM, et al. Modelling demography and extinction risk in the endangered Balearic shearwater. BIOLOGICAL CONSERVATION. 2004, 116(1): 93-102.

[27] Genovart M. Natural hybridization and conservation. BIODIVERSITY AND CONSERVATION. 2019, 18(6): 1435-1439.

[28] Genovart M, Oro D, Juste J, et al. What genetics tell us about the conservation of the critically endangered Balearic shearwater? BIOLOGICAL CONSERVATION. 2007, 137(2): 283-293.

极小种群野生植物富民枳的拯救保护

高雪松, 张玉萍, 曾成
(昆明市濒危动植物收容拯救中心)

富民枳 (*Poncirus polyandra* S.Q.Ding), 又名野桔子, 属于芸香科 (Rutaceae) 枳属 (*Poncirus* Raf.) 的云南省特有种, 当地人称“止咳树”, 仅分布在云南省富民县海拔 2100-2500m 的山谷阳坡。该物种由丁素琴等人于 1984 年在富民县冬瓜林

干沟箐首次发现并发表。

2008 年对富民枳进行野外调查表明, 已知的野外种群已消失, 意味着该物种已经野外灭绝, 仅存 15 株迁地保存于昆明植物园、昆明树木园和当地村民家。昆明植物园 1993 年就开始了富民枳的迁地保护研究, 成功

子繁育成活率达 92%; 扦插成活率达 58%; 嫁接成活率 76% 以上。

2. 种群回归

采用“重建型回归”的方法, 采取必要的生物措施和人工促进修复生态系统与营造原生生境等措施, 通过建立起关键作用的生态系统成分, 改善富民枳赖以生存的生态条件, 促进富民枳的生境恢复。回归材料确保可溯源、遗传多样性高, 目前已建成“极小种群野生植物富民枳重建型基地”150 亩。已经于原生境建立了回归种群, 回归定植富民枳 6893 株, 伴生树木华山松、滇青冈 1000 余株, 按群落结构对树木搭配种植进行了合理布局, 通过与西南林业大学、云南省林科院的技术合作, 对已回归的富民枳进行了遗传多样性分析, 经过评估发现目前富民枳的种质保存是合理有效的。

3. 种质资源保存

已建成富民枳种质资源收集圃 5 亩, 收集了现存的所有野生富民枳资源以及 10 余种其他芸香科物种。

4. 近地保护

在原生境回归的基础上, 尝试开展近地保护工作, 目前已建成近地保护试验示范基地 30 亩, 其中, 寻甸黑颈鹤省级自然保护区的缓冲区寻甸县六哨乡恩甲村委会洒底村 15 亩 (海拔 2070m)、富民县龙马村委会箐门口 15 亩 (海拔 2550m), 各种植 800



图 1. 富民枳果实 (高雪松摄)

迁地保护 8 株, 其中 5 株于 2008 年起开始开花结果。富民枳野外灭绝的原因可能是多方面的: 1) 原生境受自然及人为干扰大, 如水土流失、放牧等; 2) 富民枳具有药用价值, 还可以用作嫁接柑橘的砧木, 因此受到过度利用。

2011 年, 在云南省和昆明市林业部门的支持下, 昆明市濒危动植物收容拯救中心开始对富民枳进行抢救性

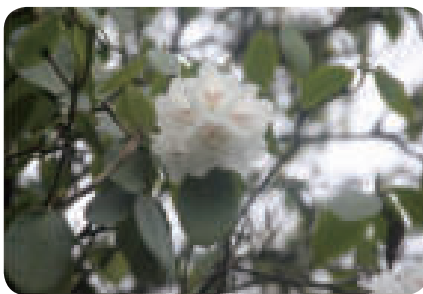
保护, 经过 10 年的保护, 已取得了丰硕的保护成果, 采取主要措施为:

1. 人工繁育

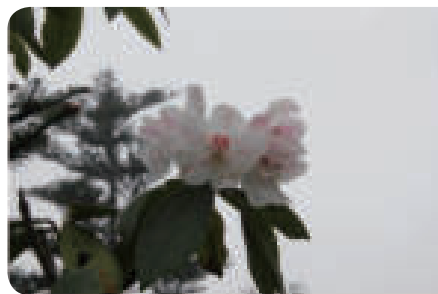
昆明市濒危动植物收容拯救中心技术人员通过种子繁殖、扦插繁殖、嫁接繁育、根蘖繁殖、组培繁育等技术研究, 攻克了富民枳人工育苗技术, 掌握了富民枳的繁育技术和规律, 已培育出富民枳容器苗 20000 余株。种



Rhododendron bureavii



R. sikangense var. *exquisitum*



R. pubicostatum

余株，成活率均达到 90%。通过对富民枳的生长量、耐受性、病虫害等进行监测，与就地保护的监测数据进行比较分析，探索富民枳保护的有效途径，推进建立就地保护与近地保护等相结合的保护模式。

5. 取得的科技成果

完成了《极小物种富民枳的繁育与重引入技术研究》项目，并已录入国家林业科技推广成果库，成果库号 19130696；获得国家发明专利 1 项，专利名称：濒危物种富民枳扦插繁育方法。



图 2. 富民枳花（高雪松摄）



图 3. 富民枳回归（张晓磊摄）

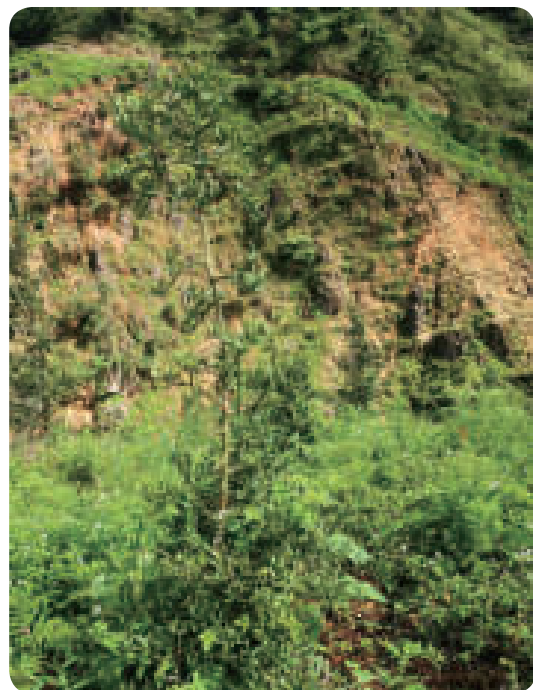


图 4. 回归的富民枳幼苗（高雪松摄）

“一种壮丽含笑种子无菌萌发及快速繁殖方法” 专利介绍

发明人：罗桂芬，孙卫邦，葛佳，陶丽丹，蔡磊

申请单位：中国科学院昆明植物研究所

摘要：本发明提供了一种壮丽含笑种子无菌萌发及快速繁殖方法，属于植物组培技术领域。本发明以壮丽含笑成熟种子为外植体，通过外植体消毒、种子无菌萌发、增殖与生根培养步骤，为壮丽含笑的人工繁殖、引种驯化、迁地保护、近地保护、就地保护（种群增强与回归）等提供材料，而且有效避免了壮丽含笑野生资源自然消失与灭亡、扩大自然界中种群数量及其在园林园艺景观上开发利用等方面的问题。本发明提供的方法，种子 10 天开始萌发，种子无菌萌发率 83%，繁殖周期 60 天，增殖系数为 5.1，生根率为 93%，移栽成活率 96%，极大地提高了壮丽含笑的繁殖数量与生长速率，为该物种的保护与繁育、引种驯化、保存和规模化生产供了技术支撑。

技术领域

本发明属于植物组培技术领域，具体涉及一种壮丽含笑种子无菌萌发及快速繁殖方法。

背景技术

壮丽含笑 (*Michelia alba*) 隶属于木兰科含笑属，壮丽含笑为中国云南特有物种，分布区域狭窄，目前发现的少数野生居群仅分布于云南，被云南省纳入了极小种群野生植物开展抢救性保护。壮丽含笑具有较高的观赏、经济价值。近年来，由于人类采食其种子、开荒、放牧等活动的干扰导致居群自然更新复壮缓慢，种群持续衰退，几近灭绝。壮丽含笑结果量少，种子量不多，并存在结果大小年的情况，自然繁殖和更新都较为困难。

迄今为止，现有技术没有关于壮丽含笑种子无菌萌发及快速繁殖和相关的生物技术方面的报道。

发明内容

有鉴于此，本发明的目的在于提供一种壮丽含笑种子无菌萌发及快速

繁殖方法，解决壮丽含笑在野外分布区域狭窄、种群数量稀少、种子苗量不足的问题。

本发明提供了一种壮丽含笑种子无菌萌发及快速繁殖方法，包括以下步骤：

1) 将消毒后的壮丽含笑成熟的带红色假种皮的种子接种于萌发培养基中萌发培养，得到萌发的种子苗；所述萌发培养基为 1/4MS 固体培养基、1/3MS 固体培养基、1/2MS 固体培养基或纯琼脂培养基；pH 值 5.8；

2) 将所述萌发节芽接种至增殖与继代培养基中增殖继代培养，得到增殖苗；所述增殖与继代培养基为含 0.1~1.5mg/L 6-BA、0.1~1.0mg/L IAA、30g/L 蔗糖、5g/L 琼脂的 MS 培养基，pH 值 5.8；

3) 将所述增殖苗接种至壮苗与生根培养基上生根培养，得到生根植株；

所述壮苗与生根培养基为含 0.1~1.2mg/L IBA、0.1~1.2mg/L IAA、30g/L 蔗糖、5.0g/L 琼脂的 MS 培养基，pH 值 5.8；

4) 将所述生根植株进行瓶苗移栽，培养，得到壮丽含笑植株。

优选的，所述萌发培养为暗培养，所述萌发培养的时间为 30d。

优选的，所述增殖与继代培养基为含 1.0mg/L 6-BA、0.5mg/L IAA、蔗糖 30g/L、琼脂 5g/L 的 MS 培养基，pH 值 5.8。

优选的，所述壮苗与生根培养基为含 1.0mg/L IBA、1.0mg/L IAA、蔗糖 30g/L、琼脂 5g/L 的 MS 培养基，pH 值 5.8。

优选的，所述增殖继代培养或所述壮苗生根培养的条件如下：

温度为 23~28℃；

光暗周期为 10:14；光照强度为 1300~1700Lux；

所述增殖继代培养的时间为 58~62d；所述壮苗生根培养的时间为 28~32d。

优选的，所述瓶苗移栽前，预先提前一周将生根植株置放于大棚炼苗。

优选的，瓶苗移栽用基质为珍珠

岩、腐殖土和生红土的混合物；

所述混合物中，珍珠岩、腐殖土和生红土的体积比为 1：1：2。

优选的，所述基质用 800 倍多菌灵进行喷施拌土，用塑料膜密封消毒 7 天，调节 pH 值至 5.8。

优选的，所述培养的大棚温度为 20~30℃，空气湿度为 70%~80%，基质湿度为 40%~50%。

本发明提供了一种壮丽含笑种子无菌萌发及快速繁殖方法，具有以下有益效果：

1) 本发明建立了有效的壮丽含笑种子无菌萌发及快速繁殖方法，解决了其分布狭窄、种群数量极少等问题，填补了壮丽含笑在生物技术上的研发空白。

2) 本发明通过壮丽含笑种子无菌萌发及快速繁殖方法，成苗容易，繁殖步骤简化，有效繁殖速率高，为保存和扩大壮丽含笑种群，意义重大。

3) 本发明通过壮丽含笑种子无菌萌发及快速繁殖方法，高度保持了壮丽含笑的遗传稳定性和一致性，为壮

丽含笑全面的开发和持续利用奠定了基础。

4) 本发明的壮丽含笑种子无菌萌发及快速繁殖方法繁育的壮丽含笑，30 天后种子萌发率 83%，在 60 天内增殖系数为 5.1，生根率为 93%，移栽成活率为 96%，极大地提高了壮丽含笑的繁殖系数，为该物种的引种驯化、保存、园林园艺及其科研价值的发挥利用提供了非常有效的繁殖方法。

“一种云南梧桐组培快繁方法”专利介绍

发明人：罗桂芬，孙卫邦，杨静，刀志灵，杨佳俊

申请单位：中国科学院昆明植物研究所

摘要：本发明提供了一种云南梧桐组培快繁方法，属于植物组培技术领域。本发明以云南梧桐幼嫩的顶芽或侧芽为外植体，通过外植体消毒以及在特定培养基上依次经诱导、分化、增殖与生根一系列培养，有效解决了云南梧桐组培快繁、引种驯化、保护及其科研、园林绿化上的开发利用问题，同时有效避免野生资源自然消失与灭亡和过度利用所造成的自然植株量减少与自然植被区破坏，特别是在保持特殊性状的稳定性方面具有积极作用。本发明提供的方法诱导分化率 78%，繁殖周期 60 天，增殖系数为 3，生根率为 91%，移栽成活率为 95% 以上，极大地提高了云南梧桐的繁殖数量与生长速率，为该物种的保护与繁育、引种驯化、保存和规模化生产供了技术支撑。

技术领域

本发明属于植物组培技术领域，具体涉及一种云南梧桐组培快繁方法。

背景技术

云南梧桐 (*Firmianamajor*) 隶属于梧桐科 (Sterculiaceae) 梧桐属 (*Firmiana*)，落叶乔木，高可达 15 米左右，中国特有种，主要分布于云南中部、南部和四川西昌、攀枝花等地区海拔 1600~3000 米的山地或坡地。云南梧桐为阳性树种，枝叶茂盛，树冠伞状，树形优美，具有较高的观赏价值，同时对多种有毒气体有较强的抗性，可用于园林绿化或植作行道树；又因其野生居群多分布于金沙江干热河谷土壤贫瘠的悬崖峭壁上，具有较强的耐旱性，因此可开发、驯化作为中国干热河谷绿化造林的先锋树种；云南梧桐种子可食用、入药、榨油；树皮可制绳索；木材常用于制作箱匣、乐器等。

1984 年公布的“第一批中国珍稀濒危保护植物名录”中，就将其定为国家二级重点保护植物。2017 年被列

入《中国高等植物受威胁物种名录》濒危 (EN) 种类。云南梧桐一度被认为野外已经灭绝，2004 年，四川省攀枝花苏铁国家级自然保护区发现了一个 200 余株的小种群；2017 年在云南省宁蒗县和元谋县金沙江流域发现两个野生种群，但均分布于悬崖峭壁的薄壤之上。

造成云南梧桐濒危的主要原因有：采食种子导致其野外自然更新受阻；放牧、开荒等人为活动严重破坏了居群的生态群落结构；加之全球气候变化的干扰等因素使得野外分布区域狭窄，居群自然更新复壮缓慢。尤其是干热河谷地区，自然环境恶劣，云南梧桐自然更新能力更低。

目前，生物技术中的组培快繁已成为中药材、花卉、濒危物种、经济林果等种苗生产的重要手段。迄今为止，现有技术没有关于云南梧桐组培快繁和相关的生物技术方面的报道。

发明内容

有鉴于此，本发明的目的在于提供一种云南梧桐组培快繁方法，能成功繁殖出云南梧桐植株，解决云南梧

桐在野外分布区域狭窄，种群退化严重的问题。

本发明提供了一种云南梧桐组培快繁的方法，包括以下步骤：

1) 将消毒的云南梧桐幼嫩的顶芽或侧芽作为外植体接种至诱导与分化培养基中诱导分化培养，得到萌发的节芽；

所述诱导与分化培养基为包含 0.1~2.0mg/L 6-BA、0.5mg/L IAA、30g/L 蔗糖和 5.0g/L 琼脂的 MS 培养基，pH 值为 5.8；

2) 将所述萌发的节芽接种至增殖与继代培养基中增殖继代培养，得到增殖继代材料；所述增殖与继代培养基为包含 0.1~1.2mg/L 6-BA、0.5mg/L IAA、30g/L 蔗糖和 5.0g/L 琼脂的 MS 培养基，pH 值为 5.8；

3) 将所述增殖继代材料接种至壮苗与生根培养基中培养，得到壮苗生根材料；所述壮苗与生根培养基为包含 0.1~1.0mg/L IBA、0.1~1.0mg/L IAA、30g/L 蔗糖和 5.0g/L 琼脂的 MS 培养基，pH 值为 5.8；

4) 将所述壮苗生根材料进行瓶苗移栽，得到云南梧桐植株。



优选的，所述诱导与分化培养基为包含 1.0mg/L 6-BA、0.5mg/L IAA、蔗糖 30g/L 和琼脂 5g/L 的 MS 培养基，pH 值为 5.8。

优选的，所述增殖与继代培养基为包含 0.8mg/L 6-BA、0.5mg/L IAA、蔗糖 30g/L 和琼脂 5g/L 的 MS 培养基，pH 值为 5.8。

优选的，所述壮苗与生根培养基为包含 0.3mg/L IBA、0.3mg/L IAA、蔗糖 30g/L 和琼脂 5g/L 的 MS 培养基，pH 值为 5.8。

优选的，所述诱导分化培养、增殖继代培养或壮苗生根培养的条件如下：温度为 23～30℃；培养周期为 60d；

在培养期间进行光照；光暗周期比为 10:14；所述光照的强度为 1300～1800Lux。

优选的，步骤 1) 中所述消毒前先用洗涤液浸泡，经流水冲洗干净后进

行外植体消毒；

所述消毒的方法是将所述外植体剪成长度 1～1.5cm 的带节小茎段，用体积浓度 75 % 的酒精消毒 10～15s，再用无菌水冲洗 3～4 次后，再用质量浓度 0.1 % 升汞溶液浸泡 8min，无菌水清洗 3～5 次。

优选的，在所述瓶苗移栽前，包括是将壮苗生根材料提前一周置于大棚中炼苗。

优选的，移栽基质预先用 800 倍多菌灵进行喷施拌土，用塑料膜密封消毒 7 天，调节 pH 值至 5.8。

优选的，所述大棚的温度为 20～30℃，空气湿度为 80 %～85 %，基质湿度为 40 %～50 %。

优选的，所述移栽基质为珍珠岩、腐殖土和生红土的混合物；

在所述混合物中，所述珍珠岩、腐殖土和生红土的体积比为 1：1：2。

本发明提供了一种云南梧桐组培

快繁的方法，具有以下有益效果：

1) 本发明建立了有效的云南梧桐组培快繁方法，解决了其分布狭窄、种群退化严重等问题，填补了云南梧桐在生物技术上的研发空白。

2) 本发明通过云南梧桐组培快繁方法，成苗容易，繁殖步骤简化，有效繁殖速率高，为保存和扩大云南梧桐种群，意义重大。

3) 本发明通过云南梧桐组培快繁方法，高度保持了云南梧桐的遗传稳定性和一致性，为云南梧桐全面的开发和持续利用奠定了基础。

4) 本发明的云南梧桐组培快繁方法繁育的云南梧桐，60 天诱导分化率 78%，在 60 天内增殖系数为 3，生根率为 91 %，移栽成活率为 95 %，极大地提高了云南梧桐的繁殖系数，为该物种的引种驯化、保存、园林园艺及其科研价值的发挥利用提供了非常有效的繁殖方法。

“一种华盖木组培快繁方法”专利介绍

发明人：罗桂芬，孙卫邦，陶丽丹，葛佳，蔡磊

申请单位：中国科学院昆明植物研究所

摘要：本发明提供了一种华盖木组培快繁方法，属于植物组培技术领域。本发明以消毒的华盖木幼嫩的顶芽或侧芽为外植体，通过在特定的培养基上依次诱导、分化、增殖与生根一系列培养，成功繁殖华盖木完整植株，有效解决了华盖木组培快繁、引种驯化、保护及其科研、园林绿化上的开发利用问题，同时有效避免野生资源自然消失与灭亡，维持自然界中种群数量，在华盖木的迁地保护、近地保护和就地保护所需种苗方面具有积极作用。本方法诱导分化率 58%，繁殖周期 60 天，增殖系数为 3.6，生根率为 81%，移栽成活率为 86% 以上，极大地提高了华盖木的繁殖数量与生长速率，为该物种的保护与繁育、引种驯化、保存和规模化生产供了技术支撑。

技术领域

本发明属于植物组培技术领域，具体涉及一种华盖木组培快繁方法。

背景技术

华盖木 (*Manglietiastrumsinicum*) 隶属于木兰科华盖木属，常绿大乔木，高可达 40 米左右，胸径 1.2 米，是中国云南特有种，起源于 1.4 亿年前，是木兰科中最古老的单属种植物之一，因其树干挺直光滑，树冠巨大而得名。华盖木是地质时代第三、四纪遗留下来的古老孑遗树种，1999 年被列为国家一级重点保护野生植物，被世界自然保护联盟 (IUCN) 全球红色名录列为极度濒危物种，是典型的极小种群野生植物。最早发现于云南省西畴县法斗乡，生于海拔 1300～1500 米的山沟常绿阔叶林中。由于分布范围狭窄，且数量稀少而被称为“植物中的大熊猫”。经过反复多次野外调查，目前仅存 47 株大树，华盖木结果量少，种子量不多，并存在结果大小年的情况，自然繁殖和更新都较为困难。

迄今为止，现有技术没有关于华

盖木组培快繁和相关的生物技术方面的报道。

发明内容

有鉴于此，本发明的目的在于提供一种华盖木组培快繁方法，填补华盖木生物技术上的空白，同时解决华盖木在野外分布区域狭窄、种群数量稀少、种子苗量不足的问题。

本发明提供了一种华盖木组培快繁的方法，包括以下步骤：

1) 将消毒的华盖木幼嫩的顶芽或侧芽作为外植体接种至诱导与分化培养基中诱导分化培养，得到萌发的节芽；

所述诱导与分化培养基为包含 0.5～3.0mg/L 6-BA、1.0mg/L IAA、30g/L 蔗糖和 5.0g/L 琼脂的 MS 培养基，pH 值为 5.8；

2) 将所述萌发的节芽接种至增殖与继代培养基中增殖继代培养，得到增殖继代材料；所述增殖与继代培养基为包含 0～2.0mg/L 6-BA、0.1～1.0mg/L IAA、30g/L 蔗糖和 5.0g/L 琼脂的 MS 培养基，pH 值为 5.8；

3) 将所述增殖继代材料接种至壮

苗与生根培养中培养，得到壮苗生根材料；所述壮苗与生根培养基为包含 0.1～2.0mg/L IBA、0.1～2.0mg/L IAA、30g/L 蔗糖和 5.0g/L 琼脂的 MS 培养基，pH 值为 5.8；

