



探明“绿色基因”—— 他们让玉米育种实现“三全其美”

■本报记者 李思辉 通讯员 晏华华 唐瑞婕

玉米是我国种植面积最大、产量最高的农作物，也是主力饲料作物。然而，国内杂交种玉米籽粒蛋白含量普遍只有 8% 左右，无法满足畜禽养殖业对饲料蛋白的需求，蛋白缺口往往只能靠进口大豆来弥补。数据显示，我国大豆进口量常年在 1 亿吨左右，对外依存度超过 80%。这意味着，我国玉米蛋白含量每增加 1 个百分点，就相当于多出 800 万吨大豆蛋白。

让玉米既当“能量源”，又当“蛋白罐”，实现一物两用，并在此基础上减少氮肥使用、减轻土壤负担，这种三全其美的梦想，华中农业大学作物遗传改良全国重点实验室、湖北洪山实验室严建兵教授团队苦苦追寻了十多年，最近终于取得关键突破。

该团队与合作者利用多组学技术，借助前期发展的 CUBIC 群体系统，找到了一个能同时撬动高产、高蛋白、少施氮肥的“绿色基因”。相关研究 6 月 29 日在线发表于《自然-遗传学》。

鱼和熊掌可以兼得

这项研究并非从一个已知基因开始，而是从玉米不同器官的代谢差异入手。

论文第一作者、团队成员金敏介绍，在严建兵带领下，团队对人工构建的 1404 份玉米多样性群体进行代谢组检测，既看叶片，也盯籽粒，像抽血化验一样，鉴定出 86 个关键代谢物，再结合基因组、转录组、代谢组数据，绘制出一张从遗传位点到代谢物变异的“调控路线图”。

这张图发现，叶片和籽粒的初级代谢调控路线中只有 6.9% 是共用的，绝大多数路线是“各走各的”，这说明营养器官和籽粒对代谢物的调控是两套系统。而全基因组有 16 个热点区域，集中控制着碳氮循环的核心路径。

顺着这张图，团队验证了几个已知



严建兵(右二)与团队成员在田间做研究。华中农业大学供图

基因后，意外发现“宝藏”——位于玉米 5 号染色体上负责编码氨基酸转运蛋白的基因 ZmAVT1A-1。它编码一种定位在细胞“储料罐”(液泡)膜上的氨基酸转运蛋白。

如果把液泡比作细胞的“氨基酸仓库”，那么 ZmAVT1A-1 就是仓库出口的那个调度阀，负责把储存的氨基酸释放到细胞质，再通过韧皮部精准“配送”到发育中的籽粒，变成储藏蛋白。

团队做了两套对比实验：敲除这个基因后，低氮条件下玉米叶片提前衰老发黄，相对叶绿素下降，单株产量也降低了；过表达该基因后，植株持绿性增强，最终单株产量和籽粒蛋白含量双双提高。

“高产和高蛋白，通常是负相关的‘鱼和熊掌’，但我们发现的这个‘调度阀’却能把氮素从茎秆等营养器官更高效地输送进籽粒，让玉米既增产又增蛋白，实现了鱼和熊掌兼得。”严建兵说。

既要又要还要

氮是蛋白质的原料，长期以来，农业生产领域通过施用大量氮肥以提高

玉米蛋白含量。然而，在绿色农业和“双碳”目标背景下，减少氮肥投入已成为农业可持续发展的迫切要求。如果能在提高玉米蛋白含量的同时降低氮肥投入，将产生巨大的生态效益。

“这就好比既要籽粒满仓，又要蛋白管饱，还要让土壤少负担。破题的关键在于进一步提升氮的利用效率。”严建兵介绍，奇妙的是，这个“调度阀”在低氮条件下反而更“卖力”。它通过提高氮素的利用效率，让玉米在少施化肥的情况下依然高产、高蛋白。这恰恰契合“双碳”目标和绿色农业的需求。

据介绍，ZmAVT1A-1 在天然玉米群体里有 3 种型号(单倍型)。其中两种型号被“捣乱分子”(转座子)插入了“调度阀”内部，导致调度功能大幅下降，氨基酸分配效率降低，氮素不能高效分配到籽粒中。而那个标准版无插入型号，原本在玉米的祖先大刍草中占 89%，是最强“调度阀”，但在现代高氮肥的富养环境下，它的优势被掩盖了，频率反而降到 59%。

