中国科学报

CHINA SCIENCE DAILY

总第 9053 期　2026 年 8 月 10 日　星期一　今日 4 版

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

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

听《中国科学报》　《中国科学报》官微　科学网 App　科学网官微

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

母爱“倍”至：甘蔗妈妈为何多给一份染色体

■本报记者 李晨

很少有人知道，甘蔗妈妈“传”给孩子的“爱”是加倍的。100 多年前，科学家发现，热带种甘蔗母本和野生割手密父本杂交的后代中，母本与父本的基因组贡献约为 2∶1。母本“多给一份”的遗传方式，使后代能够最大程度保留母本的高糖和高生物量性状，又整合父本的抗逆基因。

这是现代甘蔗育种成功的核心密码，也是困扰学术界百余年的终极谜题。8 月 5 日，福建农林大学海峡联合研究院教授明瑞光团队在《自然》在线发表论文，首次从基因组、染色体和 DNA 分子水平，完整揭示了甘蔗“母本恢复”的遗传机制是第二次分裂恢复。

论文审稿人评价：“解析这一不寻常的现象对甘蔗育种及物种演化具有重要意义……这一认识将极大促进甘蔗品种改良。”

百年谜题：荷兰学者用一生追问

1923 年，在印尼爪哇岛从事甘蔗细胞遗传学研究的荷兰科学家布雷默（Gustav Bremer）在博士论文中首次报告了一个惊人发现：热带种甘蔗与割手密杂交后代的染色体数目，并非父母本各贡献一半之和，而是母本贡献了双倍染色体，父本贡献了单倍染色体。

明瑞光解释道，在大多数有性生殖过程中，精子和卵细胞形成之前都要经历减数分裂，使染色体数目减半。减数分裂包括连续两次细胞分裂。以卵细胞形成为例，大孢子母细胞的第一次分裂可以理解为“洗牌”，第二次分裂可以理解为“分装”。正常完成两次分裂后，一个母细胞最终形成 4 个染色体数目减半的配子。

“母本多给一份染色体，父本正常给一份，后代中母本与父本的基因组贡献约为 2∶1。这一现象被称为‘母本恢复’。”明瑞光告诉《中国科学报》，布雷默后来提出了“正常减数分裂的配子在形成后复制，产生不减数配子”的假说。

此后，不同研究者先后提出第一次减数分裂异常、第二次减数分裂异常、受精后染色体加倍等多种假说，但始终没有获得决定性的遗传学证据。

“事实上，不减数配子在很多植物中都偶有发生。但在大多数作物中，这种‘出错’往往有害。比如番木瓜中出现四倍体，植株会变矮变小变畸形，无论是自然选择还是人工选择都会将其淘汰。唯独甘蔗是个例外。”明瑞光说，由于蔗枯病的巨大压力，育种家被迫进行种间杂交，而母本恢复形成的 2∶1 基因组比例，使回交育种从通常需要的五六代缩短到只需两代。

“这个现象真是给甘蔗育种工作者的一份礼物。”明瑞光说。

从夏威夷到福州：一个跨越 30 年的伏笔

甘蔗的情况十分特殊。论文第一作者、福建农林大学副教授朱斯慧告诉《中国科学报》，研究使用的热带种甘蔗和野生割手密虽然都具有 80 条染色体，但二者的基因组构成并不相同。热带种甘蔗是八倍体，具有 8 套以 10 条染色体为基础的染色体组；野生割手密则是 4 到 20 的同源多倍体，这次研究用的是十倍体，具有 10 套以 8 条染色体为基础的染色体组。

正常情况下，甘蔗受精后形成约 80 条染色体的杂交后代。然而，实际产生的杂交后代却拥有约 120 条染色体，其中约 80 条来自母本，约 40 条来自父本。这说明父本进行了正常减数分裂，只提供了含 40 条染色体的配子；母本产生的配子却含有约 80 条染色体，相当于在正常配子的基础上多保留了一份染色体。

那么，母本到底在哪一步“出错”了？要解开这个百年谜题，最关键是必须有合适的研究材料，以及能够解析染色体内部 DNA 序列的技术。

这份材料，明瑞光从约 30 年前就开始准备了。

1991 年，明瑞光在美国夏威夷读研究生期间，接触到一个特殊的甘蔗材料——热带种 LA Purple。这个品种之所以被频繁用作母本，是因为它雄性不育，做杂交时不用担心自交污染。而 LA Purple 恰恰是 100 多年前荷兰育种家做第一次种间杂交时所用的母本之一。