4) 将所述壮苗生根材料进行瓶苗移栽，得到华盖木植株。

优选的，所述诱导与分化培养基为包含 2.0mg/L 6-BA、1.0mg/L IAA、蔗糖 30g/L 和琼脂 5g/L 的 MS 培养基，pH 值为 5.8。

优选的，所述增殖与继代培养基为包含 1.0mg/L 6-BA、0.5mg/L IAA、蔗糖 30g/L 和琼脂 5g/L 的 MS 培养基，pH 值为 5.8。

优选的，所述壮苗与生根培养基为包含 1.0mg/L IBA、1.0mg/L IAA、蔗糖 30g/L 和琼脂 5g/L 的 MS 培养基，pH 值为 5.8。

优选的，所述诱导分化培养、增殖继代培养或壮苗生根培养的条件如下：温度为 23～30℃；培养周期为 30～60d；

在培养期间进行光照；光暗周期比为 10:14；所述光照的强度为 1300～1800Lux。

优选的，步骤 1) 中所述消毒前先用洗涤液浸泡，经流水冲洗干净后进行外植体消毒；

所述消毒的方法是将所述外植体剪成长度 1~1.5cm 的带节小茎段，用体积浓度 75% 的酒精消毒 30s，再用无菌水冲洗 3~4 次后，再用质量浓度 0.1% 升汞溶液浸泡 10min，无菌水清洗 3~5 次。

优选的，在所述瓶苗移栽前，包括是将壮苗生根材料提前一周置于大棚中炼苗。

优选的，移栽基质预先用 800 倍多菌灵进行喷施拌土，用塑料膜密封消毒 7 天，调节 pH 至 5.8。

优选的，所述大棚的温度为 20~30℃，空气湿度为 80%~85%，土壤湿度为 40%~50%。

优选的，所述瓶苗移栽的基质为珍珠岩、腐殖土和生红土的混合物；

在所述混合物中，所述珍珠岩、腐殖土和生红土的体积比为 1: 1: 2。

本发明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，填补华盖木在生物技术上的研究空白，提供一种华盖木组培快繁方法，将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，成

苗容易，繁殖步骤简化，有效繁殖速率高，为保存和扩大华盖木种群，意义重大；同时通过华盖木组培快繁方法，高度保持了华盖木的遗传稳定性和一致性，为华盖木全面的开发和持续利用奠定了基础；此外利用特定的培养基和培养条件繁育的华盖木，60 天诱导分化率 58%，在 60 天内增殖系数为 3.6 以，生根率为 81% 以上，移栽成活率为 86% 以上，极大地提高了华盖木的繁殖系数，为该物种的引种驯化、保存、园林园艺及其科研价值的发挥利用提供了非常有效的繁殖方法。

“一种滇桐的组培快繁方法”专利介绍

发明人：罗桂芬，孙卫邦，杨静，杨佳俊

申请单位：中国科学院昆明植物研究所

摘要：本发明提供了一种滇桐的组培快繁方法，涉及植物组培技术领域。本发明所述组培快繁方法将诱导与分化培养合二为一，增殖与继代培养合二为一，壮苗与生根培养合二为一，培养方法简化。本发明所述组培快繁方法可解决滇桐自然资源少，短时间内达到大量繁殖、保存和持续利用的问题，填补滇桐在生物技术上的研究空白，为滇桐全面的开发和可持续利用奠定了基础。

技术领域

本发明属于植物组培技术领域，具体涉及一种滇桐的组培快繁方法。

背景技术

滇桐 *Craigia yunnanensis* 隶属于椴树科滇桐属，高 6~20 米落叶乔木，主要分布于亚热带干湿交替炎热气候区及海拔 500~1000 米的山地林中，蒴果具薄纸质翅，中国西南特有种。滇桐为寡种属滇桐属的重要树种之一，在区系地理研究和选育珍贵树种应用中均有重要价值。2017 年被列入《中国高等植物受威胁物种名录》濒危（ENC2a; D）种类；世界自然保护联盟（IUCN）也将其评估为濒危种类。目前严重威胁滇桐居群野外生存的因素主要有两个：一是为了经济利益大量种植草果，严重侵占滇桐的栖息地；二是林区树木的滥砍乱伐造成滇桐居群生态群落的破坏；导致滇桐的分布区域狭窄，生存受到严重威胁。滇桐为典型的极小种群野生植物。

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。但是迄今为止，现有技术没有关于滇桐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

有鉴于此，本发明的目的在于提供一种滇桐的组培快繁方法，解决滇桐自然资源少以及短时间内无法达到大量繁殖、保存和持续利用的问题。

为了实现上述发明目的，本发明提供以下技术方案：

本发明提供了一种滇桐的组培快繁方法，包括以下步骤：(1) 以消毒后的滇桐幼嫩组织作为外植体，将所述外植体接种于诱导分化共培养基上进行诱导分化共培养，得分化芽；所述诱导分化共培养基以 MS 培养基为基本培养基，还包括：1.0mg/L 的 6-BA、0.5mg/L 的 IAA、30g/L 的蔗糖和 5g/L 的琼脂；

(2) 将所述分化芽接种于增殖继代共培养基上进行增殖继代共培养，得幼苗；所述增殖继代共培养基以 MS 培养基为基本培养基，还包括：0.8mg/L 的 6-BA、0.5mg/L 的 IAA、30g/L 的蔗糖和 5g/L 的琼脂；

(3) 将所述幼苗接种于壮苗生根共培养基上进行壮苗生根共培养，得滇桐组培苗；所述壮苗生根共培养基以 MS 培养基为基本培养基，还包括：0.8mg/L 的 IAA、0.8mg/L 的 IBA、30g/L 的蔗糖和 5g/L 的琼脂。

优选的，步骤 (1) 所述滇桐幼嫩

组织包括滇桐顶芽或侧芽；所述消毒的方法，包括：用质量体积比为 1% 的肥皂水浸泡 10min，经流水冲洗干净后，用体积百分含量为 75% 的酒精溶液消毒 10s，无菌水冲洗 3 遍后，再用体积百分含量为 0.1% 的升汞溶液消毒 5min，无菌水清洗 3~5 次。

优选的，步骤 (1) 所述诱导分化共培养、步骤 (2) 所述增殖继代共培养和步骤 (3) 所述壮苗生根共培养的光照强度均为 1500Lux，温度均为 23~30℃。

有鉴于此，本发明的目的在于提供一种滇桐的组培快繁方法，解决滇桐自然资源少以及短时间内无法达到大量繁殖、保存和持续利用的问题。

为了实现上述发明目的，本发明提供以下技术方案：

本发明提供了一种滇桐的组培快繁方法，包括以下步骤：(1) 以消毒后的滇桐幼嫩组织作为外植体，将所述外植体接种于诱导分化共培养基上进行诱导分化共培养，得分化芽；所述诱导分化共培养基以 MS 培养基为基本培养基，还包括：1.0mg/L 的 6-BA、0.5mg/L 的 IAA、30g/L 的蔗糖和 5g/L 的琼脂；

(2) 将所述分化芽接种于增殖继代共培养基上进行增殖继代共培养，

得幼苗；所述增殖继代共培养基以 MS 培养基为基本培养基，还包括：0.8mg/L 的 6-BA、0.5mg/L 的 IAA、30g/L 的蔗糖和 5g/L 的琼脂；

(3) 将所述幼苗接种于壮苗生根共培养基上进行壮苗生根共培养，得滇桐组培苗；所述壮苗生根共培养基以 MS 培养基为基本培养基，还包括：

0.8mg/L 的 IAA、0.8mg/L 的 IBA、30g/L 的蔗糖和 5g/L 的琼脂。

优选的，步骤 (1) 所述滇桐幼嫩组织包括滇桐顶芽或侧芽；所述消毒的方法，包括：用质量体积比为 1% 的肥皂水浸泡 10min，经流水冲洗干净后，用体积百分含量为 75% 的酒精溶液消毒 10s，无菌水冲洗 3 遍后，

再用体积百分含量为 0.1% 的升汞溶液消毒 5min，无菌水清洗 3~5 次。

优选的，步骤 (1) 所述诱导分化共培养、步骤 (2) 所述增殖继代共培养和步骤 (3) 所述壮苗生根共培养的光照强度均为 1500Lux，温度均为 23~30℃。



天涯何处觅野莲——茈碧莲芳踪记

文：陈智发，图：陶丽丹
(中国科学院昆明植物研究所昆明植物园)

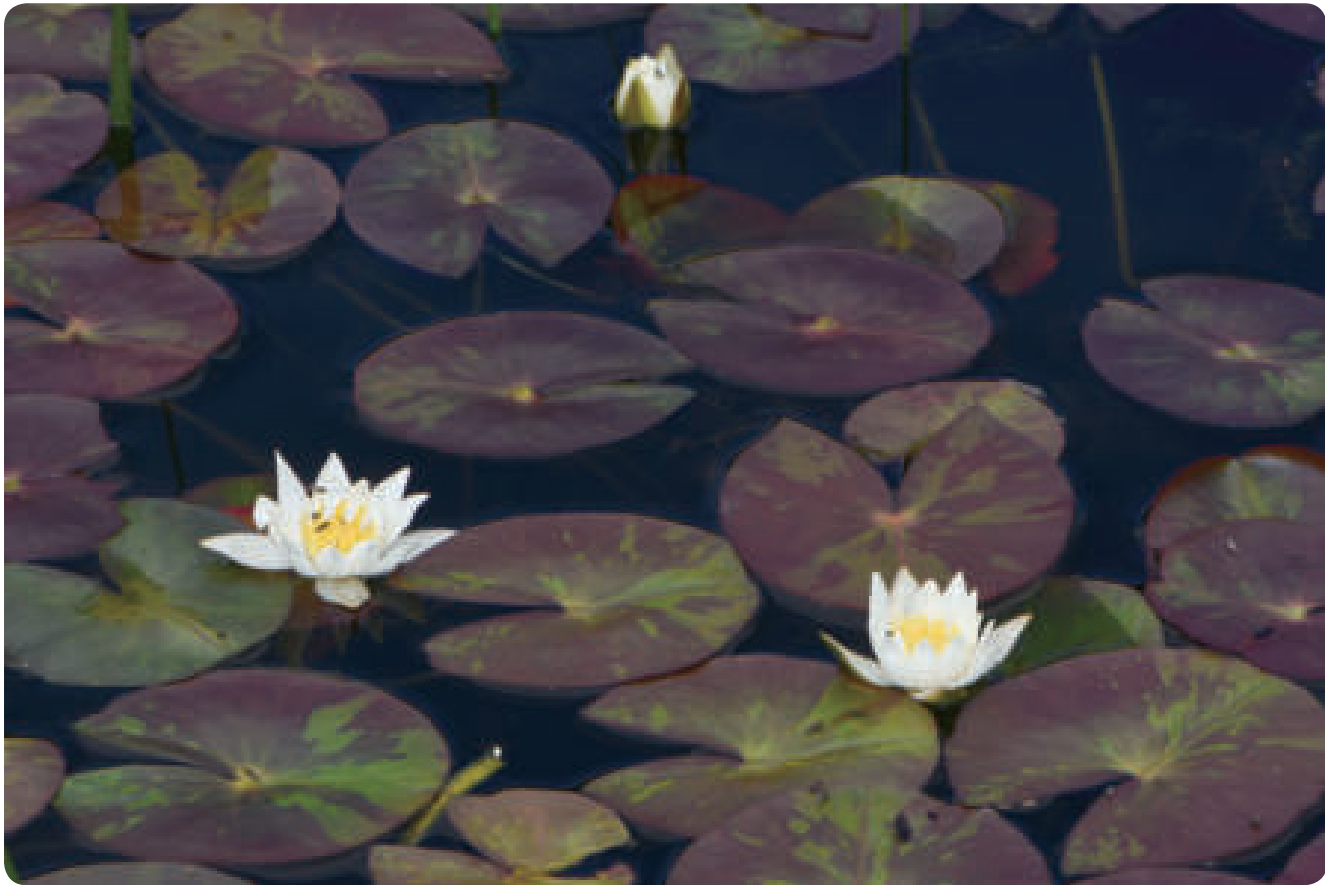
茈碧莲 *Nymphaea tetragona* Georgi，又名茈碧花，是睡莲在云南高原湖泊的野生类群，产于大理白族自治州洱源县茈碧湖及苍山上少数湖泊。睡莲看似平常之极，池沼间广为栽培，花色各异，高雅芳洁，但以湖之名而享誉的仅有此花。

在当地白族的传说中：茈碧湖中有龙王之女远嫁他方、回望故乡而潸然泪下，泪滴入湖中化成一朵朵洁白的莲花，人们称之为“辞别莲”，后

传为“茈碧莲”，湖因此得名。古籍记载：“西五十里，曰黑谷之山，洱水出焉，而西流注于洛，其中多茈碧（《山海经·西山经》）”、“茈碧花产浪穹县宁湖中，似莲而小，叶如荷钱，茎长六七丈，气清芬，采而烹之，味美于菹菜。八月花开满湖，湖名茈碧以此（《云南通志》）。”

近年来人类活动的加剧，茈碧湖中已难觅野生睡莲的芳踪，云南高

原的各大湖泊也不见其倩影。在第二次青藏高原综合科学考察项目、科技部中国西南地区极小种群野生植物调查专项和中华环境保护基金会的支持下，昆明植物园极小种群野生植物综合研究保护团队于 2020 年 5 月在大理茈碧湖周围的亚高山湖泊发现了野生茈碧莲种群，并进行了迁地保护，精心栽培的种群期待有朝一日能重返故里、回归自然。



大理铠兰（*Corybas taliensis*）学名中的 N 重玄机

图 / 文：陶丽丹，审校：王慧纯

（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）

兰科（Orchidaceae）是物种最丰富的植物科之一，就算谦虚一点来说，恐怕也够得上花最漂亮的植物类群前五名。兰科植物的花形态多样，五彩斑斓，就像一群掉落山林的小精灵，美得出人意料、创意十足，又兼长在深山幽谷，让人浮想联翩。兰科植物的属名也非常有趣，很多来源于神话故事，比如说，兜兰属 *Paphiopedilum* 和杓兰属 *Cypripedium*：都是指维纳斯的拖鞋；鸢尾兰属 *Oberonia*：奥伯龙，居住在森林中的仙王，是仙后泰坦尼亚之夫；独蒜兰属 *Pleione*：海仙女，也是昴宿增十二，也是昴宿星团的母亲。

大理铠兰（*Corybas taliensis* T. Tang et F. T. Wang）是最近鼎鼎有名的兰科极小种群野生植物，它长得古灵精怪——指甲盖大小的心形叶子，

顶着一朵指甲盖大小的头盔状红色花朵，有些植物学家认为它们更像摇篮，称其为摇篮兰（cradle orchid）（图 1）。其实整个铠兰属（*Corybas*）都是这样一副模样，也都一样矮小。

铠兰属是 1807 年英国植物学家 Richard Anthony Salisbury 发表于《The Paradisus Londonensis: or Coloured Figures of Plants Cultivated in the Vicinity of the Metropolis》一书中的新属，主要分布于大洋洲，全球有约 100 个种，中国只有 5 个种。

Richard Anthony Salisbury（1761–1829）原名 Richard Anthony Markham，父亲是一名服装商人。为了获得 Anna Salisbury 女士的资助，他将姓氏改成了 Salisbury，此人在学术诚信方面似乎颇有问题，再加上他一向反对使用林奈的性系统对物种进

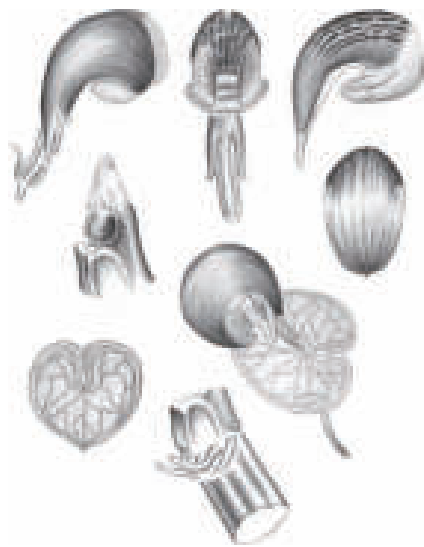


图 2. *Corybas aconitiflorus* Salisb.^[9] 形状是不是神似蓝精灵的帽子？

行分类，从而受当时同行的排斥，他提出的大部分属名都被推翻了，只保留了大量的种加词。银杏属（*Ginkgo*）曾经有个异名为 *Salisburia*，便是为纪念此人而得名。铠兰属恰好是少数保留下来的属名。

Corybas，读起来多么大气、朗朗上口，它是什么意思呢？笔者按捺不住蠢蠢欲动的八卦之心，怀疑起此名由来。

据维基百科：*Corybas* 得名于一位萨摩特拉西亚（Samothracian）的神——科里巴斯（*Corybas/Korúβas/Korybas*）。

萨摩特拉西亚人，也就是生活在萨莫色雷斯的人（*Samothrace*，现代希腊语作 *Samothraki*），这是一座希腊小岛，位于亚历山大罗波里以南 53 公里的北爱琴海中，现在属于希



图 1. 大理铠兰（*Corybas taliensis*）

腊埃夫罗斯（Evros）省管辖。或许大部分人没有听说过这个小岛，但是提起色雷斯，大家应该很熟悉，萨莫色雷斯岛就位于色雷斯南面，这个岛屿有着悠久的文明，出土的“有翼胜利女神像”是卢浮宫三件镇馆之宝之一。据说，科里巴斯的父亲——耕作之神伊阿森（Iasion）是宙斯和伊里克特拉（Electra）的儿子，他有个同胞兄弟名为达达努斯（Dardanus），达达努斯建立了著名的达达努斯城，也就是后来的特洛伊；科里巴斯的母亲——西比莉（Cybele，或称库伯勒，Kubileya/Kubeleya）是古代地中海地区弗里吉亚一带崇拜的自然女神，是众神、人类和动物之母，相当于希腊神话中的盖亚女神；科里巴斯本人是跳神，为西比莉女神的祭司，常头戴冠盔起舞。这个传说听起来颇合逻辑——古代弗里吉亚流行一种帽子，叫做弗里吉亚帽（*Bonnet phrygien*），又称自由帽（*Bonnet de la liberte*），是一种锥形前突的帽子（对，就是蓝精灵戴的那种帽子）（图 3 D）。弗里吉亚帽在当时或许非常不

同寻常，所以经常被古希腊人用来描绘外族人的形象，在罗马时代为释放奴隶的标志，所以在法国大革命时期被作为自由象征而广泛流行，至今还出现在一些国家的国徽上（图 3 A-C）。

铠兰属的模式种为 *Corybas aconitiflorus* Salisb.，种加词 *aconitiflorus* 意为像乌头（*Aconitum*）一样的花，乌头属的英文名是 *monkshood*，也就是 *monk's hood*，即“僧侣的兜帽”，指的是圆柱形的头盔（图 2）。

总结来说，大理铠兰的属名 *Corybas* 是自然女神之子，是象征自由的小红帽；其种加词 *taliensis* 自然就是“大理”的意思，当然是由于模式标本采自大理。

最有趣的是，还记得科里巴斯是西比莉女神的祭司吗？西比莉的崇拜仪式有个非常不同寻常的地方，那就是其祭司为太监。研究显示，大理铠兰的果实非常罕见、传粉者匮乏，有性繁殖率低，推测其主要靠球状块茎进行无性繁殖。不知道那位反对性系统的 Salisbury 老先生是否注意过铠兰

属的繁殖方式，居然给铠兰属取了这么一个严丝合缝的名字！

大理铠兰的学名 *Corybas taliensis* 可真称得上语多关！

参考文献：

- [1] Chen Xinqi, Stephan W. Gale, Phillip J. Cribb. *Corybas* Salisbury, Parad. Lond. ad t. 83. 1807. *Flora of China*, 2009, 25: 86-88.
- [2] Salisbury, R.A. & Hooker, W. (1805–1808), "83 (figure and notes)", *The Paradisus Londonensis: or Coloured Figures of Plants Cultivated in the Vicinity of the Metropolis*, London: W. Hooker
- [3] *Corybas aconitiflorus*. <https://www.knowpia.com/knowpedia/Corybas%20aconitiflorus>. 2021-6-22.
- [4] Boulger, George Simonds. "Salisbury, Richard Anthony". In Lee, Sidney (ed.). *Dictionary of National Biography*. 50. London: Smith, Elder & Co. 1897.
- [5] 狄奥多罗斯著，席代岳译. 希腊史纲：文化发展出版社. 2019.
- [6] 唐进，汪发缙. 铠兰——中国兰科之一新增属 [J]. 植物分类学报, 1951, 1(2): 185-187.
- [7] 王觉非主编. 欧洲历史大辞典·上：上海辞书出版社. 2007: 804.
- [8] 王慧纯. 大理铠兰（*Corybas taliensis* Tang & F. T. Wang）的保护生物学研究. 中国科学院大学. 2021.
- [9] Edouard Faria, Diversity in the genus *Corybas* Salisb. (Orchidaceae, Diurideae) in New Caledonia. *Adansonia*. 2016, 38(2): 175-198.

