

《火星救援》现实版：“拓荒”月球，微生物先上

■本报记者 甘晓

在美国科幻电影《火星救援》中,宇航员滞留火星后,在极端恶劣的环境中,依靠简易大棚种植土豆维系生存,最终等到救援、重返地球。

在不远的未来,中国载人登月任务也将展开。而要实现在月球上“种土豆”,必须先解决土壤问题。与地球土壤不同,天然月壤不仅缺乏植物生长所需的营养元素,还富含高浓度重金属,且颗粒棱角尖锐,无法直接用于农作物种植。

针对这一困境,科学家选择先让微生物去“拓荒”。目前,一批放线菌样品正在中国空间站舱外接受长达 6 个月的太空辐射等极端条件的严酷考验。

中国科学院微生物研究所(以下简称微生物所)助理研究员刘明皓日前向《中国科学报》介绍:“本次实验旨在验证放线菌在太空极端环境中的遗传稳定性,检测其对月壤的改良效能;同时借助宇宙辐射和微重力环境筛选新型突变菌株,探索其在空间站生命保障系统中的应用潜力。”

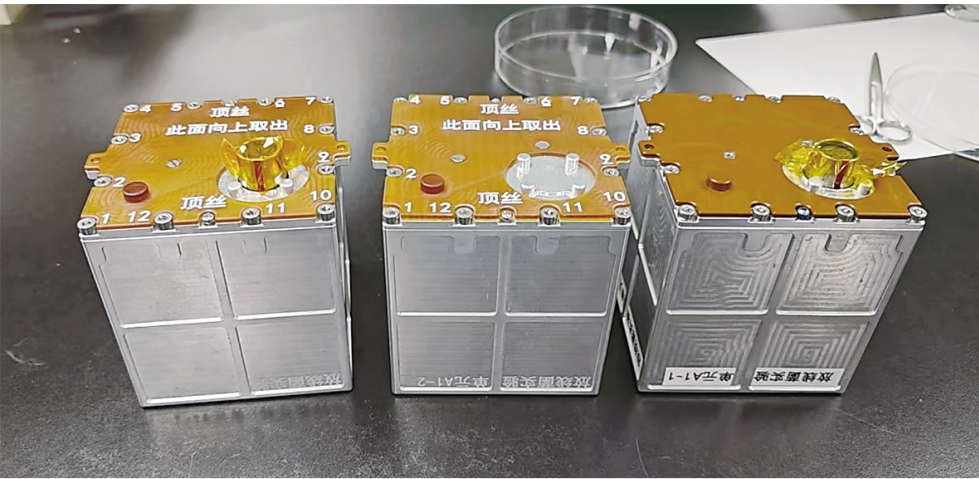
放线菌的太空远征

放线菌作为一类重要的原核微生物,尽管包含少部分有害菌株,比如诱发人体痤疮的丙酸杆菌、造成马铃薯大面积减产的疮痂链霉菌,但对人类生存与发展有着巨大价值。目前,临床应用中超 50% 的抗生素,例如链霉素、四环素等,都是从放线菌中提取并制备的。不仅如此,帮助人体肠道稳定健康的双歧杆菌也属于放线菌。在自然生态系统中,它们还能分解污染物、改良贫瘠土壤。

今年 5 月,科研团队精心配比的放线菌样品组合随神舟二十三号飞船升空,正式开展“空间环境对典型放线菌表型和遗传的影响规律及其分子机制研究”。

科研团队希望利用太空微重力、强辐射的特殊环境,激活放线菌的潜在功能,诱导其产生良性基因突变,最终筛选出在恶劣条件下依然保持高活性的太空“超级拓荒者”菌株。

微生物所在放线菌系统进化、种质资源挖掘与开发领域深耕数十年,积累了扎实的理论



相关实验装置。中国科学院空间应用工程与技术中心供图

基础与丰富的实验经验,为这次太空实验筑牢了科研根基。

早在神舟八号任务期间,微生物所研究员黄英领导的科研团队就参与了中德合作太空放线菌实验,开启了太空放线菌研究的探索之路。在神舟二十号任务中,团队针对单一链霉菌开展了短期太空实验,成功证实微重力环境可加快链霉菌生长、提升部分抗生素合成产量。

