茶树“囤鲜”的关键“搬运工”现身

■本报记者 王敏 通讯员 刘加华

茶汤入口，鲜爽清甜。这股“鲜”从何而来？一个重要答案，藏在茶叶的“鲜味密码”——茶氨酸里。

近日，安徽农业大学茶树种质创新与资源利用全国重点实验室教授张照亮、宛晓春团队，联合南京农业大学教授徐国华团队，历时 6 年攻关取得新突破。他们鉴定出负责转运茶氨酸的关键基因 CsVTT1，弄清了它编码的蛋白如何把茶氨酸运进液泡，从而揭开了茶树“囤鲜”的分子机制，为提升茶叶品质提供了重要理论依据。相关成果发表于《植物细胞》。

找到关键“搬运工”

茶氨酸是茶叶中特有、含量最丰富的游离氨基酸。它既是茶汤鲜爽滋味的主要来源，又能在一定程度上缓和儿茶素、咖啡碱带来的苦涩。因其具有镇静安神、缓解压力、改善认知等健康潜力，近年来备受关注。

茶氨酸在茶树体内并非始终均匀分布。“秋冬季节，茶树会在根部大量合成并储存茶氨酸；到了春季，再把它转运到新梢。新梢中积累得越多，春茶的鲜爽感往往越突出。所以，茶树既要会‘造鲜’，也得会‘囤鲜’。”张照亮向《中国科学报》介绍。

难题随之而来：茶氨酸在茶树根细胞内合成后，如果大量堆积在细胞质中，反而会“堵住”后续的合成。茶树的对策，是先把大量茶氨酸暂存进一个容积更大的“储物间”——液泡。

然而，长期以来，科学家虽然知道液泡能够储存茶氨酸，却不清楚究竟是谁把它搬进这个“储物间”。

“找出这位‘搬运工’，难在候选者多、直接证据少。”张照亮解释说，液泡膜上的转运蛋白不仅数量多，家族成员之间的功能还可能彼此重叠；茶氨酸的转运过程动态而短暂，缺少能直接“看到”它进入液泡的特异性探针或抑制剂。同时，基因表达高低与茶氨酸含量相关，只提示“可能有关”，却不能证明“就是它”；单靠表达相关性或单一实验体系，很容易误判。

为破解这个难点，团队走了一条交叉验证的路：先用一套“每次只缺一个基因”的酵母突变体文库，筛出对茶氨酸格外敏感的菌株，从中寻找线索；再把茶树候选液泡氨基酸转运蛋白基因的表达水平与茶氨酸含量做相关性分析——先看谁在茶氨酸合成活跃的部位表达，再看谁受氮素诱导，且与茶氨酸含量同步变化；最后把候选基因转入原本缺少这一转运能力的异源体系，看它能否“补位”。

凭借“筛选—相关—定位—功能互补”这一组环环相扣的证据，团队最终锁定受氮素水平调控、负责把茶氨酸运进液泡的基因 CsVTT1。

通俗地说，CsVTT1 就像守在液泡“储物间”门口的一位“搬运工”。它主要分布在茶树根部的皮层和中柱鞘细胞中，这里正是茶氨酸合成的关键区域，位置十分“对口”。

这位“搬运工”并不合成茶氨酸，它嵌在液泡膜上，负责把细胞质里的茶氨酸一件件搬进液泡。氮肥供应越充足，CsVTT1 的表达水平越高，转运活性越强，搬得也越“卖力”。细胞质中堆积的茶氨酸被及时疏解，它对自身合成的“反馈抑制”随之解除，更多茶氨酸得以持续合成，氮肥转化为茶氨酸的效率也随之提高。

验证“搬运工”的本领

为了验证这位“搬运工”的本领，研究人员设计了多组实验。

在酵母实验中，缺少 CsVTT1 对应基因的酵母难以耐受高浓度茶氨酸；导入 CsVTT1 基因后，酵母恢复正常生长。

在非洲爪蟾卵母细胞实验中，研究人员直接观察到了 CsVTT1 转运茶氨酸的过程——在偏酸的液泡环境中，它搬运茶氨酸的效率更高。

回到茶树本身，团队利用茶树毛状根体系进行验证：让 CsVTT1“加班”，茶氨酸含量提升约 35%；让它“停工”，茶氨酸含量降至对照的四成以下。一增一减，正说明 CsVTT1 对茶氨酸积累起着正向调控作用。

