# 试验“砸了”！博士生欲哭无泪，导师却很开心

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/30911.html

*本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！*

**试验“砸了”！博士生欲哭无泪，导师却很开心**。科研路上，谁没遇到过糟心事呢？

娄焕昌就品尝过那种滋味。他是中国科学院遗传与发育生物学研究所（以下简称遗传发育所）博士生。2023年5月，他在海南对团队开发的“环境智能”基因编辑水稻进行小区测产，辛辛苦苦照顾了一季度，最后收获时却糟心地发现：改良的品种竟都被老鼠吃了。

这是一项开展了三年多的试验。看着光秃秃的稻秆，娄焕昌蹲在田里，欲哭无泪。他没有勇气第一时间把“坏消息”告诉导师许操。从海南返回北京途中，他的心一路下沉。最后，不得不硬着头皮向导师汇报——这次试验“砸了”。

出乎意料的是，导师非但没责备，反而安慰他“这是好事”。“那个时候他回来后很沮丧，我却很开心。我说‘老鼠爱大米，它们比我们看得准。你看，它们只吃改良品种，说明这些稻米确实饱满’。”许操向《中国科学报》回忆说。



研究团队在京郊实验基地（右二为许操、右一为娄焕昌、右三为论文共同第一作者黎舒佳）。

?

在用水稻、番茄两种植物开展了5年的研究和测产之后，他们的研究表明，所提出的“环境智能”作物设计育种策略行得通——能在顺境中实现高产，在逆境中保持稳产。相关成果12月14日发表于国际顶尖科学期刊《细胞》。审稿人称其为解决全球变暖引发的粮食安全问题提供了行之有效且前景广阔的育种策略。

“智能”育种，让植物变得更“皮实”

2020年的一次课题组组会上，论文通讯作者、遗传发育所研究员许操和团队想通过“头脑风暴”凝练出一个“大科学问题”：既具有前沿探索价值，又贴合国家重大需求，同时抢占世界生物育种科技制高点。

他们的目光迅速锁定在应对气候变化对农业带来的严峻挑战上。

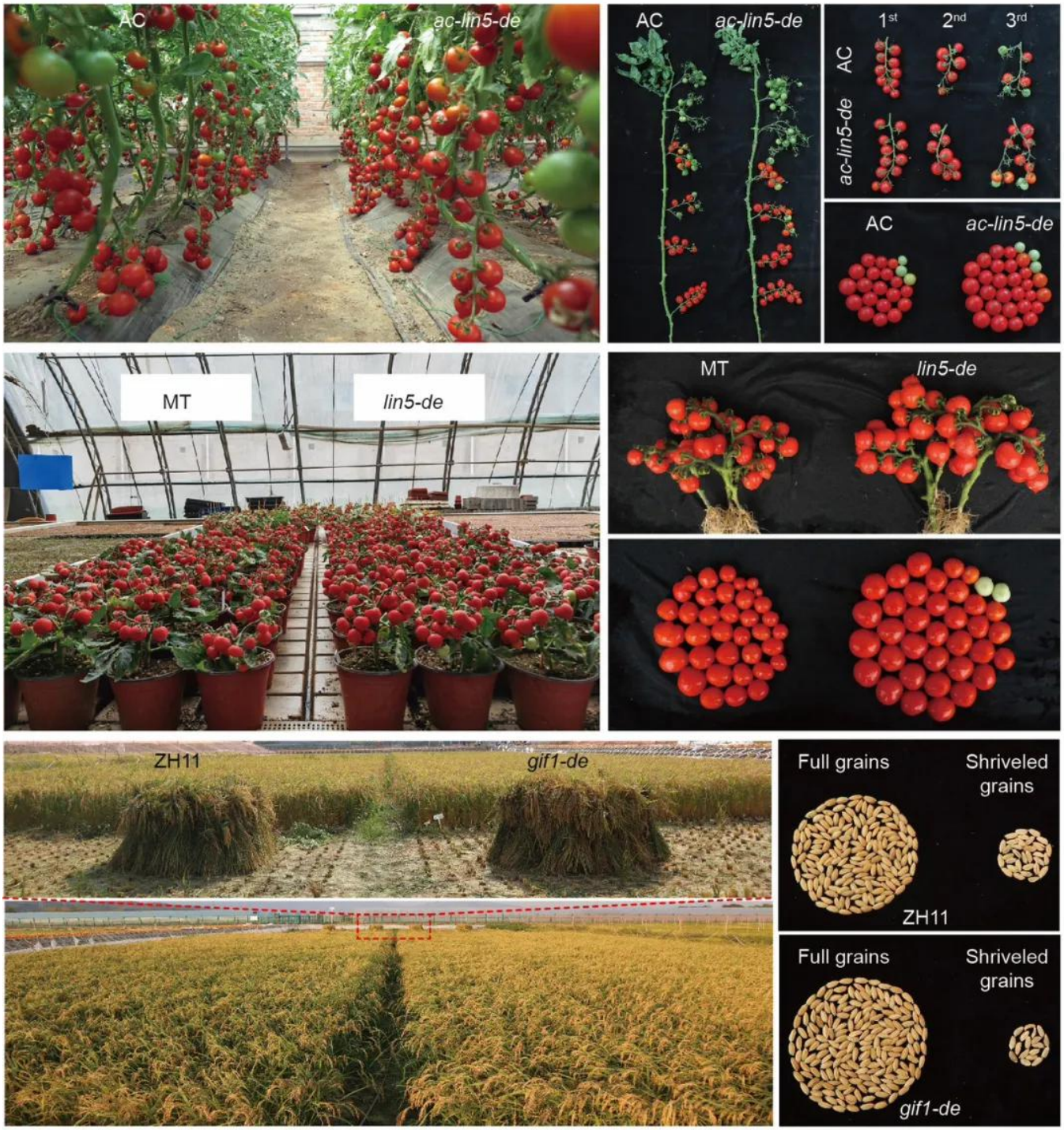
随着全球气候变化的加剧，农业灾害频发，作物大幅减产已成为不容忽视的现实。许操查阅相关数据发现，仅2023年，我国农作物受灾面积达1.58亿亩，产量损失达1000亿斤以上，直接经济损失3454.5亿元。

