

中国水稻研究所王克剑带领团队攻克杂交稻留种世界难题——“泥腿”科学家和他的稻田哲学

■ 本报记者 林晓晖 实习生 龙思宇

一粒金黄的稻种，静静躺在王克剑的掌心。

他轻捏镊子，小心剥开外壳，这粒杂交稻种很特别——它像“复制粘贴”一样，完美保留了杂交水稻的所有优良基因。

杂交水稻高产，却始终有个“硬伤”：优良性状无法稳定遗传。种下高产杂交稻，收获的种子再播种，后代便“走了样”。这意味着，育种家和种子企业需年复一年投入巨大成本用于制种，农民也不得不每年重新购买价格不菲的杂交稻种。

运用无融合生殖技术，王克剑团队创新研发的“种子”有望改写这一局面，在人类农业科技的漫长跋涉中刻下印记。

这位在田间地头书写创新史的，是位年轻科学家。四十出头，已是中国水稻研究所的博导，水稻生物育种全国重点实验室常务副主任，在全球农业科学前沿，如此年纪取得如此瞩目成果者，亦是少有。

耀眼的科学光环围绕，但王克剑身上最深的烙印，是泥土的气息。

农业科学研究，离不开土地。本质上，他更是一位诚恳的劳作者。他相信，这片土地没有捷径可走，唯有忠实、长久的耕耘，才能等来自然的厚赠。

勇闯一条“无人小径”

王克剑团队的开创性研究，被国际同行评价为“在解决杂交稻留种难题上迈出了关键一步”。

这一步，指的是农业科学家长期追逐的梦想——“杂交稻的无融合生殖”：让杂交稻像克隆一样，通过种子进行无融合生殖，永久锁定其优势基因。

长久以来，这更多只是理论蓝图上的诱人果实。

上个世纪末，国际水稻研究所、国际玉米小麦改良中心等国际知名研究机构都为此曾设立专门的攻关项目，这也一度成为最热门的研究领域之一。

然而，无融合生殖的发生机制极其复杂，全球研究屡屡碰壁。热潮褪去，大批研究者离开，这里渐渐成了“无人区”——冷清到连投稿论文都难找到同领域的审稿专家。近十年里，整个水稻研究领域也没有相关成果产出。

彼时，王克剑从中国科学院遗传与发育生物学研究所初来中国水稻研究所。实验室刚成立，没有相关的研究基础，经费也非常有限，但是他想试一试。

王克剑的想法很朴素，出生在苏北农村的他，深知农作的艰辛，每一粒稻米的珍贵与不易。他想起，每次下乡的时候，农户们总是捧着种子问，“什么时候能像种老稻子一样，自己留种？”

“能减轻农民负担，能解决老百姓吃饭的问题，这事就值。”他认这个理。

决定踏上这条“无人小径”前，王克剑咨询了许多同行和前辈的意见。

得到的回答几乎都是一样的，“这条路不通。”

有人说得更直白：“这个东西很有意义，但是前面的研究都失败了，有没有必要做下去？”他劝王克剑再想想，“毕竟，可能一辈子一无所获。”

同一课题组的刘庆副研究员更能理解这条路的“艰险”，“因为我们要在极为庞大、复杂的生殖发育体系里，找到调控的关键。”

水稻有近四万个基因。可能是一个基因，也可能是多个基因组合发挥作用。没有成功经验可循，只能不断去试，一步步缩小范围。

甚至，这个范围都不仅限于水稻，“在各种各样的植物里都可能出现类似功能的基因，寻找的面是很广的，玉米、山柳菊、小立碗藓……”刘庆数不过来。

看似完美的测试数据，一到田间实验就状况频出。有次发现拟南芥里某个基因管用，大家兴奋极了，赶紧将同源基因转到水稻里试，结果——没用！这样的失败不计其数，团队成员们有时也难免情绪低落。

可王克剑呢？学生私下喊他“剑客王”，说他身上有股闯劲、有股剑客的侠气。面对一屋子沮丧的脸，他乐呵呵地拍桌子：“同志们，实验没成功？好事啊！”