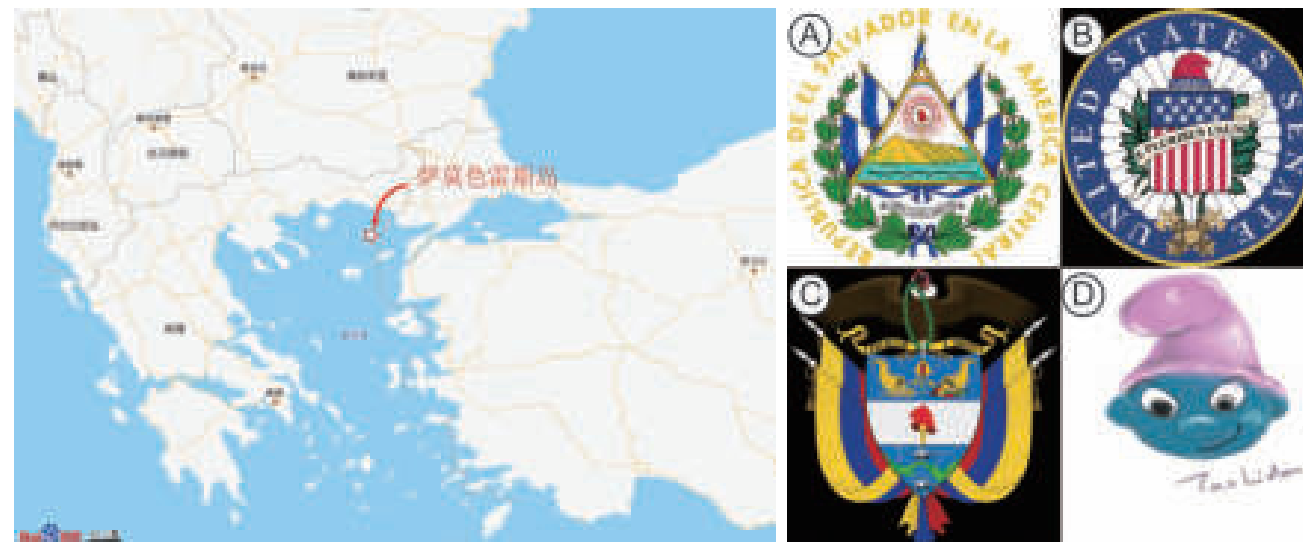


图 3. 弗里吉亚帽（A：古巴国徽；B：美国参议院；C：哥伦比亚国徽；D：蓝精灵）

当看到漾濞槭的翅果时，我们在想什么

陶丽丹

（中国科学院昆明植物研究所 云南省极小种野生植物综合保护重点实验室）

2015年春节前后，昆明植物园迁地保存的漾濞槭（*Acer yangbiense*）开花了，同年结出了第一批果实，多家媒体报道了此事。2020年云龙县漕涧林场近地保存的漾濞槭也开花了，同样有多家媒体报道了此事。漾濞槭开花结实意味着什么？这意味着种群的更新和延续。这种更新和延续的过程中还有更多更深远的内容。

植物之所以是植物，是因为它们大部分情况下不能动。如果它们想要搬家，想要逃离不利的环境，或者占据有利的新环境，它们只能抓住种子

落下的种子萌发产生幼苗、幼苗扎根将自己固定在一个地方之间的时间差。有些物种靠贿赂、欺骗和奇巧，以动物为代步工具；有些物种则靠非生物的力量，比如说水流、风、交通等等。

漾濞槭（图1）的果实是翅果（Samara），也就是说果实上带着伸展开的扁平状的翅膀（图2），这正是适应风传播的果实特征。槭

属（*Acer* L.）的翅果是单翼翅果，对生于果梗，乍一看还以为双翼翅果，等果实飘落的时候，成对的单翼翅果就会散开，各自飘落。第一次仔细观察漾濞槭翅果飘落的过程是在2016年的深秋，为了采摘野生漾濞槭的果实用于后续人工繁育、供给迁地保护和回归引种所需苗木，我来到了漾濞县太平乡一株漾濞槭下。晴空一碧如洗。那棵树

有点高，高枝剪也很难够到，更难的是，高枝剪一碰到果序，果实就会飘散飞落下来。我一拍脑门——对！那就直接晃树，把果实都晃下来！于是，我第一次欣赏到了漫天飞舞的翅果。那场景非常震撼！我竟然从不知道翅果飘落的时候会自旋！优美有如豆娘的舞蹈（图3）。

我之前以为翅果靠自己伸展出的翅膀，乘风飘去远方，就像飘落的纸片或者树叶，又或是滑翔的飞鼠。可是植物比我想象得更聪明。翅膀可以延长种子落下的过程，让种子容易被风吹到远处，自旋则是双保险，进一步延缓种子落地的时间。当翅果自旋的时候，会产生一股涡流，给自己一个上升力，抵抗重力（图4）^[1]。这种自转产生的上升力是竹蜻蜓能飞起来的原因，也是旋翼飞机（如无人机）飞翔的原理（图5）。

竹蜻蜓是靠一双手搓一下竹竿才能自转起来，槭属的翅果为什么能自己转起来呢？槭属的单翼翅果和竹蜻蜓之间的区别就在于两者的重心位置

不同：前者的重心是不稳定，这种初始的不稳定感给翅果带来了一种旋转的倾向，而后者重心是稳定的，所以不会自己转起来^[2, 3]，巧的是旋翼飞机的前进、后退、左右移动也是靠制造出不稳定的重心来实现的（图5），翅果在下降过程中产生稳定的翅膀前缘涡流，从而获得较高的升力^[6]。早在晚二叠世早期至中二叠世（约270Ma）的针叶树有翼种子化石中就发现了自旋的翅果，包括不同翅膀状态的化石，从单翼到双翼都有，科学家利用模型模拟了各种状态的翅果——单翼翅果比双翼翅果下降速度慢，而且种子重量越大，单翼翅果相对于双翼翅果而言，自转减缓下降的优势越明显。看来翅果的自旋行为是进化出来的，槭属选择单翼翅果而非双翼翅果是具有进化意义的^[4]。

翅果的翅膀那么薄，会不会容易破损呢？采收翅果的时候确实会发现大量翅果的翅膀是破损的，但是有破损的翅果还是会像完整的翅果一样自旋^[5]。单翼翅果可谓槭属植物进化中了不起的“设计”。

虽然大部分翅果会散落在母树周边数十米之内，然而，当风速、风向合适，天气和地形也合适的时候，它们偶尔可以传播几公里，甚至几十、几百公里^[7, 8]。有上升力的种子，比没有上升力的种子传播距离远两个数量级^[9]。倘若一个物种每十年遇到一阵大风让它传播到10公里外的地方，那么就如同愚公移山似的，代代接力，4万年就可以让这个物种绕地球走一圈。谁说植物不能向往自由呢？植物的旅行是以物种为单位的进行的，只要有时间、有耐心，哪里去不了？

很多人以为漾濞槭不好看、树材也没什么出彩的地方，分布非常狭窄，非要长在水又开阔的沟谷；性别还非常古怪——一个群体内只有少数几株能开雌花、结果实。这样一个“不思进取”、“日薄西山”的物种，灭绝不是活该吗？不不不，每个存在的

物种都有其适应环境的妙招，都有其“过人之处”。虽然一个漾濞槭野生种群中只有少数几株结实，但是结实的树往往结实量巨大，在漾濞槭过去熟悉的环境里，这些种子足以让种群自然完成更新；而其生长在沟谷恰恰和风传播的翅果有关系——沟谷能产生更大风，翅果飘落到水中，还能顺着水流进行二次传播。数万年前，甚至数十万年、数百万年前，漾濞槭的翅果又是乘着哪阵风来到了它们现在安家的沟谷中？

当我们注视漾濞槭没多少美感的翅果时，我们看到每个翅果伸展的翅膀上都流淌过百万年为单位的进化，那是一个物种从祖先那儿传承下来的进取心，是种族繁衍的希望，是一个物种想要存在下去的无声呐喊。

当迁地（异地）保育或回归自然的植物结出果实，就好像这个物种将希望临时交到我们手上，我们又小心翼翼地交还给这个物种，希望它们能顺利飘下、顺利发芽、顺利长成新的大树、顺利以脚下为起点，将新的种子传播出去，凭本事争得新的一席之地。或许这个物种走着走着，遇到不一样的沟谷、不一样的邻居，最终会变异成不一样的物种，然后成为新物种的祖先。也或许，它们走着走着就渐渐消失了，更有生命力的物种取代了它们，但是命运给过它们努力的机会，而不是被突然爆发的人类骤然掐灭了所有希望。

我们相信万物有其使命，长在沟

谷里的漾濞槭或许也有其使命，这种使命可能是其他物种都替代不了的，也可能是同几个其他物种分享的共同使命，然而每个物种的存在都给整个系统提供更多可变的零件，让生态系统更具弹性。

九月份，去晃一晃结着果实的漾濞槭吧！你会被翅果飘落的优美姿态感动，为其中沉默的诉求所感动！

参考文献：

[1] RK Norberg. Autorotation, self-stability, and structure of single-winged fruits and seeds (samaras) with comparative remarks on animal flight. *Biological Reviews*. 1973, 48(4): 561-596.

[2] Minami, S, Azuma, A. Various flying modes of wind-dispersal seeds. *Journal of Theoretical Biology*. 2003, 225(1): 1-14.

[3] Tennakone, Kirthi. Aerodynamics and right-left symmetry in wind dispersal of maple, dipterocarps, conifers and some genera of apocynaceae and magnoliaceae. *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka*. 2017, 45(3): 201-217.

[4] Stevenson Robert A., Evangelista Dennis, Looy Cindy V. When conifers took flight: a biomechanical evaluation of an imperfect evolutionary takeoff. *Paleobiology*. 2015, 41(2): 205-225.

[5] Varshney Kapil, Chang Song, Wang Z. Jane. The kinematics of falling maple seeds and the initial transition to a helical motion. *Nonlinearity*. 2012, 25(1): C1-C8.

[6] D. Lentink, W. B. Dickson, J. L. van Leeuwen, et al. Leading-Edge Vortices Elevate Lift of Autorotating Plant Seeds. *Science*. 2009, 324: 1438-1440.

[7] Nathan Ran. Long-distance dispersal of plants. *Science*. 2006, 312(5788): 786-788.

[8] Ran Nathan, Frank M. Schurr, Orr Spiegel, et al. Mechanisms of long-distance seed dispersal. *Trends in Ecology & Evolution*. 2008, 23(11): 638-647.

[9] Ran Nathan, Gabriel G. Katul, Henry S. Horn, et al. Mechanisms of long-distance dispersal of seeds by wind. *Nature*. 2002, 418(6896): 409-413.

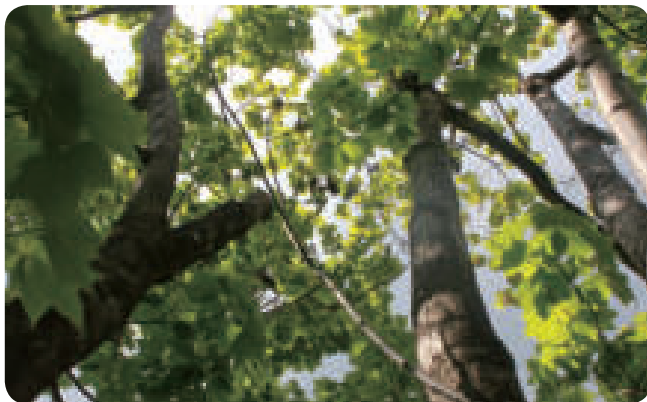


图1. 漾濞槭枝叶



图2. 漾濞槭的雌花和翅果



图3. 漾濞槭飘落的翅果

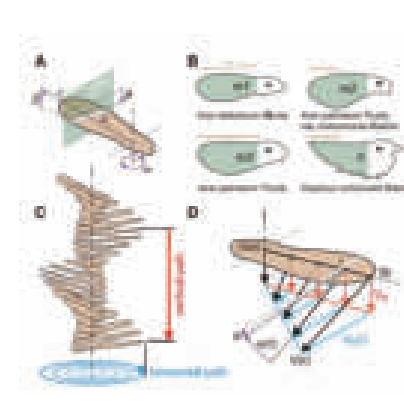


图4. 槭属翅果飘落过程中的自旋^[6]

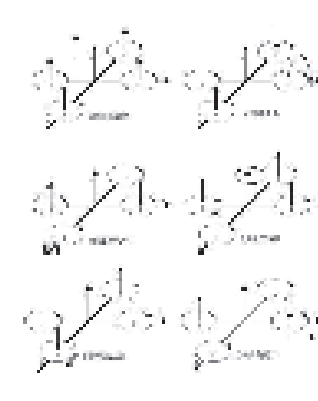


图5. 无人机的飞行原理

2020 年极小种群野生植物领域发表文章情况

陶丽丹

(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)

在 CNKI 和 Web of Science 以主题关键词: “极小种群野生植物”或“PSESP” 或“Plant Species with Extremely Small Populations*”进行文献检索, 出版时间选择 2020 年, 分别共检索到 55 篇和 41 篇文献, 去除重复文献、错误文献之后, 剩余 54 篇文献, 其中 20 篇是英文文章, 30 篇是中文文章, 3 篇行业标准, 1 篇硕士学位论文; 综述 13 篇, 研究论文 37 篇。截至 2021 年 6 月 22 日总被引次数为 47 次, 平均引用次数为 1 次/篇, 其中引用最高的文章为杨静等人发表于《Biological Conservation》期刊上的“China's conservation program on Plant Species with Extremely Small Populations (PSESP): Progress and perspectives”, 引用次数达 14 次。

分别对 2020 年发表极小种群野生植物相关文章的期刊进行汇总,发现极小种群野生植物相关文章一般发表于生物多样性保护、植物学、分子生物学和林学类期刊上。发表最多的期刊为:《生物多样性》、《Mitochondrial DNA Part B》、《Global Ecology and Conservation》、《植物科学学报》和《Plant Diversity》,按 Web of Science 提供的 2019 年期刊影响因子,所有 SCI 文章累计影响因子 11.14,平均影响因子 2.057,这些期刊中影响因子最高的为《Biological Conservation》(4.711);将 37 篇研究论文按研究内容进行分类,其中 36 篇为针对某一物种的研究,占 97.30%,为绝对优势,仅 1 篇为针对地区的物种调查研究。研究物种共 30 个,其中 25 种为

木本植物, 占 83.33%, 草本仅 5 种, 其中 3 种为兰科草本。发表文章数量最多的类群为兰科、柏科和无患子科。

从2020年发表文章的数据可见，极小种群野生植物研究领域文章40%发表在国际英文期刊上，60%发表在中文期刊上；且除了Peter Crane在《Plant Diversity》上发表的综述文章之外，其他文章作者几乎全部为中国研究人员或中国研究人员为主（联合国外学者发表），本领域还需继续提高国际影响力。此外，研究主要集中在物种水平，缺乏大尺度或者以空间为研究对象的相关研究；同时，草本植物研究较少，但具有观赏价值或其他经济利用价值的物种关注程度高。

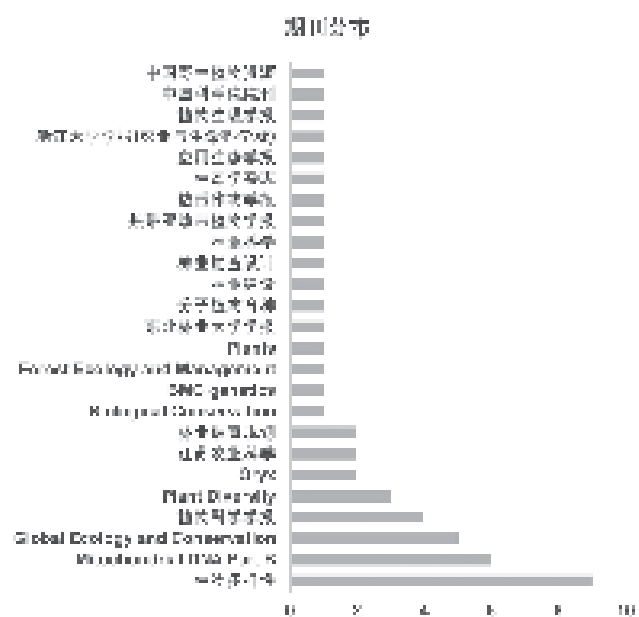


图 1. 2020 年发表极小种群野生植物相关文章的期刊分布

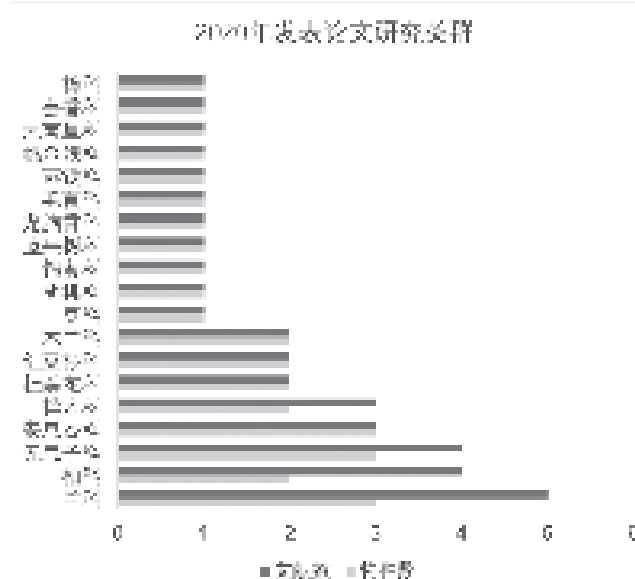


图 2. 2020 年发表极小种群野生植物文章研究类群分布

中国的极小种群野生植物保护

本译文是极小种群野生植物综合保护团队 2013 年发表在保护生物学期刊《Biodiversity Conservation》上，题为“Conserving plant species with extremely small populations (PSESP) in China”的文章。

作者: 马永鹏¹, 陈高¹, R.Edward Grumbine², 刀志灵¹, 孙卫邦^{1*}, 郭辉军³

作者单位: 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 中国科学院昆明植物研究所 / 中国科学院东亚植物多样性与生物地理学重点实验室; 3 云南省林业厅 (现为云南省林业和草原局)

* 示通讯作者

翻译：姚刚，敖艺山，沈元婷，舒恒，朱培高

翻译者单位: 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

摘要：

在过去几十年年里，中国在生物多样性保护方面取得了一系列成就。但是，由于国家层面不充分、不健全的保护政策以及保护资金的不足，对受威胁严重的极小种群野生植物保护仍然存在一系列问题。然而，令人欣慰的是在云南省首次提出的保护生物学领域新概念—极小种群野生植物 (Plant Species with Extremely Small Populations, 简称: PSESP)，目前得到全国范围的广泛认可。与之而来的是数个国家和地区层面保护策略和行动将在未来 5 年付诸实施。我们相信 PSESP 概念将引领中国植物多样性的保护行动、并获得重要新进展。

引言

中国是世界上生物多样性大国。在过去的几十年里,就地和迁地保护行动取得了一定的成功。第一个和最后一个国家级自然保护区分别建立于1956年和2009年。国家环境保护部从过去到现在已经建立了2541个陆地自然保护区,占地面积达 1.47×10^8 公顷,占中国疆域的14.7%(环境保护部2010)。直到现在,我国对植物保护的行动一直在加强。在160个植物园和树木园中有超过20000种高等植物得到保护,并且在中国科学院昆明植物研究所建立了一个国家野生生物种质资源库。在1999年,国家林业局和农业部公布了国家重点保护野生植物名录(第一批),该名录中包含了92科194属302种,同时中央人

民政府通过立法对这些植物进行管理
和保护。为进一步评估中国植物的保
护状态, Wang and Xie(2004)^[26] 按照
IUCN 红色名录标准在 2004 年出版了
中国植物红色名录(第一卷)并概述
了中国植物的基本保护状态. 而且,
为响应国际植物园保护联盟与《生
物多样性公约》和联合国环境署合作发
布的《全球植物保护战略》, 我国发
布了《中国植物保护战略》(CSPC
编辑委员会 2008), 宣布了国家的承
诺保护植物并制定目标以减少植物多
样性的丧失^[10]. 该计划的实施是中国
科学院, 国家林业局 and 环境保护部共
同努力的结果. 该战略提出了 16 个
可作为中国植物保护框架的目标. 比
如, 目标 7 的是通过就地保护方式保
护中国约 90% 的国家重点保护植物.

目标 8 旨在将 10% 的中国受威胁植物物种重新引入其自然栖息地，并实施监测计划以跟踪管理。

然而，这些保护成果于保护中国丰富的植物多样性是不够的。中国腾飞的经济、过度开发自然资源以及由此导致的栖息地丧失，污染问题以及全球气候变化相关的压力都是对新的千禧年中植物保护巨大的挑战。与此同时，管理问题（如政府官员和当地居民缺乏保护意识，法律体系不完善）和对濒危物种的基础研究不足也为有效保护制造了障碍。因此，保护中国受威胁最严重的野生物种比以往愈加迫切^[11]。

除此之外，其他因素也制约着中国的植物保护行动。其中最重要的一个就是对哪些应该得到优先保护的野

生物种没有明确的概念。事实上，确定植物保护等级一直以来是限制全球植物保护策略的突出问题之一^[7]。即使 IUCN 红色名录被广泛使用且对于全球和国家植物保护而言是包罗万象的系统，但它也是不完善的。因为对于特定受威胁目录中的物种，在一定时间范围内灭绝的概率风险评估不能作为一个决定特定物种命运的可靠预测，进而影响其保护行动的科学实施^[4,6,9,13,14,20]。尽管基于 IUCN 分类的受威胁野生物种名录得到建立且受到中国学术专家的极力推崇，但相关部门的官员很少关注这些标准^[6]。所以，只有那些被列为国家重点保护野生植物名录（第一批）的物种才能受到保护；而对于列入中国物种红色名录（第一卷）的物种保护工作却很少^[26]。

聚焦极小种群野生植物：中国植物保护行动新概念

为了解决中国最受威胁的植物物种而确定优先保护物种的问题，最近

提出了一项新的关注 PSESP 的保护概念^[19]。这个新概念重点关注数量远低于野外种群长期稳定存活需要的最小存活种群数量的植物类群。PSESP 的概念是指由于近期受人为干扰严重导致种群数量较少的物种；它排除了本身就属于自然濒危的物种（如屏边开口箭^[18]）。PSESP 的关键特征是现存种群数量少、适宜的栖息地有限、严重的人类干扰和极高的灭绝风险。

具体来说，PSESP 的概念是基于对物种的识别：(1) 特殊的生境；(2) 分布范围极其狭窄；(3) 生境破坏严重；以及 (4) 生境位于经济落后的植物多样性热点地区。除了科学家和官员的专业知识外，通过尝试考虑中国当地人民传统的自然价值观和对植物保护的可接受性，对植物保护的文化理解的重要性也被纳入这一概念^[5]。在中国，如果当地居民不愿意接受国际自然保护联盟类型的指导方针，很难开展保护行动。

PSESP 定义的一些关键性标准与国际自然保护联盟 (IUCN) 的标准一致。例如，当物种满足以下任何标准的规定阈值，其将被列入到国际自然保护联盟红色名录：(1) 种群规模持续下降，(2) 分布范围狭窄，(3) 种群数量下降，(4) 种群规模极小，(5) 灭绝概率定量分析 [6]。PSESP 的概念包括上面的 (2) 和 (4)，同时经济前景也被纳入到考虑范围。然而，许多国家（包括中国）制定了与 IUCN 红色名录不一致的地方或区域濒危物种名录。例如，Wilcove 和 Master(2005)^[27] 估计，大约 90% 的美国濒危物种（包括动物、真菌和植物）没有被列入联邦保护名录中。在 Harris 等人 (2012)^[6] 详细比较了 IUCN 红色名录中的濒危物种和美国濒危物种法案，他们发现 IUCN 红色名录中，美国 40.3% 的鸟类和 80% 以上的鲜为人知的类群没有被该法案列出。

