

## 发现·进展

中国科学院大连化学物理研究所

## 提升共价有机框架材料光催化制氢性能

本报讯(记者孙丹宁)中国科学院大连化学物理研究所研究员周旭凯等通过巧妙的构象异构设计,合成4种拓扑结构相同但氮锚定位点各异的共价有机框架(COF)材料,系统揭示了氮原子位置对铂(Pt)催化剂分散状态及光催化析氢反应(PHE)性能的调控机制。近日,相关成果发表于《德国应用化学》。

光催化制氢是实现清洁能源转换的关键技术之一,其中Pt是常用的高效助催化剂,它的锚定与分散对反应效率具有决定性影响。然而,由于载体表面存在化学异质性,如何在原子尺度精确调控金属催化剂的锚定位点仍是挑战。

COF因其可编程的拓扑结构和明确的孔道环境,为在原子层面研究金属-载体相互作用提供了理想平台。研究团队采用“氮原位移工程”策略,构建了4种异构体——烯烃连接的COF-A1/A2和亚胺连接的COF-I1/I2。这些材料具有相同的六方孔道拓扑,氮锚定位点沿孔道径向距离实现了埃米级精确调控。团队通过原位光沉降法负载Pt后,发现氮原子位置可影响Pt物种的沉积形态。多项表征结果表明,亚胺连接的COF-I2能同时稳定Pt<sup>+</sup>单原子和金属态Pt团簇,形成双活性位点,而烯烃连接的COF-A2则主要锚定Pt单原子。

机理研究表明,COF-I2-Pt的优异性能源于Pt团簇与单原子之间的协同效应。密度泛函理论计算表明,Pt团簇作为空穴接力中心,单原子作为电子捕获位点,二者之间的电荷重新分布有效促进了光生电子-空穴对的分离,并优化了质子吸附与还原动力学。飞秒瞬态吸收光谱进一步证实,COF-I2-Pt中关键电荷分离态的长寿命是其高效析氢的主要原因。

该研究实现了对载体锚定位点几何结构的精确调控,为理性设计原子级精确的光催化剂提供了新思路。

相关论文信息:<https://doi.org/10.1002/anie.202524704>

中国医学科学院阜外医院

## 找到调控盐敏感高血压新靶点

本报讯(记者张思玮)国家心血管病中心/中国医学科学院阜外医院顾东风院士与鲁向锋教授团队的一项研究,首次阐明“肠道-酰基肉碱”轴对血压盐敏感性的关键调控作用。研究证实,肠源性代谢物异戊酰肉碱在高盐膳食下显著下降,进而诱发盐敏感性高血压,而补充该代谢物具有明显降压效果。近日,相关研究成果发表于《自然-通讯》。

作为高血压首要膳食危险因素,高盐摄入对不同个体血压的影响存在显著差异,即“血压盐敏感性”。盐敏感性不仅使高血压发病风险更高,也使血压控制难度显著增加。肠道作为膳食盐的首要接触器官,其微生物生态系统与盐敏感性的关联长期未被充分解析。

鉴于此,研究团队开展多中心膳食盐干预研究:500余名受试者在23天内依次完成基线观察、低盐(3克/天)及高盐(18克/天)干预,同步采集血压、粪便及血液样本,进行宏基因组测序与靶向代谢组分析。通过构建“肠道菌群-代谢物”调控网络,研究团队识别出异戊酰肉碱为核心调控分子。

这一发现随后在独立膳食盐干预研究中得到验证:高盐饮食可显著降低血浆异戊酰肉碱水平,且盐敏感个体的下降幅度较非敏感个体更明显。近4000人的前瞻性队列研究进一步证实,基线异戊酰肉碱水平最高组人群,随访5年新发高血压及血压状态进展风险较最低组降低30%。

在机制研究层面,结果显示,与单纯高盐膳食组相比,补充异戊酰肉碱可使大鼠收缩压下降14.2mmHg、舒张压下降8.8mmHg,且能有效改善血管内皮依赖性舒张功能。该代谢物无论通过皮下注射还是口服给药,均表现出稳定降压效果。

鲁向锋表示,该研究揭示了“高盐膳食-肠道微生物-酰基肉碱代谢-高血压”的全新调控通路,为盐敏感性高血压的发病机制提供了关键理论支撑。研究提示,在传统减盐策略之外,通过调节肠道微生物或补充异戊酰肉碱等特定肠源性代谢物,有望为盐敏感人群提供精准预防与干预的新路径。