为验证这一生长期规律的普遍性,这次实验大幅扩充样本规模,将放线菌样品拓展为八大类 23 种组合,同时将实验周期延长至半年。刘明皓介绍,此次搭载菌株覆盖多种功能,包含抗生素合成、污染物降解、模拟月壤改良等。

“随着国家航天事业的飞速发展,我们有机会实现太空微生物实验从点到面、从短期到长期的跨越,我深感自豪。”刘明皓表示。

直面深空的极端洗礼

这次实验的一大核心特色,是将部分放线菌样品放置于空间站舱外,开展为期半年的深空暴露实验。

《火星救援》中,主角依靠火星简易种植大棚自给自足,这一科幻场景正是科研团队打造

长期月球驻留基地的愿景。

“在真实的深空探测场景中,未来的月球基地可能无法实现空间站式全封闭防护。简易大棚、半开放栖息设施若能成为常态化配置,将显著降低基地运营成本。”谈及实验设计初衷,刘明皓解释道。

这类半开放设施无法完全屏蔽宇宙辐射和抵御极端温差,人类也无法长期在这类环境中驻留,但月球环境改造、生态体系搭建的前期工作必须提前落地。

由此,“人未到,菌先行”的深空拓荒理念应运而生。科学家计划先依托微生物适配改造月球极端环境,期望利用太空辐射加速菌株进化,逐步将贫瘠恶劣的月表改造为适宜人类生存、开展种植的宜居环境,为后续人类登月驻留筑牢基础。

科学家计划先让微生物适应半开放、高辐射的环境,甚至利用辐射加速它们的进化,把环境改造得更适宜生存。

因此,空间站舱外暴露实验正是对月球半开放简易设施环境的真实模拟。在为期半年的实验周期内,放线菌将持续直面宇宙射线轰击、高真空、极端温差等多重深空考验。团队不仅要监测菌株的存活状态,还将重点观测其在



极端环境胁迫下,原有功能是否稳定保留、能否进化出更优质的全新性状。

微观世界的“地质改造”

在舱外暴露的载荷中,一个重要的实验模块是将放线菌菌株与人工模拟月壤混合培养。而模拟月壤是科研人员依据月表地质成分高度复刻的“平替”,最大程度还原了天然月壤的恶劣特性。

小小的放线菌究竟如何改造修复恶劣的月壤?刘明皓介绍,科研团队的前期研究表明,菌株可通过 3 个层面的微观作用实现月壤的全方位改良。

首先是解毒降毒。天然月壤富含高浓度游离重金属离子,对植物细胞具有极强毒性,阻碍植物生长。放线菌在代谢过程中可分泌特异性活性物质,有效吸附、固定这些重金属离子,大幅降低月壤整体毒性。

其次是释肥增养。月壤虽然含有磷、钾等植物生长的必需营养元素,但这类元素牢牢禁锢在矿物晶格结构中,无法被植物根系吸收利用。放线菌可通过分泌代谢产物,对月壤矿物产生生物风化作用,破解矿物结构,释放固化的营养成分,将贫瘠的矿物碎屑转化为具备肥力的生长基质。

最后是改良结构。天然月壤因长期太空风化作用,颗粒棱角锐利坚硬,极易刺伤、损坏植物根系。放线菌在生长繁殖过程中,依靠菌丝体缠绕、代谢产物包裹的方式,钝化月壤颗粒棱角,从微观层面优化月壤物理结构,让土质更加疏松通透,更适合植物根系的伸展。

“利用微生物原位改良月壤,无需从地球远距离运输土壤物资,极大降低了深空探测的成本,是实现月球原位资源利用、搭建月球自主生态系统的关键一环。”刘明皓表示。

按照实验规划,这批历经半年太空极端环境历练的放线菌与模拟月壤混合样品,将于今年下半年随神舟飞船返回地面。科研团队后续将对返回样品开展系统性检测与数据分析,筛选出环境耐受性强、月壤改良效率大幅提升的优质菌株,为月球原位拓荒、地外生态构建提供核心物种支撑。