云南省植物物种多样性丰富^[29]，

表 1. 云南省 20 种极小种群野生植物的种群特征及 IUCN 等级

物种	IUCN 等级	个体数量 a	种群数 b	是否在保护区内
漾濞槭 <i>Acer yangbiense</i>	CR	I	i	否
喙核桃 <i>Annamocarya sinensis</i>	CR	II	iv	是
土沉香 <i>Aquilaria sinensis</i>	CR	IV	ii	是
簇蕊金花茶 <i>Camellia fascicularis</i>	CR	-	iii	否
五裂黄连 <i>Coptis quinquesecta</i>	CR	IV	i	是
滇南苏铁 <i>Cycas Diannanensis</i>	CR	III	iii	是
灰干苏铁 <i>Cycas hongheensis</i>	CR	III	i	否
西畴青冈 <i>Cyclobalanopsis sichourensis</i>	CR	I	i	否
云南藏榄 <i>Diploknema yunnanensis</i>	EN	I	i	是
旱地油杉 <i>Keteleeria xerophila</i>	CR	-	i	否
蒜头果 <i>Malania oleifora</i>	CR	IV	ii	否
毛果木莲 <i>Manglietia ventii</i>	CR	II	iii	是
华盖木 <i>Manglietiastrum sinicum</i>	CR	I	iii	是
八蕊单室茱萸 <i>Mastixia euonymoides</i>	EN	I	ii	是
云南肉豆蔻 <i>Myristica yunnanensis</i>	EN	IV	iii	是
云南蓝果树 <i>Nyssa yunnanensis</i>	CR	II	ii	否
弥勒苣苔 <i>Paraisometrum mileense</i>	CR	III	i	否
巧家五针松 <i>Pinus squamata</i>	CR	II	i	是
毛枝五针松 <i>Pinus wangii</i>	CR	II	iii	是
富民枳 <i>Poncitrus polyandra</i>	CR	I	i	否

a: 个体数量 I, 0 – 10; II, 11 – 100; III, 101 – 1000; IV, 31000

b: 种群数量 i, 1; ii, 2; iii, 3 – 4; iv, 5 – 9

是中国最早提出 PSESP 概念的省份。2005 年，云南省林业厅向国家林业局提交了《云南省极小种群野生植物保护工程》建议书。2009 年，云南省政府批准了《云南省极小种群野生植物拯救保护规划纲要（2010—2020 年）》，加强对极小种群野生植物保护的具体实施措施。在此基础上，制定了《云南省极小种群野生植物拯救保护紧急行动计划（2010—2015 年）》，其中专门提出 20 个 PSESP 的保护行动和资助（见表 1 中 20 个 PSESP 的基本信息及其 IUCN 评价等级）。这些植物保护计划通过了中央政府的评估，表明中国政府对这一概念的接受和认可。

国家层面 PSESP 保护行动规划

云南省的 PSESP 保护行动导致 2012 年 3 月颁布了《全国极小种群野生植物拯救保护工程规划（2010—2015 年）》，这是 PSESP 保护管理的一个里程碑。这一计划明确了 120 种 PSESP 及其保护优先级。由于缺乏足够的资金支持和详细的物种生物学信息，不可能保护所有的 PSESP，因此根据以下条件选择了前 120 种 PSESP：国家重点保护野生植物；个体数量小于 5000；目前仅有 1-2 个分布点；具有潜在的经济和科学价值。此外，这 120 个 PSESP 的基本分布信息已经确定，因此可以采取具体的保护行动^[19]。

PSESP 保护行动可以顺利实施。主要原因是中央政府控制着所有土地主权，因此将一些区域重新划为不同的土地用途并不困难，例如重新划定自然保护区或保护小区以保护 PSESP。但是为了有效地实施 PSESP 管理，必须在政府部门（特别是国家或省级自然保护区管理局）、科学家和当地居民之间的合作。对科学家来说，迫切需要对 PSESP 开展合作研究，尤其是在群体遗传学、生殖生物学、种群和群落生态学等领域。在当地社区了解需要做什么并且土地被用于保护活动时得到合理的补偿后，他们通

常是有愿意支持保护工作的。为了保护 PSESP，科学教育和政府赞助的宣传也很重要，特别是能提高当地居民的保护意识。

极少种群物种保护也需要财政支持。2010 到 2015 年的第一批 120 个极小种群物种保护，预计花费约 10 亿人民币。这笔资金 54% 用于就地保护，33% 用于迁地保护，7% 用于物种保护培训，4% 用于种质保存，2% 用于回归实验。这笔资金将从中央政府、省政府和地方政府筹集。

第一批 120 个 PSESP 的保护目标包括以下方面：将这些物种的种子保存在位于中国科学院昆明植物研究所的国家西南野生生物种质资源库；就地保护行动将会立刻实施以确保这些 PSESP 不会灭绝；研究这些 PSESP 繁殖技术体系以增加个体数量；采取人工异花授粉获得种子以维持遗传多样性；将扩繁的个体再次回归到野生环境；所有这些实施步骤将有助于对公众，尤其是对当地居民的保护意识的提升。

到 2015 年末，极小种群保护预计将实现 5 个目标：建立第一批 120 个 PSESP 物种的监测与保护的管理信息系统；这 120 个物种保护的天然栖息地将会被有效保护；收集和保存这 120 个极少种群的种质资源；个体数量将会通过扩繁的方式得到显著增加；至少将 15 个物种完成野外回归。

当前云南省的 PSESP 保护行动

在中国国家林业局和云南省林业厅，以及非政府组织（动植物国际、植物园保护国际和绿色发展基金会）的支持下，已经进行了几次 PSESP 的评估。例如，到目前为止只有 5 个个体的漾濞槭已经进行了遗传学研究和人工授粉，以增加结实率^[21,30]。目前在中国科学院昆明植物研究所昆明植物园扩繁了 1606 株幼树^[30]。漾濞槭将很快被回归至其原生境。目前针对其他 PESEP 的研究主要集中在西畴青冈的迁地保护生物学和种群回归方面

^[28]、华盖木^[22,24,25,35]、西畴含笑^[31-33]，三棱栎^[1,2,23-25,34,36]，以及大树杜鹃^[12]。此外，还在滇东南建立了首个 PSESP 研究保护的示范基地。更重要的是，今后在云南，任何新的开发项目都必须将 PSESP 作为一个重要的考虑因素。而这一规定可能很快被中国其他省份借鉴。

后续进一步的政策和宣传活动将有助于促进和鼓励中国各地对 PSESP 的进一步接受。2013 年，一本关于云南 PSESP 研究与保护的专注将出版。中央政府正在研究建立一个位于昆明的 PSESP 国家重点实验室的计划，该实验室将设在中科院昆明植物研究所内。同时，鉴于还不能利用现有的中国自然保护区为所有的 PSESP 建立就地保护区，在云南选择五种植物（西畴青冈、滇藏榄、华盖木、云南蓝果树和弥勒苣苔）建立一种新型、针对特定物种的保护小区。这种尝试在亚洲马来西亚婆罗洲已经有尝试。1984 年沙巴州林业局指定了一个面积为 356 公顷的 " 大王花保护区 "，该地区正日益受到农业活动的压力^[17]。在拉瑙区的前 Mamut 铜矿租约内也有一个 " 大王花保护区 "（由沙巴公园和租约持有人共同管理）^[16]。这两个保护小区专门保护小种群的凯式大王花。

在接下来的 5 年里，PSESP 方面的保护不仅大幅度提升云南省的植物保护行动，并很快扩大到国家层面的保护规划。例如，在 2012 年，全国范围内的生物资源清查工作纳入了 PSESP 的评价标准。中国重点保护野生植物的保护工作在 13 年前缓慢起步，目前已经进入到一个政策与实际保护行动实施更为匹配的新时代。

参考文献：

[1] Chen G, Sun WB (2010) Ploidy variation in *Trigonobalanus verticillata* (Fagaceae). Plant Syst Evol. 284:123–127
[2] Chen G, Sun WB, Han CY, et al. (2007) Karyomorphology of the endangered *Trigonobalanus doichangensis* (A. Camus) Forman (Fagaceae) and its taxonomic and biogeographic implications. Bot J Linn Soc 154:321–330

- [3] CSPC Editorial Committee (2008) China's Strategy for Plant Conservation. Guangdong Press Group, Guangdong Science and Technology Press, Guangzhou
- [4] de Grammont P, Cuar'on A (2006) An evaluation of the threatened species categorization systems used on the American continent. *Conserv Biol* 20:14–27
- [5] Grumbine RE, Xu J (2011) Creating a conservation with Chinese characteristics. *Biol Conserv* 144:1347–1355
- [6] Harris JBC, Reid JLB, Scheffers R, et al. (2012) Conserving imperiled species: a comparison of the IUCN Red List and US. Endangered Species Act. *Conserv Lett* 5:64–72
- [7] Jackson PW, Kennedy K (2009) The Global Strategy for Plant Conservation: a challenge and opportunity for the international community. *Trends Plant Sci* 14:578–580
- [8] Jiang Z, Ma K (2009) Status quo, challenges and strategy in conservation biology. *Biodivers Sci* 17:107–116
- [9] Lamoreux J, Akcakaya HR, Bennun L et al (2003) Value of the IUCN Red List. *Trends Ecol Evol* 18:214–215
- [10] Li DZ, Pritchard HW (2009) The science and economics of ex situ plant conservation. *Trends Plant Sci* 14:614–621
- [11] Lopez-Pujol J, Zhang F, Ge S (2006) Plant biodiversity in China: richly varied, endangered, and in need of conservation. *Biodivers Conserv* 15:3983–4026
- [12] Ma YP, Zhang CQ, Sun WB, et al. (2012) Conservation of the giant tree Rhododendron on Gaoligong Mountain, Yunnan, China. *Oryx* 46:325
- [13] Mace GM, Collar NJ, Gaston KJ, et al. (2008) Quantification of extinction risk: IUCN's system for classifying threatened species. *Conserv Biol* 22:1424–1442
- [14] Miller RM, Rodr'iguez JP, Aniskowicz-Fowler T, et al. (2007) National threatened species listing based on IUCN criteria and regional guidelines: current status and future perspectives. *Conserv Biol* 21:684–696
- [15] Ministry of Environmental Protection (MEP) (2010) Report on the state of the environment in China 2009, Beijing. http://english.mep.gov.cn/standards_reports/soe/soe2009/201104/t20110411_208979.htm. Accessed 10 April 2012
- [16] Nais J (2001) Rafflesia of the World. Sabah Parks, Kota Kinabalu
- [17] Payne J (1986) Development of conservation areas for Sabah, Final report. World Wildlife Fund Malaysia, Kuala Lumpur, Unpublished report
- [18] Qiao Q, Zhang CQ, Milne RI (2010) Population genetics and breeding system of *Tupistra pingbianensis* (Liliaceae), a naturally rare plant endemic to SW China. *J Syst Evol* 48:47–57
- [19] Ren H, Zhang QM, Lu HF, et al. (2012) Wild plant species with extremely small populations require conservation and reintroduction in China. *Ambio* 41:913–917
- [20] Rodrigues ASL, Pilgrim JD, Lamoreux JF, et al. (2006) The value of the IUCN Red List for conservation. *Trends Ecol Evol* 21:71–76
- [21] Sun WB, Yin Q (2009) Conservation of the Yangbi maple *Acer yangbiense* in China. *Oryx* 42:461–462
- [22] Sun WB, Magin G, Mathew P (2005) Chinese Magnoliaceae—priorities for action. *Oryx* 39:12
- [23] Sun WB, Zhou Y, Han CY, et al. (2006) Status and conservation of *Trigonobalanus doichangensis* (A. Camus) Forman (Fagaceae). *Biodivers Conserv* 15:1303–1318
- [24] Sun WB, Zhou Y, Yan L, et al. (2007a) Chinese Magnolias—it's mostly as bad as we thought. *Oryx* 41:427–428
- [25] Sun WB, Han CY, Gao LM, et al. (2007b) Genetic diversity of the rare Asian plant, *Trigonobalanus doichangensis* (Fagaceae). *Aust J Bot* 55:10–17
- [26] Wang S, Xie Y (2004) China Species Red List. Higher Education Press, Beijing
- [27] Wilcove DS, Master LL (2005) How many endangered species are there in the United

- States? *Front Ecol Environ* 3:414–420
- [28] Xia K, Zhou ZK, Chen WY, Sun WB (2008) Rescuing the sichou oak *Quercus sichouensis* in China. *Oryx* 42:15–16
- [29] Yang Y, Tian K, Hao Y, et al. (2004) Biodiversity and biodiversity protection in Yunnan, China. *Biodivers Conserv* 13:813–826
- [30] Zhao LL (2011) Genetic diversity of the critically endangered Yanbi maple, *Acer yangbiense* (Aceraceae). Master dissertation, The Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing
- [31] Zhao XF, Sun WB (2009) Abnormalities in sexual development and pollinator limitation in *Michelia coriacea* (Magnoliaceae), a critically endangered endemic to Southeast Yunnan, China. *Flora* 204:463–470
- [32] Zhao XF, Sun WB, Yang JB, et al. (2009) Isolation and characterization of 12 microsatellite loci for *Michelia coriacea* (Magnoliaceae), a critically endangered endemic to Southeast Yunnan, China. *Conserv Genet* 10:1583–1585
- [33] Zhao XF, Ma YP, Sun WB, et al. (2012) High genetic diversity and low differentiation of *Michelia coriacea* (Magnoliaceae), a critically endangered endemic in southeast Yunnan, China. *Int J Mol Sci* 13:4396–4411
- [34] Zheng YL, Sun WB (2008) Variation of morphophysiological characters in seeds of *Trigonobalanus doichangensis* according to individual trees, populations and years. *Euphytica* 164:231–238
- [35] Zheng YL, Sun WB (2009) Seed germination of Huagaimu, a critically endangered plant endemic to southeastern Yunnan, China. *Hort Technology* 19:427–431
- [36] Zheng YL, Sun WB, Zhou Y, et al. (2009) Variation in seed and seedling traits in the natural provenances of *Trigonobalanus doichangensis* (A. Camus) Forman (Fagaceae), a rare and endangered plant in south-west China. *New Forest* 37:285–294



极小种群野生植物保护新概念 推动中国植物保护

本译文是极小种群野生植物综合保护团队 2019 年发表在植物学顶级期刊《Trends in Plant Science》，题为“*How a New Conservation Action Concept Has Accelerated Plant Conservation in China*”的文章。为展现和促进我国极小种群野生植物保护事业的发展，特译成中文方便大家阅读。

作者：孙卫邦^{1*}，马永鹏^{1*}，Stephen Blackmore²

作者单位：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 国际植物园保护联盟（Botanic Gardens Conservation International, BGCI）

* 示通讯作者

翻译：教艺山，沈元婷，常宇航，刘德团，姚刚

翻译者单位：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

自 2005 年以来，针对极度受威胁的、亟需优先保护的植物种类，中国实施了一项新的保护行动。这一保护行动概念目前已被各级政府部门和公众广泛认可，推动了中国植物保护事业，并取得了巨大成效。

近几十年以来，尽管我国在植物保护方面取得了很大进展，但对于我国如此丰富的植物多样性来说^[1]，这远远不够。事实上，只有 1999 年我国发布的《国家重点保护野生植物名录》中的植物才受到法律的保护。因而，我国的植物保护工作仍然面临着巨大的挑战。最近，根据世界自然保护联盟（International Union for Conservation of Nature, IUCN）的《IUCN 物种红色名录濒危等级和规范 3.1 版》和《IUCN 红色名录标准在区域和国家两级的应用指南》（4.0 版）^[2]，我国有 3879 种高等植物被列为受威胁物种，占我国植物总数的 11%（我国共有 35784 种高等植物，其中包括 30068 种被子植物，251 种裸子植物，2244 种石松类

植物和蕨类植物以及 3221 种苔藓植物）。此外，在这 3879 种受威胁的植物中，有 21 种已灭绝（Extinct, EX），9 种野外绝灭（Extinct in the

Wild, EW），10 种区域灭绝（Regional Extinct, RE）^[2]。导致物种灭绝的因素包括人口的快速增长（1949 年以来，我国人口数量增加了约 2.53 倍）、经

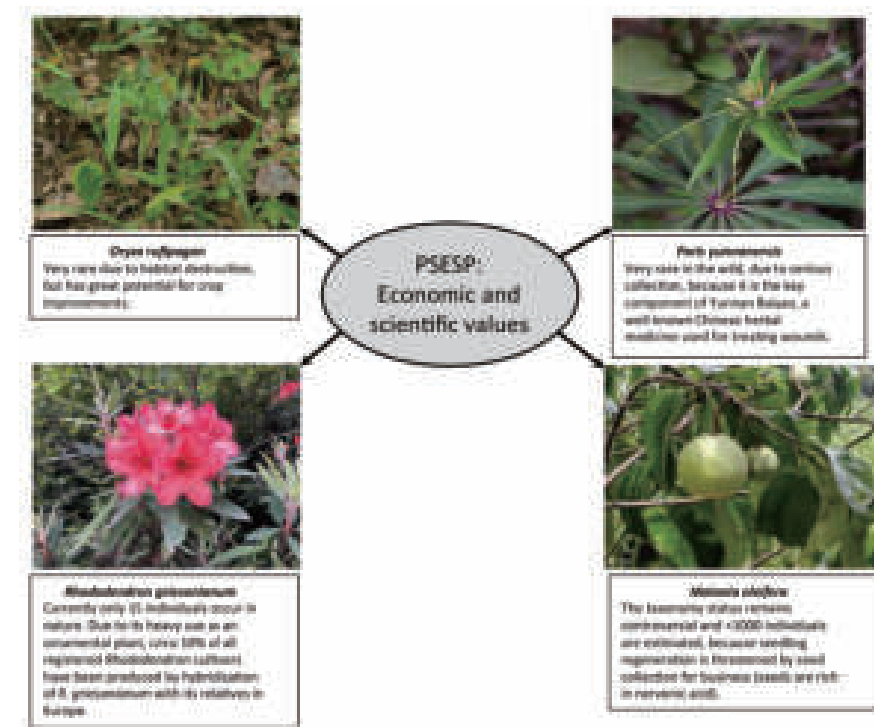


图 1 极小种群野生植物的经济价值和科研价值

济快速增长带来的自然资源的过度掠夺与随之而来的栖息地退化，以及全球气候变化。另外，弄清哪些植物种类受威胁最严重、最亟需优先开展保护，并通俗易懂地传达给政府部门和当地居民也是一个巨大挑战。总之，这些因素极大地阻碍了中国植物保护行动的实施。

为了应对这些挑战，2005 年中国提出了“极小种群野生植物”（Plant Species with Extremely Small Populations，简称：PSESP）的保护行动新概念。它致力于保护受人为干扰严重、种群数量极少、分布地域狭窄或生境退化、面临极高灭绝风险的物种^[1]。为了推动这一概念的发展，提高政府部门相关人员、当地居民和非保护生物学家对极小种群野生植物的认识，我们积极宣传极小种群野生植物的经济价值和科学价值，比如：作物改良、药用和观赏价值及其进化意义（图 1）。

野生稻（禾本科）具有作物改良的价值；滇重楼（百合科）具有重要药用价值；朱红大杜鹃（杜鹃花科）具有重要观赏价值；蒜头果兼具经济价值和重要的科研价值

考虑到不可能同时为中国近 4000 种受威胁的植物制定保护计划，极小

种群野生植物这一概念主要针对最受威胁的物种优先开展抢救性保护。为了让政府部门和当地居民都能清楚理解极小种群野生植物，我们给了它一个明确的界定：即如果一个植物物种总的成熟个体（开花结实的植株）数量少于 5000 株，且每个独立种群中的成熟个体数量少于 500 株，那么这个物种就可以纳入极小种群野生植物开展保护工作。这一定义是基于对世界各国“最小可存活种群”（MVP，Minimum Viable Population）相关文献研究的综述和总结，并结合我国的保护实践而提出的^[3]。“极小种群野生植物”概念最初在拥有我国一半以上植物种类的云南省提出^[4]。如今，此概念已经得到我国国家和地方等政府部门和公众的广泛认可，并影响了国家和地区的诸项保护战略和行动计划的实施和制定。

2012 年 3 月，原国家林业局和国家发改委联合发布了《全国极小种群野生植物拯救保护工程规划（2010-2015）》，以下简称《工程规划》。该《工程规划》是极小种群野生植物概念的里程碑，它确定了我国首批 120 种优先保护的极小种群野生植物。其划分依据如下：属于国家级或省级重点保护野生植物物种、个体总

数少于 5000 株、仅有极少的已知分布点、具有重要的潜在经济价值或科研价值。因而中央和地方政府都加强了对极小种群野生植物保护的财政投入。在 2013 年至 2017 年期间，国家科学技术部和国家自然科学基金资助了 3 个国家重点项目，共约 8000 万元人民币（折合 1150 万美元）。基于这些国家重点项目的实施，明确了这 120 种极小种群野生植物的居群大小、分布区以及潜在的威胁因素等详细信息。实践证明，就地保护、迁地保护以及种群增强或回归对保护极小种群野生植物非常必要。为了取得持久的进展，有必要进一步对已回归物种进行监测，评估气候变化对其生境的影响^[5]。应当指出的是，这些项目经费不仅仅只是用来保护国家第一批 120 种极小种群野生植物。例如，《中国西南地区极小种群野生植物调查与种质保存》的国家项目，将对中国西南地区的 231 种包括国家级和省级的极小种群野生植物以及潜在的目标物种进行充分的野外调查，该区域占我国国土面积的 15%、包含了我国 60% 以上的植物种类^[6]。

由于政府及其财政的支持，目前已有 23 个省份针对国家第一批极小种群野生植物或各省自己提出的极小种群野生植物开展了保护行动。

关于极小种群野生植物保护研究的报道层出不穷，相关书籍也在陆续出版，多个以极小种群野生植物保护为重点的培训项目，培训了约 1 万名当地居民和自然保护区的工作人员。总之，极小种群野生植物这一新的保护行动概念无疑比以往任何时候都更加明显地推动了我国的生物多样性保护行动，其方向性和重点也更加明晰。

当前快速的城市化和工业化速度，导致生物多样性丧失和生态系统大面积退化，中国提出了新的“生态红线政策”（ERP，Ecological Redline Policy）^[7]，该政策于 2014 年被写入中国环境保护相关法归，并被全面实施。“生态红线政策”的主要目标之



大叶风吹楠 *Horsfieldia kingii* 陶丽丹 摄

一是，保护极小种群野生植物物种及其栖息地。在国务院、环保部 和国家发展和改革委员会的支持下，“生态红线政策”将是强制性的、最严格的保护政策。也就是说，“生态红线政策”将会像计划生育政策一样被严格执行。这意味着，在不久的将来，我国的极小种群野生植物保护将得到法律的有效保障。此外，云南省政府最近也发布了《云南省生物多样性保护条例》，其中明确了对极小种群野生植物实施抢救性保护。这是我国第一部省级的极小种群野生植物保护的生物多样性法规。它将影响我国其他地区的生物多样性保护，正如极小种群野生植物概念对我国其他地区的生物多样性保护的影响一样。

总之，我们坚信，在极小种群野生植物这一新的保护概念引领下，我国的植物保护之路将迈入一个崭新的时代，相关政策将不再是一纸空文，而将落实到保护行动实践中。或许资源是一个主要的限制因素，但是，我们相信，极小种群野生植物保护模式

将为世界上其他国家开放申请大量必要的资金开展保护提供一种渠道。“极小种群野生植物”这一保护模式成功的关键，即首先提出一个清晰、且容易被理解和聚焦保护行动的概念；然后通过建立区域性保护示范，推动公众和政府的广泛关注；同时突出物种的灭绝风险与经济、科研的巨大价值；最终达到从区域推动到整个国家层面实施保护行动的目的。因此，我们建议，从地方到国家层面的各方相关者都为为之行动起来！

致谢：全体作者致谢来自中国国家科学技术部的两个重点项目（2017FY100100 和 2017YFC0505200），国家自然科学基金项目（31770418），国家自然科学基金 - 云南省联合基金重点项目（U1302262）和中国科学院青年创新促进会项目（2018428）的资助。

本文合作者 Stephen Blackmore 教授简介：国际植物园保护联盟（Botanic Gardens Conservation International, BGCI）主席、英国爱丁堡皇家植物

园钦定主管、爱丁堡皇家学会会员。Blackmore 教授 2004 年 2 月被中国科学院昆明植物所聘为荣誉教授，因其在推动英国与云南植物学界的合作，特别是中英合作复建丽江高山植物园方面的贡献被授予 2010 年度云南省国际合作奖。他目前还是英国女王植物学家（Queen's Botanist），并在 2010 年被英国王室授予 CBE 勋章。

参考文献：

- [1] Ma, Y.P. et al. (2013) Conserving plant species with extremely small populations (PSESP) in China. Biodivers. Conserv. 22, 803-809.
- [2] Sun, W.B. (2016) Words from the guest editor-in-chief. Plant Divers. 38, 53-62.
- [3] Yang, Y. et al. (2004) Biodiversity and biodiversity conservation in Yunnan, China. Biodivers. Conserv. 13, 813-826.
- [4] Hayward, M.W. and Kerley, G.I.H. (2009) Fencing for conservation: restriction of evolutionary potential or a riposte to threatening processes? Biol. Conserv. 142, 1-13.
- [5] Yang, J. and Sun, W.B. (2017) A new programme for conservation of plant species with extremely small populations in south-west China. Oryx 51, 396-397.
- [6] Bai, Y. et al. (2016) New ecological redline policy (ERP) to secure ecosystem services in China. Land Use Policy 55, 348-351.



