

植物星球计划：构建完整的“生命树”

■本报记者 李晨

植物占地球所有生物量的82%，而所有动物加起来占比还不到1%。植物对地球生态系统至关重要，但人们对植物的了解却远远不够。

近日，《细胞》在线发表了15个国家和地区40余家顶尖科研单位的科学家面向全球发起的植物星球计划(PLANeT)，标志着该计划正式启动。这一计划最初在中国植物学会酝酿产生，由中国植物学会、中国农业科学院、中国科学院、北京大学等单位领衔发起，旨在通过解码陆地植物的遗传密码，构建一幅完整的“植物生命之树”图谱，系统解析陆地植物的基因组多样性，并在此基础上推动基础研究与应用创新的融合发展，以应对粮食安全、生物多样性保护等全球性挑战。

美国国家科学院院士、爱荷华州立大学教授Jonathan Wendel说：“这是一个非凡的计划，它将帮助我们理解植物基因组的深层联系。能参与其中，我深感荣幸。”

中国科学院院士、中国植物学会理事长、中国科学院植物研究所研究员种康指出，这项计划由中国科学家倡导并领衔，不仅是植物科学的里程碑，更是中国从学习、追赶引到引领、合作的历史性跨越。

从碎片化数据到基因组“海洋”的征程

“每一棵树、每一种草本植物、每一种作物，都拥有各不相同的基因组。基因组是一本生物学的‘说明书’，靠数亿年的进化书写而成。”美国国家科学院院士、德国马克斯·普朗克生物学研究所研究员Detlef Weigel说，地球上大约有45万种陆地植物，它们为人类提供衣物、治愈疾病，产生人类呼吸的氧气，也是维系地球宜居生态系统的关键组成部分。

“然而，我们几乎还未真正读懂它们基因组中的内容，目前95%的属、70%的科，以及超过一半的目，还没有任何参考基因组。”Weigel说。

目前，地球生物基因组计划正致力于测序地球上所有真核生物的基因组，达尔文“生命之树”计划正在系统性测序英国和爱尔兰的物种；而脊椎动物基因组计划已在动物研究中取得了令人惊叹的成果。

“这些努力令人振奋，它们展示了当科学共同体围绕共同目标时凝聚的力量，但植物却落在了后面。”Weigel强调，此前，没有一个面向陆地植物基因组的国际协调一致的大规模系统计划。

“自2000年拟南芥基因组发布以来，26年过去了，我们仍处于植物基因组数据的‘碎片化时代’。”PLANeT主要负责人之一、中国农业科学院深圳农业基因组研究所研究员王丽说，以被子植物为例，尽管已解码了超过1000种植物的基因组，但仍有约94%的属和约34.5万个种的基因组“黑匣子”尚未打开。大多数组学数据资源集中在少数物种上，形成了知识“孤岛”，而大量野生植物的基因



丰富多彩的植物世界。

受访者供图

资源无法被有效掌握和利用。

人们对于植物的认知状况仍然停留在少数知识“孤岛”上，缺乏通往其他“岛屿”的桥梁，更无法窥见整个植物生命“海洋”的全貌。这种数据缺口严重制约了人类对植物多样性、适应性及功能潜力的深入理解，直接影响到粮食安全、生物多样性保护和药物开发等关键领域。

“PLANeT的发起，源于人类对陆地植物认知的严重不足。”种康说，“这好比我们拥有一座宏伟的图书馆，却对其绝大多数书籍的内核与核心思想一无所知。”

“在一个科研资源日益区域化、国际交流面临诸多不确定性的时代，我们为什么还要坚持一个全球性的科学工程？”中国科学院院士、中国农业科学院院长黄三文说，这触及到了PLANeT的核心命题。

“植物分布本来就是跨越国界的。植物是连接不同大陆和文明的自然纽带。一个物种的分布范围可能覆盖多个国家和地区，一个植物类群的演化历史可能涉及多个大陆。如果把植物基因组研究局限在某个国家或者区域内部，就等于把一个完整生命故事撕裂成碎片。”黄三文说，在生物学中，“生命之树”表示生物的进化关系。“植物生命之树”是一个整体，任何区域的割裂都会让这幅生命的图景变得不完整。