“结果跟想的一样，说明路子对头；要是不一样，那更有价值——咱们又堵上一条岔路，离对的那条更近了！”他有一套自己的“失败哲学”，乐天的劲头成了团队在迷雾里坚持下去的底气。

在潜心研究的第五年，2017年，王



王克剑(中间)带团队参加插秧比赛。

克剑团队利用基因编辑技术，找到并敲除了籼粳杂交稻品种——“春优84”中4个内源基因，获得了可以进行无融合生殖的水稻材料，初步建立起水稻无融合生殖体系。

这是杂交水稻无融合生殖“从0到1”的关键突破。

论文发表的第二天，“杂交水稻之父”、中国工程院院士袁隆平专门致电祝贺，他高度评价：“这项工作证明了杂交稻进行无融合生殖的可行性，是无融合生殖研究领域的重大突破。”

更令人意外的是，他提出，想见见这位年轻人。

袁隆平在1987年就提出通过无融合生殖固定杂种优势的思路。海南试验田边，追尋同一梦想的两代人并肩而立——

“很多人说这条路不可行，你看，还是可行的！”袁隆平说。

那条曾被宣告走不通的“无人小径”，终于被这群执着的探路人，一步一步脚印地，踩实了。

“老老实实”的学问

盛夏酷暑，稻田里热浪扭曲了空气。但水稻开花于盛夏中午，是最佳的授粉时机，王克剑就会在这时钻进田里。草帽下，是一张晒得黝黑发红的脸，袖口和裤腿高高挽起，沾着新鲜的泥点，脚上一双半旧的中筒靴深深陷在泥水里。

“下田”对他来说，不是任务。贴近土地让他安心，感到一种脚踏实地的快乐。

二十多年来，他坚持这个习惯，他会在不同的时间段去田里，盯着植株定定地看，有时为观测稻花如何裂壳、吐出花药；有时像寻宝般，在千百株稻子上翻找一株突变的材料。

当年来到中国水稻所，王克剑在一众青年研究员中被选中，事后他得知，老师们正是看中了“那个总待在田里的小伙子”。

“看啥呢？”有人问。“看孩子呢！”他咧嘴一笑，指着高低错落的稻株，蹲在田埂上给人介绍：“高的像大小伙，矮的像小娃娃；这株叶色青亮，那株秆子泛紫……”

土地，是孕育种子的温床，更是检验真理的试验场。王克剑团队的研究，前期在实验室筛选基因，但更关键的验证，必须交给脚下的泥土——把基因编辑过的稻苗插进大田，看它们能否在真实天地间结出“克隆”的种子。

这个环节，以年为周期。王克剑解释，一个新的品种需要重复多次生命周期的观察，才会有趋于稳定的性状表现。一到两年为一轮，每次验证，都要种下数万株水稻小苗。

水稻育种研究工作极富智慧，但更需要的是执着和坚持。

这不是一种时间的竞速。水稻研究最美妙和痛苦的事情，都是等待。

等待一株水稻长大，从一粒种子开始，抽出胚芽、长成幼苗，不断拔节、抽穗、开花，直到结出果实，任何人都无法打乱自然庄严的节奏。

农业科学就是这样一门“老老实实”的学问。

曾有学生提议，夏天太热，能不能就把稻苗全部种在温室内。“经过智能调控，这里的光照、温度能够达到室外



王克剑(左)与“杂交水稻之父”、中国工程院院士袁隆平交流。

这株标注胜利的稻子结实率有点低，不靠近看难以发现。人们围拢蹲下，轻轻拨开穗壳，金黄的种粒藏在其中，“有种子了！”王克剑的声音因兴奋而有些抖动。

这粒科学革命的种子，萌发于对土地最质朴的凝视。

“一粒种子可以改变世界”

“一粒种子可以改变一个世界，一项技术能够创造一个奇迹。”中国水稻研究所科研楼里贴着一句标语，默默影响着一代又一代农业人。

2017年，团队建立了首代Fix1体系(无融合生殖体系)，但结实率低的问题仍然没有解决。而后更新的Fix2体系成功将结实率恢复至正常水平，但诱导率还很低，也就是克隆种子的比例不够理想。Fix3体系引入了全新的Os-WUS基因，将克隆种子的比例提升至21.7%，不同株系开始稳定产出克隆种子……

