



# 植物“自产药”让细菌“乖乖投降”

■本报记者 王一鸣 冯丽妃

水稻白叶枯病、番茄青枯病、猕猴桃溃疡病……这些细菌性病害会引发作物叶斑、枯萎、腐烂，严重时会造成作物绝收。

然而，传统抗菌农药不仅种类匮乏，而且大多采用铜制剂和抗生素等方式“无差别杀菌”，对环境并不友好。同时，抗生素还容易产生耐药性。对此，两个科研团队合作找到了一种植物“自产药”——芥酸酰胺，其能让细菌自我“拆台”“缴械”投降，从而达到抗病目的。

近日，这项耗资 15 年的研究成果发表于《科学》，被国际审稿人评价为“植物免疫领域令人激动的发现”。参与研究的两大主角分别是深耕植物免疫领域的周俭民团队，来自中国科学院遗传与发育生物学研究所（以下简称遗传发育所）和崖州湾国家实验室；在天然产物合成与化学生物学、新药发现方面造诣深厚的雷晓光团队，来自北京大学。

## 一场持续 15 年的“接力赛”

时间回到 2008 年，周俭民偶然读到一篇文献。文献指出，当植物宿主的免疫系统被激活后，病原细菌向宿主细胞分泌毒性蛋白的装置——Ⅲ型分泌系统就会突然失效。这个装置如同病毒“注射器”，能将毒性蛋白注入植物细胞。若其失灵，细菌便无法致病。

植物体内究竟发生了什么？周俭民对此很好奇。

他大胆提出一个假说——植物可能藏着某种小分子或化合物，专门干扰病毒“注射器”。他想把这个隐藏的“武器”找出来，对付植物细菌。但要从成千上万种植物化合物中找到这个目标，无异于大海捞针。

2010 年，雷晓光团队的加入让周俭民有了强大的队友。他们像侦探一样，协力“追踪”隐藏在植物体内的神秘抗病因子。

尽管雷晓光团队在化学物质分离方面经验丰富，但要捞到那根“针”也绝非易事。“我们要找的是完全未知的对象，就像开盲盒一样，全然不清楚会分离出什么。”雷晓光对《中国科学报》说。

这项持续 15 年的研究究竟有“多难产”？周俭民记得，最初因为实验设计上的一个疏忽，分离出一个假阳性分子，两年的努力“打了水漂”。之后，该团队的助理研究员王伟与北京大学的博士生张健等人连续研究了 8 年，才分离出一个真正的活性分子。虽然其对细菌有一定抑制

作用，但并不是他们最期望的那个分子。

之后，两个团队的更多学生展开“接力赛”，论文共同第一作者、遗传发育所已毕业博士生廖佩与北京大学已毕业博士生王海军都参与其中。直到 2022 年底，他们才从拟南芥中提取出化合物，再通过层层分离、活性测试，最终锁定一种不起眼的分子——芥酸酰胺。

其实，芥酸酰胺在工业上常用作润滑剂，但它在植物抗病方面的功能此前无人知晓。它是如何让植物细菌“哑火”的？为了解其背后机制，合作团队进一步采取“靶点垂钓”策略——将芥酸酰胺作为“鱼钩”，利用化学生物学技术“钓”出与其结合的细菌靶点蛋白 HrcC。他们发现，芥酸酰胺就像一把精准的小扳手，能专门靶向 HrcC，“拧松”细菌针头的“基座”，让整个“注射器”散架。

“也就是说，虽然细菌还在，但它已经不能注射毒素了，只能‘乖乖投降’，失去了危害植物的能力。”周俭民解释说。

## 抗菌病害新思路

为了验证该发现的有效性，合作团队将研究搬到了湖北的农田。他们先用芥酸酰胺溶液浸泡番茄幼苗根部，再将其移栽到田地里，发现其对植物的保护效果不亚于市场上的铜制剂农药和抗生素。初步试验还发现，如果将芥酸酰胺溶液喷洒到感染病害的植物表面，几小时就能快速、高效地阻断细菌攻击。

“更重要的是，芥酸酰胺的稳定性高，对温度、湿度变化均不太敏感，合成成本也很低，每亩地仅需几元钱，且对环境无害。”周俭民说。

他表示，我国许多地区长期受植物性细菌病害侵袭，如在福建、浙江等地，一场台风会让水稻白叶枯病病原肆虐，使叶片干枯、大幅减产。在广西、广东等南方湿热区域，番茄、土豆、花生、辣椒等作物感染青枯病病原，会造成巨大的经济损失，严重时甚至污染农田土壤，给来年的作物种植带来挑战。

周俭民印象深刻的是，2016 年四川农业大学一位老师给他发来的资料显示，当年四川省重点扶贫地区苍溪县的猕猴桃因为溃疡病病原肆虐，许多果园被摧毁、撂荒。这让周俭民十分痛心。

