



# 为端牢“中国饭碗”，他们在黑土地打了场“保卫战”

■本报记者 赵宇彤

新一年的春播即将到来，广袤的黑土地上又将是一片繁忙景象。

“一两黑土二两油，插根筷子能发芽。”肥沃、珍贵的黑土地，也被称作“耕地中的大熊猫”，但长年高强度耕作和风、水及冻融侵蚀，使得东北黑土区耕地土壤出现“变瘦、变薄、变硬”现象。

为端牢“中国饭碗”，2021 年，中国科学院联合东北三省一区实施“黑土粮仓”科技会战，集结院内 27 家研究机构、院外 71 家单位共计 1300 余人，中国科学院东北地理与农业生态研究所（以下简称东北地理所）担任“先锋队”，矛头直指黑土地保护与利用。

经过近 5 年攻关，无数喜讯传来：建成 7 个核心示范区，黑土耕作厚度增加 14 厘米，产量提升 10%以上；土壤侵蚀率降低 80%，耕地质量提升 0.5 个等级；示范面积 19.3 万亩，累计推广应用 5.45 亿亩……

今年 1 月，“黑土粮仓”科技会战重大任务团队被评为“中国科学院先进集体”。对这些扎根黑土地的科研人员而言，他们探索的步伐仍在继续。

## 让黑土地重拾活力

尽管已经过去了 23 年，东北地理所研究员梁爱珍依旧记得初次踏上黑土地的场景。

“每天都灰头土脸的。”梁爱珍回忆道，2003 年春天，她第一次参加春播时发现，田地光秃秃的，风一吹就扬尘。富含有机质的表层土壤被大风吹走了，黑土地如何支撑“大国粮仓”？科研人员的眉毛拧成了一团，他们想到了秸秆覆盖还田保护性耕作。

农作物收获后，将剩下的秸秆直接粉碎，均匀地铺在地表，作为一层盖在田里的“被子”，保水抗旱、防风固土，减少有机质流失。然而，对农民来说，这种想法并不靠谱。

“他们不相信在秸秆铺满田地的情况下，玉米、大豆能正常破土生长。”梁爱珍告诉《中国科学报》。对科研人员来说，秸秆覆盖还田效果如何，他们心里也在打鼓。

此前，春播工作以小型播种机和人工播种为主，后者需要先开裸露的地表上开一条浅沟，再依靠人工播种、施肥。因此，要实现秸秆覆盖还田，首先要解决播种机的问题。

当时，尽管经费有限，科研团队还是花费 20 多万元购进了一台四行牵引式免耕播种机。“早在 2001 年我们就



梁爱珍在监测土壤二氧化碳排放速率。受访者供图

吉林省德惠市中层典型黑土上建立了我国第一个黑土保护性耕作定位试验基地。”梁爱珍表示，2004 年他们在基地周边开始小范围尝试，2007 年在吉林省梨树县开始示范。

“机器在前面跑，我们在后面追，时不时停下来检查播种、施肥情况。”每操作一条垄，梁爱珍和同事就要趴在地上，仔细查看播种质量。“我的导师，东北地理所研究员张晓明常说，每年从播种到出苗前，他都睡不好觉，总是担心种子能不能顺利破土。”

能不能顺利春播、播种效果如何、产量能否提升……梁爱珍和团队成员心里总悬着无数个问题。经过多年的技术验证，在团队共同努力下，农民逐渐接受了这一种植模式。

下一个难题接踵而至，怎样更广泛地进行技术推广。张晓平带领团队与吉林省康达农业机械有限公司合作，促成了免耕播种机的国产化和批量化生产。2013 年，团队在原有机械基础上研发出新一代免耕播种机，解决了市场上免耕播种机播种深度不一、肥料箱内置轴承容易卡死等问题，并通过与农业机械生产企业合作实现该机械的产业化生产。

2021 年，梁爱珍成为中国科学院“黑土粮仓”科技会战长春示范区青年突击队队长。针对当地农业资源禀赋与气候特征，她带领团队构建了以秸秆覆盖带耕作、覆混耕作技术为核心的“梨树模式 2.0”，推动土壤持续培肥，保障粮食稳产增产，让黑土地重拾活力。