更有意思的是跨物种测试。把 CsVTT1“请”进水稻后，水稻中作为氮素“储备库”的精氨酸大幅增加，种子中的蛋白质含量也随之提高。“这说明，‘液泡囤氮’的机制并非茶树独有，CsVTT1 的功能在作物间具有一定保守性，也为提升作物氮素利用效率提供了重要的基因资源。”张照亮说。

从一杯茶汤里的鲜爽到水稻籽粒中的营养，一个液泡膜上的转运蛋白把茶树“囤鲜”的机制与作物“囤氮”的通用逻辑连在了一起。茶叶的“鲜”，不光要会造，还得会“囤”；守在液泡门口的 CsVTT1，正是解开这道题的一把钥匙。

张照亮表示，这项研究打通了茶树茶氨酸储存的分子链条，也直面茶产业的现实痛点：一方面，它为茶树精准育种提供了靶点，有助于培育茶氨酸含量更高、鲜爽风味更突出的新品种；另一方面，它为提升茶树氮素利用效率提供了新思路，有望推动茶园氮肥减量，兼顾经济效益与生态保护。同时，这一基因资源还可为水稻等大田作物的氮营养改良提供方向。

相关论文信息：
https://doi.org/10.1093/plcell/koag332

集装箱

我国合成生物领域首个自研大模型发布

本报讯（记者陈彬 通讯员赵晖）日前，“天华开物”酶设计大模型在天津大学发布。该模型是由我国自主研发的合成生物领域首个公开发布的大模型，并与天津大学合成生物自动化设备结合，形成了工业酶闭环迭代优化系统，支撑一周内给出酶设计方案，让 3 个月内完成菌种定制化构建和目标产品制备工艺开发成为可能。

面向国家生物制造重大战略需求，天津大学自主研发“天华开物”酶设计基座大模型，并联合智谱华章完成模型参数扩容，参数规模已达 560 亿。研发团队围绕酶设计需求，通过反应 - 序列 - 结构联合建模的方法，将“要完成什么生产任务”与“酶应该怎样构成”关联起来。

该模型与自动化实验平台协同，形成三项核心能力：一是“算得准”，依据目标反应从头设计新酶，预测突变效应、优选改造组合；二是“写得出”，通过自动化基因合成、组装与表达，将数字设计转化为酶样品；三是“验得回”，将实验数据回流模型训练，以实测结果校准模型、迭代设计，形成“设计—构建—测试—学习”的持续优化闭环，用得越多、算得越准。

低轨高光谱卫星“华师 - 科达星”亮相

本报讯（记者江庆龄）近日，在上海举行的天基智能前沿方向建设暨卫星星座发布会上，华东师范大学自主研发的首颗低轨高光谱卫星“华师 - 科达星”正式亮相，“量天星座”建设计划同步启动。

华东师范大学于 2023 年启动首颗高光谱卫星研制计划，并规划了高光谱卫星星座建设方案。科研团队完成了高光谱相机的设计、研制和测试，核心电子学硬件和算法均自主研制，攻克了适用于未来星座计划的通用型电子学架构。团队还完全自主构建了从星上原始信号校正、高维数据压缩到地面定量反演的全链路智能处理算法体系，与卫星平台及联合研制单位形成紧密协同，确保卫星从“造得出”向“用得精”无缝衔接。

据介绍，先导星搭载的高光谱相机重量小于 30 公斤，设计光谱覆盖范围宽、波段数多、空间分辨率高，实现三大核心指标协同突破。具体而言，该载荷的光谱覆盖从可见光、近红外延伸至短波红外，对水分含量、有机物及农作物生化指标高度敏感；光谱细分至纳米级，能甄别极其微弱的地物光谱差异；每个像素代表地面米级范围，实现“既看得清细节轮廓，又测得准物质成分”。

地下资源开发有了智能“透视 + 预判”系统

本报讯（记者李思辉 通讯员田济航）11 月 22 日，国家重点研发计划“地球系统与全球变化”重点专项项目“地质资源精准开发风险预测的大数据智能分析技术及平台建设”年度进展暨平台软件发布会在湖北武汉举行，地质资源精准开发风险预测大数据智能分析云平台 V2.0 在会上正式发布。

