

“根”本突破：分子钥匙解锁抗旱耐盐密码

■本报记者 李晨 通讯员 王一凡

“根深才能叶茂”道出了植物生长的根本法则：真正的繁茂，始于深藏地下的根基。对作物而言，“叶茂”是产量、是丰收，“根深”则是支撑稳产高产的关键。然而，长期以来育种多关注株型、穗型等“看得见”的地上性状，忽视了根系，导致不少品种“地上开花、地下失修”，抗逆能力弱。

近日，扬州大学教授徐辰武团队联合中国农业大学教授袁力行团队，从“看不见”的根系出发，首次揭示了玉米一个关键调控模块 ZmZIM2–ZmGAD 如何通过调控 γ -氨基丁酸代谢通路，显著增强玉米根系发育与抗旱耐盐能力。这不仅揭开了玉米根深“种”强的分子密码，也为破解中低产田增产难题提供了全新路径。相关成果以封面文章形式发表于《植物细胞》。

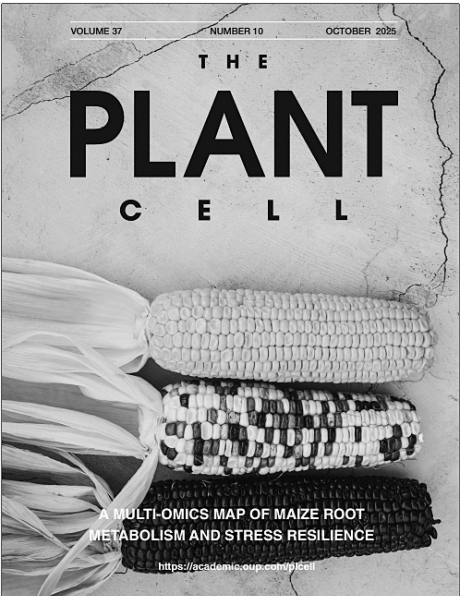
唤醒“沉默的防线”

作为我国主要粮食作物，玉米年种植面积超过 6 亿亩，其中近 65%集中在干旱半干旱地区。面对日益严峻的气候挑战，仅靠改善灌溉或施肥已难以为继，必须从作物自身挖掘抗逆潜力。

“人们总盯着穗子大不大、秆子壮不壮，却忘了真正决定生死的是埋在土里的根。”论文通讯作者徐辰武说，“根系是玉米等作物应对非生物胁迫的第一道防线，也是最关键的‘前线指挥所’。”

事实上，发达的根系不仅能深入土壤汲取深层水分，还能通过代谢调节维持细胞稳态，在干旱来临时提前关闭气孔、减少蒸腾损失；在盐碱地中主动排出钠离子，保护组织功能。但长期以来，由于难以观察、测量复杂，根系研究一直被忽视，成了作物科学中最“沉默”的领域之一。

正是在这样的背景下，徐辰武团队坚持自主研发高通量水培平台与图像分析系统，



当期封面。受访者供图

对 357 份玉米自交系进行根系表型精准鉴定，绘制出覆盖全样本的“根系图谱”。在此基础上，利用多组学联合分析，成功定位多个控制根系形态的关键位点，为后续功能验证打下坚实基础。

“根系看不见，但它的变异比很多地上性状更丰富。”徐辰武说，“只有把‘隐性优势’变成可测量、可预测的指标，才能真正实现抗旱育种的突破。”

联袂挖掘“隐性优势”

如何更好地挖掘出“隐性优势”？徐辰武认为，必须跳出单一维度的研究模式，采用多组学联合策略，将变异组、转录组、代谢组以及表型组等多个维度数据整合分析，打通从

基因到表型的完整通路。

“如果把基因组比作‘设计图纸’，转录组就是‘施工指令’，代谢组是‘建筑材料’，表型组则是最终建成的‘房子’。”论文通讯作者、扬州大学教授李鹏程形象地解释，“只有多维联动，才能真正看清植物抗逆的地下逻辑。”

在多组学数据支持下，团队成功构建了国内首个玉米根系“变异组 – 转录组 – 代谢组”的调控网络，并逐渐揭开了玉米根系形态和代谢物应对逆境的双重机制。

他们发现，一个名为 ZmbZIP89–Zm–PRX47 的信号通路，可在逆境中精准调控侧根区域的活性氧稳态，从而显著促进侧根伸长，扩大根系吸收面积，提升水分利用率，极大提升了抗旱能力。相关研究已于今年 4 月发表于《科学前沿》。

