



## 5 年攻关，“跨国课题组”绘制根系微生物“定居地图”

■本报见习记者 江庆龄

“这张照片感觉不够好啊。”中国科学院分子植物科学卓越创新中心（以下简称分子植物卓越中心）研究员周峰看到学生唐元杰拍的显微照片时，直截了当地说。过去 5 年间，周峰团队和瑞士洛桑大学教授尼科·盖尔德纳团队合作，致力于摸清土壤中植物根系和微生物之间互动的门道。侧根发生位置对微生物的吸引作用是其中一个重要结论，而唐元杰拍的显微照片中侧根部位细胞轮廓并不清晰。不过，周峰很快有了不同看法。回家后，他把照片给孩子看，上幼儿园的女儿说“爸爸，这像一个发炎的膝盖”，上小学的儿子说“老爸，这像是一个正在从周围吸收物质的黑洞”。周峰这才意识到，这张不够完美的照片，反而能给人更多想象空间。抱着试试看的想法，他们把这张照片投给了《科学》编辑部。一周后，这张照片被选作期刊封面。近日，相关研究以封面论文形式在《科学》正式发表。“根和土的界面研究长期处于‘黑箱状态’。周峰团队首次利用可视化技术手段，从微观细胞水平精准绘制了微生物在根系上的‘定居地图’，证实了谷氨酰胺作为营养与信号分子调控微生物在根部的定植。”中国科学院院士万建民评价，“这项研究为设计安全绿色肥料、提高作物营养吸收效率和抗病能力、助力绿色农业发展提供了新方案。”

### “没想到”：解码“黑箱”问题

2018 年，在盖尔德纳课题组从事博士后研究期间，周峰偶然发现，把植物放在水培体系中，能清晰观察到微生物在根系的分布情况。由于当时忙于解析植物根系局部免疫的“细胞损伤门控”机制，周峰把这个发现暂时放下了。2020 年，周峰回国加入分子植物卓越中心组建实验室后，第一时间重启了这个课题。唐元杰是周峰的第一届博士生。“我们需要用显微镜观察植物表型，但我刚来时照片拍得并不好，在周老师耐心指导下才逐步掌握了操



当期封面。分子植物卓越中心供图

作要领。”唐元杰说。熟能生巧后，他们结合荧光标记的活体微生物和高分辨率显微成像技术拍摄了几千张照片，并逐步绘制出微生物在根系表面的“定居地图”。整个研究过程像是一个层层递进的“寻宝游戏”。他们先是通过实验验证了周峰 2018 年的偶然发现。微生物在根系表面的“定居”呈现出规律的空间分布，而这种“定居”格局与凯氏带的完整性密切相关。“凯氏带是根系内部的一道特殊屏障，犹如双向守门员，既阻止外来有害物质进入植物体内，也防止植物体内的营养成分向外泄漏。”周峰说。当凯氏带出现缺口时，屏障被打破，营养物质通过缺口泄漏。而微生物基因中刻着“趋化作用”，即能够感知环境中的营养物质，并朝着“喜欢”的方向移动。那么，吸引微生物聚集的信号分子是什么？周峰等人起初推测是糖，这是植物光合作用的产物，也是能量的直接来源。实验结果却让他们直呼“没

想到”，质谱分析结果显示，根系内部泄漏的物质中约 70% 是氨基酸，糖类物质几乎检测不到。“学术界一般认为，植物通过糖类、脂肪酸或有机酸调控微生物定植，氨基酸起到的作用非常有限。”唐元杰说，“我们开始不敢断言是氨基酸，反复优化实验体系，经过长达一年多的重复才敢最终确定。”无疑，研究团队发现了一个新的植物信号分子调控微生物的定植。但他们并未满足于此，而是经过抽丝剥茧，结合多种实验手段，确定了谷氨酰胺是调控微生物的趋化、繁殖等行为活动的主要氨基酸，最终顺利破译了控制根系与微生物互动的“分子密码”。在凯氏带屏障尚未完全形成时或出现局部破损（侧根生长处）的区域，谷氨酰胺局部泄漏，释放出“信号弹”，吸引微生物趋向于此，进而在根系表面形成有规律的“聚居区”。当然，如果微生物丧失了感知氨基酸的“嗅觉”，则会“迷失方向”，无法准确找到“定居点”。值得一提的是，当有益微生物在根系局部大量“定居”时，能够显著促进根系的生长发育和养分吸收；病原微生物大量繁殖则会严重危害根系，甚至影响植株整体健康。此时，凯氏带起到了“智能阀门”作用，通过稳定根系内部的营养物质，欢迎有益微生物“入住”，维持根际微生物群的健康平衡。“这是一个在植物中广泛存在的现象，我们在水稻、百脉根、苜蓿等的根系中发现了同样的定植模式。”周峰补充道。