华盖木回归点 陶丽丹 摄

中国极小种群野生植物保护：进程和展望

本文 2020 年以英文稿“China's conservation program on Plant Species with Extremely Small Populations (PSESP): Progress and perspectives”发表于保护生物学经典期刊《Biological Conservation》。为展现和促进我国极小种群野生植物保护事业的发展，翻译成中文以令更多人阅读。

作者：杨静^{1#}，蔡磊^{1,2#}，刘德团¹，陈高^{1*}，Joachim Gratzfeld³，孙卫邦^{1*}

作者单位：1 云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室 中国科学院东亚植物多样性与生物地理学重点实验室；2 中国科学院大学；3 国际植物园保护联盟 (BGCI)

号表示：共同第一作者；* 号表示：共同通讯作者（责任作者）

翻译：刘德团，李凤荣，杨佳俊，杨丰懋，马雨倩，郭世伟

翻译者单位：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

摘要：极小种群野生植物（Plant Species with Extremely Small Populations, 简称：PSESP）是中国提出的保护生物学领域的新概念，旨在拯救保护我国最受威胁的植物种类。2005 年，极小种群野生植物保护项目首次在云南省实施。本文回顾了这一概念的发展及其重要性，并重点介绍了《全国极小种群野生植物拯救保护工程规划（2011-2015 年）》实施以来的保护工作进展。根据该工程规划，中国有 120 个物种被列为优先保护对象，并启动实施了若干国家、省级保护行动和保护研究项目，取得了初步成效，但也存在一系列的困难和挑战，使得该工程规划的 5 个目标不能顺利完成。我们以这些保护行动和保护研究为例，阐述了取得保护成效采取的方法及其可能制约的因素，并指出研究和保护实践之间存在的空白。最后，我们提出了应鼓励跨学科、多方合作，包括由研究院所、政府机构、非政府组织和当地社区代表组成的联盟，以实现对极小种群野生植物的成功保护。本文旨在推进我国艰巨的植物保护工作，克服现有的困难，并为未来的保护挑战做好准备。此外，中国的极小种群野生植物保护工程对其他国家受威胁植物的保护也有借鉴作用。

1. 引言

中国是世界生物多样性最丰富的国家之一，拥有全球第三最多的维管植物种类（约 35000 种），也是世界生物多样性热点地区之一和全球的优先保护区域之一^[1,37]。中国还是大部分野生物种相关的主要国际条约或公约的签署国，如《濒危野生动植物种国际贸易公约》（CITES）、《拉姆萨尔公约》和《生物多样性公约》

（CBD）^[22]。对此，我国为保护濒危物种做出了前所未有的努力，但我国生物多样性的丧失仍然是一个严重的问题：在过去的 50 年里，至少有 200 种植物物种已经灭绝，约有 5000 种植物受到威胁或濒临灭绝^[56]。导致这些物种灭绝或致危的主要威胁包括生境丧失、生物入侵、过度采伐、外来单一物种的纯林造林或栽培和气候变化等^[3,22]。

极小种群野生植物（Plant Species with Extremely Small Populations, PSESP）因为具有种群数量少（远低于最小生存种群）、生境退化或呈破碎化分布、受人类干扰严重、面临着极高的灭绝风险等特征，被确定为我国的优先保护类群^[34,49,50]。如果一个物种的成熟个体（也就是开花结实的植株数量）总数少于 5000 株、且每个独立种群的个体数少于 500 株，则

可以认为它符合极小种群野生植物的标准^[50-52]。

云南省始终走在中国拯救和保护生物多样性的前列。早在 2005 年，云南省林业厅（现云南省林业和草原局）和云南省林业科学院（现云南省林业和草原科学院）就首次提出了“野生动植物极小种群”的保护理念，但当时并未对这一理念进行阐述和定义。2012 年，国家林业局和国家发展和改革委员会发布的《全国极小种群野生植物拯救保护工程规划（2011-2015 年）》，对极小种群野生植物的概念进行了定义，并提出了我国 120 个需要优先保护的极小种群野生植物。2013 年，“极小种群野生植物”这一概念的科学定义正式发表^[34,49,50]。2018 年，云南省政府发布了《云南省生物多样性保护条例》，这是我国第一部有关极小种群野生植物保护条例的省级法规^[51]。

经过近 15 年的保护研究和实践，目前，极小种群野生植物理念在中国得到了各级政府部门和公众的广泛认可，取得了实实在在的保护成效^[51,52]。然而，由于资金不足，缺乏在分类学、种子繁殖、组织培养或植物生态学等方面受过专业训练的人才，阻碍了“保护工程规划”的顺利实施。比如：大多数极小种群野生植物没有经过系统的调查、科学的监测和评估；且在研究和保护工作开始后，缺乏定期开展其保护行动的有效性评估，以动态评价这些物种是否仍需优先保护。极小种群野生植物是基于种群层面的研究而提出的，在制定保护行动计划时，也应考虑影响种群或植物群落的多种因素。

我们认为，除了 2012 年发布的第一批极小种群野生植物名录中的物种外，仍有很多物种应后续列入极小种群野生植物名录，大力开展保护工作^[51,52]。尽管一些极小种群野生植物的优秀保护案例可以指导其他物种的保护（涉及野外调查、迁地保护、就地保护、种群增强/回归和公众科普等领域），但这些方法并不是“万精油”，不可能适合于每一个物种。例如，常规的繁殖方法不可能适合所有的极小种群野生植物物种^[60]。因此，在保护目标物种方面，针对不同的物种，需要研究特定的保护方法。拯救和保护极小种群野生植物任重而道远，现有保护成效及其进展，仅可算是“万里长征”的第一步。我们需要研究、试验更多的方法，以更有效地保护每一种极小种群野生植物，降低它们丧失的速度。

地保护、种群增强/回归和公众科普等领域），但这些方法并不是“万精油”，不可能适合于每一个物种。例如，常规的繁殖方法不可能适合所有的极小种群野生植物物种^[60]。因此，在保护目标物种方面，针对不同的物种，需要研究特定的保护方法。拯救和保护极小种群野生植物任重而道远，现有保护成效及其进展，仅可算是“万里长征”的第一步。我们需要研究、试验更多的方法，以更有效地保护每一种极小种群野生植物，降低它们丧失的速度。

本文研究了极小种群野生植物保

护在国家和省级的发展情况，重点阐述了相关成效，并讨论了当前和未来面临的挑战。本综述是在收集了各种有关极小种群野生植物的信息，包括研究论文、受威胁物种名录、主流媒体报道、以及政府部门发布的官方文件或通信等资料的基础上，并分别从国家和省级层面对这些资料进行了研读、统计和分析后完成的。为总结国家层面的保护行动和成效，我们对国家层面保护项目的数量、覆盖区域、种群的大小、过去或现在的保护措施、以及保护资金的来源和数额进行了统计和对比分析。最后，我们以云南



图 1. 开展了综合保护研究的几个极小种群野生植物：1. 西畴青冈；2. 华盖木；3. 杏黄兜兰；4. 云南蓝果树；5. 漾濞槭；6. 滇桐；7. 云南金钱槭；8. 蒜头果

省为例，阐述了极小种群野生植物相关的具体保护。更多细节见附件资料（Table S1, Table S2）。

我们根据 1990 年至 2019 年的资料，评估了国家 120 种极小种群野生植物相关的研究和保护行动的进展；以 Web of Science 和中国知网（CNKI）资源数据库为平台，以国家 120 个极小种群野生植物的名称、“极小种群野生植物”及其缩写为关键词进行文献检索，统计和记录了保护相关研究的论文数量和内容（Table S3），对文献进行了综述，研究了极小种群野生植物概念对我国生物多样性保护工作的影响和贡献。

2. 行动规划和实施

自 2005 年“极小种群野生植物”概念第一次提出以来，国家及各省、市、自治区均颁布了极小种群野生植物的保护规划和行动措施，其中一些措施得到了政府、自然保护区、林业和环境保护部门的支持，以便对极小种群野生植物开展针对性保护，各部门还制定了新的法律和政策来保护这些急需拯救的物种。

2.1 国家层面

2008 年，由国家林业局（现国家林业和草原局）、云南省林业厅（现云南省林业和草原局）和中国科学院昆明植物研究所在昆明联合举办了首届“全国极小种群野生植物保护研讨会暨回归自然启动仪式”，开展了 100 株西畴青冈（*Cyclobalanopsis sichouensis*）（图 1）、200 株华盖木（*Manglietiastrum sinicum*）（图 1、3）和 400 株杏黄兜兰（*Paphiopedilum armeniacum*）（图 1）的回归自然试验示范工作，这标志着首次在国家层面开展极小种群野生植物的拯救保护工作。2011 年，国家林业局与云南省政府联合实施的“云南省极小种群野生植物保护试点项目”启动了西畴青冈、滇藏榄（*Diploknema yunnanensis*）、华盖木、云南蓝果树（*Nyssa yunnanensis*）（图 1）和弥勒苣苔（*Paraisometrum*

mileense）的保护工作。2012 年，国家林业局和国家发改委（林规发[2012]59 号）联合发布了《全国极小种群野生植物保护工程规划（2011-2015 年）》^[46]，确定了 120 种极小种群野生植物并指定了各物种的优先保护等级，这标志着极小种群野生植物保护行动上升到了国家层面^[47,52]。2013 年，国家自然科学基金（NSFC）—云南省联合基金重点项目资助了“极小种群野生植物高风险灭绝机制及保护有效性研究”（U1302262）项目，该项目对 5 个物种，包括：漾濞槭（*Acer yangbiense*）（图 1,3）、西畴青冈、毛果木莲（*Manglietia ventii*）、华盖木和大树杜鹃（*Rhododendron protistum* var. *giganteum*），展开了全面的研究和保护工作。

2015 年，国家环保部印发了《生态保护红线划定技术指南》，旨在保护包括极小种群野生植物在内的物种多样性的长期生存，这些准则明确规定，极小种群野生植物的生境应受法律保护。2016 年，国家重点研发计划典型脆弱生态修复与保护研究重点专项项目“典型极小种群野生植物保护与恢复技术研究”（2016YFC0503100）启动。2017 年公布的“生态保护红线”范围包含极小种群野生植物的栖息地。同年，国家科技部提供专项资金 2426 万元的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）正式立项，这项为期 5 年的调查项目旨在研究中国西南地区 6 个省（直辖市）490 个县的 146 万平方公里土地上分布的 231 种极小种群野生植物，并制定相应的保护措施^[47,51,52,71]。

2017 年，国家林业局评估了 120 种国家级极小种群野生植物的保护成效，大多数物种都实施了全面的调查，有了详细的信息资料，同时一些物种被重新发现或发现了新的分布区域，但有些类群却没有找到，如：海南石

豆兰（*Bulbophyllum hainanense*）、海南鹤顶兰（*Phaius hainanensis*）和海南大苞兰（*Sunipia hainanensis*）等。评估发现有 37 个物种分布在自然保护区，60 个物种通过委托护林员或当地管理部门得到保护，同时为 26 个物种建立了就地保护小区。诸如：漾濞槭和西畴青冈，已经建立了几个近地保护种群（在目标物种分布范围附近气候相似、生境相似的条件下建立保护地点）。仅有 20 个物种建立了迁地保护种群，这主要是由植物园、树木园和其它专注于植物保护的研究机构开展实施的。实际上，已进行迁地保护试验示范的物种有 80 种，人工繁殖的物种有 56 种，26 个物种开展了种群增强与回归试验。成功的例子包括德保苏铁（*Cycas debaoensis*）和观光木（*Tsoongiodendron odorum*），人工建立的种群已经能自行繁殖更新。虽然目标是实现 120 个国家级极小种群野生植物的种质资源保存，但目前只有一半的物种被保存。

《全国极小种群野生植物拯救保护工程规划》（2011-2015 年）^[46]的目标仅部分实现。从 2011-2017 年，为保护极小种群野生植物投入的 8770 万元仅占实施计划目标的 6.4%。在这些群体中保护效率差距较大，尤其是兰科植物，这是由于缺乏对繁殖生物学、繁育技术和其它知识的研究阻碍了它们的保护^[47,52]。极小种群野生植物项目为许多一线部门（例如：林业和保护区的管理部门），首次提出了有针对性的受威胁物种保护实践，而人工繁殖、迁地保护、就地保护、种群增强与回归的概念和方法对他们来说较为陌生，意识到这一点，云南省林业厅委托编撰出版了两本专著介绍了极小种群野生植物的保护方法和研究进展（图 2）：《云南省极小种群野生植物保护实践与探索》^[49]和《云南省极小种群野生植物研究与保护》^[52]。这加强了国家基层保护部门及其从业人员的能力建设，鼓励积极申请项目



图 2. 极小种群野生植物专著：（1）《云南省极小种群野生植物保护实践与探索》（2013 年出版），介绍了极小种群野生植物的概念和云南省保护的方法。（2）《云南省极小种群野生植物研究与保护》（2019 年出版），介绍了云南省极小种群野生植物的保护和研究进展，含云南省 152 种极小种群野生植物的详细介绍。（3）《植物多样性》极小种群野生植物专刊（2016 年出版），包括 7 篇研究论文。（4）昆明植物园每年出版的《极小种群野生植物拯救保护通讯》，从 2014 至 2018 年，共发表新闻 63 篇，案例研究 41 篇，新发现 54 篇，科普文章 14 篇。

资金、自我学习、专家咨询和保护最佳实践。然而，为了更有效、更全面的保护极小种群野生植物，需要改善所有利益相关者的协调和认识，包括评估和制定更新极小种群野生植物名录清单。

2.2 省级层面

在国家颁布了第一批极小种群野生植物名录之后，有 24 个省、市（自治区）发布了各自的拯救和保护其所

辖区域内的极小种群野生植物的实施计划。由于各省加大了对极小种群野生植物的调查力度，对大多数目标物种的已知和潜在分布区域进行了全面调查，包括生境状况、范围、种群规模、保护状况和资金投入等^[47,52]。

北京市在国家发布的极小种群野生植物名录种中没有物种列入，在后来的调查发现了两个极度受威胁物种百花山葡萄（*Vitis baihuashanensis*）

和丁香叶忍冬（*Lonicera oblata*）（野外分布的个体分别只有 2 株和 27 株）。这两种植物将考虑与北京的其它高度受威胁植物一起被列为北京市级极小种群野生植物。甘肃省也有类似的情况，在国家极小种群野生植物名录公布后，才发现了庙台槭（*Acer miaotaiense*），随后采取了就地保护措施。其他在国家级极小种群野生植物名录中未有物种列入的省区，例如：

内蒙古、宁夏、青海、山东、上海、山西和天津，也加大了调查和宣传力度。在仅有 1 至 2 个物种列入国家极小种群野生植物名录的省区，例如：黑龙江、河北、河南、吉林、江苏、辽宁和新疆等，有关部门也迅速采取了调查和保护有关物种的行动^[47,52]。

在极小种群野生植物数量较多的省份，例如：广东、广西、海南、湖南、四川和浙江省，均发布了省级名录和保护行动指南，例如广东的猪血木 (*Euryodendron excelsum*)、丹霞梧桐 (*Firmiana danxiaensis*)、广西的德保苏铁 (*Cycas debaoensis*)、广西火桐 (*Erythropsis kwangsiensis*)^[28]，四川的峨眉拟单性木兰 (*Parakmeria omeiensis*) 和五小叶槭 (*Acer pentaphyllum*)^[39]，湖南的长果秤锤树 (*Sinojackia dolichocarpa*)，浙江的天目铁木 (*Ostrya rehderiana*) 和普陀鹅耳枥 (*Carpinus putoensis*)。目前，对这些物种和其它极小种群野生植物的研究和实践性保护工作正在进行中。这些省份的极小种群野生植物的拯救和保护策略制定，囊括了高校和其它研究机构、林业和环境保护部门的专家。

云南是第一个开展极小种群野生植物保护的省份，也将会继续引领这一领域的进一步发展。有一批种保护成功的典型案例，包括：漾濞槭 (*Acer yangbiense*) (图 1、3)、西畴青冈 (*Cyclobalanopsis sichourensis*) (图 1)、滇桐 (*Craigia yunnanensis*) (图 1、3)、毛果木莲 (*Manglietia ventii*)、华盖木 (*Manglietiastrum sinicum*) (图 1、3) 和杏黄兜兰 (*Paphiopedilum armeniacum*) (图 1) 等。2009 年至 2017 年，云南省累计投入极小种群野生植物拯救保护专项资金 2158 万元人民币 (约 306 万美元)，实施拯救保护项目 92 个 [49, 52]。2010 年，云南省政府批复了《云南省极小种群物种拯救保护规划纲要 (2010-2020 年) 》和紧急行动计划 (2010-2015 年)》(以下简称《规划

纲要与行动计划》)，该计划在国家行动计划之前就已实施。在《规划纲要与行动计划》中，列出了至 2020 年前需要拯救保护的极小种群野生植物 62 种，其中在 2015 年前需要采取紧急行动进行优先保护的共 20 种^[69]。2018 年，云南省政府颁布了《云南省生物多样性保护条例》，该条例强调了对极小种群物种实施抢救性保护，同时对“极小种群物种”的含义进行了专门阐述。2017 年和 2018 年，云南省科技厅依托中国科学院昆明植物研究所分别成立了“云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室”和“云南省极小种群野生植物保护与利用创新团队”。这些项目的目标是采用科学的方法来拯救和保护在云南乃至整个中国的极小种群野生植物^[47,52]。

迄今为止，云南省已纳入政府层面保护行动计划的极小种群野生植物共计 87 种，涵盖了国家、省和其它重大项目的物种。自 2017 年底以来，对自然保护区和其它就地保护点内的 67 个物种进行了科学管理和保护，占纳入政府层面保护行动计划总数的 77%。同时已对 61 个物种开展了人工繁殖基础上的迁地保护，占纳入政府层面保护行动计划总数的 70.1%。

另外，也对 20 种极小种群野生植物开展了回归自然与种群重建试验示范工作，同时已建设了 30 个就地保护小区或保护点 (其中 23 种在保护区外) 和 18 个迁地保护基地 (图 3) 以及 9 个物种的 4 个迁地保护试验基地。在昆明植物园的极小种群野生植物专类园 (图 3) 中已构建了 56 种以上极小种群野生植物的迁地保护种群，包括：漾濞槭 (*Acer yangbiense*)、滇桐 (*Craigia yunnanensis*)、云南金钱槭 (*Dipteronia dyeriana*)、华盖木 (*Manglietiastrum sinicum*)、壮丽含笑 (*Michelia lacei*) 等。中国西南野生生物种质资源库已保存极小种群野生植物的种子 20 种、DNA 材料 28 种。总体来说，云南省通过多个机构 (自然

保护区、林业和环境保护部门、研究机构 and 高校等)，成功开展了许多极小种群野生植物保护的项目^[47,52]。

3. 极小种群野生植物 (PSESP) 研究概况

3.1 极小种群野生植物的就地保护

随着国家、省极小种群野生植物名录的发布和保护计划的制定，众多关于植物分布和保护现状的研究不断开展。作为就地保护的核心方式，自然保护区是保护极小种群野生植物最直接，最有效的地点。尽管中国有超过 2700 个自然保护区，但 120 种国家级极小种群野生植物的分布区范围中只有 21.5% 分布于国家级自然保护区、10.9% 分布于省级自然保护区。120 种国家级极小种群野生植物中，有 35 种未在国家级自然保护区内就地保护，17 种未在省级保护区内就地保护^[82]。由于存在较多的极小种群野生植物，云南省和海南省成为需要就地保护极小种群野生植物最关键的区域。海南岛 (海南省) 是印缅生物多样性热点地区最大的岛屿，蕴藏着我国面积最广的雨林^[7,75]。海南天然的热带森林正因种植桉树和橡胶林而逐渐减少，同时自然保护区也变得更加孤立。这些因素弱化了海南就地保护极小种群野生植物的潜力。Chen(2014)^[9] 等对海南进行了全面的实地调查，建立了 108 个样方，分析了影响 20 种国家级极小种群野生植物分布格局的因素。这篇研究证实了人为活动干扰是造成大多数极小种群野生植物濒临灭绝的主要因素，同时文章也强调了加强对现有保护区的管理应作为海南省就地保护极小种群野生植物的重点。

云南省是中国生物多样性保护的重点区域，其面积仅占中国总面积的 4.1%，却包含了中国高等植物生物多样性的 51.6%。到 2018 年末，云南共建立了 162 个自然保护区。与其他省份相同，云南的自然保护区也存在保护生物多样性与满足当地经济发展的双重挑战。这些问题对受威胁



