

从“十年磨一剑”到“一键育种”

水稻育种“黑箱”被上海科学家揭秘

□记者 施懿贇

在育种界，有一项技术——双单倍体(DH)被称为“育种加速器”，它能将水稻传统育种6到8代的漫长自交过程，压缩到1至2代完成。但它长期被笼罩在神秘面纱之下，被业内称为“黑箱技艺”——成败似乎更依赖于“高手”的灵光一现，而非可复制的科学规律。近日，一篇由上海市农业科学院联合中国水稻研究所、中国农业科学院在《分子植物》(Molecular Plant)发表的观点文章，正试图打破这一困境，引领水稻育种从“艺术”向“科学”迈进。

“黑箱技艺”困局：当“育种加速器”因人而异

在农业科技的隐秘战场上，时间就是生命。传统的杂交育种，像一个漫长的相亲与融合过程，育种家让父本母本杂交后，后代要经过6到8代的自交，才能获得基因稳定、性状一致的纯合品系，这一过程往往耗时近十年。一方面，材料不纯合会造成性状波动、鉴定结果失准，另一方面也极大加重了试验工作量；即便利用南繁加快繁育，整个周期也仍需数年之久。

相比之下，双单倍体(DH)

技术则像一条科技捷径。它直接培养植物的花粉——这些只含有一半染色体的“单倍体”小孢子，通过特定培养诱导成苗，染色体还能自发加倍，瞬间成为完全纯合的植株。尽管不同作物采用的具体技术路线有所区别，但是单倍体技术在玉米中早已实现产业化应用，极大地提升了育种效率。

然而，在水稻领域，这条捷径却迷雾重重。“以前我们做这个，很多时候是‘试’出来的。把培养基成分和培养条件都过一遍，哪个效果好就用哪个。至于为什么好，我们其实不知道。”上海市农业科学院陈志伟研究员坦言。这种对“个人经验”的深度依赖，使得该技术长期受限于个人操作手法，加之存在基因型依赖性强、白化苗率高、操作流程烦琐等问题，目前仅能在少数实验室开展，难以实现规模化推广应用。

更棘手的挑战来自另一条曾被寄予厚望的技术路径。近年来，基于基因编辑的单倍体诱导系虽在水稻中取得突破，却面临诱导率不高、结实率低、依赖人工去雄等现实阻碍。正是在这样的背景下，花药/小孢子培养技术重新回到舞台中央——流程高度模块化，可分阶段优化；更无需人工去雄，再生植株可自发加倍，省去复杂的化学加倍步骤。

一场八年的“解密”接力：从技艺到科学的跃迁

为了驱散“黑箱”，上海市农业科学院历经长达八年的持续攻关，又携手中国水稻研究所、中国农业科学院，提出将这项技艺彻底拆解，像组装一台高精尖仪器一样，逐步将其模块化、标准化、科学化。

“我们做的第一件事，就是把流程‘标准化’。”团队将过去被忽视的细节精确到极致。例如，取材时间严格固定在上午十时前，以保证花粉的最佳活力。更关键的是，他们精准锁定了小孢子发育的“黄金窗口期”——单核靠边期。“原来我们取的是一个‘混合样’。现在我们通过细化标准，让这个关键时期的花粉比例极大提高，成功率自然就上去了。”

另一个里程碑是通过游离小孢子培养，且在小孢子分离缓冲液中引入秋水仙素处理，使多个基因型的染色体自发加倍率突破90%。这意味着大部分再生植株无需复杂的人工干预，就能直接自发成为纯合的双单倍体，省去复杂的化学加倍步骤。