### “很愉快”：组建“跨国课题组”

“这项突破性发现离不开中瑞两国实验室的紧密协作，也依赖于团队成员之间的信任，以及行政与政策层面的支持。”盖尔德纳专门录制了祝贺视频，强调国际合作对推动科学突破、人类进步有重要意义。周峰对此深表赞同：“我们有着共同的科学目标，一开始就没有纠结贡献、署名顺序等问题。虽然是两个团队，但开展这项工作时更像一个跨国课题组，整个过程非常愉快。”（下转第 2 版）

## “夸父”偏滤器原型部件研制成功

本报讯（记者王敏 通讯员许铁军）10 月 13 日，由中国科学院合肥物质科学研究院等离子体物理研究所牵头承担的聚变堆主机关键系统综合研究设施“夸父”（CRAFT）取得重要进展，其偏滤器原型部件顺利通过专家组测试与验收。测试结果显示，该部件稳态热负荷能力达到 20 兆瓦/平方米，靶板面向等离子体表面邻接误差小于 1 毫米，标志着我国自主设计的国际尺寸最大、热负荷最高的偏滤器原型部件研制成功。



CRAFT 偏滤器原型部件。中国科学院合肥物质科学研究院等离子体物理研究所供图

偏滤器作为聚变堆稳态运行的关键部件，承担排出聚变产物和热量、控制杂质等重要功能，服役环境极为复杂和严苛。CRAFT 偏滤器原型部件在设计上创新性提出混合偏滤器包层集成设计方案，理论上可将氦增殖率提升超过 3%，为实现氦自持提供了一种有效辅助途径；设计了 3 种结构可靠、可正面拆装的独特靶板，并验证了可靠快速更换的可行性。通过采用平板结构，部件有效将靶板表面温度控制在再结晶温度以下，成功实现了稳态 20 兆瓦/平方米的高热负荷，相当于打造了一面聚变堆的“盾牌”。研制过程中形成了热等静压与钎焊加爆炸焊两条质量稳定的工艺路线，全面推动了钎焊、弥散强化铜和低活化钢等国产先进聚变堆材料的发展应用。

研究人员表示，偏滤器原型部件的成功研制标志着我国偏滤器研发能力已实现自主可控，为未来中国聚变堆偏滤器的工程应用奠定了坚实的技术基础。相关技术不仅能为其他聚变装置提供技术支持，还可拓展应用于航空航天、高端医疗设备、工业电子产品和新能源汽车等领域。

## “2025 全球十大工程成就”发布

本报讯（见习记者江庆龄 记者高雅丽）10 月 13 日，在“2025 年世界工程组织联合会全体大会暨全球工程大会”开幕式上，由中国工程院院刊《Engineering》评选的“2025 全球十大工程成就”正式发布，分别为“毅力号”火星探测器、欧几里得空间望远镜、南海深载人潜水器、南水北调中线工程、塔克拉玛干沙漠锁边工程、Blackwell GPU 架构、DeepSeek 开源大语言模型、高性能碳纤维复合材料、人形机器人、抗体偶联药物。

“2025 全球十大工程成就”体现了 4 个特点：一是集中体现了工程科技领域最新先进技术水平或实现重大原创性突破。二是综合反映了工程通过技术整合、系统优化与资源协

同，实现整体目标的系统性创新。三是突出展示了新质生产力的发展方向，具备推动新兴产业诞生、激发新动能的潜力，具有显著的产业带动与经济驱动价值。四是特别彰显了工程不断突破极限，帮助人类有效应对全球性挑战的关键作用。

“全球十大工程成就”于 2021 年开始评选，旨在吸引社会各界关注工程创新，营造尊重工程、崇尚创造的良好氛围。本次评选的“全球十大工程成就”主要指近 5 年已经完成且实践证明有效、产生全球性影响的工程科技重大创新成果，既包括重大工程项目或关键技术装备，又涵盖工程科技关键性原始创新与突破。

## 新研究实现

### 超快软 X 射线激光输出

本报讯（记者孙丹宁）中国科学院大连化学物理研究所杨学明院士、张未卿研究员团队与深圳先进光源研究院科研团队合作，提出一种基于等离子体的高效啾啾脉冲压缩方法，从理论和模拟层面证明了该方法可突破传统技术的效率瓶颈，为实现超亮度的软 X 射线激光超短脉冲输出提供了新路径。相关研究成果近日发表于《物理评论快报》。

