

昆明植物所 2021 年度“十大进展”

<u>科研进展（7 项）</u>	排名
<u>漾濞槭保护基因组研究与保护策略制定取得重要进展</u>	1
<u>重建种子植物“生命之树”取得重要成果</u>	1
<u>在新颖免疫抑制活性天然产物研究中取得重要进展</u>	2
<u>系列重要天然产物的合成</u>	3
<u>中国西南野生生物种质资源库刷新我国植物种子采集最高海拔纪录</u>	3
<u>唇形科新分类系统</u>	4
<u>蒿属植物新颖倍半萜二聚体发现、合成与抗肝癌活性与作用机制研究</u>	4

<u>工作进展（3 项）</u>	排名
<u>昆明植物所全面支撑和保障 COP15 大会工作</u>	1
<u>野外台站建设取得重要突破，支撑平台持续获表彰</u>	2
<u>标本馆年度新增馆藏量创历史新高</u>	3

科研进展类：

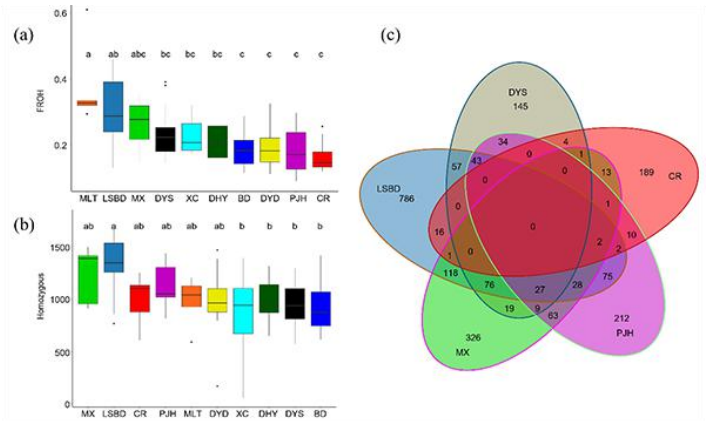
漾濞槭保护基因组研究与保护策略制定取得重要进展

漾濞槭 (*Acer yangbiense*) 是云南省 20 个急需采取紧急拯救保护行动极小种群野生植物。同时，由于极小种群植物往往种群数量极少、缺乏开展生物学研究必要的重复和对照，使得深入研究其小种群的形成进而对其进行科学有效的遗传拯救，非常困难。极小种群野生植物综合保护研究团队，通过多年探索，成功将保护基因组学手段应用到漾濞槭的濒危机制解析和遗传拯救策略的制定。

研究结果表明，漾濞槭的遗传多样性较低，且大部分亚种群间存在基因流。同时发现，漾濞槭经历了至少 3 次遗传瓶颈。在最近的一次遗传瓶颈中，有效种群下降到 200 以下。研究者发现漾濞槭约 13% 的衍生 SNP 发生了有害突变。功能注释表明，与防御反应、响应真菌等其他微生物的相关基因发生了有害突变。同时结合团队长期的野外调查成果，认为频繁的人类干扰、反复的遗传瓶颈、较强的有害突变积累、严重失衡的雌雄性比，是漾濞槭极小种群形成和维持的主因。因此，在开展极小种群野生植物的遗传拯救时，除考虑增加遗传多样性水平外，还要考虑纯合有害突变的数量，避免引入更多有害突变；同时还要考虑遗传背景的相似性和遗传距离，避免远交衰退。本研究为在基因组水平上进行极小种群野生植物的科学保护开创了一个典范。

研究成果以 “Demographic history and identification of threats

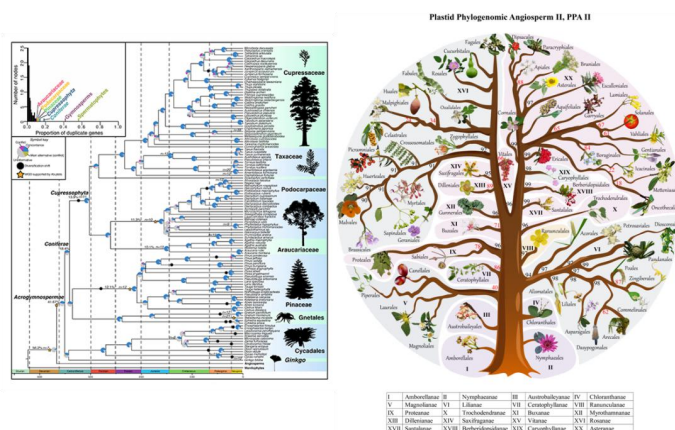
revealed by population genomic analysis provide insights into conservation for an endangered maple”为题发表于国际分子生态学著名期刊 *Molecular Ecology* 上。