而比根系形态改变更隐蔽的是其内部悄然构筑的“代谢防线”。团队进一步揭示，玉米还可以通过精准调控 ZmZIM2–ZmGAD 模块激活 γ -氨基丁酸的代谢， γ -氨基丁酸能够在盐碱与干旱胁迫下帮助植株维持正常生理功能，从而促进根系生长并增强玉米的抗逆性。

“我们推测，这两个模块在玉米抗逆调控中可能具有协同作用，从形态与代谢双路径提升了玉米的环境适应性。”李鹏程表示。

一系列突破的背后是一场持续数年的“沙里淘金”科研长跑。团队将上百份代表性玉米材料作为研究样本，通过大规模代谢物检测、根系形态数据关联分析，利用功能富集分析、基因表达等多维手段，逐步追溯其遗传调控源头，最终精准锁定关键基因与核心代谢通路。

“这更像是一场马拉松，需要有很好的方向感和足够的耐力。”李鹏程表示，“每一步都要扎实，每个环节都不能脱链。从表型到代谢、从数据到基因，我们是在用时间换真相。”

从“经验育种”迈向“精准智造”



正值重阳佳节之际，中国科技馆围绕“智享银龄科暖重阳”主题，推出一系列聚焦老年群体的科普活动，以科技之力传递社会温度，助力构建全龄友好型社会。

10 月 28 日，中国科技馆在主展厅恐龙广场正式启动“银龄益智坊”老年科普项目。活动现场设置文化印刻、银龄益智区、智慧生活与桃源探秘四大主题区域。“银龄益智坊”将打造成一个基于积极心理学与多元智能理论构建的可持续科普服务体系，未来项目将深入社区。图为公众体验“银龄益智坊”老年科普项目。

本报记者高雅丽报道，中国科技馆供图

第十届世界华人数学家大会 各类奖项揭晓

本报讯(见习记者江庆龄)近日，第十届世界华人数学家大会(ICCM2025)各类奖项获奖名单正式公布。

ICCM 数学奖金奖得主为美国纽约大学教授、法国高等科学研究所数学学科终身教授王虹，美国芝加哥大学教授邓煜，北京大学教授袁新意。近年来，王虹因在挂谷猜想等经典难题上的突破性工作受到全球学界关注；邓煜与合作者成功解决了“狭义希尔伯特第六问题”这一困扰学界多年的物理公理化难题；袁新意的研究集中于数论，尤其关注 Arakelov 几何、丢番图方程、自守形式、志村簇和代数动力系统交叉领域。

ICCM 数学奖银奖得主为新加坡国立大学副教授鲍浚辰、香港中文大学讲席教授金邦梯、武汉大学教授王克磊、美国加州大学洛杉矶分校教授徐由利、清华大学教授朱芝航。他们在代数拓扑、解析数论方向取得突出成绩。

陈省身奖授予美国宾夕法尼亚大学教授翟敬立、复旦大学教授傅吉祥，他们分别在算术几何和复几何领域取得突破性成果。

首届华罗庚奖授予美国布朗大学教授舒其望、香港中文大学(深圳)教授罗智泉。舒其望在计算流体力学发展的 ENO/WENO 格式已成为该领域的标准工具，罗智泉则在优化理论与通信网络应用方面成果显著。同样首度颁发的林家翘奖授予北京大学教授鄂维南，以表彰他在应用计算与大数据领域的开创性贡献。

此外，大会还颁发了国际合作奖，数学贡献奖则授予香港中文大学教授周平。

防御“后门”、模型“遗忘”，他们这样守护 AI 数据安全

■本报见习记者 李媛 通讯员 白毅鹏

两个富人出于好奇心，想比较到底谁更富有，但又不想让对方知道自己“家底”，该用什么方法？在科学界，这被称为“姚氏百万富翁问题”，由计算机学家姚期智提出。因为这个问题，为实现数据“可用不可见”的安全多方计算研究得到学界关注。

在不久前举办的 2024 年度中国电子学会科学技术奖励大会上，西安电子科技大学教授马卓团队牵头完成的“开放环境下智能模型数据安全关键理论与技术”项目获自然科学奖二等奖。该项目在多方数据安全共享、异常数据逆向追溯与修复等方面实现突破，有效降低了企业数据共享的隐私泄露风险。

安全风险的“不确定性”

提起“开放环境下的智能模型”，不少人或许感到陌生。马卓解释说：“通俗讲就是人工智能(AI)模型，但在开放环境中，数据来源多样、节点分布松散，系统边界不固定，攻击者容易乘虚而入。”在实际应用中，数据交互、模型推理等环节都可能被攻击者窃取隐私、污染数据。

