中国科学报

CHINA SCIENCE DAILY

中国科学院主管　中国科学报社出版　国内统一连续出版物号 CN 11－0084　代号 1－82

扫二维码 看科学报　扫二维码 看科学网

主办：中国科学院　中国工程院　国家自然科学基金委员会　中国科学技术协会

总第 8800 期　2025 年 7 月 25 日　星期五　今日 4 版

新浪微博 http://weibo.com/kexuebao　科学网 www.sciencenet.cn

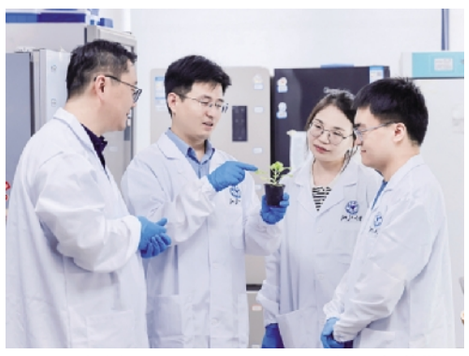
“分子考古”破解水杨酸合成之谜

■本报记者 崔雪芹 通讯员 查蒙

早在东汉时期，柳枝具有“祛风、止痛”功效就详细记载于《神农本草经》。19 世纪，人类首次从柳树中提取出止痛功效的关键成分——水杨酸，并进一步合成为闻名于世的药物阿司匹林。

水杨酸不仅是人类医药宝库的重要成员，也是植物抵御病害的关键激素，在农业植物抗病中发挥重要作用。然而，水杨酸在植物中的完整合成通路一直是个未解之谜。

7 月 23 日，浙江大学农业与生物技术学院研究员潘荣辉团队和研究员范鹏祥团队合作，在《自然》发表突破性研究，破解了植物合成水杨酸的谜题，重写了植物水杨酸合成的经典理论，有望为未来培育广谱抗病农作物提供全新的“导航图”。



研究团队在讨论。　浙江大学供图

探索一个全新的反应机制

作为植物防御系统的核心调控分子，当病原入侵时，水杨酸会吹响植物体抗病响应的“冲锋号”，激活植物中数百个防御基因，帮助植物抵御病原体的侵害。

水杨酸在植物中主要有两大来源通路。潘荣辉团队分析，在水稻、小麦、番茄、棉花等绝大多数植物中，水杨酸很可能主要来源于苯丙烷通路，但该通路的分子机制问题 60 年来悬而未决。“当前学界普遍认为，在该通路中苯甲酸作为羟化底物参与合成水杨酸，但这一过程的羟化酶始终未被鉴定出来。”潘荣辉说，这一知识盲区限制了作物抗病育种和研究的发展。

基于对植物细胞器功能、植物细胞代谢网络的长期研究和知识积累，团队在前期研究中，发现了特异性调控水杨酸合成上游通路的基因 CNL，迈出了破局的关键一步。

以 CNL 为“诱饵”，团队借助自主研发的人工智能工具，通过大量的多组学数据关联分析，在水稻中发现分布在植物细胞的过氧化物酶体、内质网和细胞质 3 个区室中的关键合成酶——酰基转移酶、羟化酶和水解酶。

“敲除水稻体内这 3 个蛋白后，水杨酸合成受阻。由此表明，这 3 个酶形成的代谢级联特异性地在植物细胞中合成水杨酸。”潘荣辉说。

“苯甲酸在这些敲除突变体中并不能转化为水杨酸，这让我们意识到，苯甲酸并不是水杨酸的直接前体。”论文共同第一作者、浙江大学农业与生物技术学院博士后王玉康说，这与传统理论认为的苯甲酸直接羟化生成水杨酸相矛盾。