“在中国科学院‘黑土粮仓’科技会战中，经过近 5 年的攻关，我们围绕黑

## 打造“海绵农田”

这场黑土地上的“保卫战”共建立 7 个万亩示范区，示范面积 17.13 万亩。三江平原便是其中之一。

尽管三江平原耕地集中连片，但由于地处湿润区，传统顺坡或横坡耕作方式不当，极易造成严重水土流失，一场雨就能冲掉半寸黑土，导致耕层变薄、变硬。此外，低洼内涝耕地面积大，气候低温冷凉，严重限制了地力与产能提升。

作为中国科学院“黑土粮仓”科技会战三江示范区青年突击队队长，东北地理所研究员刘焕军带领 28 家单位、140 余位学科专家走进三江平原。2022 至 2023 年间，他们在北大荒集团黑龙江友谊农场先后组织了 3 次百人规模的天、空、地立体监测实验。

通过协调国产卫星同步开机观测，利用 20 颗空基系列和高分系列卫星过境 120 次左右，团队快速标记水土流失严重区域，捕捉田块内的微地形起伏和作物长势差异，对黑土地耕地产能和质量进行了多次细致的“体检”，在每一块地建立“地块画像”档案的基础上，获取了时空精准的水土流失程度数据。

基于对黑土地耕地质量的精准“把脉”，刘焕军团队构建了黑土地耕地质量多维度天空地立体监测技术与预警系统，不仅生成个性化的施肥“处方图”，快速、量化诊断耕地白浆化程度，为三江平原低产白浆土大面积改良、培肥提供精确指导，还构建了变量施肥技术体系，解决了在地形、土壤质地、人为耕作等因素影响下旱田长势与质量差异显著的问题。

此外，刘焕军还带领团队与北大荒集团合作，构建小流域尺度耕地全要素米级时空大数据。他们通过阐明田块内与田块间的水、土、肥的运移规律，结合不同微地形的走向、宽窄、暗管、草水道、条耕等条件，形成了坡耕地水蚀智能化防控综合技术体系，打造“海绵农田”，不仅可以在缺水时把水“锁住”，还能让多余的水按照设计方向和速度流走，减少土壤侵蚀。

刘焕军介绍，这一技术使水分利用效率提高 30%，粮食增产 5%至 22%，水土流失减少 70%以上，入选 2026 年黑龙江省农业主推技术，并获评北大荒农业新质生产力发展优秀成果。

## “一盘棋”迎难而上

“在中国科学院‘黑土粮仓’科技会战中，经过近 5 年的攻关，我们围绕黑

土地保护与合理利用做了大量工作，不仅摸清了黑土地的资源状况，也研发了大量黑土地保护相关技术，实现了黑土地保护与利用理论研究、技术研发和示范推广的科研新范式。”东北地理所所长姜明告诉记者。

充足的粮食储备是保障国家粮食安全的“压舱石”。“黑土粮仓”年粮食产量占全国的 1/4。但 20 世纪初，受人口大规模迁徙和土地大范围垦殖的影响，东北黑土区农业开发利用强度持续上升，黑土层流失加速，土壤有机质也逐年递减。打响黑土地“保卫战”成为当务之急。

针对这一难题，中国科学院“黑土粮仓”科技会战专项规划了退化阻控、健康培育、生物驱动、智能农机、天空地感知、全域定制六大攻关任务，设立了齐齐哈尔、大河湾、大安、长春、沈阳、海伦、三江七万亩示范区，形成科技支撑“一盘棋”，为黑土地保护与利用提供系统、科学的解决方案。

经过近 5 年攻关，“梨树模式 2.0”“龙江模式”“三江模式”“大河湾模式”“大安模式”等不同的农业耕作种植模式接连涌现，有效整合了增施有机肥、秸秆还田、轮作休耕、种植绿肥、种养结合等多种措施，构建了具有区域特色的农机农艺融合新体系。

农业技术示范与推广的效果如何，最终还要靠老百姓求证。“先进技术必须兼具实用性和前瞻性，完成当前粮食安全保障的国家使命，服务农业强国建设目标。”姜明说。

目前，“黑土粮仓”科技会战交出了一份亮眼的成绩单：完成全国首套典型黑土区 10 米空间分辨率土壤有机碳遥感制图；创新提出以内稳性力提升为核心的黑土地退化阻控与健康培育理论，研发了坡—沟侵蚀综合防治技术体系；建立了基于固相育种芯片的大豆智能育种技术体系，大豆新品种“东生 22”入选全国推广面积前十榜单，“东生”系列大豆年均推广面积超 1300 万亩；“鸿鹄”系列智能农机/具打破了国外技术垄断，构建伏羲大脑智慧农业管理系统，支撑了国家智慧农业行动计划实施……