图 3. 极小种群野生植物的保护行动。(1) 极小种群野生植物的实地调查途中；(2) 漾濞槭的回归；(3) 滇桐的回归；(4) 华盖木回归种群的监测和数据收集；(5) 云南西部漕涧迁地保护基地航拍照片 (北纬 25° 45' 42", 东经 99° 6' 59")；(6) 昆明植物园极小种群野生植物专类园航拍照片 (北纬 25° 8' 32", 东经 102° 44' 28")

植物保护和管理的影 响已被广泛评述^[31,56,70,81]。然而，改进和解决方法已被提出。例如，Qiu (2018)^[42] 分析了人为干扰对 58 个云南省的自然保护区的影响，发现这些保护区被保护的很好，但省级自然保护区面临的人为干扰更为严重。一项基于地理信息系统的研究分析了云南省自然保护区的空间分布格局^[62]，揭示了云南省存在

9 种生态环境未被充分保护。虽然云南以及中国其他生物多样性热点地区需要更多的保护区，建立就地保护点和保护小区^[15,56,71] 则是保护受威胁极小种群野生植物的生境的另一种可行方案。在之前章节陈述过，建立这种保护小区在云南已取得进展。Yang 等人 (2017)^[72] 通过保护云南蓝果树 (一种列入国家和云南省极小种群野生植

物名录的物种) 为这种方法提供了一个范例。他们建立的保护小区根据其功能分成核心区和缓冲区，并制定了小型保护区的规划、开发和管理方法。但是由于数据的收集和分析所需时间较长，保护小区的保护效果短期内还无法评估。

3.2 极小种群野生植物的繁育与

栽培

虽然了解繁殖生物学是保护自然种群的基础，但对于极小种群野生植物而言，仅有 13 篇相关的研究。在这些研究中，部分仅观测了物种繁殖生物学特性，例如滇桐、滇西槽舌兰、红榄李、毛果木莲、华盖木、大树杜鹃和黄梅秤锤树被报道因传粉限制而存在很低的结实率和坐果率^[11,18,23,29,61,78,79]。大部分极小种群野生植物生长在研究人员很难到达的地点。需要长时间实验的研究常常因缺少实验材料而受到阻碍。但是，我们发现对于极小种群野生植物人工繁殖栽培（如人工授粉、种子萌发、无性繁殖和组织培养）的研究（包括专利）占了 120 种国家级极小种群野生植物的一半（51.7%），表明在中国采用人工繁殖方法保护极小种群野生植物的需求不断增长^[21]。

这个现状可以从以下几个例子中看出。2006 年统计的 359 株红榄李中，2016 年只剩下 14 个^[79]。在该红榄李种群中，六年的观察中未发现有结实，而且其种子萌发困难。不仅如此，尝试通过扦插和组织培养来繁殖也失败了。因此，对红榄李的扩繁研究集中于人工授粉。人工授粉实验成功获得了这些成熟个体的新生萌发种子，且种子萌发率从 0.02% 增长到 0.56%^[79]。水杉和银杉是两种有象征意义的孑遗植物，对其的保护工作在几十年前就开展了。1970 年，中国为保护银杉建立了三个国家级和一个省级自然保护区。然而，一个为期十年（2003-2013）的种群研究揭示了银杉种群的更新障碍^[40]。这可能是由于邻近的阔叶树种的竞争以及微生境的减少。作者建议使用疏伐林冠制造人工林的空隙来帮助银杉种群复壮。对于水杉，尽管保护措施自 1940 年发现水杉时就在进行，过去 41 年（2007 年之前）中，所有水杉种群都出现了更新困难的现象^[54]。由于其过去的保护措施大多集中于保护成年植株而不是保护其生境

和伴生物种，所以当地居民可随意采集水杉种子使得更新情况恶化^[57]。尽管如此，水杉目前已经在全世界广泛栽植，其迁地保护可以被认为是非常成功^[27]。这些案例强调了即使已经对目标物种开展就地保护，也应注意有效的迁地繁育措施。为了提高极小种群野生植物的更新，需要使用多种手段，比如减少其他物种的竞争，提供合适的微环境，以及进行人工杂交授粉、种群回归和再引入等。

3.3 极小种群野生植物的保护遗传学

保护遗传学的基础研究对制定受威胁物种保护计划至关重要^[2,16]。基于不同的分子标记，对极小种群野生植物的分类鉴定、遗传变异、遗传结构和近交进行研究，以解决分类歧义、了解遗传状况，并制定有针对性的保护措施^[17,43]。

大多数关于 120 种国家发布极小种群野生植物的系统发育研究都集中在澄清种间或属间的分类关系上^[7,32,63]。遗传学研究的结果可能会导致关于以不同名称建立的分类群的保护优先顺序的争议。例如大树杜鹃 (*Rhododendron protistum* var. *giganteum*)，在 2015 年之前，人们认为其只有两个种群^[65]，由于大树杜鹃的稀有性和观赏价值，其中一个种群成为了受欢迎的旅游景点。然而，科研人员在 2018 年进行了野外调查、形态特征分析和 SSR 标记研究后表明，大树杜鹃应重新归入翘首杜鹃 (*R. protistum* var. *protistum*)，这是一个有着 11 个记录种群的物种。这就引发了一个问题：大树杜鹃是否应该受到优先保护^[30]？其答案可能会降低人们对大树杜鹃和与之相关的生态旅游的兴趣，或者减少对这个明星物种的资助。因此，明确的物种划定是拯救极小种群野生植物的关键第一步，因为分类学上的不确定性往往会阻碍保护工作的开展^[19]。关于大树杜鹃和大花醉鱼草的研究中都重申了这一点，强

调了明确的分类名称与制定保护优先事项以及资金需求密切相关^[20,30]。物种丧失遗传多样性可能危及野生种群的生存能力，使其更容易灭绝^[4]。我们对 120 个国家级极小种群野生植物的遗传变异进行了总体回顾，发现在研究的 44 种物种中，只有 10 种在物种水平上具有较低的遗传多样性，包括：资源冷杉 (*Abies ziyuanensis*)、银杉 (*Cathaya argyrophylla*)、丹霞梧桐 (*Firmiana danxiaensis*)、水松 (*Glyptostrobus pensilis*)、云南蓝果树 (*Nyssa yunnanensis*)、弥勒苣荬 (*Paraisometrum mileense*)、巧家五针松 (*Pinus squamata*)、黄梅秤锤树 (*Sinojackia huangmeiensis*)、密叶红豆杉 (*Taxus fuana*)、广西青梅 (*Vatica guangxiensis*)^[7,9,25,26,44,53,58,67,77,83]。其中有 4 个物种分布的范围极其狭窄：巧家五针松、丹霞梧桐、云南蓝果树和广西青梅（后两者分别仅存一个种群）。其余 6 个物种在种群或地区之间表现出高度分化。另一项研究调查了一种国家级极小种群野生植物报春苣荬 (*Primulina tabacum*)，仅有三个已知种群分布在喀斯特地下水系洞穴的入口处。Wang et al.(2013)^[59]发现，在两个样本种群（来自不同的洞穴）以及同一洞穴中孤立的亚种群之间，都存在着相当大的遗传差异。

苏铁属 (*Cycas*) 是中国最受威胁的植物类群之一。苏铁属均为国家一级保护植物，有 11 种被列入国家极小种群野生植物名录。Zheng et al.(2017)^[84]回顾了中国苏铁属植物的研究成果，发现这些植物通常在物种水平上表现出较高的遗传多样性，但种群间遗传分化明显。作者还提出了 6 条完善我国苏铁保护措施指导意见，从我们的观点来看，这些指南也适用于大多数受威胁植物的保护，并且已经在极小种群野生植物的保护遗传学研究中一再强调过。这些措施总结下来包括：应优先保护遗传变异较高或具有特殊单倍型的群体；就地和迁地保

护应同等重视遗传上产生分化的种群；种群间的杂交应注意避免远交衰退；对遗传衰退的种群应进行人工控制的种群间杂交和 / 或重新引入其他种群的个体。其他建议包括：应减少栖息地破坏和人类干扰；应对无法就地恢复的种群实施迁地保护；应收集种质并将其储存在种子库；应促进保护教育和保护立法。

在 120 种国家发布的极小种群野生植物中，一些人工建立的种群也进行了遗传多样性评估。这些物种包括：云南金钱槭 (*Dipteronia dyeriana*)、广西火桐 (*Erythropsis kwangsiensis*)、猪血木 (*Euryodendron excelsum*)、水杉 (*Metasequoia glyptostroboides*)、大别山五针松 (*Pinus dabeshanensis*)、广西青梅 (*Vatica guangxiensis*)^[25,26,41,48,33,80]。在这些物种的所有人工种群中都观察到了遗传多样性的下降，但大多数研究都没有讨论这个现象。水杉 (*Metasequoia glyptostroboides*) 自 20 世纪 40 年代作为活化石被发现以来，引起了人们的广泛关注，其人工繁殖后代的数量和分布已经超过了现有的自然种群^[27]。虽然水杉被认为是被成功保护的物种，但人工种群的遗传多样性还是比自然种群的遗传多样性要小^[27]。研究认为由于缺乏要保存物种遗传多样性的知识，过去的保护工作者们不经意的仅对水杉个别单株 (*M. glyptostroboides*) 进行取样并扩繁，造成了这个现象。同样的情况也发生在广西火桐 (*Erythropsis kwangsiensis*)^[33]和云南红豆杉上（云南红豆杉没有列入极小种群野生植物名录）。

虽然迁地保护工作成果应该涵盖物种完整的遗传变异是一种常识，但要有多少变异才能说是足够的，仍然是一个重点讨论话题。对极小种群野生植物的研究中仅邱英雄等人 (2007)^[41]提出了这个指标。他们发现：云南金钱槭 (*Dipteronia dyeriana*) 的迁地种群仅保留了该物种总 ISSR 片段

多样性的 70.1%。他们认为，按照 Marshall 和 Brown(1975)^[36]提出的采样标准，迁地保护应该至少保存云南金钱槭 95% 的遗传变异。由于空间或其他资源的限制，对于大多数物种来说，实现这一目标十分困难，尽管对种子可长期贮藏的物种，种子库保存能够作为补充或替代手段。最近对华盖木 (*Manglietiastrum sinucum*) 的 SSR 片段多样性研究表明，该种有 70.3% 的物种遗传变异在昆明植物园得到了迁地保存，46.9%-54.5% 的物种遗传变异在自然生境中通过引种回归得以保存^[13]。PSESP 保护项目进展的各个阶段都需要得到保护效果的评估，这样的评估就需要评价遗传多样性的保护效果。因此，保护遗传学研究人员应在研究中重点考虑这个方向，积极参与到用研究指导保护政策的制定和实施中去。

新一代高通量测序技术使保护基因组学成为一种基于全基因组信息的有效的保护工具^[43]。科研人员对云南省的两个极小种群野生植物蒜头果 (*Malania Oleifera*) (图 1) 和漾濞槭 (*Acer Yangbiense*) (图 1、3) 的基因组进行了从头测序和组装^[68,74]。这两个物种的基因组都没有显示出后期全基因组加倍的迹象。Yang et al.(2018)^[73]研究对比了极小种群植物天目铁木 (*Ostrya rehderiana*) (5 个植株在野外生存) 以及其广泛分布的同属植物铁木 (*Ostrya chinensis*) 的基因组，揭示了天目铁木经历种群崩溃、遗传多样性侵蚀的历史。这项研究揭示了极小种群植物通过消除高度有害突变而长期生存的遗传机制，是我国极小种群野生植物保护基因组学的开创性研究。

4. 对未来的展望

《全国极小种群野生植物保护工程规划》的第一个五年计划已经完成，但应保持势头，扩大保护行动。包括需要进一步开展极小种群野生植物资源调查和清点、查明受威胁程度；

开展繁殖生物学和遗传学研究；开展迁地和 / 或就地保护、监测和评估以及立法保护等措施。此外，应由来自各领域的研究人员讨论极小种群野生植物名录的修改和扩展。例如，我们最近提出，保护工作不应仅仅针对面临高灭绝危险的极小种群野生植物物种，也应密切关注受威胁的、更为广布的物种，因为其孤立的种群也面临灭绝的威胁。保护生物学是一门以危机为导向的学科，它处理受干扰物种、群落和生态系统的动态和问题。拯救受威胁物种对于种群数量极小的植物和动物物种都至关重要。虽然极小种群野生植物保护在过去 15 年中取得了一些成功，但应进一步探索极小种群野生植物这个新概念的各个方面，包括深入科学研究、提高公众意识、探索极小种群野生植物的潜在经济价值等。此外，还应讨论极小种群野生植物名录的扩展。极小种群野生植物今后的保护行动应考虑以下内容：

首先，了解极小种群野生植物的受威胁因素是量身定制保护措施的基本要求。先前的研究表明，传粉者和种子散播者的丧失可引发导致物种崩溃的机制，例如阿利效应 (Allee effect) 和无名种灭绝的后果 (cryptic extinction)。极小种群野生植物通常分布在具有独特地形和生境的地区，其分布范围极其有限，极易受到生境破坏的压力。因此，花与传粉者、种子和种子散播者、花部器官和食草动物之间的相互作用需要深入研究。需要扩大对变化因素对物种生态相互依存影响的全面研究。

其次，气候变化也会影响保护区网络的有效性。因此，在自然保护区设计极小种群野生植物保护计划时应制定可行的、长期的措施。应促进立法以减少生境破坏和人类干扰。应重点保护代表性或旗舰植物物种，以支持生态系统的恢复。应科学管理受威胁的植物物种，例如如何增加新个体、减少来自其他物种的竞争、提供合适

的微生物, 以及进行人工异花授粉等。

第三, 随着高通量测序技术的不断改进, 基因靶向的方法和策略将可能有利于保护基因组学的努力。最近关于极小种群野生植物蒜头果 *Malania oleifera*、漾濞槭 *Acer yangbiense* 和天目铁木 *Ostrya rehderiana* 基因组的研究揭示了历史上的种群收缩和遗传多样性的丢失, 以及影响种群数量极小物种的遗传机制。此外, 保护进化生物学有助于了解物种如何适应和应对环境变化以确保长期生存, 或在不断变化的条件下如何无法生存, 从整体上研究各种因素和原因。因此, 极小种群野生植物保护项目中应从演化的角度强调物种的过去、现在和未来的状态。

最后, 重要的是应当开展长期监测、保护效果评估、保护适应性管理等措施以增强保护效果, 确保极小种群野生植物的种群规模始终高于最小生存种群的规模。我们还建议, 应该鼓励保护相关机构或组织(研究机构、政府机构、非政府组织和地方社区)开展跨领域和跨学科的保护工作, 以实现极小种群野生植物的成功保护。我们希望这篇全面的综述将有助于促进中国的植物保护工作, 使中国极小种群野生植物的保护行动成世界其他地区植物多样性保护的重要模式之一。

致谢: 全体作者致谢以下项目的资助: 国家科技基础资源调查专

项项目(2017FY100100); 国家自然科学基金(NSFC)-云南联合基金重点项目(U1302262和U1602264); 第二次青藏高原综合科学考察研究(2019QZKK0502); 中国植物园联盟的本土植物全覆盖项目(KFJ-3W-No1)和云南省极小种群野生植物保护利用创新团队项目(2019HC015)。

参考文献:

- [1] Ali, M., Kennedy, C.M., Kiesecker, J., et al., 2018. Integrating biodiversity offsets within Circular Economy policy in China. *J. Clean. Prod.* 185, 32-43.
- [2] Avise, J.C., Hamrick, J.L., 1996. *Conservation Genetics, Case Histories from Nature*. Chapman & Hall, New York.
- [3] Bachman, S.P., Lughadha, E.M.N., Rivers, M.C., 2018. Quantifying progress toward a conservation assessment for all plants. *Conserv. Biol.* 32, 516-524.
- [4] Barrett, S.C., Kohn, J.R., 1991. Genetic and evolutionary consequences of small population size in plants: implications for conservation. In *Genetics and conservation of rare plants*. eds D.A. Falk, K.E. Holsinger, pp. 3-30. Oxford University Press, New York.
- [5] Bonte, D., Dahirel, M., 2017. Dispersal: a central and independent trait in life history. *Oikos* 126, 472-479.
- [6] Browne, L., Karubian, J., 2018. Habitat loss and fragmentation reduce effective gene flow by disrupting seed dispersal in a neotropical palm. *Mol. Ecol.* 27, 3055-3069.
- [7] Chen, S.F., Li, M.W., Hou, R.F., et al., 2014a. Low genetic diversity and weak population differentiation in *Firmiana danxiaensis*, a tree species endemic to Danxia landform in northern Guangdong, China. *Biochem. Syst. Ecol.* 55, 66-72.
- [8] Chen, W.H., Shui, Y.M., Yang, J.B., et al., 2014b. Taxonomic status, phylogenetic affinities and genetic diversity of a presumed extinct genus, *Paraisometrum* WT Wang (Gesneriaceae) from the karst regions of southwest China. *PLoS One* 9.
- [9] Chen, Y.K., Yang, X.B., Yang, Q., et al., 2014c. Factors affecting the distribution

pattern of Wild Plants with Extremely Small Populations in Hainan Island, China. *PLoS One* 9.

- [10] Chen, G., Luo, S.H., Mei, N.S., et al., 2015. Case study of building of conservation coalitions to conserve ecological interactions. *Conserv. Biol.* 29, 1527-1536.
- [11] Chen, G., Liu, C.Q., Sun, W.B., 2016a. Pollination and seed dispersal of *Aquilaria sinensis* (Lour.) Gilg (Thymelaeaceae): An economic plant species with extremely small populations in China. *Plant diversity* 38, 227-232.
- [12] Chen, Y., Chen, G., Yang, J., et al., 2016b. Reproductive biology of *Magnolia sinica* (Magnoliaceae), a threatened species with extremely small populations in Yunnan, China. *Plant diversity* 38, 253-258.
- [13] Chen, Y., 2017. Conservation biology of *Manglietiastrum sinicum* Law (Magnoliaceae), a plant species with extremely small populations. In Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences. University of Chinese Academy of Sciences.
- [14] Chen, G., Sun, W.B., Wang, X.X., et al., 2019. Conserving threatened widespread species: a case study using a traditional medicinal plant in Asia. *Biodivers. Conserv.* 28, 213-227.
- [15] Fos, S., Laguna, E., Jimenez, J., et al., 2017. Plant micro-reserves in Valencia (E. Spain): A model to preserve threatened flora in China? *Plant diversity* 39, 383-389.
- [16] Frankham, R., 1995. Conservation genetics. *Annu. Rev. Genet.* 29, 305-327.
- [17] Frankham, R., 2005. Genetics and extinction. *Biol. Conserv.* 126, 131-140.
- [18] Frankham, R., 2010. Challenges and opportunities of genetic approaches to biological conservation. *Biol. Conserv.* 143, 1919-1927.
- [19] Gao, Z.R., Zhang, C.Q., Han, Z.Q., et al., 2012. Pollination biology and breeding system of *Craigia yunnanensis* in fragmented habitat. *Chinese Journal of Ecology* 31, 2217-2224.
- [20] Garnett, S.T., Christidis, L., 2017. Taxonomic anarchy hampers conservation. *Nature* 546, 25-27.
- [21] Ge, J., Cai, L., Bi, G.Q., et al., 2018. Characterization of the complete chloroplast genomes of *Buddleja colvilei* and *B. sessilifolia*: implications for the taxonomy of *Buddleja* L. *Molecules* 23.

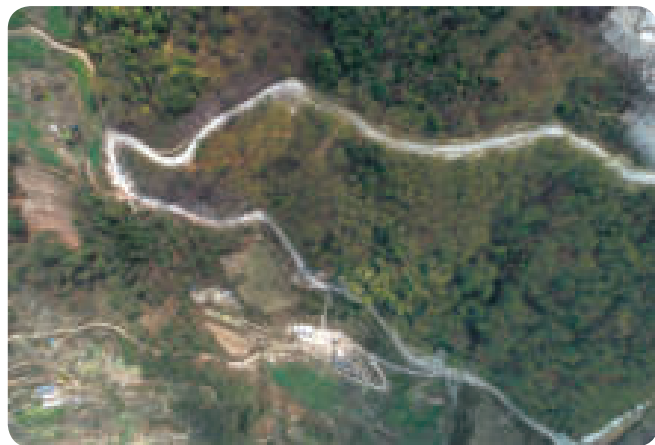
- [22] Gratzfeld, J., 2017. What is conservation horticulture? *BGjournal* 14, 14-17.
- [23] Huang, Y., Fu, J., Wang, W., et al., 2019. Development of China's nature reserves over the past 60 years: An overview. *Land Use Policy* 80, 224-232.
- [24] Jin, X.H., Chen, S.C., Qin, H.N., 2005. Pollination system of *Holcoglossum rupestre* (Orchidaceae): A special and unstable system. *Plant Syst. Evol.* 254, 31-38.
- [25] Kardos, M., Shafer, A.B.A., 2018. The peril of gene-targeted conservation. *Trends Ecol. Evol.* 33, 827-839.
- [26] Laikre, L., 2010. Genetic diversity is overlooked in international conservation policy implementation. *Conserv. Genet.* 11, 349-354.
- [27] Li, Q.M., Xu, Z.F., He, T.H., 2002. Ex situ genetic conservation of endangered *Vatica guangxiensis* (Dipterocarpaceae) in China. *Biol. Conserv.* 106, 151-156.
- [28] Li, F.G., Xa, N.H., 2005. Population structure and genetic diversity of endangered species, *Glyptostrobus pensilis* (Cupressaceae). *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 46, 155-162.
- [29] Li, Y.Y., Chen, X.Y., Zhang, X., et al., 2005. Genetic differences between wild and artificial populations of *Metasequoia glyptostroboides*: Implications for species recovery. *Conserv. Biol.* 19, 224-231.
- [30] Li, D.Q., Peng, D.R., 2017. Study on the protection counter measure to Extremely Small Population of Wild Plant of Guangxi. *Journal of Anhui Agricultural Sciences* 37, 14806-14807.
- [31] Li, S., Sun, W., Ma, Y., 2018a. Current conservation status and reproductive biology of the giant tree *Rhododendron* in China. *Nord. J. Bot.* 36.
- [32] Li, S.H., Sun, W.B., Ma, Y.P., 2018b. Does the giant tree rhododendron need conservation priority? *Global Ecology and Conservation* 15.
- [33] Liu, J.G., Ouyang, Z.Y., Pimm, S.L., et al., 2003. Protecting China's biodiversity. *Science* 300, 1240-1241.
- [34] Liu, J., Lindstrom, A.J., Gong, X., 2016. Supplementary description of *Cycas hongheensis* (Cycadaceae) from Yunnan, China and its phylogenetic position. *Phytotaxa* 257, 71-80.
- [35] Luo, W.H., Dai, W.J., Liu, J., et al., 2015. Comparison of genetic diversity of natural and ex-situ conservation populations of *Erythropsis kwangsiensis*. *Journal of Central South University of Forestry & Technology* 35, 66-71.
- [36] Ma, Y.P., Chen, G., Grumbine, R.E., et al., 2013. Conserving plant species with extremely small populations (PSESP) in China. *Biodivers. Conserv.* 22, 803-809.
- [37] Maron, J.L., Pearson, D.E., 2011. Vertebrate predators have minimal cascading effects on plant production or seed predation in an intact grassland ecosystem. *Ecol. Lett.* 14, 661-669.
- [38] Marshall, D.R., Brown, A.H.D., 1975. Optimum sampling strategies in genetic conservation. In *Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow*. eds O.H. Frankel, J.G. Hawkes, pp. 53-80. Cambridge University Press,

Cambridge.

