中国科学报

CHINA SCIENCE DAILY

总第 9064 期　2026 年 8 月 25 日　星期二　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

早熟高产，“顶流明星”基因又有新使命

■本报记者 李晨

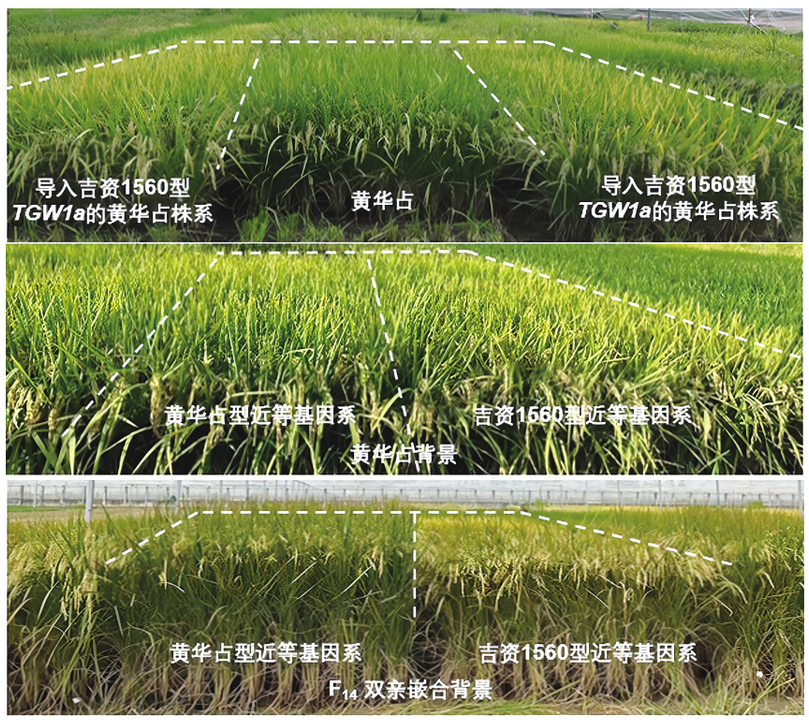
2022 年是中国农业科学院中国水稻研究所（以下简称水稻所）研究员张健团队转换研究策略后的第四年，他们在近 10 万份水稻材料中克隆出和水稻早熟高产密切相关的“顶流明星”——成花素基因的一个家族成员。

可张健团队反而有些沮丧：“明星基因大家都研究得挺多了，还能不能找到它不为人知的功能？”

与此同时，主攻这一课题的进修学生时限到期，团队科研经费也恰好进入“低谷期”。张健感到，对水稻早熟高产问题的研究走到了一个岔路口。

4 年后，2026 年 8 月 21 日，这项研究成果终于在《科学》发表。他们发现了一个稀有的成花素等位基因 TGW1a，可以同时调控水稻熟期和产量，并揭示了作用机制，打破了作物早熟－高产的遗传枷锁。

3 位论文审稿人均对这项研究给予高度评价，认为这是水稻产量与生育期遗传基础研究领域的重大进展，对水稻及其他作物的氮素利用率和产量改良兼具原创性理论价值和育种实践应用价值。



早熟高产改良品系田间对比。　水稻所供图

从永州的田埂到杭州的实验室

从 7 岁到 14 岁，张健的每一个暑假几乎都在湖南永州度过。外婆家种了几亩水稻，孩子们暑假里的固定“节目”就是跟着舅舅“双抢”。

夏天的“双抢”就是抢收早稻的同时，还要抢时间种下一季的农作物。每天早上，张健和表兄弟们跟着大人，拿着镰刀去田里割稻子，再将稻子用板车推回家。“那时候最怕下雨。”张健说，有时候正在吃午饭，外婆突然喊“下雨了”，所有人丢下碗筷冲上房顶，把稻谷拢在一起盖上薄膜，防止雨淋后发芽。“双抢”的辛苦，就这样刻进了他的记忆里。

我国南方一直采取多熟制粮食生产，在实际生产中，早稻抢收、晚稻抢种、再接油菜的“双抢”环节前后茬口衔接时间极短。数据显示，水稻每缩短 1 天生育期，通常会导致产量下降 0.8%~1.2%。论文通讯作者张健告诉《中国科学报》，理想的办法是缩短作物的生长周期，让它们早熟的同时不减产。这也是破解多熟制茬口矛盾的关键。然而，历经近百年，“早熟与高产”如“鱼和熊掌”不可兼得。这一科学难题的特殊之处在于必须同时寻找控制两个表型性状（熟期与产量）的调控位点。

从华中农业大学张启发院士门下博士毕业到在美国密西西比州立大学做了近 6 年博士后和助理研究教授，再到回国加入水稻所水稻生物育种全国重点实验室，张健研究的主角一直是水稻。