“面向未来，我希望在现有耕地保护基础上，在产能提升方面进行更多探索，为国家粮食安全作出更大贡献。”姜明说。

## 我身边的双先

# 神舟二十一号航天员完成第二次出舱

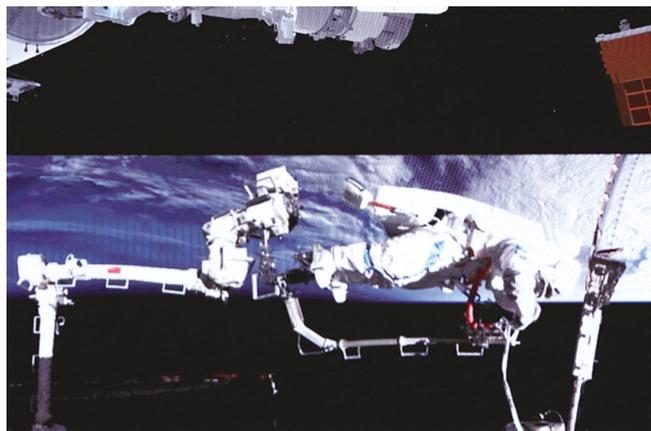
本报讯(记者甘晓)据中国载人航天工程办公室消息，北京时间 3 月 16 日 19 时 35 分，经过 7 小时的出舱活动，神舟二十一号乘组航天员张陆、武飞、张洪章密切协同，在空间站机械臂和地面科研人员的配合支持下，圆满完成空间碎片防护装置安装等任务。出舱航天员张陆、武飞已安全返回舱内，出舱活动取得圆满成功。航天员张陆已按计划进行 6 次舱外活动，成为目前在舱外执行任务次数最多的中国航天员之一。

神舟二十一号航天员乘组自 2025 年 12 月 9 日圆满完成首次出舱活动以来，完成了空间站内设备检查与维

护、环境监测、健康管理等工作，开展了交会对接、医疗救护、应急救援等在轨训练，承担的空间生命科学与人体研究、微重力物理、空间新技术等领域实(试)验项目稳步推进，并在轨度过了马年春节。

目前，3 名航天员在轨工作已超过 4 个月。按计划，飞行任务期间还将实施航天员乘组出舱活动，持续开展相关科学实验与技术试验。

▶ 神舟二十一号航天员完成第二次出舱。张帆/摄



# NASA 终止 X 射线探测任务



本报讯 日前，美国国家航空航天局(NASA)取消了一个原本计划实施的下一代 X 射线空间望远镜项目。据《科学》报道，先进 X 射线成像卫星(Axis)是竞标 NASA 耗资 10 亿美元的天体物理学两个“探测级”任务之一，原计划于 2032 年发射。但该项目负责人、美国马里兰州的 Christopher Reynolds 表示，

NASA 总部近日通知他，该方案不再具备入选资格。

“探测级”任务是美国在 2021 年发布的天体物理学十年规划中提出的，旨在比“旗舰级”任务更快地推进太空探测。其中，Axis 的设计目的是研究超大质量黑洞的形成与演化、气体和尘埃在星系中的流动，以及驱动超新星、伽马射线暴和其他宇宙爆发现象的能量机制。另一个“探测级”任务则是远红外天体物理探测任务。

NASA 方面称，Axis 被取消资格的原因是，项目组提交的最新研究报告

预算超支 10%。Reynolds 则将这些问题归咎于负责方案开发的 NASA 戈达德太空飞行中心内部管理混乱。去年美国白宫实施的削减成本措施导致 20 名 Axis 工作人员退休或辞职，那时正值研究报告起草的关键阶段。

此外，美国特朗普政府提交的本财年预算申请也计划取消整个“探测级”任务计划，这进一步阻碍了 Axis 推进工作。NASA 将提交研究报告的截止日期从 2025 年 12 月中旬延长至 2026 年 1 月下旬，但 Reynolds 表示，即便如此，该团队最终仍被迫提交了一份不完整的报告。

“之所以作出这一决定，不是出于对 Axis 技术的质疑，也并非 NASA 对 Axis 科学价值的否定。”Reynolds 在社交媒体上表示，“坦率地说，我非常愤怒，Axis 最终成为 2025 年混乱局面的牺牲品。”