从“盲人摸象”到智能育种

种康介绍，该计划的终极目标是绘制一幅高分辨率、时间校准的完整陆地植物系统发育树图谱，从根本上厘清所有主要植物类群之间的亲缘关系与分化时间。具体而言，2026年为所有被子植物的解码基因组，这第一步已经实现；2028年覆盖95%以上开花植物的科和非开花植物的目；2036年覆盖90%以上开花植物的属和非开花植物的科。

PLANeT的核心是通过系统测序陆地植物主要谱系，构建一个数字化的“植物生命全景基因组”。其主要内容包括对缺乏参考基因组的目、科、属进行采样，利用进化和功能基因组学方法，结合人工智能技术，挖掘植物基因组的共同规则。

王丽介绍，PLANeT预计在三个方面产生直接且深远的影响。

首先，实现作物育种革新，保障全球粮食安全。挖掘野生物种丰富的遗传宝库，弥补作物品种中丢失的优异基因，如抗逆、高产性状等，赋能“智能育种”的新纪元。

北京大学现代农业研究院院长邓兴旺解释：“当前育种像‘盲人摸象’，只针对少数性状，而PLANeT将提供整头‘大象’的蓝图，让我们能设计适应气候变化的‘未来作物’。”

其次，为生物多样性保护充当生态“保险单”。PLANeT通过基因组数据评估物种的遗传多样性和灭绝风险，比传统野外监测更高效。

最后，挖掘天然产物“绿色宝库”，发现新药。植物是自然界最伟大的化学家，现有药物中约33.6%源自天然产物及其衍生物。

人工智能在PLANeT中扮演着“超级翻译家”的角色。其核心任务是学习并破译植物的“共同语言”，即DNA序列中隐藏的语法规则和调控逻辑。

例如，人工智能可以识别哪些基因组区域是进化中“锁定”的功能基石，哪些是“创新热点”，从而预测基因功能。通过人工智能模型，科学家还可以预测植物如何形成其关键性状，或理解趋同进化的分子基础。

邓兴旺对PLANeT的未来充满了期待。他设想，未来科研人员进入田间或野外，可以使用便携式测序设备，现场提取植物DNA并进行测序。将数据实时上传至PLANeT的智能分析平台，可立即获得这些植株的基因信息，预测其生产潜力并筛选优良材料进行深入研究，而无需等待一个完整生长周期。

“在PLANeT的愿景里，未来的农学家或植物科学家既要掌握前沿的计算方法和大数据，也要着眼于真实世界的生物多样性；既是数据科学家，也是野外或田间的植物精准鉴定专家。”邓兴旺说。

在全球合作中建立科学的确定性

“PLANeT所倡导的开放、公平、合作、专业的精神，与中国一贯坚持的国际科技合作理念高度契合。”种康说，该计划目前已汇集了15个国家和地区40余家机构，预计招募和培训超过1000名科学家。

“加强全球合作，具有更深层次的战略意义。”黄三文说。

首先，避免重复建设，共享“基础设施”。基因组学本身就是大数据时代的产物，每个高质量参考基因组的成本虽然在降低，但仍然需要大量的资金、设备和专业人才。如果各个国家、各个实验室“各自为战”，重复测序那些容易测的物种，而真正的演化空白无人问津，那是对全球科研资源的巨大浪费。

“PLANeT的战略价值之一，就是作为一个全球的协调机制，让大家朝着同一个‘生命之树’的目标前进，而不是分散用力。”黄三文说。

其次，弥补短板偏差，实现真正的全球代表性。目前植物基因组资源存在严重的维度偏差，即大部分植物基因组数据来自北半球温带、亚热带地区，热带和南半球的植物多样性被严重忽视，而恰恰是这些地区拥有地球上最丰富的植物多样性。“没有这些地区科学家的深度参与，PLANeT就不可能真正实现覆盖全球‘生命之树’的愿景。全球合作是科学上的必需。”黄三文说。

最后，在不确定性中建立科学的确定性。人类正处在一个充满变数的时代，气候变化、生物多样性丧失、粮食安全危机加剧，每年约13亿吨食物被浪费，相关温室气体排放高达33亿吨……