“这个材料非常重要。”明瑞光说，“当年荷兰育种家用它做其中的一个母本，培育出风靡一时的蔗王 POJ 2878 品种。100 多年后，我们用同一个亲本材料，研究它当初产生杂交后代的遗传机制。”

2008 年，明瑞光开始在夏威夷进行大规模甘蔗杂交实验，并一直维持这批材料的田间试验和新的杂交组合。

技术的进步是破解谜题的另一个必要条件。过去 10 年间，测序技术飞速迭代，成本急剧下降。

2018 年，明瑞光团队在《自然－遗传学》发表了首个等位基因水平解析的甘蔗基因组。如今，他们已经能够利用长读长测序和单倍型分辨率基因组组装技术，为每一条染色体建立独一无二的“身份档案”。这样，他们就能“看”清染色体分裂过程中每一个单体上的每一个碱基，通过比较知道它们和母本是否一样。

2023 年底，朱斯慧加入团队。这位在中国科学院北京基因组研究所获得博士学位的年轻人，坦言对于甘蔗的复杂性“之前没想到”。“之后也碰到了很多问题，一个一个解决。那些路走过了再回头看，觉得没什么。”朱斯慧语气平淡地说。淡定和认真的她，很快就在团队中发挥了关键作用。

朱斯慧负责组装父本基因组时发现了一个异常现象。“母本传到后代的染色体，不是 4 条同源染色体加倍，而是旁边都有片段。”她把结果拿给明瑞光看。

明瑞光的第一反应是“是不是搞错了”。两人反复讨论、验证，最终确认这不是错误，而是真实存在的遗传现象——只可能是第二次减数分裂没有完成。

改写百年遗传模型，开启精准育种新时代

2024 年夏天，为验证这个猜测，朱斯慧带领团队的学生们，将杂交后代中来自母本的每一条染色体逐一计算、贴回亲本染色体上，并精确到单个碱基水平。结果汇总后发给了明瑞光。

2024 年 7 月 9 日晚，明瑞光在家中看到了计算结果。在此之前，他已经通过理论推导算出，如果母本恢复是第二次分裂恢复机制，那么不减数配子保留的母本遗传多样性理论上应为 62.5%。现在，实际数据摆在了眼前——63%到 64%。

“那一刻我就知道，这个问题解决了。”明瑞光说，这是让他难以忘怀的“顿悟时刻”。

明瑞光当即订了飞往夏威夷的机票。到达后，他将剩余 6 个杂交后代材料全部取样寄回国内，后续经测序、分析、计算得出了一致的结果，它们都具有符合第二次分裂恢复的重组模式，绝不可能是随机异常。

朱斯慧告诉《中国科学报》，他们发现谜底竟然不是第一次分裂停下，而是第二次分裂没有完成。

这个过程可以用“先洗牌，再把 4 份中的 2 份牌装进同一个盒子”来理解。第一次减数分裂完成了遗传牌组的交换和洗牌，第二次分裂原本应把姐妹染色单体分别放入两个盒子，但甘蔗母本没有完成最后的分装，而是把 2 份姐妹染色单体共同装进一个配子。

于是，这个配子在染色体数量上相当于没有减数，被称为不减数配子，但其中的染色体已经历过第一次减数分裂中的重组和重新组合。他们把这种现象称为“第二次分裂恢复”。

由此，传统的“2n+n”遗传模型被修正为“$n_1 \star \times 2+n_2$”。新模型准确体现了母本染色体已经发生减数、重组，并保留约 62.5%母本遗传多样性的实质，而非过去理解的完整复制母本全部遗传信息。

明瑞光透露，团队下一个目标是探究为什么减数分裂形成的正常配子无法与父本结合产生后代，而不减数配子却能成功受精。

而在应用层面，这一机制有望被推广到其他同源多倍体作物中。“我们可以通过基因编辑等技术，人工诱导产生大量不减数配子，大大提高育种效率。”目前团队已开始在模式植物拟南芥上开展相关尝试。