发现·进展

中国科学院合肥物质科学研究院等

研制出低噪声高灵敏磁传感器

本报讯(记者王敏)中国科学院合肥物质科学研究院强磁场科学中心联合中国科学院宁波材料技术与工程研究所、宁波东方理工大学,通过调控自旋结构动力学抑制磁传感器噪声的物理机制,研制出兼具高灵敏度与低噪声特性的反常霍尔磁传感器,为高性能弱磁探测器件的发展提供了新的技术路径。相关成果近日发表于《物理评论快报》。

高性能磁传感器在汽车电子、工业检测、生物医学成像等领域具有广泛应用。提高磁传感器灵敏度通常伴随着噪声的同步升高。灵敏度和噪声之间的权衡长期制约着弱磁探测能力的进一步提升。

针对这一关键问题,研究团队从微观自旋结构出发,建立了磁传感器噪声与自旋结构动力学之间的理论模型。研究发现,低频噪声与自旋结构动力学特征频率呈反比关系。基于该机制,团队设计了人工亚铁磁结构,利用人工亚铁磁具有更快自旋结构动力学的特点降低噪声。与此同时,通过调控磁各向异性接近自旋取向区域,在降低噪声的同时实现了灵敏度的提升,解决了灵敏度和噪声之间的权衡问题。

研究团队研制的人工亚铁磁结构的反常霍尔磁传感器探测面积仅为 20 微米×20 微米,在 1 赫兹频率下磁场探测灵敏度达 15.7 纳特斯拉,较传统铁磁材料传感器提升近 1 个数量级。

这项研究为突破磁传感器灵敏度和噪声权衡提供了新的物理机制和技术路径。该方法还可进一步拓展至亚铁磁合金、非共线反铁磁体及交错磁体等体系,有望为生物弱磁信号探测和高空间分辨弱磁场检测等提供新型传感平台。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1103/vf43-sxwq>

清华大学

研发柔性可弯曲高性能混凝土

本报讯(记者赵宇彤)清华大学土木工程系教授冯鹏团队从多尺度纤维增强的材料设计理念出发,通过材料组分的精细化调控,研发出柔性可弯曲高性能混凝土(FHPRC),并形成“多尺度纤维增强设计理念-精细化性能调控-系统试验验证-工程计算模型”的材料开发路径。近日,相关成果发表于中国工程院院刊《Engineering》。

水泥基材料的“强”和“韧”存在着天然矛盾,传统混凝土强度越高越易开裂,而韧性好的材料往往强度较低。强度和韧性之间的平衡制约了高性能混凝土的进一步应用。

对此,团队没有简单地增加某一种纤维的用量,而是让不同尺度的增强材料各司其职:高强度水泥基体提供高抗压强度,短碳纤维抑制微裂缝发展并提供桥接力,碳纤维复合材料织网通过黏结滑移机理传递拉力。

团队通过调节增强纤维的种类、物理参数和配合比,使各类纤维在受力过程中相互配合,进而使 FHPRC 同时实现高强度、强韧性、低裂缝、高屈服后刚度和耐久性。此外,团队开展 4 点弯曲试验验证了 FHPRC 设计的有效性,等效受弯强度最高达 64.27 兆帕,挠跨比达 1:10。

团队建立了适用于通用有限元软件的分层壳模型及本构关系,为 FHPRC 的应用提供了可靠工具。FHPRC 兼具高耐久、高强度、高韧性的优势,面向海洋、极地和高原等极端环境具有相当的应用潜力;更轻薄的结构有望减少材料消耗与运输负担,优异的裂缝控制和耐久性能有助于降低全生命周期维护成本。

更重要的是,该研究展现了一种可推广的材料创新形式:从设计机理出发定制材料性能,再通过试验完成验证并开发工程设计模型,为先进材料从实验室走向重大工程提供了路径。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1016/j.eng.2025.02.005>

中国农业科学院郑州果树研究所

发现小籽西瓜培育新路径

本报讯(记者李晨)中国农业科学院郑州果树研究所西瓜甜瓜种质资源团队对 196 份西瓜核心种质进行了 SV-GWAS 分析,在西瓜 6 号染色体上锁定一个调控西瓜种子大小的拷贝数变异。通过基因组比对发现,该变异在大籽材料中为单拷贝,在小籽材料中为四拷贝串联重复。相关成果近日在线发表于《植物通讯》。