“这些挑战没有任何一个国家能够独自应对。基因组学提供的是一个确定性的底层基础设施，无论国际局势如何变化，一套完整开放、代表全球植物界多样性的基因组数据，将是全人类共同的科学资产。”黄三文说。

这个全球参与的背后，是科学无国界的精神。Weigel强调：“科学有独特的能力团结人类，我们必须保持开放。”

“这不仅是技术的进步，更是认知维度的飞跃。”种康说，可以预见，PLANeT所产生的“数字植物方舟”，将极大推动从基础生物学、生物多样性保护到作物改良、新药研发等所有相关领域的范式创新。它将为揭开“植物如何演化以适应环境”这一达尔文时代的未解之谜提供前所未有的数据利器，为医药制造、作物品种创新和生态保护提供技术力量。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1016/j.cel.2026.01.026>

《中国未来产业科技创新发展报告(2026年)》蓝皮书发布

本报讯(记者张楠)5月26日，《中国未来产业科技创新发展报告(2026年)》蓝皮书(以下简称蓝皮书)在京发布。蓝皮书由中国科学院科技战略咨询研究院(以下简称战略咨询院)组织编写。

蓝皮书全面分析了全球未来产业竞争格局与我国现状，提出推动我国未来产业高质量发展的总体思路；系统梳理通用智能、具身智能、量子信息、生物制造、聚变能源等十二个重点领域的技术路线、竞争态势与产业化路径；深入探讨从基础研究到成果转化、从超级场景培育到要素制度保障的全链条创新生态。

战略咨询院新质生产力发展研究所所长王晓明表示，未来产业发展“怕冷也怕热”——过冷，则不符合产业发展的必备条件；过热，则易发生短期效果不明确又一哄而散的情况，造成资源浪费。“未来产业不是一蹴而就的，平稳有序发展才是关键。蓝皮书旨在把握技术与产业规律，明确年度重点，为各方提供参考，引导未来产业有序推进。”

神经元是大脑最基本的功能单位，想要解开大脑的奥秘，首先要听懂神经元的“私语”。被誉为“可以倾听细胞声音”的膜片钳技术是获取单细胞电生理信号的关键手段，已成为解开各种复杂脑科学谜题的“钥匙”之一。

然而，这把“钥匙”极难打造。传统的人工膜片钳操作极其复杂，对实验人员经验要求极高，以标准化、高精度的机器人替代人工成为推动该技术发展的重要方向。

近日，南开大学人工智能学院教授赵新团队利用自主研发的机器人化主动膜片钳系统，与山东中医药大学实验动物中心团队合作，成功记录了清醒猕猴的神经元电生理信号。相关成果发表于《微系统学报》。

这是国际上首次将机器人化主动膜片钳技术应用于清醒非人灵长类动物的大脑电生理信号探测，标志着我国自主研发的精密科研仪器已具备实际应用能力，为前沿脑科学研究提供了技术支撑。

尚待“自动化”的“金标准”

在智能时代，脑科学研究不仅是为理解生命，更是为了探寻“智能的本质”。人类大脑拥有近860亿个神经元，这些细胞通过沿着轴突传递电脉冲相互“交流”，构成了行为和



给大脑配上“超级听诊器”

■本报通讯员 高雨桐 记者 陈彬

认知的物理基础。解析其细胞电生理机制，是当前脑科学研究的重点之一。

获得1991年诺贝尔奖的膜片钳技术，能够通过一根极细的玻璃微电极，轻轻吸附在细胞膜上形成高电阻封接，像“听诊器”一样精准检测神经元之间微弱的电生理信号，被公认为脑科学研究的“金标准”。

然而，在清醒非人灵长类动物身上实现膜片钳“微米级的贴合”几乎是人工操作的极限。相比于麻醉状态下的相对静止，清醒状态下动物的相对运动是一个极其“复杂动荡”的环境，对操作精度和响应速度提出了更高要求。目前仅凭人工操作，经常出现“操作盲、定位缺、动作拙、检测难、跟不上”等问题，严重制约了脑科学研究的规模化探测。