这一发现的意义远不止于解释过去。正如明瑞光送给年轻科研人员的那句话：“好奇心可以带你进入一个新的世界，一个原来未知、现在已知的世界。”

相关论文信息：*https://doi.org/10.1038/s41586-026-10863-3*

2026 国际基础科学大会在京开幕

本报讯（记者韩扬眉）8 月 9 日，2026 国际基础科学大会在北京开幕。9 位中外顶尖科学家获颁基础科学奖章。其中，克莱尔·瓦赞、姚鸿泽、张寿武荣膺数学领域基础科学奖章；刘若微、王贻芳、文小刚荣膺物理领域基础科学奖章；鲍哲南、庄小威、张锋荣膺工程领域基础科学奖章。基础科学奖章旨在嘉奖全球范围内在基础科学领域取得革命性、突破性成果的科学家，致敬他们对科学进步作出的卓越贡献。

大会主席、清华大学讲席教授丘成桐在致辞中表示，当前我国对基础研究支持力度空前，资金投入、政策保障、人才引育与科研平台建设全方位布局，中国已然成为全球基础研究蓬勃发展的热土。

丘成桐指出，面对席卷各领域的人工智能（AI）浪潮，AI 已在数学推演、定理证明等方面展现出强大的能力。但 AI 仅为辅助科研的高效工具，无法替代人类独有的原创思考、瞬时迸发的灵感以及对科学真理与自然之美的永恒求索。基础科学的重大革新始终依靠跨学科思想交融与人类探索未知的勇气。

在发表获奖感言时，获奖科学家呼吁，要重视好奇心驱动的基础研究，其具有不可替代的长远价值。许多看似暂无现实应用的基础理论突破，往往孕育着未来变革性技术的种子，持续深耕基础科学是着眼人类长远发展的远见之举。

现场还颁发了前沿科学奖，共有 111 篇基础科学领域高水平原创论文获评奖项。获奖作者来自全球 20 多个国家和地区的高校、科研院所及科技企业。

为发掘、扶持基础科学领域中青年创新力量，大会面向全职在华工作，50 周岁以下，在数学、物理、信息科学及相关前沿交叉领域具备突出创新潜力的优秀科研人才，设立“基础科学大会创新学者”，鼓励其提出具有原创性、前瞻性和突破潜力的研究方向，助力基础科学领域“从 0 到 1”的创新突破。

国际基础科学大会由丘成桐于 2023 年发起设立，主题为“聚焦基础科学，引领人类未来”。大会由北京市政府、科技部、中国科协和世界华人数学家联盟主办，为期两周，将举办 500 余场学术会议，以及多元特色主题活动。

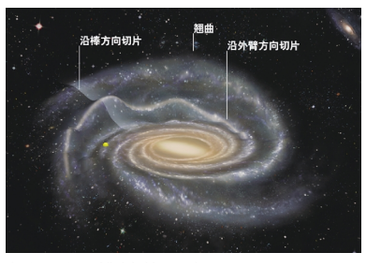
国际首次！“银河画卷”绘出银河系波纹褶皱

本报讯（记者袁一雪）中国科学院紫金山天文台“银河画卷”研究团队在银河系分子气体外盘中首次发现广泛分布的波纹状褶皱结构。这一结构叠加在已知的大尺度银河系翘曲上，为理解银河系三维结构及其动力学演化提供了新的关键观测证据。8 月 7 日，相关成果在线发表于《自然－天文学》。

过去数十年，银河系大尺度翘曲结构已被学界广泛确认，并建立起基本模型。但相较于整体宏观结构，星系盘中更细尺度的垂直起伏结构（如褶皱）却长期缺乏系统性的观测与定量研究。一氧化碳（CO）分子气体是追踪银河系冷密介质的重要探针，但由于巡天灵敏度与空间覆盖范围有限，银河系外盘的三维结构仍存在明显不确定性。此前，相关分子气体褶皱结构的观测仅局限于太阳邻域，银河系外盘是否存在同类结构始终是未解之谜。

此次研究基于我国 13.7 米毫米波望远镜观测收集的“银河画卷”CO 分子巡天数据，共证认 3 万多个分子云样本。研究团队先定量构建了银河系 CO 外盘的翘曲模型，在拟合扣除大尺度翘曲背景后，发现背景结构中呈现清晰的波纹状垂直起伏，这些起伏被称为褶皱。结果显示，这些褶皱结构在银河系分子外盘中广泛存在。