种子大小是作物驯化中的重要农艺性状,对作物品质和产量提升有重大意义,也是西瓜育种的核心优良性状。然而,决定西瓜种子大小的关键遗传变异及背后的分子调控机制仍是未解之谜,极大阻碍了小籽鲜食西瓜的培育。

新发现的变异虽不直接编码蛋白,却能直接激活一条全新长链非编码 RNA,进而上调下游多药及毒素外排转运蛋白编码基因,通过降低生长素水平抑制细胞生长,最终使种子变小。

这项发现首次将拷贝数变异、长链非编码 RNA 与种子大小调控联系起来,为小籽西瓜品种的分子育种提供了可直接利用的基因靶点,对培育更符合市场消费习惯的小籽西瓜具有重要指导意义。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1016/j.xplc.2026.102028>

第十四届全国流体力学学术会议举办

本报讯(记者倪思洁)8月8日至11日,第十四届全国流体力学学术会议在山东青岛举办。2400 余名流体力学及相关领域专家学者共同交流学科前沿成果,探讨流体力学发展新趋势,参会规模再创新高。

9 位流体力学知名学者作大会特邀报告,围绕航空航天极端流动、湍流基础理论与先进计算、多相流与渗流、智能实验和计算流体力学等前沿方向分享最新研究进展,研判学科未来发展趋势,为与会学者带来极具价值的学术观点与研究思路。

大会设置 1 个主会场、10 个主题分会场、9 个专题研讨会与 1 个国际学术论坛,内容涵盖流体力学基础核心问题与前沿工程应用方向,着力推动流体力学基础研究与工程实践深度融合。会议设置多种互动交流板块,营造更加开放自由的研讨氛围,并为青年学者成长、科研供需精准对接搭建优质平台。

全球变暖 + 强厄尔尼诺,我们该如何“捕风捉雨”

■许小峰

近日,台风“白海豚”在浙江省登陆,中央气象台预计,随着该台风深入内陆,10 余省份将有暴雨。日前,中国气象局举行新闻发布会,介绍了今年 7 月全国天气气候特征并对 8 月气候趋势作了预测。整体上看,我国 7 月天气气候呈现出颇具代表性的复杂格局。发言人表示,8 月还将出现 6 次明显降水过程,4 次明显高温过程,西北太平洋和南海可能有 6~7 个台风生成,其中 2~3 个登陆或明显影响我国,且存在较强台风北上影响北方地区的风险。

这意味着,部分地区可能在前一轮灾害影响尚未完全消退时,就迎来新一轮高温、暴雨、台风或强对流天气。灾害过程的间隔缩短,会压缩排涝、抢修、恢复生产和补充物资的时间,使水库调度、能源供应、交通管理和应急资源配置面临更为复杂的局面。

中国夏天是全球气候状况的一个区域缩影

综合来看,今年 7 月我国天气气候最值得关注的并不是某一项平均指标出现了多大偏差,而是时空不平衡性、局地板端性、多灾种并发性 and 过程连续性等特征表现突出。这也表明当前气象灾害越来越难以用单一灾种、单个地区或单项平均指标加以界定,防灾减灾需要更加关注对多灾种并发、连续过程和灾害链影响的综合应急管理。

如果仅从受到广泛关注的降雨看,全国平均降水量仅略多于常年平均值,并未出现显著的整体异常。但若从区域分布和具体天气过程

角度看则是另一番景象。南方的暴雨在一些地区反复叠加,北方降水多地破纪录,台风偏多偏强,川渝和新疆持续高温,雷暴大风、短时强降水和龙卷等强对流天气也十分活跃,使 7 月成为复合性极端天气频发的典型月份。

若将视野扩大到全球,2026 年中国夏季的天气气候特征可以看作气候变化背景下全球气候状况的一个区域缩影。全球增暖抬高了气温基线,温暖海洋又可向大气提供更多热量和水汽,使高温更容易突破纪录,也为极端强降水提供了有利条件。与此同时,赤道中东太平洋正在经历一次快速增强的厄尔尼诺事件,世界气象组织预计其将在 8 月至 10 月发展为强厄尔尼诺,也会进一步改变全球气温和降水分布格局。