相关论文信息:<https://doi.org/10.1038/s41467-025-67513-x>

华东理工大学

## “电子围栏”提升丙烯环氧化反应活性与选择性

本报讯(见习记者江庆龄)华东理工大学教授段学志、特聘研究员陈文尧团队提出并构建了一种全新的“电子围栏”策略,通过在金(Au)-分子筛界面精准组装亚稳态铑(Rh)原子层,实现对Au活性位电子态的有效调控,显著提升丙烯环氧化反应的活性与选择性。相关研究成果日前发表于《美国化学会志》。

Au催化剂因其对深度氧化反应的抑制特性,在烯烃选择性氧化等绿色转化过程中表现出独特优势。然而,Au对氢气与氧气的活化能力有限,使其在丙烯一步环氧化等反应中的本征活性受到明显制约。传统的双金属合金化策略虽可提升反应速率,但往往伴随着副反应,影响反应选择性。在增强Au催化活性的同时维持其高选择性,仍是该领域亟待解决的关键科学问题。

针对该挑战,研究团队通过精确调控Au-Rh前驱体还原动力学,在Au和钛硅分子筛(TS-1)界面构筑出亚稳定的“汉堡式”异质结构,使Rh原子层选择性嵌入并隐匿于Au-载体界面。一方面,该结构在空间上抑制Rh位点直接参与反应;另一方面,在电子层面形成界面“电子围栏”,有效限制电子向载体流失,使Au由常见的Au<sup>+</sup>态转变为更具反应活性的Au<sup>0</sup>态。

研究发现,适量Rh可在纳米尺度诱导形成亚稳定的“汉堡式”构型,而过量Rh则导致结构转变,进而暴露Rh活性位点并引发副反应。而通过精确调控Au和Rh的比例,研究团队实现了结构构型、电子态分布与催化性能之间的最优协同。机理研究进一步表明,富电子的Au<sup>0</sup>位点显著促进氢气与氧气的协同活化,增强关键活性中间体的生成,驱动丙烯环氧化。

“电子围栏”策略表现出良好的可推广性,在丙烷选择性氧化制丙酮反应中同样实现了活性与选择性的同步提升,为高能选择性氧化催化剂的设计提供了新思路。

相关论文信息:<https://doi.org/10.1021/jacs.5c02753>

## 在世界屋脊当“树医”,开出“树癌”处方

■本报记者 冯丽妃

在青藏高原南部,雅鲁藏布江干流自西向东蜿蜒流过,孕育出典型的高寒河谷生态系统。这里空气稀薄、紫外线灼人,却活跃着一个科研群体——他们既是种树人,也是“把脉问诊”的“树医”。

我国人工林保存面积居世界第一,这道“绿色长城”从东北一直延伸至青藏高原。有国际媒体曾惊叹:“中国在世界屋脊造出面积堪比法国的最大人工森林。”然而,在这片被称为“世界屋脊”的土地上,极端环境也给人工林带来严峻挑战:树皮溃烂、枝干解体,甚至是整株死亡……一种被称为“杨树癌症”的腐烂病,正悄然侵蚀着绿色屏障的根基。

如何让世界屋脊上的人工林不仅种得活,还活得久、长得稳?过去几年,中国科学院青藏高原研究所(以下简称青藏高原所)、四川大学、北京林业大学等机构的科学家组成的跨学科团队,给高原人工林开出一系列“科学处方”。

## 种树也讲“男女搭配”

几年前,西藏自治区重大科技专项“山水林田湖草沙冰生态系统保护与修复”(以下简称重大科技专项)课题启动,其中有一个子课题是“雅鲁藏布江河谷人工林示范研究”,其核心目标之一就是破解如何在高寒地区种好树的难题。

四川大学教授张胜是这项子课题的负责人。他和团队在雅鲁藏布江河谷中开展人工林的监测研究,逐步摸索出“门道”:选择生长快、适应性强的杨树和柳树作为“先锋树种”只是第一步,更关键的是要讲究科学的“男女搭配”。

“城市绿化为避免飞絮,往往只种雄株。”张胜解释道,“但我们研究发现,在高原的干旱、低温等逆境下,雌树和雄树各有优势。”

他们发现,雌性柳树在干旱、低温胁迫下能保持较高的水分含量、生长速率快,根系发达;而雄性杨树则在低温胁迫中能积累更多抗氧化物质,在防御体系上更具优势。进一步研究表明,雌性柳树倾向于通过氨基酸和糖醇的积累维持细胞活性;雄性杨树则主要通过黄酮类物质增强防御反应。这种“生长”与“防御”上的优势差异,能够使人工林在生态恢复中形成互补,更好维持生态系统的长期稳定性。

重大科技专项负责人、青藏高原所研究员梁尔源表示:“在青藏高原这种环境严酷、物种更新缓慢的区域,如果人工林只种雄树,等于人为切断了物种自我繁殖



张胜(左一)与团队在采集样品。受访者供图

的通道。我们不能把人工林建成‘静止的风景’,它应当是能自我繁衍、动态演替的生态系统。”

