© CHINA SCIENCE DAILY

中国科学院主管 中国科学报社出版 国内统一连续出版物号 CN 11 - 0084 代号 1 - 82





主办:中国科学院 中国工程院 国家自然科学基金委员会 中国科学技术协会

总第 8885 期 2025年12月1日 星期一 今日4版

新浪微博 <u>http://weibo.com/kexuebao</u>

科学网 <u>www.sciencenet.cn</u>

邮发代号: 1-82

中国科学教

传播新时代科学家精神

打造有影响力传媒品牌

扫描识别二维码 即可登录邮政微商城订阅 全国邮政各网点均可同步订阅

年定价

218元

不靠阳光不捕食,千米下的深海珊瑚如何生存?

多种氨基酸与部分维生素的完整合成途径。"既

然自身不能转化营养物质, 那它必然依靠外部

供应才能生存。这一发现从遗传学角度暗示,份

交替深海黑珊瑚的生存或许依赖共生菌实现营

区域的 14 个样本进行共生菌组成与多样性分

析,研究团队证实,伪交替深海黑珊瑚维系着一

个独立于周边海水环境、组成简单且稳定的共

通过对南海与西太平洋跨不同水深与地理

既然伪交替深海黑珊瑚依赖共生菌群生

通过原位杂交链式反应,研究团队发现,共

存,那么这些"神仙队友"是如何与宿主分工合

生菌在伪交替深海黑珊瑚的水螅体中广泛分

布,显著富集于中胶层。中胶层具有良好的通透

性,且富含类吞噬的变形细胞,不仅有利于小分

子物质的双向扩散与循环,还为共生菌提供了

相对安全的微环境,使得物质循环、免疫规避、

心的共生菌进行了测序分析,发现这群"神仙队

友"虽然成员数量不多,但个个是精英,且分工

种菌类能够氧化宿主代谢产生的氨,驱动有机

碳与多种氨基酸、维生素合成,并将它们供给宿

一种从未被报道过的共生菌群,这种菌类具有

合成血红素、硫辛酸、谷胱甘肽及脂肪酸的潜

主,从而实现解毒与营养供给双重功能。

力,兼具抗氧化应激与营养补给作用。

研究人员对伪交替深海黑珊瑚体内 4 种核

首先是"首席营养师"——氨氧化古菌。这

其次是"金牌保健师"——研究团队发现了

稳态维持能够在同一组织空间中协同实现。

养互补。"孟亮告诉《中国科学报》。

深海珊瑚的"神仙队友"

生菌群。

作的?

■太报记者 刁雲董

在距离海平面千米的深海,阳光无法抵达,海水冰冷,压力极大。然而,在环境极端的"海底沙漠"中,却生长着形态各异、结构复杂的深海珊瑚,构建起生机勃勃的海底"秘密花园"。

没有阳光、食物稀少,深海珊瑚的能量从何 而来?

中国水产科学研究院黄海水产研究所、香港科技大学、华大生命科学研究院合作团队发现,生存在深海的伪交替深海黑珊瑚体内存在一套高效、稳定、功能互补的"共生系统",可以适应深海寡营养、低温、高压的环境。近日,研究成果发表于《细胞-宿主与微生物》。

研究从宿主与共生菌两个层面系统揭示了 伪交替深海黑珊瑚营养互补和免疫稳态协同维 持机制,为解析其在极端环境下的适应性策略 与生态系统维持机制提供了关键科学依据。

能量从何而来?

生活在浅海的珊瑚色彩斑斓、生机勃勃,这 离不开其体内共生的虫黄藻。虫黄藻通过光合 作用将太阳能转化为化学能,为珊瑚提供 90%的 所需能量。然而,在没有阳光、食物贫瘠的深海 之中,珊瑚得以生存的能量从何而来?

过去,科学家认为,深海珊瑚可能以从上层海水中漂下来的海洋生物碎屑为生,但在食物极其稀少的深海,光靠"残羹剩饭"真的够吗?科学家推测真正的"秘密武器"可能藏在那些看不见的微生物中,于是把目光转向了深海珊瑚体内

"在此前的研究中,我们大概知道有些细菌和古菌以共生形式住在珊瑚体内,却不知道它们和深海珊瑚到底是如何分工的。"论文共同通讯作者、华大生命科学研究院研究员孟亮表示。