高亮度、超快时间尺度的 X 射线激光脉冲是在原子时空维度上观测物质内部非线性和超快动力学过程的关键工具，是当前前沿科学研究不可或缺的手段。自由电子激光作为产生这类超快 X 射线脉冲的核心装置，其啾啾脉冲放大技术对提升激光峰值功率至关重要。然而，传统光栅啾啾压缩器在软 X 射线波段的传输效率较低，严重限制了最终输出激光的峰值功率。因此，亟需开发一种全新的高效软 X 射

线脉冲压缩方法。针对上述挑战，研究团队提出了一种全新解决方法，利用惰性气体等离子体作为压缩介质，以实现超快软 X 射线激光输出。该方法的核心原理是利用软 X 射线激光在接近等离子体离子共振频率时产生的强折射率色散效应，对预先展宽的啾啾脉冲进行精确的色散补偿，从而实现时间维度上的压缩。基于回声增强谐波产生自由电子激光模型产生的啾啾脉冲，研究团队开展了系统的模拟分析。结果表明，该方法的传输效率超过 70%，可将 25 飞秒的软 X 射线脉冲压缩至 1.4 飞秒，同时将脉冲峰值功率从 23.5 吉瓦提升至 100 吉瓦以上。该方法设计巧妙，与现有自由电子激光设施高度兼容，具备良好的实验可行性。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1103/d7r7-46ld>

## 我国 200 万亩玉米实收单产首破 1200 公斤

本报讯（记者李晨）10 月 10 日，新疆维吾尔自治区伊犁哈萨克自治州百万亩玉米吨粮田测产结果发布。伊犁州 200 万亩玉米规模化生产区平均亩产达 1209.1 公斤，创全球范围内玉米 200 万亩高产纪录，并再次刷新百万亩至百万亩 5 个层次的全国玉米大面积高产纪录。其中，万亩、千亩、万亩均突破吨半粮（1500 公斤/亩）水平。

据了解，伊犁州百万亩吨粮田创建区全面采用中国农业科学院作物科学研究所研究员李少昆团队研发的“玉米密植高产精准调控技术”。该技术通过集成合理增密、滴灌水肥精准调控、滴水齐苗、一喷多促等 10 项关键技术，有效破解了高密度种植条件下的倒伏、空秆、早衰、水肥效率不高等生产难题。

该技术在全国累计推广 1.5 亿亩，并在全国范围内首次实现了玉米单产大面积（54621 亩）达到“吨半田”水平的突破，为全国玉米大面积增产提供了可复制、可推广的技术路径。



实收测产现场。专家现场测产。中国农业科学院供图

## 全球研发投入不足，“超级细菌”仍在蔓延



寰球眼

本报讯《自然》近日报道，未来 25 年，抗生素耐药性预计将导致全球 3900 万人死亡。而世界卫生组织（WHO）近期发布的一份报告指出，全球范围内寻找耐药性感染治疗方法的进程并未按计划推进。报告指出，全球抗生素药物研发正面临双重危机，一是研发中的药物数量稀缺，二是对抗耐药菌的方法缺乏创新性。

“抗生素耐药性问题不断加剧，但新治疗方法和诊断方法的研究进度不足以应对耐药菌感染的蔓延。”WHO 卫生系统助理总干事 Yukiko Nakatani 在一份声明中表示，“如果不在研发方面加大投入，同时全力确保新的和已有的药物送达最需要的人群手中，耐药性感染将持续扩散。”

2024 年发表于《柳叶刀》的一份报告指出，1990 年至 2021 年间，全球每年因耐药性感染死亡的人数为 100 万，而到 2050 年这一数字可能增至近 200 万。预计到 2050 年，因抗生素耐药性直接致死的人数将升至 191 万，此外还有 822 万人的死亡与之相关。

WHO 报告指出，由于抗生素药物研发进程滞后，全球无法实现联合国设定的“到 2030 年降低抗生素耐药性相关死亡率”的目标。根据 WHO 的分析，目前处于研发阶段的药物共有 90 种，然而，其中仅有 15 种属于“创新性药物”，即具有额外临床显著效益的药物；且仅有 5 种对 WHO 细菌优先病原体清单中列出的至少一种“关键细菌”有效。自 2023 年以来，由于 WHO 判定部分药物不具备创新性，处于临床研发阶段的药物数量有所减少。