高原人工林多建于离城镇20公里以上的生态脆弱区,以防风固沙、水源涵养为考核目标,而非景观绿化,因此“飘絮”并不会影响居民生活。不过,为了避免潜在的飞絮影响,团队还创新采用了嫁接技术,以抗逆性强的雌柳为砧木,嫁接不飞絮的雄杨,在保留抗逆优势的同时兼顾了环境友好。

研究进一步发现,人工林的稳定不仅需要“男女搭配”,更需要“树种多样”。在雅鲁藏布江流域的混交林,深根的北京杨、侧根发达的银白杨与根系浅层扩展的旱柳,共同为土壤微生物构建了一个多样化的三维栖息空间,极大丰富了土壤微生物的多样性。“这种混交模式构建了复杂、稳定的地下微生物共生‘互联网’,而微生物群落多样性的增加,显著增强了土壤的固碳能力。”张胜说。研究团队的测量数据显示,该区域杨树人工林的地上碳汇能力已达到每公顷20~30吨,与我国杨树人工林的平均水平相当,成为一个潜在的碳汇增长点。

## 阻击“树癌”

在青藏高原种杨柳科植物,每一株都依赖人工扦插,凝聚着人力付出。然而,“杨树癌症”腐烂病的蔓延,让保活成为另一场硬仗。

2022年,青藏高原所和北京林业大学联合科研团队挺进山南市乃东区雅鲁藏布江河谷,与西藏当地科研院所合作,展开系统攻关。

杨树占西藏人工林面积的45%以上,从拉萨、山南到日喀则乃至阿里地区,都能见到其身影。研究团队在野外调查中深切感受到问题的严峻:在“一江两河”流域及阿里等地,人工杨树林普遍出现大面积树皮腐烂、枝干枯死现象,且病情随树龄增长而加剧。而当地的病害绿色防控技术体系尚不完善。

高原腐烂病是如何产生的?如何才能实现高效绿色防控?

对此,研究团队展开了系统研究:在多个典型区域设置标准样地,进行详尽的每木调查与病情评估;采集病株与健康植株的样本,通过现代分子技术明确病原并挖掘有益微生物资源;在拉萨、日喀则等地设立百亩级示范片并划分试验小区,进行长期效果跟踪。

很快,突破随之而来。“我们从杨树树皮中成功分离出一种具有抑病功能的‘产氮假单胞菌’,实验证明它能显著抑制致病真菌——金壳囊孢菌。”青藏高原所研究员张更新介绍。

为验证防治效果,团队在示范林设置了物理防治、化学防治、生物防治和复合防治4种模式对比试验。结果显示,采用复合绿色防治模式——将树干刷白预防、病斑刮除、拮抗微生物菌剂定向施用相结合效果最佳,示范区杨树腐烂病持续控病率高达80%以上。

“研究初期,林间飘散着浓烈的酸腐味;后来,那股味道渐渐消散,取而代之的是愈加自然的森林气息。”张更新表示,这标志着杨树腐烂病防治取得阶段性胜利。

这项成果的背后,是跨机构、跨学科的高效协作:青藏高原所牵头整体技术路线设计与综合防控技术集成示范,北京林业大学聚焦病原机制与微生物互作,西藏本地科研院所则发挥本地化优势。“我们通过联合野外考察、定期线上会议,确保从基础研究到技术落地的全链条衔接。”张更新说。

更重要的是,这套在极端环境中锤炼出的绿色防控体系,具有全国推广价值。长期以来,我国人工林存在树种单一问题——“南方‘杉家浜’、北方‘杨家将’”,的现象,导致杨树腐烂病在北方也大面积发生。此次对高原病原特性、树木-微生物互作机制的深入解析,不仅为高原杨树健康保驾护航,也为北方杨树人工林的绿色治理提供了可复制、可推广的“西藏方案”。

## 种下希望

高原科研之路,从来充满艰辛。

“每次上高原,前3天高反最厉害。”张更新回忆,一次,研究团队在海拔4000多米高的山地工作到晚上7点多,一名学生身体虚脱。大家连夜驱车4个小时赶往县城,抵达时医院早已下班,所幸学生逐渐恢复,第二天才到医院做了检查。

但他也见过很多人未曾见的美景。在山南泽当防护林作业时,张胜和团队成员忽然看见河道尘土飞扬——10余只野鹿结队奔跑而过。“我们赶紧掏出手机拍照,虽然只拍到模糊的背影,但那一刻所有人都激动不已。”张胜笑着。还有的队员在距离沟口数十公里的干涸沟口遇见圆滚滚的熊和身手敏捷的藏猕猴。“这说明生态环境正在变好,人工林不仅固住了沙土,也为大型动物提供了栖息地。”他说。

