



山农大科研成果在《细胞》上发表。

从“一个细胞”到“一株完整植物”

山东农业大学研究团队破解世纪难题，揭开生命再生奥秘

据新华社电 在植物生命科学领域有一个世界难题——单个体细胞如何发育成完整植株。9月16日，国际学术期刊《细胞》在线发表了山东农业大学研究团队的论文，首次完整揭示了这一全过程。

论文通讯作者、山东农业大学教授张宪省介绍，与动物细胞

相比，植物细胞具有更强的发育可塑性，在一定条件下，它们无需受精就能发育成胚胎，并且拥有独特的“再生”能力。但它们如何从“普通细胞”转变为“全能性胚胎”，已困扰科学界百余年。

经过20年的研究，山东农业大学研究团队发现，在叶片气孔

的母细胞富含高量生长素的情况下，大量转录因子形成高度耦合的调控网络，进而激活下游的胚胎发生程序，也就是单个植物体细胞通过基因重编程改变了“命运”，最终发育为完整植株。有网友调侃，“吴承恩老师可能做梦都没想到，千年后我们真的研究出来可以拔毛变

猴的技术。”

这一发现，首次定义了“普通细胞”向“全能性胚胎”转变的分子路径，有助于理解植物细胞发育的根本规律，为作物遗传改良与高效再生提供了全新理论支撑，也为珍稀植物种质资源的高效保护、植物合成生物学发展注入了新动力。

山农大团队详解单个体细胞“发育成株”全过程

20年磨一剑，解锁“拔毛变猴”之谜

记者 巩悦悦 实习生 李坤泽
于馨悦 泰安报道

“晚上10点30分，一刷出那个页面，大家都激动地站起来鼓掌，所有牵挂终于尘埃落定，我当场就哭了。”9月18日下午，山东农业大学小麦育种全国重点实验室里，论文通讯作者之一、山东农业大学教授苏英华向记者重现了那令人难忘的时刻。

让团队如此激动的，是9月16日的一则重磅消息——张宪省、苏英华教授团队在国际顶刊《细胞》发表研究成果，解开了一个困扰全球科学界百年的“世纪之谜”：单个体细胞，到底怎样才能长成一株完整的植物？

为了这个“能写进教科书”的答案，这支团队走了20年。究竟是怎样的一个人、凭着怎样的力量，啃下了这块“硬骨头”？近日，齐鲁晚报·齐鲁壹点记者专访了两位核心研究者，听他们讲述成果背后的“战斗”故事。

瞄准最难的事 “这是科学家的责任”

“一开始就盯着这个难题，既是因为兴趣，更因为我觉得这是科学家的责任。”回忆起20年前的决定，论文通讯作者、山东农业大学教授张宪省语气坚定。

时间倒回2000年，张宪省给研究生、博士生上课时常说一句话：“我们的研究要是能写进教科书，那才叫真正的重大突破。”这句话，成了团队后来20年的“灯塔”。

2005年，转机出现了。当时，国际顶刊《科学》列出125个全球最具挑战性的科学问题，“单个体细胞如何发育成完整植株”赫然在列。这一下，张宪省更确定了方向：“这是生物发育的核心问题啊！细胞到底是怎样一步步长成植物的？这么关键的事，必须弄明白。”

可“弄明白”哪有那么容易？这个难题，全球无数科学家钻研多年，大多无功而返。但张宪省没打退堂鼓，他认为越是困难的事，越有做的价值。就这样，他带着团队一头扎了进去。这一扎，就是20年。

“现在回头看是20年，其实每走一步都得啃两三年。”苏英华是张宪省的学生，全程参与了研究。她记得，从2005年立题，到2011年找到“不绕弯子”的研究体系；从发现全能干细胞的“标记”，到精准提取干细胞，再到用



▲自2005年起，团队在张宪省教授指导下，以拟南芥为模型开启探索，一场持续20年的科研“马拉松”就此展开。
山农大供图

▶团队发现，叶片的单个细胞，尤其是叶表皮细胞这样的单个体细胞，可以在特殊环境下变身成类似受精卵的全能性干细胞，然后再形成下一代一个完整的植株。



上最前沿的单细胞测序技术……
每个环节都是一场攻坚战。

“刚开始根本不敢想能发顶刊。”苏英华笑着说，团队只是抱着“把事做透”的念头，每一步都用分子生物学领域最顶尖的技术往前推进。慢慢地，底气越来越足，离“写进教科书”的目标也越来越近。

打开细胞“重生”的开关

研究初期，团队面临的最大挑战是——怎么构建“单个体细胞直接发育成胚胎”的实验体系。2009年，他们有了第一个突破：在拟南芥中发现，大量生长素的积累，就是激活细胞全能性的“开关”。

可难题还没结束。“直到现在，这个问题最卡人的地方还是：怎么找到那个能‘变身’的单细胞。”张宪省说，2011年，团队终于在叶片上找到了目标细胞，这成了他这辈子都忘不了的“高光时刻”。

这个细胞能直接分裂，长成“体细胞胚”，再顺着胚胎发育的路子，一步步长成完整植物。“找到这个体系时，我心里一下子就有底了！”聊起当时的场景，张宪省眼睛亮了，“要想把‘体细胞变植株’说清楚，就得让细胞直接走胚胎发育的路，不用经过愈伤组织过渡。之前没这个体系，说啥都

白费。有了它，一切都顺了。”

这个过程，就像细胞经历了一场“命运大转弯”：原本该长成叶片细胞的它，突然“变身”成类似受精卵的“全能干细胞”，朝着“完整植株”的方向生长。

“这相当于打开了细胞‘重生’的开关，太关键了！”张宪省说，“找到这个体系的那段时间，是我最高兴的时候。”