而这项基础研究的突破，为清除植物细菌性病害带来了全新的解决方案。“传统农药多是无差别杀菌，但芥酸酰胺选

择性地让致病菌‘缴械’，而不影响其他微生物。”雷晓光说，这就好像警察只没收歹徒的凶器，而不伤及无辜。这种精准对抗策略，既能保护作物，又维持了土壤微生物群的平衡。

在雷晓光看来，这项研究带来的更大启示在于学习自然界的智慧。“在与微生物长达数十年的进化博弈中，植物进化出的抗病策略或许能帮人类找到更多的‘绿色武器’。”

## 在信任中彼此成就

谈起研究走向成功的秘诀，周俭民和雷晓光不约而同地回答：“团队合作、优势互补。”

“如果没有雷晓光，我们团队现在可能还在‘盲人摸象’。”周俭民笑言，自己化学基础薄弱，实验中的很多环节仅靠单打独斗很难完成。

他举例说，在实验室发现芥酸酰胺的紧要关头，该化合物的抑菌活性数据却忽高忽低，这让团队一度陷入困惑。直到雷晓光团队发现，某些塑料器皿会释放微量芥酸酰胺，干扰实验结果，他们才改用玻璃器皿，重新验证所有步骤。

“所以，我们的合作是‘两条腿走路，缺一不可’。”周俭民说。

雷晓光团队凭借精湛的化学技术，从植物中萃取活性物质、分析分子结构、合成衍生物、发现生物靶标与分子机制；周俭民团队则专注于解决生物学问题，研究这些物质对植物抗病的影响。双方优势互补。

15 年的科研之路并非一帆风顺，但双方始终保持信任。“遇到困难的时候，我们从没怀疑过对方团队的能力。”雷晓光说。

研究团队期待，下一步能与企业合作，推动相关研究落地，将芥酸酰胺作为绿色农药使用，替代高风险的铜制剂和农用抗生素，让农民用上便宜又环保的“植物自产药”。

他们还希望通过基因编辑让作物自身合成更多芥酸酰胺，从而催生新一代“免疫增强型”农作物。“我们在水稻中初步验证，改造后的植株对白叶枯病的抗性显著提升。”周俭民对记者说。

研究团队表示，农药喷洒与抗病育种这两种应用方式，未来或能覆盖主粮、果蔬等不同场景，尤其对猕猴桃溃疡病等“无药可治”的病害意义重大。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1126/science.ads0377>

# 长距离安全量子通信研究获突破

本报讯（记者王敏）中国科学技术大学潘建伟、彭承志、廖胜凯等与合作者在国际上首次实现量子微纳卫星与小化、可移动地面站之间的实时星地量子密钥分发，在单次卫星通过期间实现了多达 100 万比特的安全密钥共享。在此基础上，研究团队和南非开普敦大学科研团队合作，在中国和南非之间相隔 12900 多公里的距离上建立了量子密钥，完成对图像数据“一次一密”的加密和传输。该工作为实用化卫星量子通信组网铺平了道路。3 月 20 日，相关研究成果在线发表于《自然》。

《自然》审稿人称该成果是“技术上令人钦佩的成就”，代表了“基于可信节点量子星座提供广域卫星量子密钥分发服务的长足进步”，并“展示了卫星量子密钥分发技术的成熟，是实现量子与经典通信卫星星座的里程碑”。《自然》还以《向长距离安全量子通信的现实飞跃》为题刊发研究简报。

通信安全是国家信息安全和经济社会发展的重要基础。基于量子密钥分发的量子保密通信是迄今唯一可实现“信息论可证”安全的通信方式，将大幅提高现有信息系统的传输水平。利用卫星平台进行自由空间量子密钥分发，有望实现全球范围的量子保密通信。由于“墨子号”量子卫星无法直接覆盖全球且成本较高，发射多颗低成本量子微纳卫星并实现

组网运行，已成为构建高效率、实用化、全球化量子通信网络的迫切需求。

在系列技术突破的基础上，研究团队研制了国际首颗量子微纳卫星“济南一号”，并于 2022 年 7 月 27 日成功发射入轨。研究团队进一步发展了小型化地面站系统，重量低于 100 千克，可适应城市、山区、高原等各类环境，原理上已可支撑移动量子通信。

在此次研究工作中，量子微纳卫星“济南一号”与济南、合肥、南山、武汉、北京、上海、南非开普敦等地面光学站建立光链路，实现实时星地量子密钥分发实验。星载量子诱骗态光源平均每秒发送 2.5 亿个信号光子，结合上下行光通信实现密钥的实时提取，一次过轨对接实验可生成 25 万至 100 万比特的安全密钥，平均成码率可达 3000 比特每秒。以量子微纳卫星“济南一号”作为可信中继，研究团队进一步实现了地面相距约 12900 公里的北京站和南非开普敦布站之间的密钥共享和数据中继。