无融合生殖体系在持续迭代。更关键的是，团队找到了一把神奇的“钥匙”——在水稻花粉中高表达的OsPLD α 2基因。它的突变如同精巧的“开关”，破解了依赖于基因编辑材料的结实率难以提升的难题。

这一成果标志着，人类首次在不依赖外源基因植人的前提下，仅通过编辑杂交水稻自身基因就实现了高结实性的稳定遗传。

当这项技术走向田野，变革将是深刻的：农民自留种也能保持高产，预计杂交水稻种子成本可降90%以上。面对全球年规模超170亿元的杂交稻种市场，这不仅是技术革命，更将重塑整个产业生态。

“从0到1”的突破已成历史。王克剑在实验室白板上写下崭新的“双百”目标——结实率达到100%，克隆效率达到100%。

目标高远，但王克剑始终鼓励不设限的想象，他希望每一个学生像孩童般大胆发问。在他的组会上，各种天马行空的问题被提出——“水稻有没有可能与芦苇做杂交？”“现在水稻只能种在有条件限制的土壤里，能不能像芦苇一样在盐碱地里？”

“很多问题看似简单，但正是要跳出‘习以为常’、跳出‘应该是这样’的逻辑定式，才能成为创新的起点。”王克剑说。

追问科学的源头，可以大胆想象，在产业应用的尽头，农业面向国家重大需求，承载着国家粮食安全的千钧重担，则是要确保万无一失。

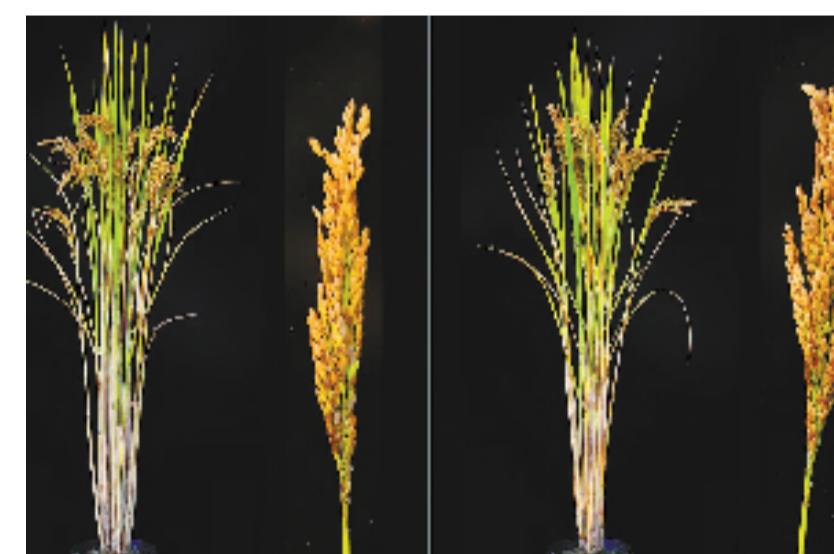
杂交水稻每年增产约250万吨，可以多养活8000万的人口。这份“重量”让他步履不停。

王克剑很少拍照，他珍藏的一张，是和学生们插秧比赛后的合影——照片里人人沾满泥浆，笑容比阳光灿烂。

2017年秋，这片汗水浇灌的试验田迎来历史性一幕。

团队成员发现，种下的实验稻苗“好像结了果实”，意味着他们设计的基因编辑方案可能首次在水稻体内成功激活了无融合生殖的路径。

得知后，王克剑和三个团队成员飞奔赶来，“远远地看，我们还不敢相信。”



无融合生殖杂交水稻(右图)能达到杂交水稻(左图)一样的结实率。

很多问题看似简单，但正是要跳出“习以为常”、跳出“应该是这样”的逻辑定式，才能成为创新的起点。

——王克剑

人物名片

王克剑，江苏盐城人，中国水稻研究所副所长、水稻生物育种全国重点实验室常务副主任，国家水稻产业技术体系岗位科学家，农业农村部“农业科研杰出人才”，中国农科院科技创新工程团队首席科学家。主要开展生物育种前沿技术研发工作，利用基因组编辑技术成功获得杂交稻克隆种子，实现杂交稻无融合生殖“从0到1”的突破。