“地下看不到全貌，我们拿到的地震、测井、钻井、岩心、品位等资料都是零散线索。平台可以一键汇总、自动识别几十种不同类型的资料，按照统一标准管好所有数据，还能顺着记录追溯每一份数据来源和处理过程。”中国地质大学（武汉）资源学院教授龚斌介绍。

使用者上传资料后，平台会自动搭建当下的地下三维地质模型，直观呈现地层、矿体、井轨迹分布。工作人员输入计划实施的开采方案，平台就会启动仿真模拟，推演未来数年甚至数十年地层变化，测算钻井出水、开发失稳等风险发生概率，效果类似天气预报。它可以算出不同方案对应的风险概率，帮助选出更稳妥、效益更高的方案。平台底层输出的是专业数据体，同时自动转化为三维图件、动态模拟画面、分析报告，方便工程师看懂研判。

按图索技

“手工克隆”技术“复刻”陆川猪

本报讯（记者李晨）近日，中国农业科学院深圳农业基因组研究所（岭南现代农业科学与技术广东省实验室深圳分中心）研究员唐中林团队运用“手工克隆”技术，成功获得 2 头陆川种公猪。团队通过“体细胞保存—克隆再生—扩繁利用”完整链条的实践验证，为地方猪的种质保护提供可落地的成套技术方案。

陆川猪是我国优良地方猪种之一。此次降生的两头克隆陆川猪，外表和普通陆川仔猪无异，它们的遗传物质来自优秀种公猪一小块耳缘组织，核心依托体细胞核移植中的手工克隆技术。和仪器去核模式不同，手工克隆依靠显微操作手工完成卵母细胞处理、重构胚构建，对设备依赖度低，在地方猪保种和优秀种猪克隆应用中具备灵活适配的优势。

针对传统“手工克隆”技术重构胚发育率偏低，胎盘、胎儿易发育异常，仔猪出生率与成活率不稳定等痛点，唐中林团队围绕供体细胞重编程、人工智能识别筛选高质量卵母细胞、重构胚表观修饰与 DNA 损伤修复、受体母猪同期发情及移植管理等关键环节开展攻关，创建一套高效手工克隆系统操作技术体系。

此前，该团队已完成陆川猪高质量基因组组装，完成从基因组层面解析种质特征的工作。此次手工克隆种公猪顺利诞生，意味着研究从“读懂陆川猪基因资源”推进到细胞保存、活体复原的实操验证阶段，目前正在利用基因编辑技术对陆川猪的基因组进行改写。



克隆的陆川猪种公猪“鹏鹏”和“湾湾”。 中国农业科学院供图

伴随深度学习图像识别、胚胎发育动态监测、低成本基因组分型等技术迭代，猪手工克隆有望逐步摆脱高度依赖人工经验的模式，走向数据驱动的标准化流程。此次地方猪种公猪手工克隆成功，进一步完善了我国地方猪从基因组解析到细胞备份再到活体复原的技术闭环，为中华本土猪种筑牢种质安全防线。

从实验室到工程落地——

他们闯出一条全域适配的储能新路

■本报记者 李媛

2010 年，储能产业在国内外逐步兴起。长期深耕二氧化碳动力系统研究的西安交通大学能动学院教授谢永慧萌生了用二氧化碳做储能工质的想法。经过数年理论推演、方案设计和系统优化后，他兴冲冲地向各个合作企业热情推介，阐述方案及系统优势，但反响平平。

反复受挫，更激起了谢永慧的韧性和决心。团队一边持续优化技术，一边反复向企业发出邀请。2020 年，合作方终于同意进行深入交流。谢永慧将长期合作的设备制造方和系统集成方请到一起，对系统方案、参数以及实施设想进行了详细讲解。大家热烈讨论，形成共识，终于愿意积极携手推进这项新技术。

“只要原理、设备、集成这三关走得通，剩下的难题我们都能啃下来。”面对全新二氧化碳储能系统的不确定性，谢永慧始终保持笃定。

2022 年，团队在四川德阳建成 20 兆瓦时工程验证项目。今年，新疆木垒百兆瓦级项目顺利并网，年发电量约 2 亿千瓦时。这是全球首套百兆瓦级压缩二氧化碳储能项目，意味着我国热质储能关键技术与工程集成应用取得新的重要突破，为长时储能开辟了新路径，整套系统从设计、制造到运维，拥有完全自主知识产权。