研究人员对比研究了十余种深海珊瑚,发现伪交替深海黑珊瑚体内的共生菌种类相对较少,且每种共生菌的丰度都比较高,最适合用于研究共生菌。因此,研究团队以伪交替深海黑珊瑚为模型,对深海珊瑚进行了"地毯式"的基因解码,构建了宿主基因组、共生菌组成与多样性、优势共生菌基因组、空间定位、转录活性的全链条分析体系,揭示了深海珊瑚共生体系的运作模式。

研究人员通过解析高质量的伪交替深海黑珊瑚基因组发现,其与物质转运、免疫与炎症反应、溶酶体功能等相关的基因家族发生了显著"扩张"。"这说明,为适应深海的极端环境,深海珊瑚不仅强化了运输营养物质的能力,还强化了自身的抵抗能力和代谢能力,为高效利用内部资源做好了准备。"孟亮表示。

研究还发现, 伪交替深海黑珊瑚自身缺乏



研究团队 在水下拍摄的 伪交替深海黑 珊瑚。

受访者供图

此外,还有两位"保镖"——两种柔膜菌。这两种柔膜菌的基因组高度简化,分别携带Ⅱ型CRISPR/Cas 和 3 种限制 - 修饰(R-M)系统,就像"保镖"—样,为宿主构筑了抵御病毒人侵的

一种奇特的共存机制

体内有这样多功能的细菌,珊瑚的免疫系统 为何不将它们视为"人侵者"而加以清除?宿主 和共生菌是如何实现长期稳定、和平共处的?

研究人员揭示了一种伪交替深海黑珊瑚与共生菌群长期稳定共存的机制。通过构建宿主调控共生菌的分子模型,他们发现,珊瑚的内外胚层细胞通过 TLR13 等模式识别受体,像哨兵一样时刻监控着共生菌的状态。当接收到共生菌释放的特定分子信号后,模式识别受体会通过一个名为 MyD88 蛋白的"信号兵"启动免疫信号通路,诱导 TNF- α 等免疫因子的表达,从而实现适度清除、资源回收、数量调控的免疫稳态平衡。此外,C 型凝集素、清道夫受体等其他模式识别受体也参与了该过程的精细调控。

"简单来说,就是伪交替深海黑珊瑚通过模式识别受体,时刻监控这群细菌的数量和状态。当细菌数量过多时,免疫系统会派出变形细胞进行适度清理,吞噬多余的细菌,甚至将其回收利用为营养。"孟亮解释道。

这一研究系统阐明了深海珊瑚营养供给、氨解毒、抗氧化、病毒防御、免疫稳态多重功能耦合的分子逻辑,为理解深海生态系统的物质循环、评估生物对极端环境的适应潜力及生态系统韧性提供了理论框架,将助力深海生物多样性评估和深海生物功能基因资源挖掘。

相关论文信息:

https://doi.org/10.1016/j.chom.2025.10.020

科学家首次实现

2026

"极目"云端,"大白鲸"飞上青藏高原 中国科学家首次绘制

欢迎订阅

量子体系高阶非平衡拓扑相

周一至周五出版

邮局订阅电话: 11185

报社咨询热线: 010-62580707

本报讯(记者王敏)中国科学技术大学教授潘建伟、朱晓波、彭承志、龚明等与山西大学教授梅锋等合作,基于可编程超导量子处理器"祖冲之二号",首次在量子体系中实现并探测了高阶非平衡拓扑相。这一成果标志着量子模拟在探索复杂拓扑物态方向上取得重要突破,为利用超导量子处理器在量子模拟问题上实现量子优势奠定了基础。近日,相关研究成果发表于《科学》。

拓扑相是近年来凝聚态物理与量子模拟领域的重要研究方向。与传统拓扑相不同,高阶拓扑相在更低维度的边界上出现了局域态,挑战了传统的体 - 边对应关系。尽管人们在经典超材料中已实现高阶拓扑相的实验,但在量子体系中实现高阶拓扑相一直是国际前沿的科学挑战。实现高阶拓扑相不仅有助于揭示拓扑物态的量子本质,还为基于非阿贝尔统计的拓扑量子计算提供了潜在实现途径。

拓扑物态的研究正从平衡体系向非平衡体系拓展,成为凝聚态物理的重要前沿方向。非平衡拓扑相表现出平衡体系所不具备的特性,揭示了拓扑与动力学之间复杂而深刻的内在联系,从而为在时间维度利用拓扑保护对量子态进行高精度、高鲁棒性的超快操纵提供