“正是对细胞代谢网络的长期专注，让我们敢于跳出传统框架，探索一个全新的反应机制。”范鹏祥说。

环环相扣的假设与验证

酶是植物细胞内的“工匠”，各自在专属的“工作间”负责特定种类的工作。植物受到病原体刺激时，酶会被激活并同时开始“打卡上班”。结合发现的 3 种酶在细胞内代谢反应的时间、空间分布，团队一步步推导并验证水杨酸可能的合成路径。

实验一开始他们就遇到了挑战。

“在敲除转移酶的水稻突变体中外源添加苯甲酸后，水杨酸的转化并没有增加。我们怀疑实验是不是出错了，但重复多次依然显示一样的实验结果。”王玉康说，在与导师们交流后，他们大胆假设，苯甲酸可能不是直接反应物，而是需要先转化成另一种形态。

团队尝试把推测的中间产物苯甲酸苄酯添加到突变体中，结果令人振奋——水杨酸的合成恢复了正常。

为了“眼见为实”，团队采用同位素示踪技术，给反应中的苯甲酸装上“定位器”，清晰追踪到它先变成了苯甲酸苄酯。“这让我们意识到，旧理论的第一步就错了。生成水杨酸的真实前体是苯甲酸苄酯。”论文共同第一作者、浙江大学农业与生物技术学院博士生张文轩说。

在后续研究中，另一大难点是酶活性检测，尤其是第二步反应涉及的羟化酶。团队成员尝试了多种传统纯化方法，都未能测出酶的活性。这个酶很“挑剔”，只有在它专属的“工作间”内质网膜上才能正常工作。

“我们参考了大量文献，最终改进实验方法，成功在叶片‘工作间’内测到了酶的活性，并再次通过同位素示踪证明，它将苯甲酸苄酯精准转化为水杨酸苄酯。”论文共同第一作者、浙江大学杭州国际科创中心研究员宋书言说。

攻克了这两大难关，后面的水解步骤水到渠成。至此，一条全新的、由 3 个酶驱动的水杨酸合成通路被完整揭示。

多物种、跨学科的协同攻关

这项研究覆盖了大田粮食作物、主要园艺作物等多个植物物种。研究团队联合作物、园艺、植保学科的多个课题组，在水稻、棉花、番茄、小麦等多种作物上均验证了这条新通路的广泛存在和保守性。

“这个通路在多个主要粮食和园艺作物的抗病防御过程中具有广泛保守机制。”潘荣辉说，“如果没有多学科团队的鼎力相助，仅凭一己之力不可能完成如此系统的研究。”

中国工程院院士喻景权是这项研究的参与者，见证了整个研究历程。他说：“这项研究既像一次‘分子考古’，破解了千年草药和农作物中活性物质的合成之谜，也为人类未来应对全球农作物病害挑战提供了新的理论基础和精密工具，为未来可持续农业发展奠定了一块重要基石。”

相关论文信息：

https://doi.org/10.1038/s41586-025-09280-9

重温“两弹一星”精神 架好服务国家的科技史“桥梁”

■赵力

“两弹一星”事业是新中国科技发展史上的壮丽史诗。在中国科学院 2025 年度工作会议召开期间，我怀着崇敬之心参观了重新开放的中国科学院与“两弹一星”纪念馆。我深切感受到，“两弹一星”精神不仅是历史坐标，更是照亮科技强国之路的永恒火炬。

作为新中国成立后的大科学工程，“两弹一星”诞生于国家百废待兴、冷战阴云笼罩、西方核讹诈的艰难时期。在如此困境下，其成功不仅是科技发展史上的壮举，更是民族精神的生动写照。“两弹一星”工程探索出新中国科技体制的“集中力量办大事”模式，奠定了从基础到应用研究的科技体系基础。

科学史所组织编撰的学术著作《中华人民共和国科学技术史纲》。科学史所供图

漫步纪念馆，最直观感受到的是它的宏大——中国科学院组织全院 2/3 科研人员参与，围绕“四项紧急措施”新组建计算技术研究所、自动化及远距离操纵研究所、电子学研究所、半导体物理研究室，诸多重点行业、重要科研机构和方向皆因该工程而确立。如今，中国科研体系仍与“两弹一星”血脉相承，中国科学院也用实际行动践行着恪守国家战略科技力量使命定位、聚焦主责主业奋力攻坚的使命担当。