两个带转座子插入的失灵“调度阀”，因为附带了降低株高和延迟开花的副作用，迎合了育种工作者对矮化抗倒伏的偏好，在热带地区被广泛选用；而标准版无插入型号因削弱延迟开花的副作用，在低纬度地区流行起来。

研究人员解释，这背后是一场与农业生产条件有关的选择。在过去氮肥投入相对充足的环境中，氮素再分配效率

的差异不易显现，株高和花期的变化却更直观，也更容易被育种者选择。于是，原本有利于高效氮利用的单倍型，逐渐被忽略。

“换句话说，过去几十年，为了追求株型紧凑和适应性，我们悄悄换掉了那个高效‘调度阀’，选用了低功率版本。如今，这个被冷落的高效‘调度阀’重新焕发光芒，它可以在不施或少施化肥的前提下，让玉米自己把氮素分配得又快又准，达到高产、高蛋白的效果。”严建兵说。

玉米育种有望“智能调度”

“由 ZmAVT1A-1 专门负责氮素的高压输送”，由其他基因降低株高和调整开花期，通过分子标记辅助选择，育种工作者完全可以把这 3 个优点叠在一起，实现矮秆抗倒、适期成熟、低氮条件下高产高蛋白的协同。”严建兵说。

目前，该团队已将 ZmAVT1A-1 开发为分子标记，纳入湖北洪山实验室自主研发的育种芯片中。作为该实验室发明的“玉米基因组育种技术体系构建与应用”中的核心工具，该芯片已整合 100 多个功能基因的信息，并实现较大规模的应用。

利用这个芯片，科研工作者可对大量育种材料进行筛选，将不包含某个基因的材料排除，选择聚合了某些优异等位基因的材料，极大降低工作量，提升育种效率。

严建兵告诉《中国科学报》，接下来，这个“绿色基因”有望使贫瘠土地种出高产高蛋白玉米，同时助力全国玉米主产区大幅减少氮肥用量，实现“一石三鸟”。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41588-026-02655-2>

海洋转换断层“封存-排放” 循环机制获揭示

本报讯(记者陈欢欢)中国科学院技术大学教授张海江研究组与合作者利用东太平洋海隆 Gofar 转换断层密集海底地震仪数据，首次发现受半日潮调制的谐波震前信号，并揭示断层存在“封存-增压-破裂-排放”的周期性循环。相关研究成果近日在线发表于《科学》。

海洋转换断层是连接扩张洋脊的走滑边界，长期被视为简单的“保守型”板块边界。但近年证据显示，这类断层可能受岩浆和热液活动共同作用，具有复杂的三维结构。震前是一种持续的非脉冲地震信号，对潮汐等微小应力高度敏感，可用于追踪断层内的流体活动。然而，转换断层内是否存在震前信号，此前一直缺乏直接的观测证据。

研究团队利用 2019—2022 年布设的海底地震台阵数据，在 Gofar 转换断层识别出持续的谐波震前信号，其源区位于海底以下约 4.5 公里，恰好落在先前推断的“地震障碍区”。该区域能阻止大地震传播，却密集分布着微震活动。

研究发现，2020 年 9 月一次 4 级地震前，震前振幅与半日潮汐高

度相关，表明断层处于近临界状态。地震发生后，相关性迅速减弱，微震激增，波速比快速反弹，说明破裂打开了封闭裂隙，排出气体并注入流体。数周后，随着矿物沉淀逐步愈合裂隙，相关性缓慢恢复，开启新一轮循环。该模式在后续多次地震中重复出现。

基于此，研究团队提出“阀门式”循环模型：封存阶段，矿物沉淀封闭裂隙，深部岩浆持续产生挥发气体，孔隙压力升高，系统对潮汐高度敏感，产生震前；破裂阶段，地震打开裂隙，排出气体，削弱潮汐-震前耦合，触发微震；封存恢复阶段，矿物沉淀再次愈合裂隙，系统回到封存状态，循环重启。

该研究首次在海洋转换断层发现潮汐调制震前，表明转换断层并非“保守型”板块边界，而是受流体、潮汐和岩浆共同调控的动态系统。该成果为认识海洋转换断层力学机制和地震危险性提供了新范式，对深海热液系统和成矿研究也具有启示意义。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1126/science.abc5665>