可能。然而,二维非平衡高阶拓扑相的实验实现长期面临两大挑战:一是如何在量子体系中精确设计高阶非平衡拓扑哈密顿量;二是缺乏直接探测非平衡拓扑性质的有效方法。

研究团队基于"祖冲之二号"超导量子处理器的可编程能力,首次在实验中实现了平衡与非平衡二阶拓扑相的量子模拟和探测。在理论上,研究团队提出了针对高阶拓扑相的静态与Floquet量子线路设计方案,解决了在二维超导量子比特阵列中构建高阶平衡与非平衡拓扑哈密顿量的关键难题,并开发了通用的动力学拓扑测量框架。

在实验上,研究人员建立了系统化的处理器优化方案,通过精密标定,实现了量子比特频率与耦合强度的动态调控,在6×6量子比特阵列上,成功执行了50个Floquet周期的演化操作,首次成功实现了4种不同类型的非平衡二阶拓扑相,并系统探索了该拓扑相的能谱、动力学行为、拓扑不变量等特征。

该成果标志着二维可编程量子模拟能力的显著提升。

相关论文信息:

https://doi.org/10.1126/science.adp6802

研究揭示

植物"以柔克刚"突围板结土壤机制

本报讯(见习记者江庆龄)上海交通大学访问特聘教授斯塔凡·佩尔松、教授梁婉琪团队与合作者,首次从细胞壁力学角度揭示了植物根系应对土壤板结的生物学原理,不仅破解了植物适应逆境的分子密码,而且为未来作物设计开辟了新路径。近日,相关研究成果发表于《自然》。

现代农业中,大型耕作机械的挤压会导致耕作层下的土壤硬化,在化肥过度使用和全球气候变化的影响下,土壤板结进一步加剧。当前土壤板结已成为全球性问题,统计结果显示,土壤板结叠加干旱胁迫导致的减产高达75%。为提高作物生存能力、保证粮食产量,需要人工培育根系穿透能力强的作物品种"协助"植物渡过难关。

研究团队发现,当用低浓度纤维素合成抑制剂处理水稻时,根系在板结土壤中的穿透能力不降反升。而以往认为,纤维素含量越多,植物根系"越强壮"。为验证此反常现象,研究团队利用基因编辑技术敲除了纤维素合成酶基因OsCESA6,构建了 cesa6 突变体。结果显示,cesa6 突变体水稻在板结土壤中比正常水稻穿透力更

强,且这种"超能力"仅在板结条件下显现。

研究团队进一步从上千个水稻转录因子基因中找到了关键调控因子 OsARF1,并通过系列实验证实了乙烯 -OsARF1-纤维素合成酶调控链,是植物应对土壤板结的关键策略。

基于此发现,他们提出了水稻根系应对板结土壤的"厚表皮-薄皮层"模型。具体而言,植物根系表皮细胞的细胞壁增厚变硬,像"盔甲"一样提供坚固的外层保护;而占据根系主体体积的皮层细胞的细胞壁变薄变软,由此细胞可以径向膨胀,形成更大的横截面,从而产生推力穿透土壤。这种差异化的细胞壁重塑策略让根系既能产生足够的推力推开板结土壤,又能维持结构的完整性。

梁婉琪表示,基于"厚表皮-薄皮层"模型,育种家可以精准调控不同细胞层的细胞壁特性,培育出具有最优土壤穿透能力的根系,从而减少农业机械化带来的土壤板结问题。

相关论文信息:

https://doi.org/10.1038/s41586-025-09765-7

近日,"英雄号"盾构机从京港高铁昌九段 (以下简称昌九高铁)天祥大道隧道出口推出, 标志着天祥大道隧道顺利贯通,为昌九高铁全 线铺轨施工打下坚实基础。

天祥大道隧道是昌九高铁关键控制性工程,全长6.379公里,为单洞双线隧道,盾构段长4.4公里,盾构直径14.8米,是江西省首条大直径高铁盾构隧道。

天祥大道隧道沿线分布多处生态环境敏感区和城市功能区,穿越中密细砂、细圆砾土、强风化泥质砂岩等复合地层,是目前国内施工环境和穿越地质条件最为复杂的高铁盾构隧道之一

图为"英雄号"盾构机从天祥大道隧道出口推出。

图片来源:视觉中国



俄罗斯"巨额"科研支出增长计划受质疑



本报讯据《科学》近日报道,俄罗斯政府承诺未来5年内将科研经费增加两倍以上。在经济压力下,此举引发该国科学界广泛质疑。

俄罗斯副总理德米特里·切尔内申科 10 月透露,该国预算计划要求到 2030 年,科研总支出从目前的 2 万亿卢布增加至"巨额"的 6.2 万亿卢布(约合 800 亿美元)。其中,经费近 60%来自