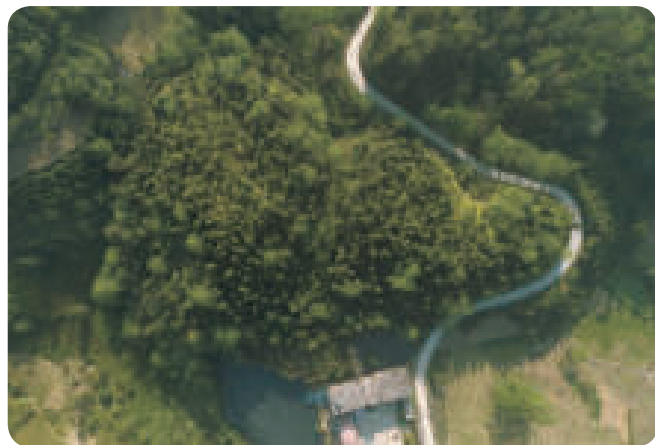
- [39] Meng, H.H., Zhou, S.S., Li, L., et al., 2019. Conflict between biodiversity conservation and economic growth: insight into rare plants in tropical China. *Biodivers. Conserv.* 28, 523-537.
- [40] Miao, Y.C., Su, J.R., Zhang, Z.J., et al., 2015. Microsatellite markers indicate genetic differences between cultivated and natural populations of endangered *Taxus yunnanensis*. *Bot. J. Linn. Soc.* 177, 450-461.
- [41] Pan, H.L., Feng, Q.H., Long, T.L., et al., 2014. Discussion on resource condition and protection technique for rare endangered species in Sichuan province. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology* 35, 41-46.
- [42] Qian, S.H., Yang, Y.C., Tang, C.Q., et al., 2016. Effective conservation measures are needed for wild *Cathaya argyrophylla* populations in China: Insights from the population structure and regeneration characteristics. *For. Ecol. Manage.* 361, 358-367.
- [43] Qiu, Y.X., Luo, Y.P., Comes, H.P., et al., 2007. Population genetic diversity and structure of *Dipteronia dyerana* (Sapindaceae), a rare endemic from Yunnan Province, China, with implications for conservation. *Taxon* 56, 427-437.
- [44] Qiu, C., Hu, J.M., Yang, F.L., et al., 2018. Human pressures on natural reserves in Yunnan Province and management implications. *Sci. Rep.* 8.
- [45] Shafer, A.B.A., Wolf, J.B.W., Alves, P.C., et al., 2015. Genomics and the challenging translation into conservation practice. *Trends Ecol. Evol.* 30, 78-87.
- [46] Shah, A., Li, D.Z., Gao, L.M., et al., 2008. Genetic diversity within and among populations of the endangered species *Taxus fuana* (Taxaceae) from Pakistan and implications for its conservation. *Biochem. Syst. Ecol.* 36, 183-193.
- [47] Soule, M.E., 1985. What is conservation biology? *Bioscience* 35, 727-734.
- [48] State Forestry Administration of China, 2012. The Implementation Plan of Rescuing and Conserving China's PSESP (2011-2015). State Forestry Administration, Beijing, China.
- [49] State Forestry Administration of China, 2018. Assessment Report of the Implementation Plan of Rescuing and Conserving China's PSESP (2011-2015). State Forestry Administration, Beijing, China.
- [50] Su, Y.J., Wang, T., Sun, Y.F., et al., 2009. High ISSR variation in 14 surviving individuals of *Euryodendron excelsum* (Ternstroemiaceae) endemic to China. *Biochem. Genet.* 47, 56-65.
- [51] Sun, W.B., 2013. Conservation of Plant Species with Extremely Small Populations in Yunnan - Practice and Exploration. Yunnan Science and Technology Press, Kunming, China.
- [52] Sun, W.B., 2016. Words from the Guest Editor-in-Chief. *Plant Diversity* 38, 207-208.
- [53] Sun, W.B., Ma, Y.P., Blackmore, S., 2019a. How a new conservation action concept has accelerated plant conservation in China. *Trends Plant Sci.* 24, 4-6.
- [54] Sun, W.B., Yang, J., Dao, Z.L., 2019b. Study and Conservation of Plant Species

with Extremely Small Populations (PSESP) in Yunnan Province, China. Science Press, Beijing, China.

- [55] Tang, S.Q., Dai, W.J., Li, M.S., et al., 2008. Genetic diversity of relicual and endangered plant *Abies ziyuanensis* (Pinaceae) revealed by AFLP and SSR markers. *Genetica* 133, 21-30.
- [56] Tang, C.Q., Yang, Y.C., Ohsawa, M., et al., 2011. Population structure of relict *Metasequoia glyptostroboides* and its habitat fragmentation and degradation in south-central China. *Biol. Conserv.* 144, 279-289.
- [57] Valiente-Banuet, A., Aizen, M.A., Alcantara, J.M., et al., 2015. Beyond species loss: the extinction of ecological interactions in a changing world. *Funct. Ecol.* 29, 299-307.
- [58] Volis, S., 2016. How to conserve threatened Chinese plant species with extremely small populations? *Plant Diversity* 38, 45-52.
- [59] Wang, X.Q., Ma, L.Y., Guo, B.X., et al., 2005. Analysis on the change of the original *Metasequoia glyptostroboides* population and its environment in Lichuan Hubei from 1948 to 2003. *Acta Ecologica Sinica* 25, 972-977.
- [60] Wang, H.W., Ge, S., 2006. Phylogeography of the endangered *Cathaya argyrophylla* (Pinaceae) inferred from sequence variation of mitochondrial and nuclear DNA. *Mol. Ecol.* 15, 4109-4122.
- [61] Wang, Z.F., Ren, H., Li, Z.C., et al., 2013. Local genetic structure in the critically endangered, cave-associated perennial herb *Primulina tabacum* (Gesneriaceae). *Biol. J. Linn. Soc.* 109, 747-756.
- [62] Wade, E.M., Nadarajan, J., Yang, X.Y., et al., 2016. Plant species with extremely small populations (PSESP) in China: A seed and spore biology perspective. *Plant diversity* 38, 209-220.
- [63] Wang, B., Chen, G., Li, C.R., et al., 2017. Floral characteristics and pollination ecology of *Manglietia ventii* (Magnoliaceae), a plant species with extremely small populations (PSESP) endemic to South Yunnan of China. *Plant diversity* 39, 52-59.
- [64] Wang, Y., Yu, C.Y., Yang, D., et al., 2018. Study on conservation gap of natural reserves in Yunnan Province. *Forest Inventory and Planning* 43, 55-58.
- [65] Wei, R., Zhang, X.C., 2014. Rediscovery of *Cystoathyrium chinense* Ching (Cystopteridaceae): Phylogenetic placement of the critically endangered fern species endemic to China. *Plant Syst. Evol.* 52, 450-457.
- [66] Wei, F.W., Shan, L., Hu, Y.B., et al., 2019. Conservation evolutionary biology: A new branch of conservation biology. *Scientia Sinica Vitae* 19, 498-508.
- [67] Wu, F.Q., Shen, S.K., Zhang, X.J., et al., 2015. Genetic diversity and population structure of an extremely endangered species: the world's largest *Rhododendron*. *Aob Plants* 7.
- [68] Xia, J., Lu, J., Wang, Z.X., et al., 2013. Pollen limitation and Allee effect related to population size and sex ratio in the endangered *Ottelia acuminata* (Hydrocharitaceae): implications for conservation and reintroduction. *Plant Biol.* 15, 376-383.
- [69] Xiang, Z.Y., Zhang, S.S., Yang, W.Z., et al., 2015. Conservation of *Nyssa yunnanensis*



漾濞槭回归点 陶丽丹摄



古林箐回归点 陶丽丹摄

based on genetic diversity analysis using ISSR markers. Journal of Plant Genetic Resources 16, 664-668.

[68] Xu, C.Q., Liu, H., Zhou, S.S., et al., 2019. Genome sequence of *Malania oleifera*, a tree with great value for nervonic acid production. Gigascience 8.

[69] Yang, W.Z., Yang, Y.M., 2014. Conservation priorities of Wild Plant Species with Extremely Small Populations (PSESP) in Yunnan Province. Journal of West China Forestry Science 43, 1-9.

[70] Yang, J., Gao, Z.R., Sun, W.B., et al., 2016. High regional genetic differentiation of an endangered relict plant *Craigia yunnanensis* and implications for its conservation. Plant diversity 38, 221-226.

[71] Yang, J., Sun, W.B., 2017. A new programme for conservation of Plant Species with Extremely Small Populations in south-west China. Oryx 51, 396-397.

[72] Yang, W.Z., Zhang, S.S., Wang, W.B., et al., 2017. A sophisticated species conservation strategy for *Nyssa yunnanensis*, a species with extremely small populations in China. Biodivers. Conserv. 26, 967-981.

[73] Yang, Y.Z., Ma, T., Wang, Z.F., et al., 2018. Genomic effects of population collapse in a critically endangered ironwood tree *Ostrya rehderiana*. Nature Communications 9.

[74] Yang, J., Wariss, H.M., Tao, L.D., et al., 2019. De novo genome assembly of the endangered *Acer yangbiense*, a plant species with extremely small populations endemic to Yunnan Province, China. GigaScience 8.

[75] Yu, B.W., Chao, X.L., Zhang, J.D., et al., 2016. Effectiveness of nature reserves for natural forests protection in tropical Hainan: a 20 year analysis. Chinese Geographical Science 26, 208-215.

[76] Zhai, D.L., Cannon, C.H., Slik, J.W.F., et al., 2012. Rubber and pulp plantations represent a double threat to Hainan's natural tropical forests. J. Environ. Manage. 96, 64-73.

[77] Zhang, Z.Y., Li, D.Z., 2003. Conservation genetics of an extremely endangered Pine, *Pinus squamata*. Acta Botanica Yunnanica 25, 544-550.

[78] Zhang, J.J., Ye, Q.G., Yao, X.H., et al., 2008. Preliminary studies on the floral biology, breeding system and reproductive success of *Sinojackia huangmeiensis*, an endangered plant in a fragmented habitat in Hubei province, china. Journal of Plant Ecology (Chinese Version) 32, 743-750.

[79] Zhang, X.N., Zhong, C.R., Yan, T.L., et al., 2016a. The germplasm resource rescue of endangered mangrove (*Lumnitzera littorea* (Jack.) Voigt) by artificial pollination. Ecological Science 35, 38-42.

[80] Zhang, Z.Y., Wang, H., Chen, W., et al., 2016b. Genetic diversity and structure of native and non- native populations of the endangered plant *Pinus dabeshanensis*. Gen. Mol. Res. 15.

[81] Zhang, L.B., Luo, Z.H., Mallon, D., Li, C.W., Jiang, Z.G., 2017. Biodiversity conservation status in China's growing protected areas. Biol. Conserv. 210, 89-100.

[82] Zhang, Z.J., Guo, Y.P., He, J.S., et al., 2018. Conservation status of wild plant species with extremely small populations in china. Biodiversity Science 26, 572-577.

[83] Zhao, J., Tong, Y.Q., Ge, T.M., et al., 2016. Genetic diversity estimation and core collection construction of *Sinojackia huangmeiensis* based on novel microsatellite markers. Biochem. Syst. Ecol. 64, 74-80.

[84] Zheng, Y., Liu, J., Feng, X.Y., et al., 2017. The distribution, diversity, and conservation status of *Cycas* in China. Ecol. Evol. 7, 3212-3224.

[85] Zomer, R.J., Xu, J.C., Wang, M.C., et al., 2015. Projected impact of climate change on the effectiveness of the existing protected area network for biodiversity conservation within Yunnan Province, China. Biol. Conserv. 184, 335-345.

“极小种群野生植物”的概念 适用于动物物种吗？

本译文是极小种群野生植物综合保护团队 2020 年发表在国际刊物 *Global Ecology and Conservation* 上，题为：“Can the concept of ‘Plant Species with Extremely Small Populations’ be applied to animal species?” 的文章。为展现和促进我国极小种群野生植物保护事业的发展，特译成中文方便大家阅读。

作者：杨寅¹，陈高²，孙卫邦^{2*}

* 号表示：共同通讯作者（责任作者）

作者单位：1 澳大利亚国立大学考古与人类学学院；2 中国科学院昆明植物研究所 云南省极小种群野生植物野生综合保护重点实验室

翻译：李凤荣

翻译者单位：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

2011 年，国家林业局首次使用“极小种群野生植物”（Plant Species with Extremely Small Populations，简称：PSESP）的保护概念，将其作为《中国（全国）极小种群野生植物拯救保护工程规划（2011-2015 年）》的一部分^[3,8]。极小种群野生植物是指分布地域狭窄或呈间断分布，长期受自身因素限制和外界因素干扰，呈现种群退化和数量持续减少，种群及个体数量都极少，已经低于稳定存活界限的最小生存种群（Minimum Viable Population，简称：MVP），而随时濒临灭绝的野生植物^[3-6]。这一概念在我国受威胁植物保护项目中得到了广泛应用。

2018 年，云南省政府颁布了《云南省生物多样性保护条例》，将极小种群野生物种（包括动物和植物）及其遗传资源的保护作为优先考虑的内容^[5,8]。目前，已经对 60 余种植物进行了就地保护、80 种植物进行了迁地保护。同时，开展了 26 种植

物的种群恢复工作，包括：华盖木（*Manglietiastrum sinicum*）、西畴青冈（*Cyclobalanopsis sichourensis*）、漾濞槭（*Acer yangbiense*）、杏黄兜兰（*Paphiopedilum armeniacum*）、白旗兜兰（*P. spicerianum*）等物种的种群增强和回归自然^[5,6,8]。

云南省政府已将 50 种动物如滇金丝猴（*Rhinopithecus bieti*）、天行长臂猿（*Hoolock tianxing*）、羚牛（*Budorcas taxicolor*）等纳入《云南省极小种群野生物种拯救保护规划纲要（2010-2020 年）》保护范围中。然而，极小种群野生植物的概念能否成功地应用于动物物种尚不清楚。我们关注的主要是种群数量的概念，即如何评估有限的基因流、种群数量小以及种群破碎化（如孤立的亚种群）对提高物种生存能力的影响。中国植物学家使用最小生存种群（MVP，某一物种具有 99% 概率存活 1000 年的最小种群数量）来定

义有效种群大小，以确定极小种群野生植物^[4,6]。在中国，一个植物是否是极小种群野生植物，需要满足成年植株（开花结实的植株）个体总数少于 5000 株，且各隔离种群成年植株总数少于 500 株的这一要求^[4,5]。然而，根据对 102 种脊椎动物（包括 21 种两栖类和爬行类、27 种鸟类和 54 种哺乳动物）的分析，Reed 等^[2]提出，以维持进化潜力的具有 99% 的概率存活 40 代的最小生存种群和最小有效生存种群（MVPNe）的平均数 / 中位数估计值分别是 7316/5816、1752/1341 个成年个体。此外，Frankham 等^[1]利用遗传理论指出，要维持一个长期的、遗传多样性的、可存活的种群，至少需要 1000 个成年个体的最小生存种群。因此，极小种群野生植物的概念似乎可以应用到极度受威胁动物物种的保护计划中，整合成极小种群野生动物（Animal Species with Extremely Small Population, ASESP）的概念。

尽管中国几千年来一直维持着



华盖木 *Manglietiastrum sinicum* 陶丽丹 摄

庞大的人口数量，并在过去的六十年中，极大地改变了其自然环境，甚至超过了任何一个国家，但中国已经成功地保护了一些种群数量急剧下降的动物，如大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca*)、滇金丝猴 (*Rhinopithecus bieti*)、坡鹿 (*Cervus eldii*)、麋鹿 (*Elaphurus davidianus*)、海南黑冠长臂猿 (*Nomascus hainanus*)、白头乌叶猴 (*Trachypithecus poliocephalus*)、黑脸琵鹭 (*Platalea minor*)。这些都是通过政府资助的保护项目来完成的，其中包括种群数量减少到 20 个个体以下的物种。例如，经过三十年的法律保护、迁地保护、生境管理与恢复以及物种回归，朱鹮 (*Nipponia nippon*) 的野生种群已从 1981 年的 7 个个体增加到 2012 年的 1000 个以上^[7]。对于我国在极小种群野生动物 (ASESP) 概念下的动物物种保护，我们提出以下建议：

1. 在国家层面上，中国应将极小种群野生动物 (ASESP) 优先纳入国家保护战略，制定有针对性的保护方案 (如中国极小种群野生动物保护方

案)。

2. 极小种群野生动物 (ASESP) 保护方案选择的类群应为野生成年个体数量小于 1500 个的物种，如天行长臂猿 (*Hoolock tianxing*)、怒江金丝猴 (*R. strykeri*)、亚洲象 (*Elephas maximus*)、东北虎 (*Panthera tigris altaica*)、绿孔雀 (*Pavo muticus*)，包括公众往往不知道其保护状况的非旗舰物种，如亚洲金猫 (*Catopuma temminckii*)、豺 (*Cuon alpinus*)、双峰驼 (*Camelus ferus*)、云南闭壳龟 (*Cuora yunnanensis*、青头潜鸭 (*Aythya baeri*)。

3. 极小种群野生动物 (ASESP) 具有近交水平高、遗传多样性低、遗传漂移等特点。保护这些种群是一项既费时又费钱的工作，因此，国家 ASESP 保护方案至少需要 20 年的时间集中在 50-100 个动物物种上，以确保有效的保育和保护。

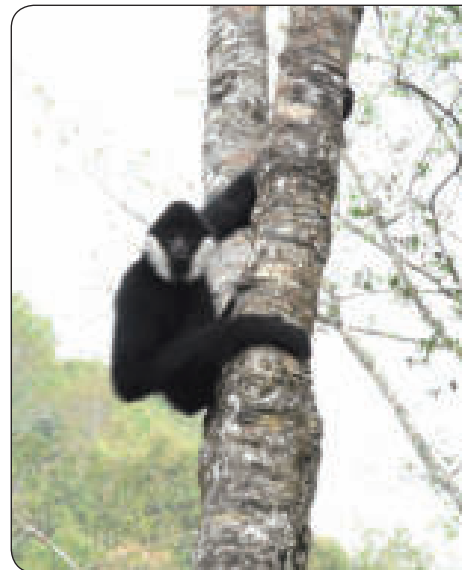
4. 极小种群野生动物 (ASESP) 保护方案选择的动物应限于濒临灭绝的稀有物种。

参考文献：

- [1] Frankham, R., Bradshaw, C.J., Brook, B.W., 2014. Genetics in conservation management: revised recommendations for the 50/500 rules, Red List criteria and population viability analyses. *Biol. Conserv.* 170, 56-63.
- [2] Reed, D.H., O' Grady, J.J., Brook, B.W., et al., 2003. Estimates of minimum viable population sizes for vertebrates and factors influencing those estimates. *Biol. Conserv.* 113, 23-34.
- [3] Sun, W.B., 2013. Conserving Plant Species with Extremely Small Populations (PSESP) in Yunnan Practices and Exploration. Yunnan Science and Technology Press, Kunming, China.
- [4] Sun, W.B., 2016. Words from the Guest Editor-in-Chief. *Plant Divers.* 38, 207-208.
- [5] Sun, W.B., Ma, Y.P., Blackmore, S., 2019a. How a new conservation action concept has accelerated plant conservation in China. *Trends Plant Sci.* 24, 4-6.
- [6] Sun, W.B., Yang, J., Dao, Z.L., 2019b. Study and Conservation of Plant Species with Extremely Small Populations (PSESP) in Yunnan Province, China. Science Press, Beijing, China.
- [7] Wang, C., Liu, D.P., Qing, B.P., et al., 2014. The current population and distribution of wild Crested Ibis *Nipponia nippon*. *Chin. J. Zool.* 49, 666-671.
- [8] Yang, J., Cai, L., Liu, D.T., et al., 2020. China's conservation program on plant species with extremely small populations (PSESP): progress and perspectives. *Biol. Conserv.* 244.