现在，X 射线天文学家正面临观测资源枯竭的难题。该领域目前的主要研究工具是 NASA 于 27 年前建成的钱德拉 X 射线天文台，但其同样面临被终止的风险。此外，欧洲的 XMM-Newton 望远镜已显露出老化迹象，其他 X 射线探测任务则饱受故障困扰。(李木子)

# 我国地下水监测能力显著增强

据新华社电 记者 3 月 16 日从水利部了解到，我国目前已建成世界范围内覆盖地下水类型最全、监测要素齐全、技术领先的国家级地下水自动监测系统。我国地下水监测能力显著增强。

地下水是经济社会发展不可或缺的水资源和战略资源，对维系生态环境健康具有重要作用。2015 年，水利部联合相关部委启动实施国家地下水监测工程，2020 年工程竣工验收，建成 2 万余处国家级地下水监测站，构建国家级地下水监测系统全链条架构，创新提出地下水监测站建设、数据交换与存储、数据治理、产品与

应用服务四个技术体系，实现“建设—管理—应用”整体技术创新。

当前，全国 2 万余处国家级监测站成为地下水超采监管的“千里眼”和“顺风耳”。随着综合治理工作的深入推进，以及地下水开发利用严格管控与保护措施的有效实施，与 2020 年相比，2025 年底华北地区地下水水位总体回升，治理区浅层地下水水位平均回升 3.76 米，深层地下水水位平均回升 7.65 米。京杭大运河、永定河、漳沱河等一大批断流多年的河流全线贯通，白洋淀等一大批萎缩的湖泊生态系统恢复健康。(魏弘毅)

# 科学家破解烯烃制备炔烃难题

本报讯(记者崔雪芹)北京大学教授焦宁团队借助一种钨试剂，攻克了自 1861 年以来烯烃合成炔烃反应条件苛刻、适用范围窄的难题，为结构多样性炔烃的快速获取及新药研发奠定了基础。相关成果 3 月 17 日在线发表于《自然》。

如何将廉价烯烃高效转化为炔烃，是科学界持续关注的焦点。团队另辟蹊径，没有选择 160 余年来都在使用的卤素，而是设计并寻找具备活化与离去双重优越能力的新型试剂。团队经过系统研究，结合氧化和卤化体系中针对硫、钨试剂的催化性能研究，最终发现一种诞生于 1896 年的含钨杂环分子——钨酰，兼具这种对炔烃“上得去、下得来”的双重潜力。这枚积攒历史尘埃的“旧钥匙”，被团队用来打开一道尘封了 160 余年的“锁”。

深入研究发现，钨酰具有独特的结构与活性，只需一步即可大量制备、纯化简单、稳定易储存。尽管其自身无法直接与炔烃发生反应，但经团队发展的级联活化策略，该试剂展现

出优异的对炔烃加成“上得去”的活性，并在弱碱、温和条件下完成“下得来”的过程，且可被回收循环使用，从而高效驱动烯烃向炔烃的转化。该方法由于条件温和，展现出优异的官能团兼容性，具有广泛的底物适用范围。通过对反应机理的深入解析，团队以反应中间体为切入点，发展了一系列立体的选择性转化策略。

研究首次实现了以丰富多样的商品化与天然来源的烯烃为结构模板，快速获取炔烃。该方法有望拓宽炔烃的合成途径，为释放炔烃化学的应用潜力奠定基础。更重要的是，炔烃向炔烃的转化通道已被打通，这将有望革新合成设计理念——通过先前无法实现的路线设计，加速含炔功能分子的创制并降低成本。此外，鉴于炔烃骨架在药物与天然产物中普遍存在，这一块基化改造方法也为相应功能分子的结构修饰提供了便捷工具，有望助力“老药新用”。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10372-3>

# 从“弹药库”到“智能锁”：水稻与病毒的高阶攻防

■本报记者 李晨

想象一下，植物体内有一座高度自动化的“抗病毒弹药库”。当病毒入侵，弹药库便被激活，持续生产精准打击病毒的“弹药”——小干扰 RNA，这是植物最古老、最核心的防御系统。而病毒则进化出了“特工”——效应蛋白 P3，潜入并“切断”这座弹药库的“通信线路”，使其瘫痪。