研究团队同步对褶皱结构进行了定量刻画，初步得到核心参数：径向波长约为 3.9 至 7.9 千秒差距，垂直振幅约为 100 至 200 秒差距；在距离银心约 12.7 千秒差距处，存在一段延展约 40 千秒差距的方位角褶皱结构；在部分旋臂区域，垂直偏移可达约 200 秒差距。



银河系三维结构示意图。
中国科学院紫金山天文台供图

研究结果证实，银河系外盘并非此前学界认知的平滑弯曲结构，而是具有多尺度起伏特征的复杂系统。分析表明，这些大尺度垂直起伏更可能来源于外部引力扰动激发的“弯曲波”。这意味着银河系外盘在演化历史中可能经历过更多样的内外相互作用过程，从而在冷分子气体中留下了结构性痕迹。

这是科学家首次从整体尺度揭示银河系外盘冷分子气体的精细结构特征。该研究刷新了人类对银河系三维结构的传统认知，对理解银河系旋臂结构、盘面动力学演化及外部扰动历史具有重要意义。

相关论文信息：*https://doi.org/10.1038/s41550-026-02938-y*

8 月 7 日，“科学”号综合考察船驶入中国科学院海洋研究所西海岸码头基地，标志着 2026 年度西太平洋科学考察共享航次圆满收官。

航次历时 35 天，航程 5845 海里。航次期间，科考队高效完成了全水深温盐深多参数剖面作业、箱式采泥、柱状取样等大面调查，成功布放并回收了“琅琊”系列大型潜浮标、漂流浮标及水下滑翔机，为破解关键科学难题积累了扎实的数据与样品基础。

图为“琅琊”浮标布放作业现场。

本报记者廖洋 通讯员张泽华报道

中国科学院海洋研究所供图

韩国探测器拍到 SpaceX 火箭月球撞击坑

寰球眼

本报讯 近日，韩国宇宙航空管理局（KASA）公布了美国太空探索技术公司（SpaceX）“猎鹰 9”号火箭残骸撞击月球前后的首批图像。这些图像由 KASA 的月球轨道器“赏月”号拍摄，展示了火箭残骸在月球上留下的一个撞击坑。

8 月 5 日，美国国家航空航天局（NASA）确认，SpaceX 的一枚废弃“猎鹰 9”号火箭的上面级撞击了月球。该火箭于去年 1 月发射，搭载了日本 ispace 公司研发的月球探测器“白兔－R”。后者也于着陆尝试失败后在月球坠毁。SpaceX 称此类撞击事件较为少见，已与 NASA 合作，采取了“最佳处理方式”。

据测算，近 14 米长、重达 4000 公斤的火箭上面级以约 8700 公里的时速坠落在月球爱因斯坦环形山附近。该区域位于地球可见月面的边缘。NASA 在撞击前预测，此次撞击将形成一个直径 18 米、深 4 米的坑。NASA 月球轨道器稍后公布的图像将提供该撞击坑的更多细节。

撞击发生后，有人建议以 SpaceX 所有者埃隆·马斯克的名字命名这个新撞击坑，但该建议已被天文学家否决。负责天体及地貌命名的国际天文学联合会行星系统命名工作组主席 Rita Schulz 表示，这不符合规则。

“正式地貌命名仅限于为全球科学界提供用于长期制图和科学参考目的的自然地质构造。”Schulz 说，“航天器撞击地点常被任务团队赋予非正式或临时昵称。SpaceX 团队可以随心所欲地给它起绰号，但这不会成为官方名称。”（徐锐）

田志坚：祖国最需要，我们最适合

■本报记者 孙丹宁

2025 年 12 月初的浙江嘉兴工业园区，中国科学院大连化学物理研究所（以下简称大连化物所）研究员田志坚和团队正驻守现场。凌晨时分，取样口终于汩汩流出合格的样品。这意味着，他们自主研发的加氢异构生产可持续航空燃料及超低凝生物柴油技术，在 50 万吨 / 年的工业级装置上一次开车成功。