作为被攻击目标，模型面临的危险不止一个，攻击类型也复杂多样。马卓团队的工作就是从全流程角度防御风险——发现它、解决它。

一般而言，防御有事前、事中和事后三个阶段。在模型训练前的数据集构建阶段，要扫描定位异常数据。在模型训练中，引入能够抵御此类问题数据的鲁棒性学习方法。简单来

说，有点像免疫力可以构建起人体的“防火墙”，使模型更加“健壮”“皮实”“耐造”，关键时刻不“掉链子”，从而使机器学习模型在面对异常数据、噪声干扰、分布偏移等不利条件时，仍具备保持稳定性和有效性的能力。在模型完成训练后，要对模型进行扫描并消除问题数据对模型的影响。

“做这些还是为了实现模型‘高可用’。”马卓说，“‘不可用’的安全其实没有用，安全也要追求低成本、高效率，提升模型性能。”

给异常数据“动手术”

“姚氏百万富翁问题”假设的情景在多个行业都存在，如金融风控。马卓带领团队提出的系列超轻量级安全计算方法，支持包括多方数据加密、线性/非线性函数安全计算等在内的多种数据安全计算操作。他解释说：“我们就是想办法去除冗余，让有限数据参与训练，同时提高非线性运算算子的速度，让前期数据处理变得高效安全。”

除了数据处理，团队还瞄准模型部署后的异常数据快速定位和模型高效修复问题。前者是如何更快地确定异常数据，后者像对异常数据“动手术”，实现精准清除，保证模型“健康”运行。

异常数据，通常分数据投毒和后门植入两大类。数据投毒相对容易理解，后门植入则是一种形象说法，指攻击者通过污染数据或修改架构等方法，在模型中注入的隐蔽行为。这就像一扇可以通往模型的“门”，平时像

“卧底”一样保持静默，一旦被“触发”，就可导致模型出现异常。

马卓说：“以前的方法是穷举，把所有数据‘揍’一遍，我们现在通过类似于近似计算的方法找到它们，执行效率可提升两个数量级以上。”

发现异常数据，接下来就是把它从模型中“请”出去。之所以要“请”，是因为异常数据很“狡猾”，不仅“隐身”技能强，而且嵌套在模型中。如果把模型比作大脑，异常数据就可能“藏”在脑神经细胞，处理这些数据的复杂度不亚于一些神经外科手术。

模型遗忘策略

团队努力攻关，最终研发出“基于梯度上升的模型遗忘策略”方案，能在不重新训练模型的情况下，精准消除异常数据对模型决策的干扰。

训练模型的关键在于让模型“记住”数据及其特征，模型后门产生的核心原因是它“记住”了后门数据，而且后门数据不仅包含问题数据特征，也包含一定的正常数据特征。

“我们反其道而行之，让模型学会‘遗忘’，恰到好处地选择性失忆，把异常数据从模型中‘撤销’。”马卓说。

从数学角度看，梯度下降法是沿梯度下降的方向求解极小值。假设一个人正在山顶，



团队在进行测试。西安电子科技大学供图

担心天气突变或夜路危险，需要尽快下山，在保证安全的前提下，一个好方法是以当前位置为基准，尽量沿坡度最陡的地方往下走。为实现整体最优，每隔一段距离要重新校准定位坡度，继续下山。本质上，梯度下降法体现了一种模型训练的优化思维。

除了能为模型“排毒”外，这种方法还能像人们使用社交软件“撤回”信息一样，为模型部署机构或平台提供“撤回”数据的选择，尤其在多方参与数据共享的模型中。这既保障了部分参与方的数据隐私权，也能在某个机构退出合作时，最大程度减少数据“撤回”对模型正常运行的影响。

马卓表示，将防御后门与模型遗忘相结合，可构建更安全、可控的 AI 系统，在隐私保护、安全防护及合规治理等场景中具有显著应用价值。

发现·进展

中国科学院深圳先进技术研究院等 揭示肺癌脑转移规律

本报讯(记者刁雯蕙)近日，中国科学院深圳先进技术研究院研究员胡政与合作者对 223 例非小细胞肺癌基因组测序数据进行分析，揭示了不同转移部位的克隆起源、转移趋向性决定基因，在转移灶中观察到由杂合性丢失驱动的“早期驱动突变丢失”现象。相关研究成果发表于《细胞报告》。

研究人员通过整合团队自主数据和公共数据，构建了大规模的配对原发 – 转移全外显子组数据队列，涵盖 223 个配对原发肿瘤、94 个脑转移、39 个远处颅外转移和 179 个淋巴结转移。结果显示，原发与配对转移灶的肿瘤驱动突变总体高度一致，但与未转移的早期原发肿瘤相比，肺癌脑转移配对的原发肿瘤中富集 PTPRD、FAT1 等突变基因，且在原发阶段即呈现更高的突变克隆性，提示这些驱动基因可能在转移启动前已赋予器官转移趋向性。