“两弹一星”事业生动诠释了自主创新的不可替代性。纪念馆中的陈列记录了科学家们在资源匮乏、技术封锁下，突破核武器、导弹和人造卫星等核心技术的艰难历程，成为自主创新的典范。钱学森、郭永怀等科学家放弃海外优越条件，克服困难回国，当个人研究方向与国家需求发生冲突时，毫不犹豫服从大局。这种爱国、团结协作、无私奉献的精神也成为后来载人航天精神等伟大精神的源泉。在新时代，面对国际科技竞争和“卡脖子”问题，我们应传承和弘扬“两弹一星”精神，让科技攻关与科学家精神相互促进，为实现科技强国目标注入强大动力。

科技史是连接过去与未来的桥梁。中国科学院自然科学史研究所（以下简称科学史所）是我国成立最早、规模最大、实力最强的科技史研究机构，是具有国际影响力的世界三大综合性科学技术史研究机构之一。多年来，科学史所聚焦于研究科学技术的历史、本质和发展规律，认知科学技术与社会、政治、经济、文化等的复杂关系，研究和传播科学思想，为国家科学思想库与科技智库建设、文化建设和综合人才培养作出了独特贡献。科学史所组织编撰的《中国近现代科学技术史研究丛书》《中华人民共和国科学技术史纲》等重要学术著作，系统梳理了中国近现代科技发展的历史脉络，其中对“两弹一星”事业的研究占据了重要篇幅，不仅为科技史学科建设提供了坚实的理论支撑，也为公众深入了解“两弹一星”精神打开了窗口。

“十四五”以来，科学史所秉承“两弹一星”精神，在科技史领域聚焦主责主业，承担了国家“十四五”规划重大文化工程项目《（新编）中国通史》中国科学技术史卷的纂修任务，部署了中国科技传统及其现实意义研究项目。在系统梳理中国科技发展史的同时，科学史所进一步深入阐释中国科技的发展体系、脉络和内涵，以推动中国传统科技文化的创造性转化和创新性发展，提振文化自信和创新自信。

面对科技强国建设战略需求，总结中外科技发展的经验教训，科学史所梳理中国科学院院史，回应国家和科技界对创新问题的高度关切，并部署了“中外科技创新史比较研究——科技自立自强之路”“中国科学院学科发展史”等项目。在这个过程中，组建了“竺可桢科技史攻关突击队”，以基础研究领域、关键核心技术方向、重大工程成就等为重点，开展中外科技创新史比较研究，其中涵盖“两弹一星”专题，相关成果正在陆续出版。

同时，为顺应“数字中国”建设布局，科学史所正大力推动科学技术史学科数字化转型，综合运用信息化、数字化技术，探索新工具、新方法，开辟科技发展历史和战略研究的新路径，挖掘科技史宝库以为今用，提高科学研究和学术供给的效率。

面向未来，科学史所将继续服务国家重大战略需求，持续引领重大科技史攻关项目：通过组织跨学科、跨领域的科研团队，加强多学科交叉与国际化合作，深入挖掘“两弹一星”精神的历史内涵与时代价值，为我国科技史研究谱写新的篇章；通过强化使命导向团队建设，深化科技史研究成果多元应用，为抢占科技制高点任务实施提供更强大的精神动力。在新时代的征程中，推动我国科技史研究迈向更高水平，为科技强国建设贡献智慧与力量。

（作者系中国科学院自然科学史研究所党委书记、副所长，本报见习记者蒲雅杰采访整理）

一步到位完成“分离 + 储存”