科学家首次在中心致密天体中 探测到射电脉冲

本报讯(记者甘晓)中国科学院国家天文台星际介质演化及恒星形成研究组与清华大学天文系团队合作，首次在长期“射电静默”的年轻中子星——中心致密天体(CCO)中探测到射电脉冲。这是人类几十年来首次成功实现此类探测，为理解年轻中子星的形成与演化提供了关键证据。相关研究近日在线发表于《自然-天文学》。

1967 年，脉冲星的发现开启了中子星研究的新纪元，并催生了两项诺贝尔物理学奖。然而，在已知的中子星家族中，始终存在一类特殊成员，它们位于超新星遗迹中心，在 X 射线波段明亮可见，具备年轻中子星的多特征，却长期未能探测到射电脉冲，因此被称为 CCO。

CCO 究竟是真正的“射电静默”，还是因为过于暗弱而难以被发现？该研究给出了明确答案。

研究团队利用南非平方公里阵列(SKA)先导阵列 MeerKAT 射电望远镜，对多个 CCO 目标开展深度搜寻，并在超新星遗迹 PKS

1209-51/52 中心首次探测到典型 CCO 1E 1207.4-5209 发出的周期约 424 毫秒的射电脉冲信号，确认了其射电脉冲星身份。

研究人员指出，在 MeerKAT 射电与 eROSITA X 射线合成图中，这颗中子星呈现出独特的“蓝眼”形态，被称为“蓝眼脉冲星”。其发现为开展射电辐射区、X 射线辐射区、吸收线形成区域统一关联研究创造了条件，有望深入揭示中子星磁层结构及其演化过程。

在科研团队看来，这项发现得益于 MeerKAT 超高灵敏度与针对 CCO 专门设计的观测方案的共同作用。研究团队充分发挥 MeerKAT 卓越的灵敏度优势，结合长时间定点观测和相干消色散等技术，最终从极其微弱的信号中识别出这一隐藏多年的射电脉冲星，展示了新一代高灵敏度射电望远镜探索宇宙隐藏天体的强大能力。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41550-026-02899-2>

一束激光贯地月 深耕致远铸匠心

■本报记者 袁一雪

云南高原幽深的夜晚，一束看不见的激光刺破苍穹，飞向 35 万公里外的深邃太空。2.3 秒后，一个微弱的光子如约回归。2025 年 4 月 23 日，中国科学院云南天文台(以下简称云南天文台)空间目标激光测距技术与应用研究团队(以下简称激光测距团队)首次实现地月距离尺度的卫星激光测距。3 日后，该团队再度向技术极限发起挑战，将观测的时间窗口从黑夜延伸至白昼，成功实现国际上首次白天地月空间卫星激光测距。

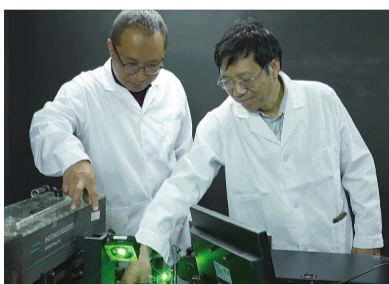
从黑夜测距到白昼测距的跨越背后，是激光测距团队五十载的执着坚守与技术传承。近日，这支以匠心突破技术壁垒、重塑深空探测格局的科研队伍荣获中国科学院第七届“科苑名匠”称号。

挑战极限，实现地月测距逆袭

精确测量地球与月球之间的距离，既能精准厘清地月系统演化规律、检验引力物理基础理论，也可作为月球探测、深空导航、大地观测提供高精度空间基准，是支撑深空探索与天文基础研究的重要前沿手段。

作为地月测距的核心关键手段，激光凭借高精度、高方向性优势，能够实现地月间毫米级精准距离测量。然而，激光测距技术却面临巨大挑战。“激光测距的信号强度与距离的 4 次方成反比，这意味着激光自地球发出后不断发散，到达月球时能量已微乎其微；反射回来再次发散，最后能被 1.2 米口径望远镜接收到的激光寥寥无几。”云南天文台副台长、激光测距团队负责人李语强告诉《中国科学报》，“在这种情况下，地月激光测距的难度相当于在万米高空空中一根移动的发丝。”