重建种子植物“生命之树”取得重要成果

种质资源库“植物多样性和基因组学”大团队联合世界多个研究团队基于组学数据构建了种子植物迄今最为完整的“生命之树”。被子植物研究选取 APW 承认的所有 433 个科 2024 属 4660 种 4792 个叶绿体基因组的 80 个基因，重建了被子植物科级水平的“生命之树”。基于叶绿体基因数据的分析，大部分目级和科级水平的系统发育关系得到了很好的解析，建议将全部被子植物由 64 目调整至 68 目，将 20 个主要分支处理为超目，有望全面更新被子植物系统发育组系统（APG IV）。此外，通过对裸子植物现存所有科全部 85 属中的 83 属共 121 种转录组数据的分析，深度解析了科间和属间系统发育关系，在宏观尺度上证明了基因复制和表型创新的直接关系，生态机遇特别

是晚新生代的生态机遇、以及生境异质性驱动了现存裸子植物物种多样性的复兴。研究成果为种子植物分类、进化、物种多样性机制的研究提供了坚实基础。相关成果发表在国际生物学重要期刊 *Nature Plants* 和 *BMC Biology* 上, 被 EurekaAlert、科技日报、中国科学报、B 类先导动态季报等媒体广泛报道, 在国际植物分类学界产生了广泛影响。

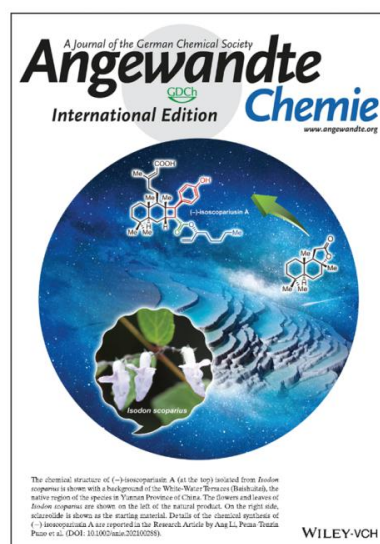


在新型免疫抑制活性天然产物研究中取得重要进展

先导化合物是新药研发的源头。结构新颖、活性多样的天然产物是发掘小分子药物先导化合物的不竭源泉。然而，复杂天然产物的构型确证难及含量过低的问题，一直是其向新颖药物先导分子不断推进的主要瓶颈。

普诺·白玛丹增研究组对我国重要药用植物类群香茶菜属中形态特异种——帚状香茶菜 (*Isodon scoparius*) 开展深入的次生代谢产物研究，从中发现了一个具有新颖 6/6/4 全碳骨架的杂二萜，其对 T 淋

巴细胞具有显著的免疫抑制活性。为解决天然产物的构型确证和天然样品量稀少制约成药性研究的难题，研究者先后发展了两代合成路线，实现了该新颖杂二萜的 12 步高效的克级合成，不仅解决了目标分子绝对构型确证难题，同时也为免疫抑制活性先导化合物的挖掘奠定了坚实的应用研究基础。相关研究成果发表于国际顶级期刊 *Angewandte Chemie International Edition* 上，并入选封面文章（Front Cover，近二十年该期刊上以天然有机化学为主题的封面文章不到 20 例），被审稿人和 *Nature Reviews Chemistry* 评价为天然产物研究的精彩案例。

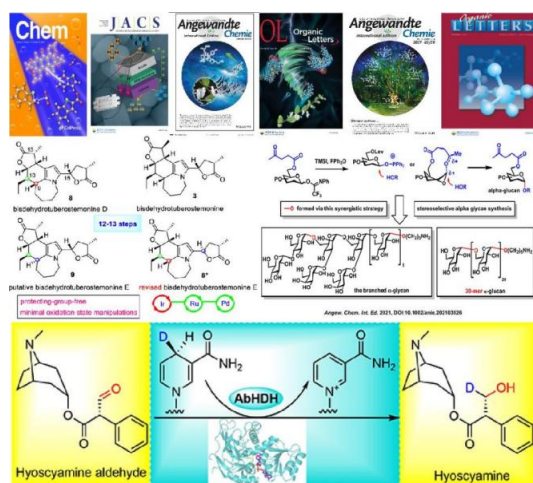


系列重要天然产物的合成

植物中的天然产物一直以来都是小分子药物发现的重要来源，尽管它们结构丰富多样但因其来源有限，难以进行深入的化学性质及生物活性研究。简洁、高效、大量地获得具有特定结构的分子成为了天然产物化学及生物合成的重要研究内容。研究组创造性运用 Ir 催化不