从反应器底部到塔顶，每一步都走得谨慎而坚定。这是田志坚团队科研生涯的缩影。扎根洁净能源催化领域，从润滑油加氢异构脱蜡到重油浆态床加氢，再到生物航煤，他们努力把科研成果写在祖国大地上。

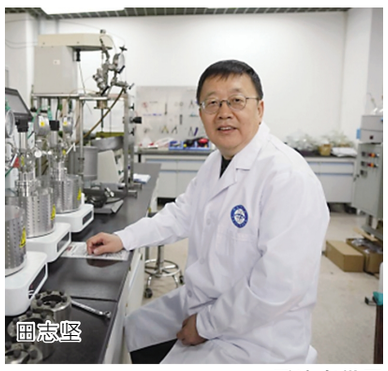
今年，田志坚荣获全国五一劳动奖。这份荣誉背后是一位科技工作者数十年如一日的坚守、抉择与担当。“我们每一个人都要敢于挑战、勇于创新、不断进取，为实现中华民族伟大复兴而奋斗。”田志坚说。

“欲造物质必先造精神”

1987 年，田志坚进入南开大学化学系就读。“南开大学创办人张伯苓先生说‘欲造物质必先造精神’。”田志坚回忆道，“它要求我们要有爱国爱群之公德、服务社会之能力，在求新创新的道路上不断探索、敢为人先。”

1991 年，田志坚被保送至大连化物所，师从林励吾——一位 1979 年就获评全国劳动模范并在 1993 年当选中国科学院院士的老一辈科学家。在“八五”攻关课题中，田志坚开始接触煤制油、煤制化学品研究，而这一切的出发点是我国“富煤、贫油”的能源禀赋。

“能源是支撑人类文明进步的物质基础，国家高质量发展需要充足、可靠且清洁的能源供给。大连化物所、我的导师、我的前辈都坚持不懈为国家能源事业作出了卓越贡献，我立志也要用自己的专业所学瞄准国家能源战略，开发先进的能源技术。”田志坚说。



受访者供图

那 5 年的学习生涯，是田志坚成长最迅速、人生最宝贵的时期。在大连化物所老实验楼里，他感受到了老一辈科学家热爱祖国、刻苦钻研、无私奉献的精神，也目睹了张涛、刘中民、杨维慎、丁云杰等学长深耕一线、担当重任的身影。

博士毕业后，田志坚前往比利时根特大学做访问学者。国外的一年让他开阔了视野，也增强了信心。“只要我们努力，一定能让祖国繁荣富强。”当时他拿到了比利时政府奖学金，月收入合 2000 多美元，而回国后月工资只有 700 元。他却一天也没有耽搁，到期后立即回到大连化物所。

“人生的本质是精神和情感的追求。”这句话贯穿了他此后的科研生涯。

克服困难才能取到“真经”

1998 年，田志坚担任研究组长，带领一个 5 人团队开启了追逐“科技报国”梦想的征程。

科研的第一步是选题。他在大庆油田调研时发现了一个痛点。“我们国家润滑油市场巨大，但高档润滑油依赖进口。上世纪 90 年代，外国石油公司开发出高档润滑油生产技术，1998 年我国花巨资引进，仅技术使用费就上亿元。”田志坚深感震撼，“这真是一笔非常大的资金。高档润滑油的生产利润很大一部分交了技术使用费，是实实在在的‘卡脖子’痛点！”

“中国石油非常希望实现技术国产化，虽然我当时对润滑油了解不深，但还是果断承担了这个课题。”田志坚说。彼时技术路线是清晰的：研制合适的分子筛材料，开发工业生产技术，再开发催化剂生产工艺，最终实现工业应用。但按照常规的“尝试、筛选、优化”循序开发模式，周期太长，还存在现实的工业技术水平满足不了实验室开发理想工艺的可能性。

田志坚大胆创新，放弃从实验室小试到工业放大的常规路径，先去工厂调研，直接将工业运行方式缩小到实验室开展小试研究，并将循序开发改为并行开发，多个任务瞄准一个目标同步进行。

4 年多后，团队基于上述工作模式，在实验室开发分子筛合成方法的同时考察了工业放大的技术难题，提出了适合大庆原油性质的催化剂研制思路，开发出拥有自主知识产权的加氢异构脱蜡催化剂。（下转第 2 版）

科苑星光　科技铸辉煌