临床前研发领域仍保持活跃，全球 148 个研究团队共开展了 232 个相关项目。但报告指出，参与研发的企业中 90% 为小型公司，这凸显了研发生态系统的脆弱性。多年来，由于资金投入不足且新抗生素的审批率较低，大型制药公司纷

纷退出抗生素市场。即使新抗生素成功研发上市，也不足以遏制耐药性感染致人数上升的趋势。制药企业必须不断研发新抗生素，以应对微生物不断进化的耐药性。

归根结底，人类医疗和农业领域抗生素药物的滥用，是造成抗生素耐药性加剧的主要原因。因此，除了研发新的抗生素疗法外，还需减少抗生素使用，以降低耐药性感染的发生。

各国已承诺减少抗生素使用量，以期到 2030 年将耐药性相关死亡率降低 10%。但这恐怕难以实现，因为预测显示，未来几年人类医疗和牲畜养殖领域的抗生素使用量都将增加。“我们无法阻止抗生素耐药性的产生，但可以采取措施减缓其发展速度，而目前这方面的成效并不理想。”澳大利亚南澳大学的 Rietie Venter 说。

WHO 表示，当前面临的最大挑战与抗菌药物及诊断方法研发领域的投入相关，持续为与抗生素耐药性相关的各类研究提供资金支持至关重要。（王方）

## 第十六届创新发展论坛专题活动在大连举行

本报讯（记者孙丹宁）10 月 11 日，由中国科学报社与大连理工大学联合主办、广东省艾思信息化学术交流研究院承办、科学网与艾思智库支持的“第十六届创新发展论坛专题活动及第四届能源与动力工程国际学术会议”在大连举办。本次论坛作为第十六届创新发展论坛的专题活动之一，以“能源与动力工程未来展望”为主题，聚焦能源与动力工程在现代科技与工业中的重要角色及其跨学科的应用前沿，旨在为实现高水平科技自立自强、加快发展新质生产力建言献策。来自大连理工大学、中国科学院化学研究所、南京航空航天大学、哈尔滨工业大学（深圳）等单位的多位专家学者参会。

中国科学院党组书记王维维在致辞中指出，能源是推动人类社会进步的重要基础，能源安全事关经济社会发展全局。如何实现能源的安全、清洁、高效存储、转化与利用，始终是全球关注的重大问题。他表示，希望通过本次论坛搭建科学家交流的平台，促进研究成果、学术思想与实践经验实现深度共享。

大连理工大学党委常委、宣传部部长韩轶在致辞中表示，大连理工大学在能源与动力工程领域历史悠久、积淀深厚。当前，该学科发展正面临重大战略机遇，本次论坛的召开恰逢其时。他期待与会专家学者深入交流、凝聚共识，产出更多高质量思想成果，共同推动学科建设与行业进步。在大会报告环节，中国科学院院士、中国科学院化学研究所研究员李永舫以取之不尽

用之不竭的太阳能作为切入点，作了题为《窄带隙有机受体光伏材料》的学术报告。他系统介绍了用于聚合物太阳能电池的窄带隙小分子受体光伏材料、窄带隙有机后结的钙钛矿/有机叠层太阳能电池等方面的最新研究进展，并展望了该领域在提升光电转换效率、推进产业化应用方面的潜力和发展方向。

中国科学院院士、南京航空航天大学教授郭万林在题为《智·能协同·开创未来》的报告中，探讨了如何借助“智”与“能”的深度融合，引领未来产业发展的新范式。他以光伏效应为例，介绍了其团队在利用自然水循环过程中捕获电能方面的进展，并进一步展望了“智能-材料-能源”一体化协同的发展趋势。

哈尔滨工业大学（深圳）教授张明明在《AI 赋能风能利用技术研究报告》中，结合我国风电发展现状，探讨了人工智能技术在风能领域的融合应用。他分享了如何借助数字孪生、大数据、云计算、5G 与物联网等技术，进一步推动智能风电功率预测、风电场选址优化及集群运维管理等方面的研究。

此外，第四届能源与动力工程国际学术会议设置了特邀报告和口头报告环节，来自上海交通大学、西安科技大学、沈阳农业大学等多所高校的学者，就能源技术与未来产业发展议题展开了深入交流。

创新发展论坛由中国科学报社与中国高等科学技术中心于 2010 年共同发起，诺贝尔物理学奖获得者李政道任首任主席。论坛长期聚集前沿科学问题，至今已成功举办 16 届，是我国科技交流领域的重要平台。