在水稻所，张健最初的研究策略是做反向遗传学，简单说就是抓住一个基因，搞明白它可能的各种功能和生理机制。2018 年前后，团队经历了一次关键的科研方向转型——从反向遗传学策略转为正向遗传学策略，专攻自然变异，也就是通过构建遗传群体寻找调控表型的基因和机制。

要定位调控早熟和高产的基因，首先得寻找合适的亲本材料，才有希望在它们的后代中筛选出目标基因。经过几番选择，他们选定了华南及长江流域主栽籼稻黄华占和东北早熟、特大粒粳稻资源吉资 1560 为亲本，并利用它们重组自交系群体。

张健将吉资 1560 比喻为水稻里的巨人——普通水稻千粒重只有二十几克，它却有 60 克，相当于普通人身高 1.7 米，他 3 米多。而且吉资 1560 的生育期比全国大面积推广的黄华占还短十几天。一个提供资源型稀有基因，一个提供生产应用背景，加上籼粳稻之间遗传距离远、多态性高，使它们成为理想的定位群体。

一场与“明星基因”的遭遇战

然而，定位基因的过程远比预期漫长。

张健回忆：“我们配了几套不同的群体来研究这个问题。”由于“早熟高产”是一个复合性状，鉴定比较困难。

“我们要两个性状都找到，而且要由同一个位点调控。”虽然确立了这样的目标，但张健也没有想过一定能得到这样的结果。“我们发现，控制这两个性状的位点刚好在一个位置上。”张健说，“一开始还不相信这么好的事让我们碰到了。”

经过反复验证，团队才相信确实如此。然而，等他们精确定位了这个基因后又气馁了，因为这是一个成花素基因家族的成员。成花素是植物学界的“顶流明星”，所有人都知道它调控开花，相关文章不计其数。

论文第一作者李冠当时主攻这一课题，但她是“兼职”到课题组进修的，刚好面临 4 年时限到期的问题。“当时我们确实考虑过发一篇小文章就算了，因为太难做了，时间太长了。”张健回忆道。

与此同时，团队的科研经费进入了“低谷期”。所幸，水稻所领导对这项工作非常支持，后来张健又争取到了国家自然科学基金委的项目，课题得以继续开展下去。

课题的“接力棒”交到了水稻所副研究员李志永手中。“既然是成花素让开花更早的同时产量反而提升，那一定是效率提升了，就像工作时间短了，成果反而多了。”李志永说。

这个直觉，被一个关键试验证实了。试验发现，对水稻幼苗做氮饥饿处理，成花素基因的表达量显著上升；加入氮素后，表达量立刻下降。这是一个典型的氮感知信号。

他们找到了突破口，TGW1a 基因编码的类成花素蛋白 FT-L1，不仅促进开花，还能直接感知氮素信号，并与氮素利用率核心因子相互作用，以维持后者稳定性，进而促进下游氮素利用相关基因的表达。而氮素利用与作物产量密切相关。这为“顶流明星”成花素赋予了全新的生物学功能。

袁隆平农业高科技股份有限公司水稻首席科学家杨远柱认为，该基因的核心价值不只是使抽穗与成熟期提前，更重要的是可提升植株氮素利用效率，并实现生育期缩短条件下的产量提升。

从产业化角度看，TGW1a 的意义尤其体现在对种植制度的适配能力上，有望为前后茬衔接释放关键时间窗口，并降低早熟带来的产量损失风险。“TGW1a 有望成为水稻多熟制下早熟高产协同改良的核心功能基因，为提升稻田周年粮食产出能力提供重要的抓手。”杨远柱说。

此后，团队进一步发现了成花素基因 TGW1a 最精妙的特点，那就是它的“剂量效应”。TGW1a 的启动子存在大片段序列差异，可分为 3 种单倍型——祖先型、籼稻型、粳稻型。它们的表达量呈现粳稻型＞祖先型＞籼稻型的严格梯度。例如，拥有粳稻型基因的水稻，表达量越高，生育期越短、氮素利用效率越高。

然而，团队很快撞上了另一堵墙。成花素基因与一个已被广泛应用的高产基因 Gn1a 存在紧密的遗传连锁，物理距离仅 1.2Mb，重组率只有约 5%。“也就是说，它们的每 100 个后代里面有 95 个是绑在一起的，只有 5 个松绑了。”而且两者呈现“此强彼弱”的连锁组合——成花素强则高产基因弱，成花素弱则高产基因强。

“然而，因为高产基因的增产效应更大，育种家更容易选择成花素弱－高产基因强的组合，导致成花素强的等位基因长期在育种中被忽视。”张健说，“育种家无意中选的都是成花素基因比较弱势的版本。”　（下转第 2 版）