科学家破解工业粗氢利用难题

本报讯（见习记者江庆龄）复旦大学未来能源高等研究院包信和院士、朱义峰青年研究员与北京大学马丁教授团队合作，发明了能“吃粗粮”的反相催化剂，让工业粗氢中的氢气精准“存”进液体，使用时再释放高纯氢，一步解决分离和储存两大难题，实现了工业粗氢的直接分离、存储一体化。相关研究成果近日发表于《自然－能源》。

氢能被视为未来清洁能源的“明星”，但当前超过 95%的氢气来自煤炭、天然气等化石能源的重整过程，以及钢铁、化工等行业排放的含氢废气。这些氢气也被称为“工业粗氢”，含有大量一氧化碳和二氧化碳（统称 CO_x）等杂质。现有的分离提纯技术复杂、成本高昂，这些粗氢资源难以直接用于氢燃料电池汽车等高端领域，造成了巨大的资源浪费。

为解决此问题，研究团队设计了一种“聪明”的新型反相催化剂，即基于 γ－丁内酯（GBL）/1,4－丁二醇（BDO）相互转化的催化循环，可精准调控粗氢中氢气组分的选择性活化，将其直接以催化加氢方式储存在液态 BDO 中，再通过高选择性脱氢反应，即时释放高纯度氢气。

这种催化剂能够精准“抓取”粗氢气中的氢气分子，而对 CO_x 等杂质“视而不见”。在此基础上，能够将粗氢中的氢气直接储存到 BDO 中。当需要纯净氢气时，只需对这个“储氢液体”进行简单的催化反应，就能释放出纯度极高、完全不含 CO_x 杂质、满足严格使用要求的氢气。

研究团队介绍，该催化剂体系具有 3 个主要优势。首先，“抗毒”能力强，在 CO_x 浓度超过 50%、170℃的条件下，催化剂依然能够高效工作，打破了传统催化剂容易因为 CO_x 中毒失效的局限。其次，流程简化，新技术一步到位完成“分离 + 储存”，大幅缩短了流程，显著降低了能耗和设备投资。最后，能够产出高价值、可直接用于燃料电池的高纯氢气。

相关论文信息：

https://doi.org/10.1038/s41560-025-01806-9

近日，由中国科学院南海海洋研究所等多家单位联合执行的“深蓝智能 i^3 航次”（以下简称“i^3 航次”）圆满完成。该航次自广东珠海起航，历时 5 天在南海北部成功实施“空－海－潜”三位一体无人集群试验，为海洋观测科学迈向智能无人化奠定技术基础。

“i^3 航次”是“深蓝梦想 2035”十年环球海洋科考计划的先行试验，集中检验了 10 余套国产设备，包括航磁无人机、智能海水取样无人机、无人潜器及无人船等的海上协同作业能力与数据采集性能。研究人员在南海北部陆坡区实现从高空到海面直至海底的“同点、同时、多平台”海上观测，获取了南海生态环境的宝贵数据。

图为无人机－无人船－无人潜器海上观测。

本报记者朱汉斌 通讯员李淑报道

中国科学院南海海洋研究所供图

青海太阳能利用研究入选联合国可持续发展案例

本报讯（记者甘晓）近日，2025 联合国可持续发展高层政治论坛（HLPF）在美国纽约召开。论坛在题为《五年时间进行修正：科学与工程助力世界重回正轨》的立场文件中，展示了此前在全球范围内筛选出的 17 个案例，主要反映科学技术在可持续发展领域的实际应用。由厦门大学讲席教授吕永龙提交的案例“可再生能源助力生态恢复：中国青海高海拔地区太阳能的多重益处”入选。

塔拉滩光伏园区。

海南州绿色产业发展园区管委会供图

该案例针对青海海南藏族自治州国家可持续发展议程创新示范区，展示了科技创新，尤其是可再生能源系统如何推进生态恢复和包容性治理，进而促进可持续发展目标的实现。

该案例以建设在海拔 3000 米、荒漠化土地上的海南州塔拉滩光伏园区为研究对象。园区占地 4.2 万公顷，每年发电量超过 210 亿千瓦时，整个生命周期所产生的电量足以抵消 7000 万吨二氧化碳的排放。