对称烯丙基化，结合 Ru 和 Pd 过渡金属催化反应，简洁高效地实现了多个百部生物碱的不对称全合成；通过密度泛函理论（DFT）计算发现了乙酰丙酰基立体选择性优于乙酰基和苯甲酰基的原因，首次实现了具有免疫活性的分支的霍山石斛 11 糖和具有抗癌活性的线性的龙眼 a-葡萄糖苷含有高达 30 个 1,2-顺式的葡萄糖糖苷键的高立体选择性化学全合成；首次报道了同时适用于氧苷和核苷基于糖基 PVB 的一锅糖苷化反应糖组装新策略，并实现了具有抗结核病活性的核苷抗生素 capuramycin 的全合成等；通过基于生源启发的结构网络分析实现了 10 余个五环细胞松弛素的发散性合成；发现并鉴定了莨菪碱生物合成途径中催化莨菪醛生成莨菪碱的莨菪醛脱氢酶，为药用托品烷类化合物的生物合成途径完整解析连上关键一环；发现并鉴定了米团花中一个双功能的二倍半萜/二萜合酶，能够催化生成大环二倍半萜和大环二萜等。

这些对重要天然产物的合成研究，不仅解决了天然产物应用的来源问题，其研究方法和技术手段也为同类成分的研究提供了重要借鉴。



中国西南野生生物种质资源库刷新我国植物种子采集最高海拔纪录

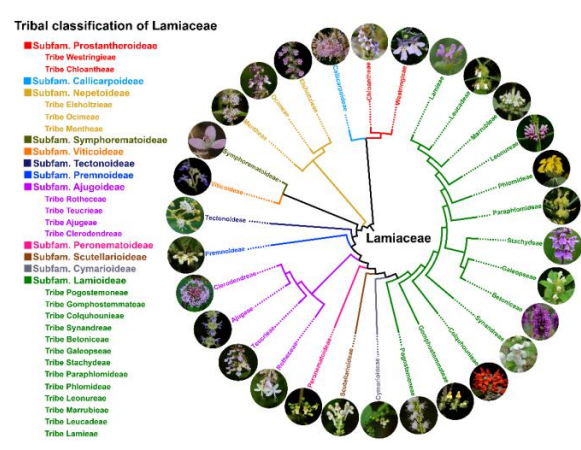
经过三年多的策划和准备，种质资源库采集队在 2021 年先后两次赴珠峰地区开展采集，并于 2021 年 9 月在海拔 6200 米区域成功采集到须弥扇叶芥、鼠麴雪兔子等植物的种子，刷新了我国植物种子采集的最高海拔纪录。随后的实验检测表明，这批极高海拔种子具有非常高的活力，并已安全入库保存。经与英国千年种子库等国际同行交流，在 6212 米采集到的须弥扇叶芥是目前全球种子库中，已保存的分布海拔最高的“活”种子。

中国最大的野生生物种质资源库成功采集保存全球最高海拔的种子，表明了种质资源库在“2020 后全球生物多样性保护”发挥重要作用的决心，同时也为后期开展植物适应极端环境的研究提供了重要的实验材料。



唇形科新分类系统

唇形科 (Lamiaceae) 为被子植物第六大科，全球有 230 余属 7000 余种，世界广布，中国是其多样性分布中心之一。该科植物具有重要的经济价值，在烹饪、药用、园艺、建材等方面有着广泛应用，与人类健康生活息息相关。昆明植物研究所“植物经典分类与植物多样性团队”向春雷研究员联合国内外 8 个国家 11 个单位的唇形科分类学者，历时四年，在全球范围内取样并完成了唇形科系统分类学研究，提出了将其划分为 12 个亚科 22 个族的新分类系统，建立了三个新族并明确了若干族的界限，对各亚科、族的分类历史、地理分布、形态特征、属种多样性等进行了全面阐述和系统总结。主要研究成果发表于生物学主流期刊 *BMC Biology* 等期刊，该论文是 *BMC Biology* 上接受发表的第一篇分类学论文，主编及审稿人对该研究结果给予了高度评价，认为本研究是唇形科分类学研究中“里程碑”式的研究工作。论文目前已被引用 18 次，并被翻译成德语、西班牙语、葡萄牙语、俄语、波斯语、乌克兰语、乌兹别克语七国语言的唇形科系统发育海报，产生了重要的影响力。