近日，不少大学开启 2026 年开学迎新季。在浙江大学，多台四足机器人化身“行李员”，帮助新生和家长运送行李。

图为四足机器人驮着行李爬楼梯。

中新社记者王刚 / 摄

图片来源：视觉中国

全球首个磁共振脑机接口全栈式解决方案发布

本报讯（记者陈彬）8 月 23 日，由天津大学、脑机交互与人机共融海河实验室、上海联影医疗科技股份有限公司（以下简称联影医疗）共同主办的全国首届磁共振脑机接口大会在天津举行。会上，联影医疗与天津大学共同发布全球首个磁共振脑机接口全栈式解决方案“uMR 神观”。

脑机接口作为脑科学与类脑智能、人工智能等交叉融合的前沿方向，正从实验室走向临床与产业应用。近年来，超高场磁共振、快速成像序列、实时信号处理与人工智能解码等技术加速演进，推动磁共振与脑机接口深度融合从理论构想走向工程实践。

此次发布的全球首个磁共振脑机接口全栈式解决方案 uMR 神观是以联影 uMR 系列设备为硬件基座，面向脑机接口技术研发与临床转化打造的磁共振专属解决方案。

该方案瞄准脑机接口“读脑－写脑－验证”闭环中的核心痛点，构建了从高时空分辨磁共振成像、磁共振硬件适配优化、磁兼容脑机接口适配工具箱到磁共振引导神经调控新范式的完整技术体系。依托联影 uMR 机型 3.0T、5.0T、9.4T 跨场强全覆盖，uMR 神观贯穿脑机接口从基础研究到临床落地的全转化链条，推动“读懂大脑，精准调控，让神经可塑性可测可控”成为现实。

在核心能力上，该方案具备毫秒级神经活动信号捕捉与亚毫米级脑结构精细测量能力，可有效补偿高阶非均匀磁场，保障复杂脑机设备置入环境下的成像质量；构建磁兼容脑机接口工具箱，解决脑机接口设备与磁共振相互干扰的行业难题；打通成像－调控技术链路，使磁共振真正参与脑机交互全流程，补齐闭环短板。

该方案还整合了磁共振脑机接口协同平台、uAIFI 类脑人工智能平台、皮层下核团智能分析、神经调控术前规划系统、uMR 在线生态等软硬件一体化能力，覆盖治疗前精准规划、治疗中实时导航干预、治疗后迭代优化的全流程临床闭环。

新研究证实特定晚期肝癌患者可考虑手术

本报讯（记者江庆龄）中国科学院院士、复旦大学附属中山医院名誉院长樊嘉团队联合国内 24 家大型肝胆肿瘤中心开展的一项研究者发起、全国多中心的Ⅲ期随机对照研究表明，对治疗有效的晚期肝细胞癌（以下简称肝癌）患者实施手术切除，可能为患者提供无瘤生存的机会。相关研究成果 8 月 22 日发表于《柳叶刀》。

多数肝癌患者在诊断时已经是中晚期，失去了根治的机会，预后不佳。近年来，随着以阿替利珠单抗联合贝伐珠单抗为代表的系统治疗不断进步，晚期肝癌患者的中位生存期从 1 年左右延长至近 2 年，但整体疗效仍不佳。临床上，部分晚期肝癌患者在接受系统治疗后肿瘤缩小或降期，可以获得手术切除的机会。一方面，手术可以切除残存的耐药肿瘤细胞，为患者提供根治性治疗的机会；另一方面，手术前后需要暂停系统治疗，可能会导致肿瘤失去控制，手术切除也会给患者带来创伤。因此，手术切除是否优于持续系统治疗，需要高级别循证医学研究证据。

研究团队将这项Ⅲ期随机对照研究命名为“局部晚期肝细胞癌患者接受阿替利珠单抗联合贝伐珠单抗后行肝切除术对比维持治疗（TALENTOP）”。合并血管癌栓的局部晚期肝癌患者首先接受阿替利珠单抗联合贝伐珠单抗治疗 4 个周期。治疗后，影像检查未发现肿瘤进展并且肿瘤可以被切除的患者进入随机分组，其中 A 组患者接受手术切除，术后序贯使用阿替利珠单抗和贝伐珠单抗 1 年；B 组患者接受持续的系统治疗。

共有 489 例患者入组并接受系统治疗，其中 201 例患者接受随机分组，在第一次期中分析时，研究达到了主要研究终点。与持续用药相比，手术切除续贯术后继续用药显著推迟了患者治疗失败的时间。值得注意的是，该研究的生存随访仍在进行。初步的生存分析显示，A 组患者在生存期方面优于 B 组。手术切除同时也增加了不良反应，两组患者 3—4 级治疗相关不良事件的发生率分别为 39%和 21%。

研究团队表示，对治疗有效的晚期肝癌患者实施手术切除，可能为患者提供无瘤生存的机会。这项研究潜在地改变了中外肝癌临床实践，表明进行系统治疗的晚期肝癌患者，在接受定期影像检查评估疗效的同时，也有必要评估是否可以手术切除和切除的获益。