“研发机器人化主动膜片钳系统，不仅能降低实验成本、提升成功率，还能实现大规模、智能化的全流程自主操作，突破这一制约脑科学发展的技术瓶颈。”赵新说。

赋予机器人接近外科医生的能力

2021年，赵新团队牵头获批国家自然科学基金国家重点研发计划项目“面向清醒动物脑科学研究的机器人化主动膜片钳系统”，联合天津医科大学、天津大学和中国科学院昆明动物研究所团队，开展为期5年的跨学科系统性协同攻关。

针对清醒动物实验中脑组织微震颤带来的干扰，研发团队研制了面向膜片钳操作的清醒动物头部主动固定装置，攻克活体神经动态追踪关键技术，确保“跟得上”。通过对在体内荧光染料注射、扩散与发光建模，团队研发出大脑皮层环境动态荧光成像技术，并基于双光子显微图像突破大脑环境三维重建与目标障碍物精准定位技术，实现“显示清”“定位准”。

在路径规划方面，研发团队通过脑组织环境轨迹势场和应变建模，突破在体环境电极主动轨迹规划与避障技术瓶颈，让膜片钳“动得巧”，灵活穿行于复杂的大脑皮层间。在

操作执行环节，他们基于多物理场建模，实现细胞紧密贴附、平稳封接、低扰动定量破膜、平衡膜片剥离和精准检测。

“这相当于赋予机器人接近外科医生水平的精细操作能力，在确保对细胞损伤降至最低的同时，实现了电信号的精准检测。”团队成员之一、南开大学人工智能学院副教授赵自立说。

让大规模膜片钳探测成为可能

据悉，依托该系统，研发团队不仅在国际上首次完成清醒猕猴机器人化膜片钳实验，还利用该系统开展了阿尔茨海默病模型小鼠的研究，进一步验证了其在不同动物模型中的广泛适用性与推广潜力。

目前，研发团队已经建立了覆盖贴壁细胞、脑片、小鼠、大鼠及清醒猕猴等多类对象的标准化操作流程，完成了包括全细胞式在内的5种基本记录方式的自动化操作流程。

赵新说：“面向清醒动物脑科学研究的机器人化主动膜片钳系统的研制与应用，有助于降低当前脑科学研究的技術门槛，使大规模、精准化的膜片钳探测成为可能，为我国开展细胞级、亚细胞级的高精度脑科学研究提供了重要技术支撑。”

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41378-026-01325-x>

发现·进展

中国科学院昆明动物研究所等

重建印尼群岛 古人 群遗传分化史

本报讯(记者张楠)中国科学院昆明动物研究所研究员张晓明、吉学平联合复旦大学教授王传超等国内外科研人员，对苏门答腊岛北部洛夹门达洞穴出土的古人 类遗骸进行了深度测序，并整合东南亚岛屿已发表的古人 类基因组数据，系统重建了印度尼西亚(印尼)群岛东西部人群的遗传历史。近日，相关成果在线发表于《交叉科学》。

经典生物地理分界线“华莱士线”将印尼分为东西两部分，它们在人类文化和遗传上存在显著差异。洛夹门达洞穴的文化层序列记录了和平文化、南岛语族文化和东南亚大陆新石器文化等阶段的考古证据，是研究东南亚大陆和平文化传统、海岛南岛语族人群扩张和印尼西部新石器时代农业人群演化的重要考古节点。

研究团队在热带高温高湿环境下成功提取高质量基因组数据，并对古DNA的真实性进行了严格验证，最终获得两例距今约3300年和1700年的古基因组。这是迄今印尼华莱士线西部最早的古基因组证据。

样本遗传结构显示，其祖源构成43.3%的南岛语族人群成分、29.1%的和平文化人群相关成分和27.6%的东南亚大陆新石器晚期至青铜时代人群相关成分，与考古学证据完美呼应。洛夹门达遗址叠压的文化层在基因组变化中均能找到对应，说明这些文化变化的背后不仅是技术和器物的传播，更伴随着真实的人群迁徙与融合。