张更新的多年研究同样写满“酸甜苦辣”。西藏地域辽阔、地形复杂,野外调查中他们经常穿越河谷、密林,日行数百公里,对体力和毅力都是考验;实验室里,从病原分离、微生物组测序到互作机制解析也会反复试错,失败是常态。张更新记得,一次,在日喀则采样时突遇暴雨,大家冒雨完成当天全部数据采集,回住处时全身湿透。“可整理样本时,心里却暖烘烘的。”他说,“高原科研不仅是技术攻关,更是一场人与自然的深度对话。”

留在张更新心底的,还有那个“甜蜜”的时刻——当团队首次从病树样本中成功分离出具有抑菌活性的“产氮假单胞菌”时,那种突破的喜悦令他至今难忘。

下一步何去何从?张更新表示,将向“系统解决”问题迈进,优化绿色防控技术标准,发掘高原特色植物微生物资源,推动微生物制剂产业化,建立病害长期监测网络,实现从“被动治疗”向“主动预警”转变。此外,还将推动技术跨区域延伸,积极与北方杨树种植区合作,服务全国生态安全。

张胜表示,团队将聚焦如何稳定和提升人工林的生态效益。一方面,针对特定病害开发绿色环保的制剂,进行病害的预防和防治,同时加强基础研究,培育一批抗病能力强的杨树新品种;另一方面,针对杨树人工林生态系统功能提升,通过人工接枝、施加外源无害物种等措施,增强土壤氮磷循环与碳汇能力。

“我们种下的不只是树,更是未来高原生态系统的韧性与希望。”回顾走过的路,梁尔源动情地说。

本报记者(记者高雅丽)记者

近日从中国气象局获悉,历时近三年的大型无人机青藏高原增雨雪试验取得阶段性成果。自2023年实现首飞以来,截至目前已累计开展飞行作业33架次、飞行时长超过106小时,有效填补青藏高原飞机人工影响天气作业的空白,为高原地区应对气候变化、助力生态修复、保障水安全等提供有力支撑。

20世纪90年代以来,青藏高原暖湿化趋势加速了高原冰川融化和多年冻土层退化,对高原植被、水资源安全等产生了重要影响。实施人工影响天气作业是开展水资源开发、生态修复和防灾减灾的重要途径,同时有助于破解青藏高原气候变化难题。2022年,在中国工程院院士徐祥德等专家倡议下,中国气象局人工影响天气中心联合西藏自治区气象局、青海省气象局等单位,在青藏高原“一江两河”流域、三江源等地启动了以大型无人机为主的地空一天综合探测与人工增雨雪科学试验。

试验团队克服高原环境复杂等困难,利用国产大型无人机平台安全稳定、载重能力强、续航时间长等优势,成功在海拔5000米以上空域系统开展气象探测与催化作业,验证了大型无人机在高原复杂环境下实施人工增雨雪作业的可行性。同时,开发了基于雷达、卫星多源资料的青藏高原典型云系增雨雪作业条件判识和效果评估方法,建立了西藏大型无人机人工影响天气业务流程及本地化业务平台。

在西藏自治区政府支持下,试验自2024年进入常态化业务阶段,产生了显著的经济、生态与社会效益。“一江两河”流域增雨作业影响区的植被指数显著提升,长势持续向好。

未来,青藏高原飞机增雨作业将继续常态化开展,持续提升作业能力和服务效益,为保护并修复高原生态、服务地区民生、应对气候变化等提供科技支撑与工程示范。



## 研究解开50年的误会:“广东莲桂”真实身份竟是黄樟

顶端膨大,且在果期发育为肉质肿胀的倒锥形,这或许正是Kostermans将这份标本归为莲桂属新物种的依据。

此后,《中国植物志》《广东植物志》以及英文版植物志Flora of China均认可广东莲桂作为一个独立物种的地位,并记载该种仅产于广东。然而,自广东莲桂发表以来,再未有人采集到该种的标本。

有趣的是,乍看之下,这份主模式标本与黄樟极为相似。黄樟在我国南部地区及南亚和东南亚广泛分布。值得一提的是,Kostermans在1970年的一份文献中,将一份存于印尼茂物植物园本馆的广东莲桂等模式标本引为黄樟。

为进一步明确广东莲桂的分类地位,曾佑派团队开展了细致的研究工作。他们仔细对比了广东莲桂和黄樟的模式标本,



①广东莲桂的主模式标本。  
②莲桂的野外照片(海南昌江)。  
③华南国家植物园保育的黄樟。  
研究团队供图

3年33架次 我国大型无人机青藏高原增雨雪试验成效显著