研究人员介绍，该研究为未来发射多颗微纳卫星构建量子星座奠定了坚实基础，不仅为大规模实用化量子通信网络的建设提供了关键技术支撑，也为量子互联网的全球部署开辟了新的发展路径。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1038/s41586-025-08739-z>



量子微纳卫星“济南一号”星地量子密钥分发实验示意图。中国科学技术大学供图

# 分子开关新机制助力肿瘤免疫治疗

本报讯（实习生孙梦洁）上海科技大学副教授王峰团队联合中国科学院分子细胞科学卓越创新中心研究员许琛琦以及国外研究人员，首次阐明了免疫检查点 LAG3 受体激活的分子开关机制，并开发了基于功能性生物标志物的疗效预测体系，为靶向免疫检查点的精准治疗提供了新策略。3 月 17 日，相关研究发表于《细胞》。

免疫检查点是 T 细胞表面的抑制性受体，肿瘤可通过激活这些受体抑制 T 细胞功能，从而实现免疫逃逸。免疫检查点抑制剂可解除这种抑制作用，激活机体的抗肿瘤免疫响应。然而，LAG3 免疫疗法的临床响应率仍不高，如何精准筛选可能获益的患者群体成为当前亟须突破的临床瓶颈。

研究团队对 LAG3 蛋白的翻译后修饰进行了系统分析，发现 LAG3 受体结合配体后，

其 K498 位点发生快速多泛素化修饰。这一泛素化修饰是开启 LAG3 免疫抑制功能的分子开关——在静息状态下，LAG3 的胞内关键信号域被埋藏在细胞膜中，隔离信号传导；当配体与 LAG3 受体结合后，泛素化修饰可促使 LAG3 的胞内信号域从细胞膜中释放出来，有效激活 LAG3 的免疫检查点功能。这种由泛素化介导的“埋藏—释放”动态调控机制，揭示了一种全新的受体活化方式。

研究团队进一步开发出一种新型疗法预测生物标志物。临床研究中，该标志物能够准确区分治疗获益人群，获益组较非获益组表达水平提高 51.7 倍，而传统表达生物标志物仅显示出 6.5 倍的差异，且无统计学意义。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1016/j.cell.2025.02.014>

# 从杂交水稻到人工智能 中国对外援助“小而美”项目共创“大心愿”

■新华社记者 王慧慧 曹嘉羽

开展 1700 多期援外人力资源开发合作项目，计划向全球南方国家提供 10 万个研修培训名额，数字经济和人工智能成为援外新关注点……

3 月 17 日在京举行的国家国际发展合作署例行记者会上，新闻发言人李明介绍了中国对外发展援助“小而美”项目的最新进展和未来计划。

作为高质量共建“一带一路”的合作优先事项，中国援外“小而美”项目接地气、聚人心、低成本、可持续，在全球各地特别是全球南方国家落地生根，成为中国开展国际发展合作的亮丽名片。

长期以来，中国重视对接受援方需求，对外发展援助具有鲜明时代特色，在农业、医疗卫生等领域，一批项目叫得响、立得住、传得快，擦亮民心相通的金字招牌。

在莱索托，“10 平方米菌草栽培模式”让当地农民年产 1.2 吨新鲜菌草，生活有了保障；从中国引进杂交水稻后，布基纳法索粮食产量大幅提高，基本实现大米“零进口”；在马达加斯加，中国援建一条 19 公里的公路，连接该国重要鸡产区，显著改善养殖户鸡蛋运输条件减少鸡蛋破损，当地人亲切地称之为“鸡蛋路”……

中国开展以青蒿素为核心的大规模国际抗疟援助，累计提供青蒿素药品数十亿剂，仅撒哈拉以南非洲地区就有约 2.4 亿人受益。

一粒种子使三餐有了着落，一条道路使生活更有奔头，一款药剂为健康保驾护航。

援坦桑尼亚宽带项目，使该国电话资费降低 58%、互联网资费降低 75%；推动建设中非卫星遥感应用合作中心，利用数字技术提高防灾减灾、应对气候变化能力；为巴基斯坦、老挝、埃及等 15 个国家和国际组织援建数字基础设施项目，涵盖互联网、电子政务、智能交通……

既“授人以鱼”，又“授人以渔”，这是中国

对外发展援助“小而美”项目的突出魅力。今年的政府工作报告提出，推动高质量共建“一带一路”走深走实。统筹推进重大标志性工程和“小而美”民生项目建设，形成一批示范性合作成果。