白尾梢虹雉 王斌 摄 (高黎贡山国家级自然保护区泸水管分局)



白颊长臂猿 陶丽丹 摄

保护全球植物遗产：极小种群野生植物 (PSESP) 保护计划

作者：彼德·克莱恩 (Peter Crane) 是全球有名的植物学家，致力于植物生命体多样性的研究，关注植物的起源、化石历史、现状和保护与利用，对植物的研究和保护有目共睹。近期，为了庆祝并纪念 COP15 (第十五届全球生物多样性公约缔约方会议) 即将于 2021 年在中国昆明召开，国际期刊 *Plant Diversity* (植物多样性) 组织的“保护生物多样性就是保护我们的未来”专辑上，他对中国极小种群野生植物 (PSESP) 实施的保护计划给予了高度评价。

翻译：杨丰懋

翻译者单位：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

全文翻译如下：

大多数物种是很珍稀的，这是一个生态学的基本常识，这种“稀有”不仅是对其数量的描述，也是对其分布范围的衡量。在全球的角度看，很少有物种是真正广泛分布的，大多数物种或多或少分布于局限的地理空间。世界上的植物有数十万个，数量极度稀少、分布区狭窄破碎的物种占据了其中很大一部分。一份最近同时也是目前最详尽的评估显示，根据植物标本馆记录、生态调查和其他来源获得的 2 亿个观察信息表明，在超过 40 万种陆地植物中，约 36% 是“非常稀有”的^[2]。

在这一长串非常稀少的植物中，很多物种仅靠残存的一小部分个体坚持着。因此，快速变化的地球环境使这些物种面临极大的灭绝风险。一场灾害就可能毁灭一个种群，而这个种群可能是该物种仅存的种群。发生此类事件的风险不仅来源于人类活动直接造成的栖息地破坏或退化，也可能由于人类活动而间接造成影响，比如森林火灾、外来病原体的传播，当然也少不了气候变化。那些具有极小种群的物种需要紧急行动对其开展保

护。中国的极小种群野生植物 (PSESP) 保护计划主要针对的目标是能长远地保护这些身处险境的植物，这个计划率先由中国云南省于 2005 年启动和实施的^[14,20-23,29]。保护生物学是一个经常陷入两难的学科。我们应付诸多少努力去影响政策制定，而不是仅采取地方性的保护行动？栖息地保护和物种保护之间应如何权衡？如何选择就地保护和迁地保护？答案当然是所有这些方法都是必要的，它们都有不同的优点和局限，使用某一种策略并不代表着否定了另一种的重要性。PSESP 保护计划展示了如何整合以上途径，同时确保可以将高质量的研究与实际的保护行动相融合。保护生物学研究往往强于理论而弱于实践，很多保护行动并未能科学地实施。PSESP 保护计划一方面进行科学研究，一方面落实保护行动，打破了理论和实践的壁垒，产生了很多保护成功的案例。

将就地保护和迁地保护结合运用是 PSESP 保护计划的一个特点。依托于昆明植物研究所的中国西南野生生物种质资源库，迁地保护得以有力扩展，成为 PSESP 保护计划的重要组成部分^[1]。当然，迁地保护只能作为

就地保护的补充而不能替代其作用。PSESP 计划的最高目标是确保目标物种在其原生生境中得到保护，并作为其完整生态系统的一部分持续发挥生态功能。人类对这些物种与其他生物，如微生物、昆虫、鸟类、哺乳动物的相互关系还不了解。因此，采取一切措施来确保极小种群野生植物在野外的生存是至关重要的。

有效的就地保护是无法仅在实验室开展的，它需要的不只是遗传信息和模型推演，它需要对物种野生生境和生态现状的基本知识。因此野外工作是 PSESP 计划的重要部分。详实的野外研究是了解野外植物物种状况的先决条件，例如植物的结实率和自然更新情况。野外调查还可以评估种群结构的基本特征，为实施种群恢复提供保护遗传学信息，以及为迁地保护设计采样策略。

进行就地保护的同时，收集活体材料迁地保护于避难所 (通常是植物园)，可使其免于灭绝，同时可以开展科学研究、公共宣传和教育活动，在多个层次对其展开利用。了解种质资源 (如储存种子) 的长期保存是否可行，或者是否需要其他替代保护方

案也至关重要。对种子生物学的研究还促进了萌发和繁殖技术的发展，这是成功地开展回归引种和种群恢复所需的关键知识。人工栽培这些濒危植物对开发其有潜在价值的性状也很重要。比如说，蒜头果，PSESP 保护计划的重点物种之一，它的种子含油量 大，尤其富含神经酸，这是一种可能具有重要医学价值的化合物^[28]。

作为一个演化生物学家和植物古生物学家，一个对我、相信也对所有人都重要的事是：PSESP 保护计划包括了一些中国西南地区分布的，有确凿古植物学证据证明存活了数百万年的孑遗植物^[6,7]，而且它们所隶属的植物群落也似乎具有深远的地质根源^[13]。PSESP 保护计划所关注的另一些物种则是近期形成的，它们有可能从未迁移到亚洲之外，也可能一直狭域分布。虽然如此，从各个角度来看，此类物种仍然很重要。但是，那些曾在数百万年前广泛分布于北半球数，而如今只生长在中国的植物，则更是属于全人类重要的自然瑰宝。

在这种情况下，PSESP 计划对这些物种的关注尤为重要。通过保护这些远 在人类主导这个星球之前就生存在地球上的植物物种，PSESP 保护计划巩固了中国作为地球守 护者的形象和地位。思考这些古老物种，应唤起我们对大自然的谦卑，同时反思人类对自然造成的影响^[6]。

中国有许多植物曾经分布广泛且数量众多。化石证据揭示：在东亚 595 个特有属中，有 54 个是从东亚之外迁入的，几乎均为木本植物^[15]。这反映了木本植物在化石化保存中有优势，如果东亚特有草本物种的古植物学信息如同木本植物一样保存下来，那这个数字只能更高。54 个属中很多都是单种属或寡种属，反映了其演化独特性。这些古老的物种中有四分之一是裸子植物，如穗花杉属、银杉属、三尖杉属、柳杉属、杉木属、水松属、银杏属、水杉属、金钱松属、金松属、

台湾杉属，其余为被子植物，有连香树属、滇桐属、青钱柳属、珙桐属、双盾木属、金钱槭属、杜仲属、栎树属、泡桐属、化香树属、大血藤属、癭椒树属、水青树属、茶菱属和昆栏树属。这些属中有些很常见，比如杉木属，即使是在人为活动影响较大的生境中也有分布，完全不需要担心其安危。另一些，如银杏和水杉，在其原生境虽已非常濒危，但人工栽培广泛，比如作为城市中的行道树，因此其灭绝的风险被降低了。

银杏和水杉作为栽培植物至少不会灭绝，但其他曾经广泛分布的“活化石”植物的未来则充满未知。它们中的部分物种因为分布狭窄、数量稀少，受到了 PSESP 保护计划的关注，例如，120 种中国 PSESP 物种名录^[20]囊括了单属种的银杉和水松，被子植物滇桐和云南金钱槭。这些物种都有化石记录清楚地显示了它们先前在北半球的广泛分布，以及数千万年的演化历史。PSESP 计划强调了这些物种的危险处境^[20]。

银杉是中国最濒危的物种之一^[26]，现在只有零星种群狭域分布于广西、重庆、贵州和湖南的深山中。银杉属曾分布于北美和欧洲，那里不仅发现了其独特的花粉粒化石，而且保存有完好的化石球果和针叶^[15]。根据最近的评估，只有不到四千个成熟个体存活于野外，现存的种群不仅种子萌发率低、更新能力差，遗传多样性和繁殖力也都很低^[27]。银杉直到 1955 年才被发现，在迁地保护中也没有形成规模。其迁地保护和野外残存种群的就地保护和恢复正在开展中^[26]。

中国水生松杉类植物水松（杉科）曾经广泛分布于珠江三角洲，但在过去 50 年数量急剧下降，现在极度濒危^[5]。对北美洲和欧洲广泛而深入的化石研究显示，水松属植物在新生代广泛分布于北半球^[12,15]。近期对分布于中国南方的水松进行的调查发现 了 42 个野生分布点，其中 17 个只有单

个个体存活，且健康状况几乎都较差^[4,5]。只有五个种群有超过 10 个个体。当前的评估显示只有约 350 株水松在中国存活，越南有约 120 株，老挝约 300 株（王瑞江私人通讯）。人类活动对水松湿地生境的破坏是水松最大的威胁。因此，除了努力改善其野外种群的生存状况并研究其保护遗传学外，PSESP 保护计划还通过加强水松迁地保护种质收集、繁育和种植大量树苗在城市湿地，以确保该物种的长远保护^[5]。

同中国特有的银杉、水杉、化香树一样，滇桐也是在活体植物被发现之前，其化石早已被西方科学界所熟识的植物。滇桐属在化石纪录中识别特征为果实具聚合叶形成的翅，北美和欧洲都有广泛记录^[11]。而如今，滇桐作为一种濒危的树种，只有 19 个种群（不到 250 个个体）在云南省狭域分布，邻近越南北部的地区也可能有残存的种群（孙卫邦私人通讯）^[30]。仅存的种群有被耕地开荒的危险，2007 年在云南调查到的最小的种群只有六个成年大树，而最大的种群也只包含 167 棵大树^[9]。其他调查也得出了大致相当的结论，即存在 6 个种群，数量从 11 到 173 不等。滇桐属的另一个发表在广西的物种桂滇桐^[10]，可能早已因森林退化而灭绝^[11,24]。PSESP 保护计划对滇桐开展的综合性保护包括调查残余种群的遗传结构、建立迁地保护种群、扩繁以供引种回归^[30]。

槭树属有 150 个种，但与其近缘的金钱槭属仅有两个物种并相对槭树属构成了一个单系姐妹群^[8]。金钱槭是一个在中国中部分布较广的物种，被中国物种红皮书评价为“近危”^[25]。相较来看，云南金钱槭只有五个自然种群、狭域分布于滇东南只有 6 平方千米大的区域，显然已经在云南其他地区 and 邻省贵州局部灭绝^[19,31]。金钱槭属独特的翅果出现在北美洲西部始新世的化石记录中，目前欧洲还未发现类似化石^[15,16]。PSESP 保护计划已

经在昆明植物园迁地保护了云南金钱槭（并在 2018 年开花结果），并对野外种群开展了回归引种和种群恢复^[23]。

本质上讲，银杉、滇桐、云南金钱槭和水松这类只有稀少的个体生活在狭小的地域范围的植物，对自然灾害和人为干扰产生的剧烈变化非常敏感。这些植物需要我们的帮助，它们的处境尖锐的预示了其他生境被人类活动严重破坏的中国特有植物，也难逃受威胁的命运。生物热点地区是根据受威胁物种、尤其是特有物种分布情况而划分的^[17]，它将中国中南部和印缅地区区别为应被优先保护的区域。最近的一项对全球植物物种分布的总结也显示了中国西南地区和临近的区域是全球 12 个珍稀植物集中分布的地点^[2]。

世界其他热点地区的珍稀植物是近期迁移来、还是近期起源或地质遗留物种还尚待确定，但确凿的证据显示了中国中部和南方有数量相当可观的特有木本植物，比如银杉、滇桐、云南金钱槭和水松，它们是曾经分布非常广泛的物种或其分类单元的幸存者。长期稳定的气候和局部复杂的生境可减少其灭绝的风险，对其生存至关重要。关键的问题是在全球气候加速变化下，这些地区将面临怎样的命运？据估计，这些地区将经历迅速而显著的变化，幅度将大于末次盛冰期到当前气候的变化，从而进一步加剧了物种保护工作的紧迫性^[2]。

人类活动逐渐频繁，尤其是土地利用的变化，使这些物种生存状况充满不确定性，不利于物种的长期存活。人类活动的增强所产生的生境还会促进杂草的扩张。初步估计，在世界各地，植物群落“在各地都被单一物种所主导”，而且“失去了它们独特的，狭域特有的物种”^[8]。在全球生物多样性严峻的同质化中，生物多样性的丧失最明显、且最一致地表现为稀有物种的消失。

基于以上背景，全球植物保护一

定要通过像 PSESP 保护计划这种工程来保障珍稀植物的长期生存。目标首先应该尽可能保证这些物种在野外的生存，保存其所在的生物群落并使其能持续的提供生态功能，与此同时也应该开展迁地保护作为保险措施。

确保像银杉、滇桐、云南金钱槭和水松这样的植物可以长期稳定的生存下去，我们也有机会去欣赏它们，研究它们，或许还可以利用它们。除了这些，我们所做的是正确且符合道德的事。这些植物具有重要的内在价值。它们的演化历史横跨数百万年，反观我们人类这个物种的地质历史，与之比较只是眨眼之间。这些植物在北半球有着漫长的古生物学历史，从某种意义上说，它们是地球给予中国的礼物。通过确保它们的长期生存，中国通过 PSESP 保护计划和类似的努力，正为地球做出同样的、有效的和有意义的回赠。

致谢：感谢孙卫邦的鼓励，促使我完成这篇短评，感谢 Robert Spicer 为文章初稿提出建议。

同 时 感 谢 Tad Dilhoff, Steven Manchester 和孙卫邦为本文提供的图片。

（Peter Crane 院 士 简 历：1992-1999 年，担任芝加哥菲尔德博物馆馆长，负责该馆的所有科学项目。在此期间，他创立了环境与保护项目办公室和文化理解与改变中心，即环境文化保护部的前身（ECCo）。1999-2006 年，担任世界上最大和最有影响力植物园—英国皇家邱园的主任。在任期间，邱园的科学、保护和公众教育项目成规模增加。1998 年，他被推选为英国科学院皇家学会主任。同时，他也是美国艺术与科学院院士、美国国家科学院外籍院士、瑞典皇家科学院外籍院士、德国科学院院士。2004 年，因园艺和保护方面的成就获得爵士勋章。目前，Peter Crane 在全球作 物多样性信托委员会、密苏里植物园、芝加哥植物园、德州大学约翰逊夫人

野花中心和 盖洛德与多萝西·唐纳利基金会担任要职）

参考文献：

- [1] Cai, J. 2015. Seed conservation of Chin a's flora through the germplasm bank of wild species. *BGjournal*,12: 22–24.
- [2] Enquist, B. J., Feng, X., Boyle, B., et al. 2019. The commonness of rarity: global and future distribution of rarity across land plants. *Sci. Adv.* 5: eaaz0414.
- [3] Chen, C., Lu, R. S., Zhu, S. S., et al. 2017a. Population structure and historical demography of *Dipteronia dyeriana* (Sapindaceae), an extremely narrow palaeo endemic plant from China: implications for conservation in a biodiversity hot spot. *Heredity* 119: 95–106.
- [4] Chen, Y. Q., Zhu, S.S., Wang, G. T., et al. 2017b. Phylogenetic diversity analysis of the community of extremely small populations of *Glyptostrobus pensilis*. *Plant Science Journal*, 5: 667–678.
- [5] Chen, Y. Q., Wang, R. J., Zhu, S. S., et al. 2016. Population status and conservation strategy of the rare and endangered plant *Glyptostrobus pensilis* in Guangzhou. *Tropical Geography* 36(6): 944-951.
- [6] Crane, P. R. 2013. *Ginkgo: the tree that time forgot*. Yale University Press, New Haven.
- [7] Dong, C., Shi, G., Herrera, F., et al. 2020. Middle-Late Jurassic fossils from northeast China reveal morphological stasis in the catkin yew. *National Science Review*. In press.
- [8] Feng, Y., Comes, H. P., Zhou, X. P., et al. 2019. Phylogenomics recovers monophyly and early Tertiary diversification of *Dipteronia* (Sapindaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 130: 9–17.
- [9] Gao, Z. C., Zhang, C. Q., Milne, R. I. 2010. 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* 58: 214–223.
- [10] Hsu, H. H. 1975.Two new species of Sterculiaceae from China. *Acta Phytotax. Sin.* 13: 107–108 (in Chinese).
- [11] Kvacek, K., Manchester, S. R., Akhmetiev, M. A. 2005. Review of the fossil history of *Craigia* (Malvaceae s.l.) in the Northern Hemisphere based on fruits and co-occurring foliage. In: Akhmetiev MA, Herman AB eds. *Modern problems of Palaeofloristics, Palaeophytogeography, and Phytostratigraphy*. Moscow: GEOS. 114–140.
- [12] LePage, B. A. 2007. The taxonomy and biogeographic history of *Glyptostrobus* Endlicher (Cupressaceae). *Bulletin of the Peabody Museum of Natural History* 48: 359–426.
- [13] Linnemann, U., Su, T., Kunzmann, L., et al. 2018. New U-Pb dates show a Paleogene origin for the modern Asian biodiversity hot spots. *Geology* 46: 3–6.
- [14] Ma, Y. P., Chen, G., Grumbine, R. E., et al. 2013. Conserving plant species with extremely small populations (PSESP) in China.

Biodivers Conserv 22:803–809.

[15] Manchester, S. R., Chen, Z. D., Lu, A. M., et al. 2009. Eastern Asian endemic seed plant genera and their paleogeographic history throughout the Northern Hemisphere. *Journal of Systematics and Evolution* 47: 1–42.

[16] McClain, A. M., Manchester, S. R. 2001. *Dipteronia* (Sapindaceae) from the Tertiary of North America and implications for the phytogeographic history of the Aceroidae. *Am. J. Bot.* 88: 1316–1325.

[17] Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., et al. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*: 403,853–858.

[18] Newbold. T., Hudson. L. N., Contu, S., et al. 2018. Widespread winners and narrow-ranged losers: Land use homogenizes biodiversity in local assemblages worldwide. *PLoS Biol* 16 (12): e2006841. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2006841>

[19] Su, W. H., Zhang, G. F., Ouyang, Z. Q. 2006. Community characteristics and conservation strategies of a rare species, *Dipteronia dyeriana*. *Acta Bot Yunnan* 28: 54–58. (In Chinese).

[20] Sun, W. B. 2013. *Conservation of Plant Species with Extremely Small Populations in Yunnan - Practice and Exploration* (in Chinese). Yunnan Science and Technology Press, Kunming, China.

[21] Sun, W. B. 2016. Words from the Guest Editor-in-Chief. *Plant Diversity* 38: 207–208.

[22] Sun, W. B., Ma Y. P., Blackmore, S. 2019a. How a new conservation action concept has accelerated plant conservation in China. *Trends Plant Sci.* 24: 4–6.

[23] Sun, W. B., Yang, J., Dao, Z. L. 2019b. Study and conservation of plant species with extremely small populations (PSESP) in Yunnan Province, China (in Chinese). Science Press.

[24] Tang, Y., Gilbert, M. G., Dorr, L. J. 2007. *Flora of China*, vol. 12. Science Press, Beijing.

[25] Wang, S., Xie, Y. 2004. *China Species Red List*. Science Press: Beijing.

[26] Wang, H. F., Wang Z. S, Friedman, C. R., et al. 2012. Conservation of the Cathay Silver Fir, *Cathaya argyrophylla*: A Chinese evergreen ‘living fossil.’ In: *Evergreens: Types, Ecology and Conservation*. Eds. Adriano D. Bezerra and Tadeu S. Ferreira. Nova Science Publishers, New York.

[27] Xie, Z. Q., Chen, W. L. 1999. The endangering causes and preserving strategies for *Cathaya argyrophylla*, a plant endemic to China. *Acta Phytocologica Sinica*, 23, 1–7 (In Chinese).

[28] Xu, C. Q., Liu, H., Zhou, S. S., et al. 2019. Genome sequence of *Malania oleifera*, a tree with great value for nervonic acid production. *GigaScience*, 2019 DOI:10.1093/gigascience/giy164/5300121

[29] Yang, J., Cai, L., Liu, D. T., et al. 2020. China's conservation program on plant species with extremely small populations (PSESP): Progress and perspectives. *Biological Conservation* 244: 108535.

[30] Yang, J., Gao Z. R., Sun, W. B., et al. 2016. High regional genetic differentiation of an endangered relict plant *Craigia yunnanensis* and implications for its conservation. *Plant Diversity* 38: 221–226.

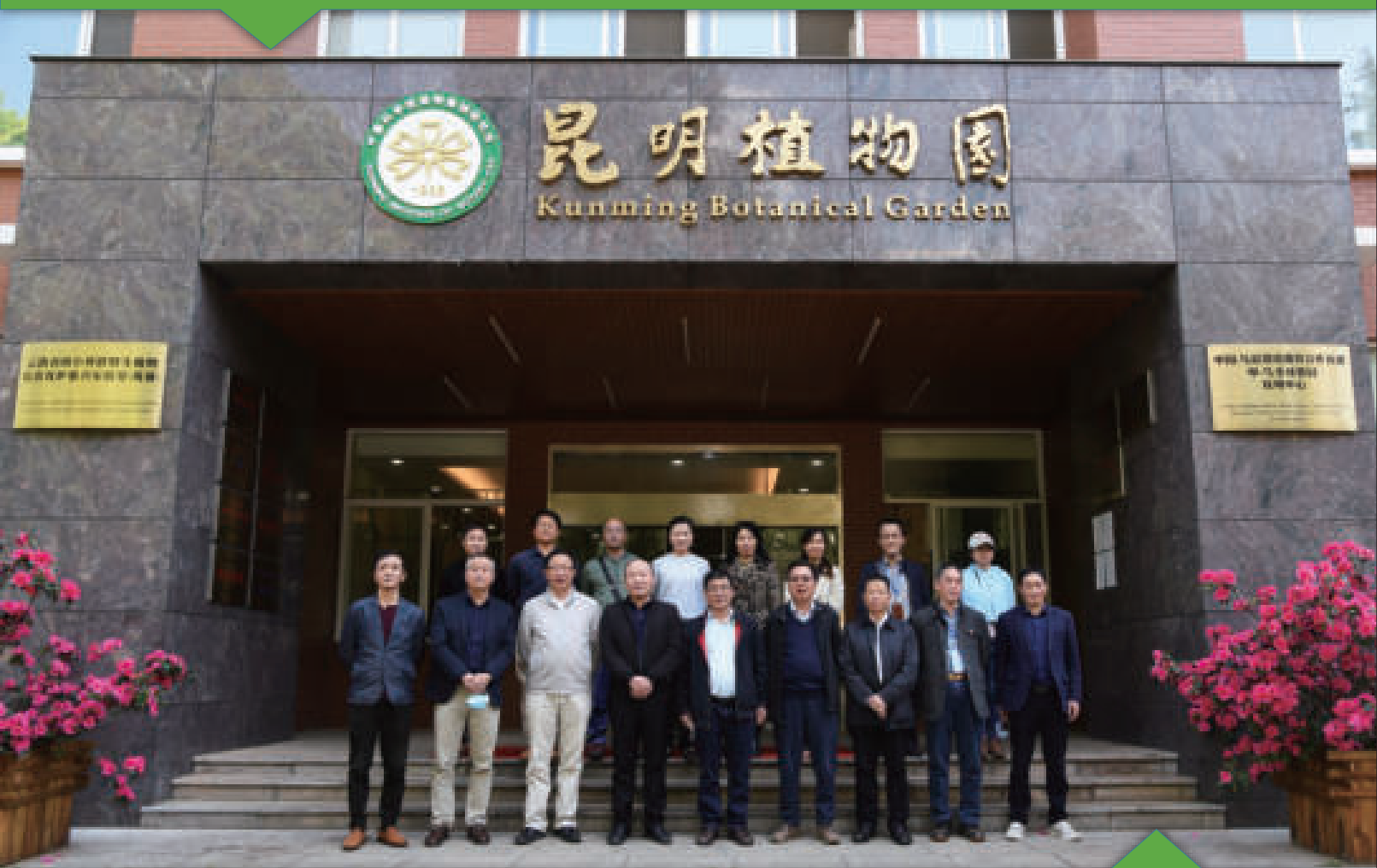
[31] Zhang, H. H. 2000. *The Threatened Wild Plants in Guizhou Province*. China Forest Press: Beijing.

封底故事

云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室于 2017 年 12 月由云南省科技厅批准进入培育期，依托单位为中国科学院昆明植物研究所。经过两年的培育后，于 2020 年 3 月 25 日通过了云南省科技厅组织的验收专家组验收。云南省科技厅于 2020 年 7 月 20 日正式发布通过验收文件，至此云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室正式成立。封底照片为 2020 年 3 月 25 日验收专家组同重点实验室主任、秘书、部分成员在重点实验室门口的合影。



左上：芡实 *Nymphaea tetragona*，右上、下：昆明植物园极小种群专类园 陶丽丹 摄



策划指导：孙卫邦研究员

编辑：陶丽丹 冯石

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