研究发现，太阳能基础设施可以减少风蚀、降低蒸发量并增加夜间土壤湿度，通过改变当地的微气候促进了生态恢复。遥感、环境建模和实地试验指导了植被恢复工作，超过 1.49 万公顷的退化土地得以恢复，植被覆盖率在短短 5 年内达到了 80%。

除了生态影响外，项目还推动了包容性的农村发展。例如，“太阳能 + 草牧”模式将太阳能能源生产与有组织的牲畜放牧相结合，形成了基础设施与农业之间的协调关系。每年节省饲料成本约 720 万元；提供了 1726 个永久性工作岗位，其中近 1/3 由当地居民担任；周边社区居民的家庭收入提高了 20%至 30%；支持成立了 18 个负责土地管理和经济利益共享的村合作社。

总之，该案例有助于实现多个可持续发展目标，包括 SDG1（消除贫困）、SDG7（经济适用的清洁能源）、SDG8（体面工作与经济增长）、SDG13（气候行动）以及 SDG15（陆地生物）等。

研究团队认为，将可再生能源、生态修复和地方治理相结合的综合方法能够推动脆弱环境的可持续转型。该项目为全球干旱和高海拔地区提供了一个可复制的模式。其成功表明，多方利益相关方的参与、政策支持及科学协调对于推广复杂的可持续发展解决方案至关重要。

据悉，论坛立场文件旨在为 HLPF 的可持续发展目标实施工作提供详实证据及具有实际可操作性的见解。纳入文件的 17 个案例由国际科学理事会与世界工程组织联合会共同领导的联合国科学与技术界主要工作组于 2025 年初在全球范围征集，经严格筛选后于 6 月 30 日提交论坛。

美国再次“退群” 联合国教科文组织：已做好准备

寰球眼

本报讯 7 月 22 日，美国国务院宣布美国再一次退出联合国教科文组织（UNESCO），结束了其短暂重返该组织的历程。这一决定将于 2026 年 12 月 31 日生效。美国曾于 1984 年和 2017 年两次退出 UNESCO，又于 2003 年和 2023 年重返该组织。

UNESCO 总部位于法国巴黎，在 50 多个国家设有办事处，支持生物多样性、儿童教育、缩小科学领域的性别差距和保护自然遗产等项目。这类工作在低收入和中等收入国家尤为重要。UNESCO 还帮助经历战争的国家培训教师和重建大学，支持开放科学，并于 2023 年发布了首份全球《生成式人工智能在教育和研究中的应用指南》。

据《自然》报道，研究人员表示，美国退出 UNESCO 对全球科学和教育合作是一大打击。美国宾夕法尼亚大学的 Daniel Wagner 表示：“退出 UNESCO 从来都不是明智之举，现在尤其不是好时机。”

美国加利福尼亚大学欧文分校的 Barbara Finlayson-Pitts 表示：“美国的退出将使其处于明显劣势。”她认为，这一举措削弱了美国在气候变化等关键议题的全球讨论中的地位。

Wagner 补充说：“对于在教育领域应用人工智能或提高低收入国家识字率等代际挑战和机遇，美国本可以发挥作用，而现在是损人不利己。”

这一决定并不令人意外。美国陆续退出了联合国或与联合国有关的机构和条约，包括世界卫生组织和 2015 年《巴黎气候协定》。

UNESCO 总干事奥德蕾·阿祖莱在一份声明中表示，UNESCO 已经为美国的决定做好了准备。美国上一次退出 UNESCO 是在 2017 年，即美国总统特朗普的第一个任期内，切断了该机构 22%以上的资金。根据 UNESCO 的说法，此次美国退出不会像 2017 年那样造成严重打击，因为该国拨款现在只占 UNESCO 目前 9 亿美元年度预算的 8%。

（文乐乐）