一条少有人走的路

成果的背后，是对储能工质的长期研判，也是一条少有人走的工程转化之路。

谢永慧介绍，当前我国正处在能源转型关键期，可再生能源是转型的核心抓手。截至今年 6 月底，国内可再生能源装机达到 24.55 亿千瓦，占总装机比重 60.7%，体量庞大。

“高比例可再生能源接入，给电力系统带来严峻挑战。电源间歇性、波动性影响电网安全运行，发电供给时间与用户用电需求时间不匹配，还会引发弃风弃光。”谢永慧说，“储能能够提升新能源消纳能力，也能拓展火电调峰范围。通俗地说，就是把富余的清洁电力储存起来，等到用电紧张时再释放。”

“‘从 0 到 1’核心是找准方向、看清价值。”伴随国内新能源产业的快速扩张，谢永慧敏锐地捕捉到大规模储能的刚需，锚定了这条研发路线。

谢永慧团队早在 2008 年就开始研究二氧化碳动力系统，最早主攻超临界二氧化碳路线，但其转化成本较高。基于多年二氧化碳动力系统的研究经验，他们提出了成本更低、适应性更好的气液互转二氧化碳储能技术。

“7 兆帕压力下，二氧化碳液化温度约 28 摄氏度，是相对容易实现的工况。”谢永慧解释，它的相变优势无可替代。同样 7 兆帕、28 摄氏度环境中，空气无法液化，每立方米仅 82 公斤；液态二氧化碳密度可达 672 公斤每立方米，存储同样质量的二氧化碳需要的容积不到空气的 1/8。

这一储能技术打通了二氧化碳“压缩—液化—储能—气化—膨胀—释能—发电”全链条工艺流程。在用电低谷期，利用多余电力将常温常压的二氧化碳气体压缩为高压液体，并将压缩过程中产生的热能储存起来；在用电高峰期，利用存储的热能加热液态二氧化碳至气态，驱动透平发电，实现电能跨时段转移。

气液互转二氧化碳储能系统适用于沙戈荒等各种地质和环境条件，具备较高的能量转换效率，能够保持长期高效、安全、稳定运行，输出功率和频率可满足电网的稳定需求，部件制造采用易于获取、价格合适的材料，且无特殊工艺要求。

从实验室到工程落地

从理论推演、方案设计、系统优化走向工程落地，这条路充满坎坷。作为全新的储能系统，国内外没有工程案例可供参照，适配这套系统的专用动力设备也属于空白。



谢永慧（左二）和团队成员在实验台。 受访者供图

2020 年底，经过多轮与设备和集成企业反复论证，工程路线和核心参数逐步敲定，项目进入实施阶段。

在谢永慧看来，建设验证系统的阶段压力最大。全套体系自主研发，没有成熟范本，一个参数偏差就会影响整套系统性能。他还记得一次现场测试，排查故障时迟迟找不到根源，那段时间心里一直绷着弦。

“整个庞大的系统，几轮下来参数都没有达到预期，心里很紧张，不知道问题出在哪儿，担心会影响整个团队进展。”谢永慧说。等排查出隐患顺利完成验证后，他才长舒一口气。

一次又一次故障排查的背后，是团队对整套系统全链条难题的持续攻坚。最终，团队解决了包括气液互转二氧化碳储能及多品质热源利用、高效宽工况轴流及离心二氧化碳压气机、全工况适应性大功率二氧化碳透平、超大可变容量高稳定结构储气库等七大难题。

在团队成员、西安交通大学能动学院教授张荻眼中，面对系统测试的起起伏伏，谢永慧大多时候都很平静。“谢老师是典型的技术人，判断问题始终立足技术本身。他认准方向就会坚持到底，是整个团队的主心骨。”

2022 年 8 月，四川德阳 10 兆瓦 /20 兆瓦时气液互转二氧化碳储能验证系统建成，顺利通过稳定性、快速启停考核，完成了“从 0 到 1”关键的工程验证。2023 年 12 月，安徽芜湖海螺水泥 10 兆瓦 /80 兆瓦时示范项目并网，入选国家能源局新型储能试点示范项目。今年 9 月，华电新疆木垒 100 兆瓦 /1000 兆瓦时项目并网发电，实现该技术向百兆瓦级、吉瓦时级工程应用的重要跨越。