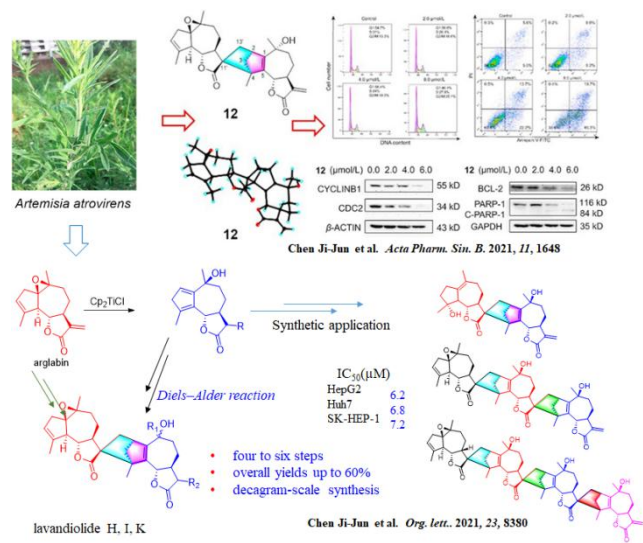
蒿属植物新颖倍半萜二聚体发现、合成与抗肝癌活性与作用机制研究

陈纪军研究团队近年致力于从蒿属植物中寻找结构独特的倍半萜二聚体，活性强、作用机制新颖的抗肝癌先导化合物和创新药。建立了蒿属植物中倍半萜二聚体的定向识别、分离纯化、抗肝癌活性跟踪相结合的方法。从暗绿蒿中获得 143 个化合物，发现 32 个新倍半萜二聚体，包括 8 种聚合类型，占蒿属植物已报道倍半萜二聚体总数 (117 个) 的 27%。其中 30 个新的二聚体具有显著抗肝癌活性，特别是 artematrolides A, J, K 和 lavandiolide H 对三株肝癌细胞 (HepG2, SMMC-7721, Huh7) 均具有较阳性药物索拉菲尼更强的细胞毒活性；作用机制研究表明二聚体可剂量依赖性的诱导细胞凋亡，下调 Bcl-2 的表达，激活 PARP-1 上调裂解 PARP-1 表达。

基于对二聚体生源合成途径的分析，建立了倍半萜二聚体高效合成的关键方法，完成了 lavandiolides H, I, K 和 artematrolide F 的半合成，并将所建立的合成方法学应用到具有抗肝癌活性的“类天然”倍半萜二聚体、三聚体、四聚体的高效合成中。

该研究丰富了蒿属植物中倍半萜二聚体的化学结构类型，并通过化学合成解决了活性先导化合物的来源，为新型抗肝癌候选新药研究提供了重要的化学和药理学基础。相关研究在 *Acta Pharmaceutica Sinica B* (1 区, IF 11.4), *Organic Chemistry Frontiers* (1 区, IF 5.3)、*Phytomedicine* (1 区, IF 5.3)、*Organic Letters* (1 区, IF 6.0) 等杂

志上发表研究论文 7 篇，申请发明专利 6 项。



工作进展类：

昆明植物所全面支撑和保障 COP15 大会工作

抓住 COP15 大会在昆明举办的重大机遇，全面参与融入，高水平建成“生物多样性体验园”，被云南省确立为 COP15 两个室外核心展览活动之一，被 COP15 国家执委办列入中国《成功举办总体方案》。中共中央政治局常委、国务院副总理韩正、《生物多样性公约》秘书处、生态环境部等相关部委以及地方省市领导现场考察体验园给予高度评价。我所在生物多样性研究、保护和利用领域的成果受到国内外同行和媒体广泛关注，中央电视台《新闻联播》、《焦点访谈》、《朝闻天下》、《新闻直播间》、《晚间新闻》等连续报道。承办中科院生物多样性成果发布会，地球生灵之美专题展等取得预期成效。



野外台站建设取得重要突破，支撑平台持续获表彰

2021 年，丽江森林生物多样性国家野外科学观测研究站正式进入国家站行列，打破了我所国家级野外台站零的历史；高黎贡山森林生态系统野外科学观测研究和红河农林复合生态观测站两个所级站同时升级为云南省级站；滇东南热带山地森林野外科学观测研究站加入中国森林生态系统定位观测研究网络（CFERN）。我所布局建设的 5 个野外研究台站（丽江站、白马站、红河站、高黎贡站、屏边站）已逐步成为野外观测和研究设施齐全、数据积累丰富、科研成果突出、后勤保障完善、对外开放合作、具有鲜明特色和影响力的综合型科技支撑平台。重大科技基础设施和大型仪器开放共享连续四年获科技部、财政部考核优秀，是全国七家连续四年获优秀评价单位之一。我所科学数据中心在 2020 年度中科院考核中名列第一。



标本馆年度新增馆藏量创历史新高

标本馆（KUN）2021 年度（2020 年 12 月至 2021 年 11 月期间）新进标本量达 85086 份，刷新年度新增馆藏量历史新高。新进标本包括真菌 13425 号、地衣 2019 号、苔藓植物 1330 号，蕨类植物、裸子植物和被子植物 68312 份，其中种质库凭证标本 25894 份，第二次青藏高原综合科学考察研究项目标本 22620 份，各研究组及标本交换等途径 19798 份。馆藏标本数量和特色是标本馆的核心竞争力之一。不断扩大的馆藏规模对研究所战略生物资源整体水平和科技创新目标实现具有重要意义，对国家生物资源保护和可持续利用发挥重要支撑和保障作用。