的标准，还不用回来跑。”

“一定要种在土地里。”王克剑坚决反对，材料一定要经受真正的阳光和风雨，甚至还有意外的极端气候的考验，这是无论怎样精密调控都难以实现的。

团队成员胡风越告诉记者，无论多忙，王克剑仍一次不落地带团队参加所里的插秧比赛。“他是公认的插秧高手。”学生们佩服他。

插秧是农业人的基本功，但要插得炉火纯青，讲究深浅适度、横竖成线，需要经年累月、深入土地里的行走。

泥水没过小腿肚，王克剑躬身如弓，左手分秧快如点水，右手插苗稳准利落，转眼身后便延伸出一排排笔直的绿线……

团队成员刘朝雷回忆，他一进组便开始修炼“下田”的基本功。“我跟着王老师学了一些小技巧，比如，取样的时候会在叶片上面写编号，像人的身份证一样，方便辨认。王老师希望团队的每个人都建立起与土地的熟悉和亲密度。”

王克剑很少拍照，他珍藏的一张，是和学生们插秧比赛后的合影——照片里人人沾满泥浆，笑容比阳光灿烂。

2017年秋，这片汗水浇灌的试验田迎来历史性一幕。

团队成员发现，种下的实验稻苗“好像结了果实”，意味着他们设计的基因编辑方案可能首次在水稻体内成功激活了无融合生殖的路径。

得知后，王克剑和三个团队成员飞奔赶来，“远远地看，我们还不敢相信。”

链接

杂交水稻留种难题的步步攻关

Fix1代：“从0到1”的原始突破

采用MiMe策略(一种通过基因编辑让水稻生殖细胞进行普通分裂而非特殊减数分裂的技术，能保留亲本的完整基因)，将减数分裂转化为有丝分裂，并结合单倍体诱导基因OsM1L，成功获得了杂交水稻的克隆种子，使杂交水稻自交留种从理论可能变为现实。

不过，该体系存在明显局限，克隆种子的诱导效率较低，同时结实率也不高，这些问题导致其难以直接应用于农业生产实践，需要进一步优化完善。

Fix2代：解决结实率低的问题

针对Fix1代结实率低的问题，团队开展了深入研究。

他们对水稻中BBM基因进行分析，研究发现，当BBM4基因跑到卵细胞里“工作”，也就是异位表达时，能诱导孤雌生殖，就好比卵细胞自己就能“怀孕”，不用受精也能发育成个体。把这个发现和MiMe策略结合起来，就构建出了Fix2体系。

在这个体系下，水稻植株结实率能达到80.9~86.1%，和正常杂交水稻差不多，但克隆种子的诱导效率还得再提高。

Fix3代：提升克隆种子效率

团队发现水稻自身的OsWUS基因能调控诱导无融合生殖，而且不会影响水稻结籽。他们打造了一个由特定启动子驱动OsWUS的异位表达载体，启动子就像是基因的“开关”，能让基因开始“工作”。把这个载体和MiMe策略结合，成功培育出了Fix3材料。

Fix3植株的生长情况、产量等农艺性状和野生型杂交水稻差不多，结籽率也正常。观察发现，其诱导率达到了21.7%，比Fix2代高了不少。

Fix4代：仅依赖基因编辑的正常结实体系

团队发现OsPLD α 2基因在水稻花粉中格外活跃，它是水稻自身就有的内源基因，团队用基因编辑技术敲除这一基因，同时也对同样是水稻内源的MiMe相关基因进行了适当改造，最终构建出了Fix4体系。

这个体系下的水稻植株，生长发育状态和普通水稻一致，结籽率也相同。更重要的是，无论是第一代还是第二代植株，都能稳定产生克隆种子，这些种子播种后，长出的水稻依然能保持正常的结籽能力。

整个Fix4体系的构建，完全依靠对水稻自身内源基因的调控，不依赖任何外来基因，这使得它在实际种植中更具优势，也更符合农业生产的实际需求。