团队反复验证，最终建立起“诱导单细胞起源的体细胞胚胎发生”稳定体系。可新问题又来了：不是所有细胞都能“变身”。苏英华解释道：“我们得在众多细胞里挑‘佼佼者’——叶片上气孔的原始母细胞，打开它的‘开关’，才能激发全能性。”

这个关键“开关”，就是气孔原始细胞中积累的大量生长素。这种小分子激素能给细胞创造特殊环境，使其不再往气孔方向发育，转而变成全能干细胞。仅攻克这个难关，团队就卡了五六年。

之后，团队还要找“全能干细胞的分子标记”。经过反复试验，他们终于发现了只在全能干细胞中发光的荧光标记。而在这之前，团队用的体系还有个致命缺陷：没法确定最初的“起点”是不是单个细胞，细胞早期的“命运转变”根本看不到。即便如此，那已是当

时领域里最好的成果。

转机，来自一次“偶然的发现”。“研究时我们注意到，美国一位院士通过让某个基因在叶片上‘高表达’，叶片就长出了胚。”张宪省立刻敏感起来，“我们赶紧核实：这个体系是不是从单细胞开始，直接长成胚？结果还真是！”

可原体系的基因一直“活跃”，没法控制时间节点。团队就把它改成“诱导型”，想让它“启动”再诱导，啥时候发育到哪一步，都能精准追踪。

有了稳定的诱导体系和全能干细胞标记，团队终于打开了研究的大门。他们用扫描电镜、激光共聚焦活体成像等技术，第一次捕捉到单个植物细胞的分裂全过程：从1个细胞分裂为2个，再以“3个一组”的特殊模式，逐步形成12个细胞的胚体。这直观证实了植物细胞全能性的“单细胞起源”，回答了学术界长期存在的疑惑。

张宪省打了个比方，“就像孙悟空拔根猴毛变猴子，难的不是‘变’，是猴毛怎么迈出‘变身’的第一步。之前全球科学家都卡在这儿，有了这个改造后的体系，我们才算真正推开了研究的大门。”

中国科学院院士种康对这个成果评价很高：“这是概念上的重要突破，证明植物再生能由特定谱系细胞直接触发，不用只依赖脱分化过程。这为优化作物再生体系提供了理论蓝图。为破解农业生物技术长期存在的‘再生瓶颈’开辟了新路径。”

三代人就认一个理 “谜底必须由我们揭开”

“这两天梳理20年的过程，我都忍不住问自己：当初是怎么撑过来的？”苏英华坦言，20年里，“放弃”的念头几乎每天都冒出来，“有时候实验失败了，看着一堆数据，真的想过‘算了’，可第二天醒来，又会和团队一起接着干。”

这份不放弃，源于团队的“凝聚力”。在张宪省看来，带团队就两件事：“一是把方向找准，让大家看到奔头，知道干这事有价值；二是多替年轻人着想，给他们机会挑大梁，实现自己的价值。”

苏英华就是最好的例子。从本科跟着张宪省做研究，到如今成为山东农业大学教授，20多年里，张宪省不仅在学术上带她“闯关”，生活里也处处关心。他认为，年轻人能挑大梁、实现价值，干着才带劲。

如今，在这支团队里，除了苏英华，还有七八位泰山学者，更年轻的博士生、硕士生也在快速成长。

“我们团队其实是‘三代人’：我的老师、我，还有我的学生。”苏英华说，三代人就认一个理：“植物细胞全能性的机制，必须由我们团队解开。”

在她眼里，团队里没人是“可有可无”的：“张老师是思想灵魂，我带着学生往前冲，学生们则把想法落地。那些论文里的完美图片，都是他们一帧一帧拍出来的。少了谁，这事都成不了。”

让叶片变种子 攥紧“种源芯片”

破解了“世纪之谜”，不少人问：这成果能给老百姓带来啥？张宪省和苏英华的答案很实在：“让育种更快、让种子更安全，让农业更有盼头。”目前，这个体系在小麦、玉米等作物上的实验，正在同步推进。“未来或许能通过精准调控细胞全能性，实现作物优良品种的‘快速克隆’，大幅缩短育种周期，服务精准设计育种。”张宪省说。

他们还有更远大的目标：“现在只有部分细胞能‘变身’，下一步要攻关，让几乎所有活细胞，都能长成新植株。”

苏英华用大家熟悉的场景解释成果价值：“大家种地瓜、土豆，不用种子，切块埋土里就能发芽，这就是植物的‘无性繁殖’。可它背后的原理，之前没人懂。我们的研究，就是把这个‘原理’说透了。”

孙悟空拔毛变猴是神话，植物体细胞“变身”却是真的。只要条件合适，一个叶片细胞就能长成新植株。

弄明白机制，用处可就大了：珍稀植物不用再怕灭绝，靠体细胞就能快速保护；作物育种周期能大幅缩短，好品种能更快推广；甚至能造“人工种子”——把诱导出的胚胎裹上“种皮”，就是一颗能种的种子。

“比如大豆，咱们国家需求量大，不光人吃，还要做饲料、提蛋白。要是能让大豆的叶子、茎秆再生出胚胎，不用等种子成熟，直接用‘再生胚胎’的方式提取蛋白、做饲料，能省多少事？”苏英华说，更长远来看，这还能帮咱们攥紧“种源芯片”，“未来，中国的种源芯片真能握在自己手里，再也不用怕种子缺乏了。”