在团队的实验室里，这项技术有一个亲切的比喻——“只有父亲的孩子”。团队成员何婷解释道，由于培养的是雄

蕊花粉，它只有父本的一套染色体，加倍后就形成完全纯合的个体，而不会像传统杂交后代那样基因不断“分离”，导致性状参差不齐。

“这直接让育种从‘捉摸不定的艺术’变成了‘有据可循的鉴定’。”陈志伟说，过去育种家面对千变万化的分离后代凭经验和直觉“盲猜”，而现在，“我们帮他把所有可能性都固定下来，高的就是高的，矮的就是矮的。育种家只需要定点鉴定，选出他想要的那个就行。”这不仅将育种时间大幅缩短，更是让缺乏数十年经验积累的年轻育种家，也能快速锚定目标，极大地降低了行业的准入门槛。

“无人育种工厂”：下一个十年的星辰大海

尽管已取得巨大突破，科学家们前进的脚步却未曾停止。当前的技术仍需依靠大量训练有素的人员进行无菌操作，面对海量的育种材料，通量瓶颈凸显。

“我们现在还是过度依赖人力，需要下地操作、观察。但未来，随着智能化水平的不断提升，育种环境将越来越好。我们的目标是，在不久后的将来，大家可以穿着白大褂，在实验室里轻按按键就能完成育种。”陈志伟描绘了下一步蓝

图：打造一个“全自动、机械化、智能化”的“无人育种工厂”。

当前，团队已开始与工程机械、电子信息、人工智能等学科深度交叉合作，尝试将愈伤组织转移等关键操作转化为可编程的机器模块，甚至为此推翻了多代原型机。“机器人不是这样运行的，我们需要为它重新设计一整套逻辑。这可能需要10年，但这是必由之路。”

更深远的意义在于，水稻DH技术的成熟，犹如在茫茫育种海洋上点亮了一座灯塔。当前，大豆、番茄等重要作物的花药/小孢子培养仍面临愈伤诱导、白化苗率高等世界性难题。而水稻中将建立的这一整套“流程标准化”与“机制明晰化”的双轮驱动范式，恰好为这些停滞不前的物种提供了可迁移、可复制的宝贵蓝本。

今后，这套在水稻育种领域日趋成熟的中国方案，如“精准把握发育窗口”“优化培养基的碳、氮源与激素配比”以及通过自动化实现“少人化、高通量”的操作流程正展现出强大的普适价值，它不仅让水稻单倍体育种完成了从“Art”到“Science”的历史性跨越，更有望开启一个全球精准、高效、绿色育种的新篇章，为保障国家粮食安全贡献关键的科创力。

跨界深耕乡土田 富硒产业留驻振兴希望

□记者 曹佳慧 实习生 欧扬

十个月前，徐以鑫推开办公室窗户，入目是繁华都市天际线；如今，他驻守在距离家90公里的金山枫泾镇新新村，窗外是他倾注了心血的富硒水稻田。这片生机盎然的田地，是驻村书记徐以鑫倾力培育特色产业成果。作为一名跨界而来的驻村书记，他跳出短期帮扶的思维定式，一心打造扎根乡村、自主造血、长效发展的特色产业。依托科技赋能、品牌塑造与多方联动协作，徐以鑫带领新新村打破传统水稻种植的发展桎梏，让小小的稻米成为驱动乡村振兴的强大动力。

转身向田野 初心谋长远

2025年7月，徐以鑫正式到新新村履职。此前长期深耕交通行业的他，是农业领域的“门外汉”。初到村庄，他先发挥自身资源优势，牵头修缮村内道路、完善基础设施，用心解决各类民生难题，快速融入乡村生活。

新新村拥有大片永久基本农田，水稻是当地主导农作物，但长久以来，村民大多只售卖

初级原粮，农产品附加值偏低，同质化低价竞争愈发明显，村集体经济发展步履缓慢。徐以鑫清醒地认识到，简单的帮扶只能解一时之困，唯有培育可持续发展的本土产业，才能为村庄留住长久的发展动能。