2025 年，中国援外“小而美”项目有哪些新进展？

随着中国科学技术水平长足进步，数字经济、人工智能、航空航天、蓝色经济……这些前沿领域，正成为援外的新关注点。

2021 年揭牌运营的埃塞俄比亚鲁班工坊，被非盟确定为面向全非洲的高素质技能人才培训中心，在工坊实训室门口的照片墙上，张贴着企业主动寄来的毕业生工作照。如今，鲁班工坊的毕业生已遍布非洲多个国家。

“专业设置面向工业传感器、机电一体化、工业控制、工业机器人等四个方向。”鲁班工坊共建方埃塞联邦职业技术培训学院院长加布雷格齐亚贝说，“随着鲁班工坊惠及更多国家，将帮助更多非洲年轻人实现高质量就业。”

“国家国际发展合作署 2025 年计划实施 2000 余个援外培训项目，培训 5 万多人，涵盖联合国 2030 年可持续发展议程 17 项目目标。”李明说，“未来中方将紧密围绕三大全球倡议设计项目，向全球南方国家提供 10 万个研修培训名额。”

大道不孤，众行致远。

据悉，中方汇聚多元发展资源，把 40 亿美元的全球发展和南南合作基金打造成多边“小而美”民生项目的主要动力源，目前已包括联合国开发计划署、粮食计划署、工业发展组织在内的 20 多个国际组织在基金框架内开展合作。

“我们将继续统筹推进重大标志性工程和‘小而美’民生项目，推进全球发展倡议落实落地，为实现联合国可持续发展目标注入新动能。”李明说。

一个个“小而美”的项目，正汇聚成共同创造更加美好生活的“大心愿”。

# 国产大型无人运输机 TP1000 成功首飞

近日，我国完全自主研发的大型无人运输机 TP1000 在山东成功首飞。这是国内首款按照适航程序研制的载重 1 吨级、具备空投功能的大型无人运输机。此次首飞标志着我国在高端无人航空装备领域实现又一重大突破。

据介绍，TP1000 可更好服务于应急救援和抢险救灾，将于 2026 年投入运营。另外，与此前的 TP500 相比，TP1000 具有载重更大、航程更远的特点。二者将形成高低搭配的大型货运无人机产品组合，从而满足快速发展的低空货运需求。

图片来源：视觉中国



# 8 天变 9 个月 美滞留太空宇航员终返地球



据新华社电 在国际空间站滞留超过 9 个月的美宇航员威尔莫尔和威廉姆斯搭乘美国太空探索技术公司“龙”飞船于美国东部时间 3 月 18 日返回地球。

一同返回的还有美国宇航员尼克·黑格和俄罗斯宇航员亚历山大·戈尔布诺夫。

据美国航天局直播，搭载这 4 名“Crew-9”任务宇航员的“自由”号“龙”飞船于美国东部时间 3 月 18 日 05 分（北京时间 3 月 18 日 13 时 05 分）脱离国际空间站启程返航。经过近 17

个小时飞行后，飞船于美国东部时间 3 月 18 日 17 时 57 分（北京时间 3 月 19 日 5 时 57 分）在佛罗里达州附近海域溅落。

在溅落点附近等待的回收船对飞船进行打捞和安全回收。待飞船被抬升至甲板上固定后，舱门打开，4 名宇航员在医疗团队协助下依次出舱，他们面带微笑向迎接团队挥手致意。据介绍，他们将接受常规医疗检查，随后乘飞机前往位于休斯敦的美国航天局约翰逊航天中心与家人团聚。

威尔莫尔和威廉姆斯去年 6 月 5 日搭乘美国波音公司“星际客机”飞船赴国际空间站，执行该飞船首次载人试飞任务。这艘飞船 6 月 6 日飞抵空间站，原定 6 月 14 日返航，但由于出现推进器故障和氮气泄漏等问题，返航时间一再推迟。出于安全考虑，美航天局最终决定让“星

际客机”在 9 月 6 日脱离空间站不载人返回地球，而这两名宇航员于今年 3 月改乘“龙”飞船返回地球。他们返回前在太空总共停留 286 天。黑格和戈尔布诺夫于 2024 年 9 月 28 日搭乘“自由”号“龙”飞船飞赴空间站，在太空停留 171 天。

据美航天局介绍，4 名宇航员在太空期间进行了诸多科学实验和技术演示，包括太空微生物研究、太空环境如何影响人体健康及植物生长、卫星新材料研究等。威廉姆斯以职业生涯总计 62 小时 6 分的太空行走时长创下女性航天员最长太空行走纪录。

“龙”飞船是美国首个由私营企业建造并运送宇航员往返空间站的载人飞船，也是自美国航天飞机之后首个获美航天局认证的常规运送宇航员往返空间站的新型载人飞船。（谭晶晶）