相关论文信息：

http://doi.org/10.1016/S0140-6736(26)01252-3

科研团队破解纳米药物“迷路”难题

本报讯（记者刁雯蕙）为什么有些药物无论服用还是注射，效果都不理想？其中一个重要原因是，药物在身体里“迷路”了，无法到达病灶。清华大学深圳国际研究生院副教授张灿阳团队想出一个巧妙的办法，让身体里一种名为“中性粒细胞”的免疫细胞充当“快递员”，这种细胞天然就会往发炎、长肿瘤的地方跑。团队在血液里直接给这些“快递员”装上药物，让它们把药精准送到病灶再释放。近日，相关研究成果以封面文章形式发表于《美国化学会－纳米》。

期刊封面图。　研究团队供图

团队设计并制备了 anti-CD11b 修饰温敏脂质体载药纳米颗粒。静脉注射后，纳米颗粒能特异性靶向结合血液中性粒细胞，原位构建细胞－纳米颗粒体系，借助中性粒细胞天然炎症趋化能力穿透血管屏障，富集于靶向组织部位。经中性粒细胞胞外诱捕网（NETs）释放纳米颗粒，近红外光控时序释药，可实现肿瘤、感染等疾病高效治疗。

实验显示，该纳米颗粒对循环中性粒细胞的靶向结合效率是其他免疫细胞的 15 倍以上，几乎不与 T 细胞、单核细胞、NK 细胞及未激活的中性粒细胞结合，靶向特异性好。更关键的是，纳米颗粒内化不会破坏中性粒细胞核心生物学活性，活性氧爆发、吞噬能力、趋化迁移、胞外诱捕网生成功能均不受影响。

团队发现，该体系具有响应释药机制，可实现病灶定点按需释药，规避全身脱靶毒性。实验表明，中性粒细胞迁移至炎症病灶后，随生命周期自然裂解并释放 NETs，将完整纳米颗粒释放至病灶微环境。纳米颗粒具备 41.89℃特征相变温度，病灶局部 660 纳米近红外光照射触发脂质膜相变，快速释放所载药物。无光照条件下 24 小时药物泄漏不足 10%；光照 5 小时内可释放约 80%的阿霉素、70%的靶向抑制剂 NPB。

研究人员表示，该药物递送策略实现了体内原位中性粒细胞靶向结合与功能超越的细胞－纳米颗粒杂合体工程化构建，效法天然，借助中性粒细胞炎症趋化、NETs 分泌等特性，可实现对炎症相关疾病，特别是肿瘤、急性细菌感染等疾病的高效治疗。

相关论文信息：

https://doi.org/10.1021/acsnano.6c05620

美国 NASA 放弃空间望远镜救援任务

寰球眼

本报讯 一项旨在拯救服役 22 年、轨道正在衰退的“尼尔·格雷尔斯·斯威夫特”（Swift）天文台的任务以失败告终。据《科学》报道，一艘在极短时间内研制并发射的救援飞船出现失控旋转，地面控制中心无法重新控制该飞船，从而未能实现计划中的 Swift 轨道抬升。美国国家航空航天局（NASA）近日宣布，已放弃对 Swift 的救援行动，该空间望远镜很可能在今年晚些时候坠入地球大气层中烧毁。

2025 年，NASA 发现太阳活动的增加引发地球大气层膨胀，从而导致 Swift 轨道衰减并面临坠入大气层的风险。于是，NASA 委托 Katalyst Space 公司开发了这艘名为 LINK 的救援飞船，后者仅花了 8 个月建造完成。

此次前所未有的尝试也被视为帮助包括哈勃空间望远镜在内的其他轨道衰减的老化航天器的一个试验案例。然而，在 7 月 3 日发射后不久，LINK 用于控制姿态的几个反作用轮发生故障。地面控制中心花费数周时间试图通过推进器控制其旋转，但最终认定已不可能捕获 Swift。

“我们知道这是一次高风险、高回报的任务。这是首次尝试，其开发周期前所未有。”NASA 天体物理学部门主任 Shawn Domagal-Goldman 在一份声明中表示。

Swift 是一台用于研究伽马射线暴及其他快速发展的高能宇宙事件的望远镜，例如最近因撕裂附近恒星而暴露的“流浪”巨型黑洞。该望远镜于 2004 年发射，原计划执行为期两年的任务，如今已发展成为时域天文学中极为重要的观测工具。NASA 表示，将“继续优先考虑新的应对方案，以快速响应宇宙事件，并利用现有任务在此期间填补这一空白”。　（李木子）

LINK 进入轨道后开始失控旋转，无法挽救 NASA 的 Swift。

图片来源：Katalyst Space