即便是在农业设施相对完善的发达国家，因气候变化导致的农业减产平均也在8%～10%。若以此推算，全球主要农作物一年的保守减产量达2万亿斤之巨。这无疑为解决全球饥饿问题增添了重重困难。

如何应对这一严峻挑战？许操认为：“这势必要让植物变得‘更加皮实’，使其对气候环境变化更有韧性，进一步突破现有单产提升的瓶颈。”

但这在实际农业生产中并非易事。为适应环境变化，高等植物进化出一套十分灵敏的“生存-防御”策略。例如，在遭遇高温逆境时，它们会调整营养分配策略，节省能量，减少果实营养供给，只保障少数种子存活用以繁衍后代，从而导致大部分果实发育不良、产量下降。这样的后果便是番茄等果蔬植物落花落果、果实大小不均、糖度低，水稻、小麦、玉米、大豆等谷物出现瘪壳、秃尖、空荚等现象。这些现象正是百年经典理论——“源-库”理论中的典型问题。该理论认为，植物体内光合产物从叶片等“源”器官向根、茎、果实、种子等“库”器官运输与分配，也被称为“源-库-流”。这一过程除了具备科学意义，还蕴藏着让作物增产的巨大潜力。事实上，仅与植物“源”器官中光合作用相关的研究，就已经催生了6项诺贝尔奖。

如何通过人工设计让“源-库-流”释放增产潜力？为了破解这一难题，研究团队提出“环境智能”设计育种策略，确立了“顺境增产、逆境稳产”的攻坚目标。




环境智能设计育种快速创制高产稳产番茄和水稻种质

?

他们深入研究了“源-库-流”中的关键枢纽基因——细胞壁蔗糖转化酶（CWIN）。该基因可将光合作用产生的蔗糖转化为葡萄糖和果糖以供应果实发育。然后，他们建立了一套高效的植物引导编辑技术体系，给细胞壁蔗糖转化酶安装了一个“温度感应器”——热响应元件（HSE）。这一创新设计使得作物能够自主感应温度变化，并根据环境条件灵活调控体内营养物质的分配，实现“按需分配，精准递送”。

“ 原来，一旦植物遭遇逆境，细胞壁蔗糖转化酶的活性就会被抑制，不能有效‘ 卸载 ’和‘ 转运 ’蔗糖，果实和种子就会缺乏必要的营养。 ”许操说，“ 而现在，我们的作物能够通过温度感应器自主判断环境条件。在顺境时向果实中多运输营养进行储存，实现高产；在逆境时则上调细胞壁转化酶的表达，缓解果实的‘ 糖饥饿 ’状态，保证果实的稳产和品质。 ”

中国科学院院士李家洋在接受《中国科学报》采访时曾认为，作物育种迄今已经历驯化育种、杂交育种、分子标记辅助育种和转基因育种，以及分子设计育种四个时代。具有耐高温、抗旱、抗虫等特点的“ 智能 ”作物，将是未来“ 育种5.0时代 ”的核心。

对此，中国科学院院士、清华大学教授谢道昕评价认为，许操团队采用了一种非常“ 巧妙 ”的育种策略，解决了高温导致的“ 流 ”滞、“ 库 ”亏问题，这对未来作物的智能分子设计育种具有开创意义。



许操在京郊番茄实验基地

?