科技润良田 稻米焕新生

立足村内耕地资源现状，徐以鑫联合村“两委”班子深入调研，将水稻产业升级定为发展突破口。他主动对接浙江大学团队，引进先进的土壤富硒改良技术。技术团队会根据地块土壤检测数据定制专属改良配方，土地仅需一次改造，便可连续四五十年种植富硒农作物。这项技术不仅提升了稻米的营养价值，还能实现稳产增收，科技赋能优势十分突出。

考虑到村集体抗风险能力较弱，徐以鑫秉持稳字当头的原则，依托毗邻的党建合作关系，前往浙江嘉兴承包30亩田地开展试种。实践证明，富硒水稻项目成效显著：去年试验田产出的富硒大米销售额可观，为村集体增收8万元；富硒

稻谷的收购价也比普通稻谷高出0.1至0.2元，实实在在鼓起了农户的腰包，也为全村规模化种植积累了宝贵经验。

为进一步延伸产业链条、放大产品优势，徐以鑫又奔赴安徽，牵手“中国农村改革第一村”小岗村，引入成熟的蒸谷米深加工技术。该工艺能够牢牢锁住大米中的硒元素与营养成分，同时有效降低升糖指数，适配糖尿病患者、控糖人群等特殊消费群体。富硒种植+蒸谷深加工的双重科技赋能，让普通大米变身高端健康主食，市场竞争力实现跨越式提升。

织密发展网 产业扎深根

为了让产业真正落地生根、行稳致远，徐以鑫从经营主体、品牌建设、技术研发、市场开拓四大维度系统规划，全方位夯实产业根基。

在运营主体搭建上，村里着手筹建上海四时耕味农业科技有限公司。由村集体合作社控股，牢牢掌握产业主导权；枫泾镇农业科技有限公司入股，依托成熟渠道提供长期销售保障，确保产业自主良性运转。

在品牌打造上，徐以鑫特邀书法名家题写“四时耕味”与“四季掂头”两大品牌标识，同步推进商标注册与版权申请。其中“四时耕味”主打全品类富硒农产品，“四季掂头”覆盖村内所有农特产品，以文化赋能塑造专属品牌形象，摆脱低价竞争困境，提升产品溢价。

在技术守护上，新新村与浙江大学联合研发的富硒水稻技术已进入专利申报阶段，预计今年底至明年年初完成授权，后续还将向合作方开放专利使用权，实现技术共享、合作共赢。与此同时，团队计划开展稻种对比试验，持续优化种植方案，守住核心科技优势。

在市场运营上，全村130亩富硒水稻全部采用预售模式，部分产品统一包销，剩余产品依托上海本地企事业单位、工会资源完成订购，彻底规避滞销风险。以富硒大米为核心，村里不断挖掘产业潜力，依托枫泾特色粽子产业试种富硒糯米，研发富硒粽子；同时对接本地酒厂、糕点、饮品企业，探索富硒米酒、大米糕点、大米气泡水等衍生产品，丰富产品矩阵，持续拓宽增收渠道。

稻浪映希望 振兴路绵长

驻村以来，徐以鑫充分发挥自身人脉与资源优势，为乡村发展注入多元活力。他联动复旦大学开展党建共建，争取图书资源打造乡村阅读空间；对接上海海洋大学，引入技术发展特色观赏鱼养殖；依托民主党派派资源，对接法务、直播运营等专业服务，推动村庄软硬件同步提升。如今，村内“长三角富硒稻米增殖技术示范基地”“沪皖共建富硒水稻基地”两块牌匾熠熠生辉，规模化富硒水稻产业已然成型。

从跨界入行到深耕田间，从引进技术到培育本土产业，徐以鑫始终坚守初心，致力于打造“人走业不衰”的长效产业。如今的新新村，告别了单纯售卖原粮的旧模式，形成“种植+深加工+品牌销售”的完整产业链，村集体与农户实现双向增收，产业发展前景广阔。

在徐以鑫的不懈耕耘下，一条依托特色富硒产业、壮大集体经济、带动村民共富的乡村振兴路，正在新新村稳步向前延伸。