多种灾害同时或相继发生防御和恢复窗口缩短

7 月全国平均降水量为 123.0 毫米,较常年同期偏多 1.1%。这个数字基本接近常年。然而,平均值背后的空间差异非常突出。这体现出降水的主要特征并不是全国普遍增多,而是空间上高度不均衡。北方暴雨极端性突出,南方暴雨反复叠加。一些地区暴雨过程接连发生,另一些地区却经历着持续高温而降水不足。

这种“平均变化不大、局地异常显著”的状况对于防灾减灾具有特殊含义,决定灾害程度的往往不是平均量,而是时空结构——降水集中在哪里、在多长时间內降下、是否连续落在相同区域,以及当地的河流、地形、土壤和城市

排水系统能否承受。

7 月共有 5 次大范围暴雨过程影响我国,但南北方暴雨呈现出不同的灾害形态。广东、广西、贵州等南方地区多次受到强降雨影响,暴雨过程强、落区重叠。其危险性不仅来自单次雨强,更来自多个过程反复冲击。当前一轮降水影响尚未完全消退,土壤含水量仍然很高,江河水位尚未回落时,新一轮暴雨再次到来,山洪、滑坡、泥石流和中小河流洪水的风险便会不断累积。南方暴雨可以概括为“反复叠加型”极端过程。

北方强降雨则表现为雨季提前和局地强度突破历史纪录。华北雨季于 7 月 10 日开始,较常年提前 8 天;河北迁西、辽宁沈阳等 15 个北方国家级气象站日降水量突破历史极值,松辽流域、海河流域多条主要河流发生汛情。由此可见,所谓“北方暴雨极端性突出”至少包含 3 个层次:一是雨季进程偏早,二是局地日降水量突破历史纪录,三是强降水进一步转化为流域性洪水风险。强降雨除在一些地区产生洪涝灾害外,还通过河网汇流造成更大范围的流域性影响。

极端降水同时表现为“持续久”和“来得猛”。7 月西北太平洋和南海共有 5 个台风生成,其中 3 个登陆我国,均多于常年同期。但与台风数量相比,更值得关注的是 3 个登陆台风表现出的不同影响特征。7 月我国发生了至少 4 次区域性强对流天气过程,覆盖 22 个省级行政区。

这类天气影响范围通常较小、发展速度快、局地破坏力强,预报预警和灾害确认难度也更大。特别是在基础设施、临时建筑、电力通信、交通运输、农田作物和低空飞行等领域,强对流天气可能造成严重影响。因此,对于这

类系统,不能仅用降水量来衡量其危险程度。

全球变暖叠加强厄尔尼诺需进一步提升防范能力

面对全球变暖与强厄尔尼诺叠加带来的风险,应对极端天气更需将关口前移,提升对极端天气气候和风险的预判能力。厄尔尼诺虽然会增加全球气候异常的不确定性,但它的发展具有一定可预报性,提前预判可以为水资源调度、农业生产、能源保供、运输调度和公共卫生保障等争取宝贵时间。

当前尤其需要加强覆盖高温、暴雨、洪水、台风和强对流等灾害性天气系统的监测预警,并确保预警信息能够及时传递到社区、学校、工地和偏远地区。对广大社会公众而言,应主动关注权威预警,了解所在地区的洪涝、高温和地质灾害风险,避免在强对流和暴雨期间进入山区、河道及低洼地带。世界气象组织指出,完善的早期预警能够显著减少人员伤亡和经济损失,是成本效益很高的气候适应措施。

与此同时,应根据不断变化的风险完善城乡排水、防洪设施,提高各类基础设施的抗灾标准,完善高温健康行动方案,提升电力、交通、通信和供水系统在极端天气下的韧性。这需要加强多部门协调联动,构建完整的灾害防御体系。

从更长远看,适应措施只能减少损失,不能阻止风险持续加剧。只有在加强防灾适应的同时加快减少温室气体排放,走绿色发展之路,才能从源头上降低未来的气候风险。

(作者系中国气象局研究员)