打通“ 关卡 ”，实现“ 令人兴奋 ”的增产

打通“ 环境智能 ”设计育种的技术关节之后，研究团队培育出“ T0代 ”（初代基因编辑）材料

。接下来，改良种质的田间测产成为他们的新战场。

谈起课题组的主要研究作物番茄，许操如数家珍地向《中国科学报》介绍：“ 它们最适宜的生长温度是22～26摄氏度。一年可以种两茬，春茬二三月份育苗，秋茬七八月份育苗，约经过三个月的成长期就可以结实，大规模种植中一个生命周期会结5~7穗果。 ”

有意思的是，在田间工作期间，娄焕昌还掌握了“ 搭棚技能 ”。一开始因为缺乏经验，他搭的平顶棚总被雨水压坏。他改用“ 屋脊 ”状的高棚顶，但没料到棚顶风阻太大，棚经常被风吹倒。他就向附近的农民“ 取经 ”，将棚顶改造成了拱形顶，终于让它们变得不怕风吹雨打。

论文共同第一作者、遗传发育所助理研究员黎舒佳告诉记者，她曾在许操建议下向农民学习打杈，控制番茄的侧枝生长。“ 在实验室中，我们通常在侧枝长到5厘米时就剪掉。但在实际生产中，打杈的时间和方法对产量的影响要复杂得多。比如，夏天打杈的时间要稍晚一些，以控制植物生长过旺；而冬天则要及时打杈，以避免有限的光合作用产生的营养被侧枝分走。 ”。

“ 没有地气的农业科技研究就像没有锅气的菜肴，味儿不足。 ”许操说，农民积累的经验往往与科学理论殊途同归，他主张让学生学习农民的智慧，服务更多农民和农业。

一个个看似微不足道的经验积累，极大地磨砺了研究团队的意志。他们从北京到海南，跨越数千公里，连续四年一茬茬地进行测产试验。正如《细胞》审稿人所说，他们的努力取得了“ 令人兴奋的 ”了不起的成功。

研究团队发现：顺境条件下，植入“ 温度感应器 ”的番茄产量提高了14%～47%；高温逆境下，改良后的种质更是比对照组增产26%～33%，可挽回高温胁迫造成的56.4%～100%的产量损失。出乎研究者意料的是，新技术还解决了育种家们长期面临的一串果实从近到远大小不一、糖分口感不均的问题。“ 我们的碳同位素示踪实验表明，温度感应器的精准敲入保证了糖分向果实的运输，使得改良后的番茄果实在均匀度和糖度等品质性状上都有了显著提升。 ”黎舒佳说。

通过关键技术拓展，研究团队进一步发现，顺境条件下，该方法可使水稻产量提高7%～13%；高温逆境下，突变后水稻品种比对照增产25%，可挽回高温胁迫造成的41%的稻米产量损失。

审稿人认为，这项研究非常优雅、有趣，具有毋庸置疑的社会价值。“ 我们选取的枢纽基因和热响应元件在植物中都是通用的。我们希望建立一个通用的育种技术，让主粮、蔬菜、经济作物都能够旱涝保收。 ”许操说，除了高温逆境育种，该团队还在开展光照、水分等环境智能作物育种，以期为保障我国粮食安全提供新的育种策略。



许操（后排）研究团队在京郊番茄实验基地（前排左三为娄焕昌、左二为黎舒佳）。

?

守正创新，开启智能育种新时代

回顾5年来这项研究走过的历程，许操的体会是“ 守正创新 ”。首先，科学问题和科学方向要“ 正 ”，从国家重大需求里凝练出来的重大科学问题，这在很多时候“ 比那些仅仅是看起来好玩的科学问题更‘ 高大上 ’ ”；同时，科学态度和科学氛围要“ 正 ”，年轻人要自强不息，想做事、有冲劲，不能“ 混个学位 ”就完了。

在许操看来，当前我国番茄产业尽管年产值已达1800亿元，但仍“ 大而不强 ”，品种“ 够用但不够好 ”，种子不如发达国家高产、稳产、好吃。

“ 比如我国一粒番茄种子的价格约为0.5元至1元，而高端、好吃的番茄种子价格一粒则高于20元。按重量来说的话，价格比黄金还高。我国85%的高端番茄种子需要依赖进口。 ”他对比说，“ 同时，2020年相关统计数据表明，我国每平方米番茄平均产量为5.9千克，而荷兰则平均为50.7千克。2022年，荷兰在引入人工智能、数字孪生技术后，每平方米番茄产量甚至可达121千克。 ”

“ 很多人说我们的番茄产量够高了，其实还远远不够。我国为什么要推动‘ 蔬菜进棚果树上山 ’

？归根到底是要拓展种植空间，尽量不与主粮争土地。如果我们突破育种关键核心技术，进一步大幅提高产量和品质，就能节省大量的土地。”许操补充说。

许操团队已经收集了2000多种番茄种质资源，正在围绕从头驯化、环境智能育种、机器人育种三个关键技术领域开展智能设计育种攻关，以期培育出好吃、抗逆、营养保健的高产新品种。目前，研究团队培育的若干番茄新种质，成果转化已经在路上。

相关论文信息：https://doi.org/10.1016/j.cell.2024.11.005

文中图片均为受访者提供

作者：冯丽妃 来源：科学网微信公众号

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发