从与设备和集成企业组建团队实施工程化到百兆瓦电站并网，谢永慧团队前后历时 7 年。“做基础研究的时候，就得提前掂量工程成本、预判设备风险，尽量把隐患排除在前期。”谢永慧这样总结。

逐步获得行业认可

华电新疆木垒压缩二氧化碳储能项目建成投产后，年发电量约 2 亿千瓦时，每年可节约标准煤 5 万吨，减少二氧化碳排放约 17 万吨，将强化电网削峰填谷、调频调压能力，显著提高电力系统的灵活性及安全性，持续扩大绿电供给，对于保障能源安全、促进绿色发展具有重要意义。

谢永慧介绍，该项目最直观的意义是，团队在行业内坐实了二氧化碳储能大规模落地和大范围推广的可行性。作为面向风光新能源的大型“充电宝”，它的示范带动效应显著。这套拥有完整自主知识产权，覆盖设计、建造到运维的技术体系，也逐步获得行业认可。

面向未来，团队计划继续向更大功率、更大容量推进，根据不同需求进行定制性开发。此外，超临界、跨临界等新型二氧化碳储能路线的研发也在同步推进，将为我国能源转型和能源安全提供多元技术路径。

第四届海洋装备科技创新大会在青岛召开

本报讯（记者廖洋 通讯员马庆雯）日前，第四届海洋装备科技创新大会在山东青岛召开，主题为“创新驱动·协同融合：推动深海工程装备实现新突破”。大会由中国海洋工程咨询协会主办，青岛海检集团有限公司、协会海洋装备分会、山东大学海洋研究院承办。

会上发布的《2025 海洋装备年报》聚焦海洋矿产、油气资源勘探开发装备和海洋风能、生物资源利用装备等四类，通过调研与对比分析呈现年度产业发展态势与重大技术成果。

“海洋试验科技创新协同服务平台”同期亮相。该平台由崂山实验室、自然资源部第一海洋研究所、海检集团等 10 家单位共建，按照“政府引导、质量筑基、市场运营、全链服务”思路，以青岛海洋综合试验场公益性科技支撑平台为总发起和主枢纽。

此外，“海洋装备成果转化科技服务”创新联合体在会上签约，由中国海洋大学、山东大学（青岛）、哈尔滨工业大学青岛研究院、海检集团等 10 家单位组成，构建陆海统筹的成果转化全链条一站式服务体系。

战略合作签约环节，宏华集团有限公司、天津钢管制造有限公司等 10 家单位签署协议，将在资源开发应用端、总体设计研发端、检测认证与实海验证端、海上作业服务支持端开展合作。

大会现场还进行了“青岛科创大走廊”专题推介和试验场综合能力展示。随后，参会嘉宾赴青岛海洋综合试验场陆域基地、国家海洋设备质量检验检测中心观摩对接。

2026 世界计算大会发布中国算力发展十大趋势

本报讯（记者王昊昊）11 月 20 日，在湖南长沙举行的 2026 世界计算大会上，《中国算力发展十大趋势（2026）》发布。

十大趋势分别是：单体集群跨越十万卡门槛，智能算力占比持续扩大；推理算力将成为需求主体，边缘与终端算力加速增长；全国一体化算力网加快建设，多层次设施体系加快构建；算力普惠加速推进，“极致性价比”彰显算力成本优势；关键技术创新不断涌现，产业链供应链韧性持续增强；竞争单元从单卡上移至系统，超节点正走向舞台中央；架构多元格局长期存在，异构适配成为生态建设关键；绿色算力由加分项变为硬门槛，评价标准由能效向碳效转型；算电协同纵深推进，算力负荷从成本中心变利润中心；太空计算由验证走向组网，商业探索有望正式开启。

中国电子信息产业发展研究院副院长刘文强表示，算力已成为衡量国家综合竞争力的重要标志，是抢占未来发展制高点的关键领域。截至今年 9 月底，我国智能算力规模达 2592EFLOPS（每秒进行百亿亿次浮点运算），同比增长 146%。到 2030 年，我国智能算力规模有望冲击 10000EFLOPS，占总算力规模比重将超 90%，智能算力结构中推理需求占比将达 85%，国家八大算力枢纽和三个算电协同发展区承载的智能算力规模将接近 90%。