随后，研究人员利用此前开发的转移克隆性计算框架，比较原发和转移灶中携带突变的肿瘤细胞比例，解析了转移的克隆起源模式，即单克隆起源或多克隆起源。他们发现，与其他转移相比，多克隆起源在脑转移中相对普遍，且药物治疗并不影响这一结果。该结果表明脑部的独特结构，如血脑屏障，导致原发灶肿瘤细胞在转移过程中面临高强度的选择压力，造成了显著的瓶颈效应。此外，研究还提示，转移微环境可能对部分“原发适应性驱动”施加负选择，导致早期在原发部位获得的驱动突变在转移灶丢失。

研究揭示了器官转移趋向性驱动基因突变在原发阶段就已存在，跨越血脑屏障的强瓶颈效应使脑转移倾向于以单克隆转移，而转移后又可能通过杂合性缺失“丢失”原发肿瘤获得的早期驱动突变。这些发现为肺癌脑转移风险评估和早期靶向干预提供了指导。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1016/j.celrep.2025.116449>

吉林大学

在高压条件下 合成新型碳基超导体

本报讯(记者孙丹宁)近日，吉林大学教授王洪波等人在新型碳基超导体研发方面获得新进展。他们以单质钠和石墨为前驱物，在高压条件下成功合成了一种新型碳基超导体。相关研究成果发表于《物理评论快报》。

自发现超导电性以来，新型高温超导体一直是凝聚态物理与材料科学领域的研究热点。低维度长期以来被认为是促进高温超导的重要因素。作为典型的二维材料体系，石墨插层化合物独特的电子结构和可调控的层间相互作用，使其在探索高温超导机理与新型超导材料方面备受关注。然而，尽管经过多年的努力，石墨插层化合物中的超导转变温度最高纪录仍停留在 2007 年报道的 CaC₆ 体系，在高压下仅为 15.1 开尔文。

在这项工作中，研究团队以单质钠和石墨为前驱物，在高压条件下成功合成了一种新型碳基超导体。电输运性质测量表明，该碳化合物在约 14 吉帕高压条件下，超导温度高达 28 开尔文，几乎是 CaC₆ 所保持纪录的两倍。研究团队结合同步辐射 X 射线衍射实验与 CALYPSO 晶体结构预测，确定了超导相的结构为二阶插层的 NaC₈，其中钠原子分布在双层石墨烯之间的层间空间中。

该工作不仅打破了石墨插层化合物领域近 20 年来未被超越的超导温度纪录，实现了人们长期以来对高转变温度碳基超导体的实验探索目标，还为进一步探索新型高温碳基超导体提供了更丰富的结构原型。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1103/2t6l-sqmj>

中山大学等

研发以智能手机为载体的 斜视测量技术

本报讯(记者朱汉斌 通讯员邵梦云)中山大学中山眼科中心、教授林浩添团队与清华大学教授徐枫团队合作，在前期全球首个数字面罩技术基础上，进一步研发出斜视数字标尺(DRS)。该技术仅通过智能手机录制的 30 秒视频，便可实现专科医生级别的斜视度自动精准测量。相关成果近日发表于《新英格兰医学杂志 – 人工智能》，并获 3 项发明专利授权。

研究团队开展了一项前瞻性多中心临床研究，在中山大学中山眼科中心、温州医科大学附属眼视光医院、深圳市眼科医院招募患者。研究人员将 DRS 测量结果与专家手工测量的三棱镜交替遮盖试验(PACT)结果对比，全面评估了 DRS 在定量测量斜视程度、定性诊断斜视类型及动态监测间歇性斜视三方面的性能，并与现有斜视自动测量方法进行了对比。

在斜视度定量测量方面，与 PACT 相比，DRS 绝对误差为 4.51 棱镜度(PD)，测量性能良好。在水平斜视度测量中，DRS 与 PACT 一致性极高，组内相关系数 ICC 达 0.98。在定性诊断方面，DRS 能准确区分正位、隐性斜视、显性斜视及内斜视和外斜视。在区分眼位正常与异常时，DRS 敏感性和特异性均较高。此外，在间歇性斜视检测中，DRS 可动态重建复位时间和速度，为观察和测量这类疾病的动态变化提供了新方法。

研发以智能手机为载体的斜视度精准测量新技术，具有重要科学价值与临床意义。林浩添指出，DRS 适配智能手机等消费级设备，可推广至国内外资源有限地区，提升医疗资源可及性，为斜视筛查、随访、监测注入数字化新动力。

该研究为斜视的院外自动筛查、早期诊断及居家随访提供了切实可行的解决方案。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1056/AIoa2401205>