除信号衰减外，大气湍流干扰光路产生偏移，月球反射器姿态与月球天平动引入测量偏差；时空基准同步、



团队成员为 53 厘米双筒望远镜光学房调试光路。云南天文台供图

相对论效应修正、地面系统误差校准等多重问题相互叠加，严重制约着地月激光测距的精度与稳定性。

“我们这支团队从 1976 年就开展了地月测距研究。我老师的老师冯和生研究员就是参与人员之一。”李语强介绍说，当时科研条件简陋，设备精度与自动化水平更是无从谈起。“老一辈研究者提出过诸多探索思路，每一次尝试，每一次证伪，都是奔赴地月测距目标路上不可或缺的积淀。”他说。

岁月更迭，设备条件与科研环境持续改善，但前沿攻关核心技术难点始终存在。2013 年，团队计划采购关键红外探测器，却遭到国外拒绝，相关器件严禁对华出口。面对技术封锁，研究团队果断将重心转向国内协同创新，在国内调研硅基、锗碲砷等单光子阵列探测器。最终，他们 2015 年与南京大学超导电子学等国内多个团队联手攻关，尝试将超导单光子探测技术应用于激光测距望远镜。

在此后的两年半时间里，激光测距团队反复修正设计实施方案和系统调试方法。为抢抓观测窗口期，高效排查技术隐患，团队成员常常住在办公室，白天集中调试和优化系统设备，解决前一天发现的问题，夜晚继续值守观测，摸排系统运行问题，最长曾连续 17 天坚守岗位。

欧洲热浪创史上最高温与最高湿度纪录



本报讯 过去一周的热浪是欧洲有记录以来最热、最潮湿的一次，预计将导致数千人死亡。国际科研机构世界天气归因联盟的科学家们近日对该地区今年 6 月 26 日至 28 日“热穹顶”天气模式下出现的高温天气进行研究后发现，尽管太平洋有望生成“超级厄尔尼诺”现象，但它并未在此次热浪中发挥作用，全球变暖才是罪魁祸首。

该研究分析了在同样拥有“热穹顶”天气模式的 1976 年和 2003 年，出现类似日均最高气温的可能性有多大。“热穹顶”是指将热空气封闭在某一区域内，阻止冷空气进入，导致温度持续升高并引发极端热浪事件的自然现象。虽然这种天气模式并不罕见，但引发的高温却不同寻常。50 年前，典型

的 6 月热浪会出现在低约 3.5 摄氏度，像 6 月 26 日至 28 日这样的高温在当时发生的概率不到万分之一。

据报道，法国一个城镇的日间气温已超过 44 摄氏度，而西班牙部分地区夜间气温一直保持在 30 摄氏度以上。“如果没有气候变化，这种现象在 6 月是不可能发生的。”英国伦敦帝国理工学院的 Theodore Keeping 表示。

与此同时，湿度也达到了前所未有的水平。在英国，许多城市的湿度超过了 50%。露点温度，即水蒸气与水达到平衡状态的温度，达到了 20 多摄氏度，相比之下，在 2022 年 7 月创下英国最高气温纪录的热浪期间，露点温度只有个位数。

热浪来袭时不能只关注温度计上显示的湿度，还需要重视综合考量气温、湿度、风速等因素的“湿球温度”，该指标更能准确反映高温对人体健康的实际威胁。研究发现，湿球温度在近一半的欧洲城市已打破或预计打破历史纪录。湿度会放大健康风险，因为它会减缓水分蒸发，降

低出汗散热的效果。老年人或慢性病患者者面临的风险尤为突出。

自 6 月 21 日以来，欧洲已记录到超过 1300 例与高温相关的超额死亡。超额死亡数指特定地点和特定时期估计的总死亡人数与健康危机情况下的估计死亡人数之间的差额。虽然现在评估超额死亡人数还为时尚早，但此前的一项研究发现，2025 年 6 月和 7 月的一次规模较小的热浪在英国伦敦和欧洲其他 11 个城市造成 2300 人死亡。“这次热浪对北欧和中欧大部分地区的健康影响可能极其严重。”Keeping 表示。

研究人员强调，除非人们迅速削减化石燃料排放，否则热浪将变得更加猛烈且频繁。而作为全球变暖速度最快的大陆，欧洲尚未做好准备。在英国，仅有 5% 的家庭安装了空调。同时，研究人员认为，欧洲还应投资被动式降温技术，如建造隔热建筑、通风系统、绿色屋顶和墙壁，以及在街道两旁栽种树木。(文乐乐)