政府,其余部分则由私营企业提供,而目前,政府经费比例达90%以上。此举旨在帮助俄罗斯实现总统普京提出的长期目标——将研发支出占国内生产总值(GDP)的比例提升至2%。然而,许多俄罗斯研究人员质疑政府能否

然间,许多俄多斯研究人页顶疑政府能符实现该目标。"当前科研支出占 GDP 的实际比例正在下降。"俄罗斯经济学家 Ruben Enikolopov 指出。他强调,2020 年俄罗斯的科研支出仅占 GDP 的 0.51%,到 2024 年这一比例已降至 0.36%。

其他专家则质疑私营企业能否承担如此巨大的投入份额。俄罗斯圣彼得堡欧洲大学科技

研究中心主任 Olga Bychkova 指出:"该目标令人存疑,因为俄罗斯几乎不存在与国家脱钩的企业。俄罗斯虽有独立企业,但规模较小,不可能为研发提供大量资金。"

俄罗斯科学院院士、化学家 Alexey Bobrovsky 指出,这种悲观态度在一定程度上反映了自 2020 年以来科研经费持续萎缩导致的"灾难性"状态。他指出:"我们基本上倒退回了 21世纪初的水平,而俄乌冲突引发的制裁导致俄罗斯科学界陷人孤立,使情况雪上加霜。考虑到整体经济形势,俄罗斯制订的这类计划过于乐观。"

(文乐乐)

中国工程院院士学习贯彻党的二十届四中全会精神

■本报记者 赵宇彤

近日,学习贯彻党的二十届四中全会精神中 央宣讲团在中国工程院宣讲,中央宣讲团成员, 中国工程院院长、党组书记李晓红作宣讲报告。

"广大院士要发挥科技领军作用,解决重大工程技术难题,实现重点领域关键核心技术快速突破;要将论文写在祖国大地上,推动科技创新和产业创新深度融合,不断催生新质生产力,为奋力开创中国式现代化建设新局面作出新的更大贡献。"李晓红说。

党的二十届四中全会胜利闭幕以来,中国工程院院士深入研读全会公报及《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议》(以下简称《建议》),围绕高水平科技自立自强、新质生产力培育等核心部署展开热烈讨论。

擘画现代化产业新蓝图

现代化产业体系是现代化国家的物质技术基础,也是加快构建新发展格局、着力推动高质量发展的必然选择。

"强化战略导向,瞄准世界科技前沿,力争在高端芯片、航空发动机、核心工业软件等领域实现突破,打造更多彰显国家实力的'大国重器'。"中国工程院机械与运载工程学部院士付梦印表示,要推动科技创新和产业创新深度融合,将人工智能等新技术融入制造业发展,不断提升智能化、数字化水平。

中国工程院化工、冶金与材料工程学部院士谭天伟指出,在聚焦国家重大战略需求和产业发展需要、推动传统产业转型升级的同时,还应当积极培育壮大新兴产业和未来产业,支撑服务新能源、新材料等战略性新兴产业集群加快发展,推动量子科技、生物制造、氢能和核聚变能等成为新的经济增长点。

"作为深耕先进玻璃材料领域的科技工作者,要把科研工作与国家需求深度融合、把产业发展与国家战略深度对接。"中国工程院化工、冶金与材料工程学部院士彭寿表示,要让技术突破真正成为支撑国家战略的"硬核力量",用实际行动践行"科技报国"的使命担当。

而要实现这一目标,离不开社会多方力量 的共同努力。

在中国工程院能源与矿业工程学部院士孙友宏看来,要加速新质生产力向现实生产力的转化,必须深化"创新联合体"建设模式,推动龙头企业牵头、高校院所支撑、各创新主体协同攻关,促进教育、科技、产业资源高效联动。

"还要持续完善新型举国体制,在事关国家发展全局和长远利益的战略性、基础性、前沿性领域进行重点布局和持续投入。"中国工程院土木、水利与建筑工程学部院士李清泉建议,强化企业科技创新主体地位,支持领军企业整合高校、科研院所力量,让潜心研究与追求卓越成为科研工作者共同的价值取向和奋斗目标。

(下转第2版)

学习贯彻党的二十届四中全会精神