近日，福建农林大学教授吴建国团队联合美国加州大学河滨分校教授丁守伟、清华大学研究员闫利明在《细胞》发表研究，完整揭示了这场“攻防战”的全貌。

他们发现，维系这条“通信线路”的是一种传统上被认为主要调控植物分蘖、生长的激素——独脚金内酯。而“特工”P3 则通过冒充“自己人”，精确阻断了独脚金内酯信号的传递。基于此，团队设计出让病毒“特工”无从下手的“智能锁”，成功培育出既能强效抗病毒又几乎不影响产量的新型水稻。

## 一场“全链条”科研攻关

在吴建国看来，从分子机制到田间材料的全链条创新是一个完整闭环，这也是这项成果获得了审稿人高度评价的关键。那么，“全链条”攻关是如何进行的？

论文共同通讯作者、福建农林大学副教授赵珊珊介绍，团队首先需要证实独脚金内酯通路是否真的参与抗病毒。研究发现，当独脚金内酯信号受阻时，水稻对多种病毒更加易感，表明独脚金内酯介导了一种广谱抗性。

更重要的发现是，在突变体中，抗病毒 RNAi 系统的核心“弹药”——病毒来源的小干扰 RNA 和负责持续生产弹药的“工厂”——RDR1 和 RDR6 基因活性都显著下降。进一步研究证实，独脚金内酯控制的不是防御启动，而是防御信号的持续性放大。

病毒不会坐以待毙。研究的下一个关键是揭示病毒的反击策略。

闫利明介绍，他们利用冷冻电镜成功解析了病毒蛋白 P3 与水稻独脚金内酯受体 D14 的复合物结构。高分辨率图像下，病毒的“阴谋”一目了然：P3 蛋白巧妙地“挤占”了植物内源信号分子 D3 的位置，竞争性结合在 D14 蛋白的相同区域。这就如同病毒派出的“特工”，卡住了信号接收器的“锁孔”，从而阻断了整个独脚金内酯信号的向下传递。

“当看到这一结构时，我们最大的感受是惊喜，因为这与我们的分子生化实验完美契合、互相佐证。同时，也震撼于小小的病毒竟能进化出如此精准的反防御策略。”闫利明说。“这项研究首次在分子机制层面清晰阐明了独脚金内酯信号通路对水稻抗病毒 RNA 干扰的正向调控作用，实现了该激素信号与动植物中最



福建云霄基地抗病毒种质资源。受访者供图

古老、最核心抗病毒防御机制的贯通。”中国科学院院士、清华大学教授谢道昕认为，这无疑是植物激素与免疫交叉领域的一项重大原创发现。

## 从“看得见”到“改得了”的跨越

既然病毒阻断独脚金内酯信号会导致植株既感病又矮化，那么独脚金内酯信号调控发育和免疫是不是同一回事？

团队通过遗传实验发现，在独脚金内酯缺陷突变体中单独过表达 ONAC131，可以恢复抗病毒能力，却无法逆转矮化、多分蘖的发育表型。

中国科学院院士、中国农业科学院研究员钱前赞扬了这一点：“这项研究一个重要的科学贡献，在于揭示了独脚金内酯信号通路在调控植物发育与免疫过程中的‘分兵之道’。”这意味着，独脚金内酯信号通路可以通过不同的下游分支，分别、独立地调控发育和免疫。这为解决作物育种中长期存在的“抗病与高产相矛盾”的经典难题提供了全新的理论支点——或许可以只精准增强免疫分支，而不触动发育分支。

据此，团队设计出能够逃避病毒劫持的突变体，实现从“看得见”到“改得了”的跨越。“更重要的是形成了从基础发现到实际应用闭环。”丁守伟说，通过单碱基编辑将这一优良突变精准导入水稻，实现抗病不减产，提供了一条无需引入外源基因的抗病毒育种新路径。

田间试验表明，改良后的水稻对病毒表现出显著增强的抗性，同时其株高、分蘖数、产量等关键农艺性状与原始品种没有显著差异，真正实现了“抗病不减产”的目标。

“抗病育种长期存在‘抗性’与产量常常难以兼顾’的关键难题，该研究提供了具有实践意义的解决路径。”中国科学院院士、中国科学院分子植物科学卓越创新中心研究员何祖华评价，该工作为理解植物与病毒“道高一尺，魔高一丈”的攻防博弈提供了经典范例，并为设计抗病高产作物新品种奠定了坚实理论与技术基础。(下转第 2 版)