研究团队提出了印尼西部遗传差异形成的“两阶段”模型。第一阶段在全新世早期或更早时期，当时印尼西部就已存在显著的遗传差异，西部采集狩猎人群可能与东南亚大陆的和平文化人群亲缘关系更近，印尼东部则以巴布亚相关祖源遗传为基础，这与华莱士线的地理隔离高度契合。第二阶段在新石器时代及以后，5000~4000年前开始的南岛语族人群扩张，为印尼东西全境带来了早期南岛语族遗传成分，但并未简单替代原有深层祖源成分；随后西部地区多次接受了来自东南亚大陆的基因流，东部地区则经历了巴布亚相关人群的回流。

研究揭示，印尼群岛现代人群的形成是早期区域分化、南岛语系扩张、东南亚大陆人群迁徙和巴布亚相关人群回流共同作用的结果。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1016/j.isci.2026.115974>

华中科技大学同济医学院附属同济医院等

揭示高脂血症 加重牙周病新机制

本报讯(记者李思辉 通讯员田娟)华中科技大学同济医学院附属同济医院口腔副教授姜士强、教授毛靖与北京大学口腔医院正畸科教授刘燕团队合作，首次系统阐明高脂血症通过激活特定通路，诱导牙周膜干细胞(PDLSCs)发生铁死亡，进而加重牙槽骨丢失的分子机制。近日，相关研究成果发表于《先进科学》。

牙周炎并非单纯的口腔疾病，而是与全身代谢状态密切相关。临床中发现，高脂血症患者往往牙周破坏更严重，但其背后的细胞与分子机制长期未明。PDLSCs作为牙周组织内具有成骨分化潜能的“种子细胞”，其功能状态直接决定牙槽骨稳定性。

研究团队通过构建小鼠高脂血症模型，证实高脂状态可直接损害PDLSCs成骨能力，破坏牙槽骨微结构。进一步研究发现，高脂小鼠牙周组织内铁死亡标志物表达显著降低，三价铁离子沉积与活性氧水平明显上升，且在跨膜蛋白CD146阳性的PDLSCs中观察到典型铁死亡特征。

体外实验证实，游离脂肪酸可引发线粒体皱缩、嵴断裂、膜电位下降等典型铁死亡超微结构改变。而使用铁死亡特异性抑制剂处理后，上述损伤被有效逆转。PDLSCs的成骨分化能力也得以恢复。在高脂血症合并牙周炎小鼠模型中，局部注射该抑制剂同样显著减轻了牙槽骨吸收。

研究发现，高脂血症通过激活糖原合成激酶3β(GSK3β)，启动β-转导重复蛋白(β-TrCP)介导核因子E2相关因子2(NRF2)泛素化降解途径，抑制NRF2抗氧化信号轴，导致细胞氧化还原平衡失衡，从而引发PDLSCs铁死亡，进而削弱其成骨分化能力，最终加重牙槽骨丢失。

这一发现为高脂血症人群牙周炎的早期干预与靶向治疗提供了全新理论依据与潜在策略。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1002/adv.75157>

农业农村部成都沼气科学研究所

沼气“晒太阳”变身 高值液体化学品

本报讯(记者李晨 通讯员周丹丹)农业农村部成都沼气科学研究所畜禽粪污资源化利用与污染控制团队提出一种利用太阳能驱动沼气甲烷转化的新方法，实现了甲烷向绿色甲醇、甲酸等高值液体化学品的高选择性转化。近日，相关研究成果发表于《德国应用化学》。

甲烷是沼气的主要成分，也是重要的碳氢资源。把沼气中的甲烷高效转化为绿色甲醇、甲酸等高值液体化学品，对于提升沼气利用价值具有重要意义。

针对甲烷转化、反应中容易变成二氧化碳等问题，科研团队设计了一种由非晶相和晶相半导体组成的新型复合催化体系，在室温光照条件下，仅用水和氧气作氧化剂，就能将甲烷转化为绿色甲醇、甲酸等高值液体化学品。

研究表明，该反应活性优于目前多数已报道体系，选择性达98%以上。该成果为碳中和背景下推进沼气高值化利用、农业废弃物资源循环利用与固碳提值提供了新思路。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1002/anie.9660324>