

发现·进展

南京农业大学

新成果让水稻种子既耐储藏又适度休眠

本报讯(记者李晨)全球每年因稻穗发芽造成的经济损失高达10亿美元。在全球气候变暖背景下,高温高湿环境加速种子老化,种子储藏问题日益突出。近日,南京农业大学教授、中国工程院院士万建民团队成功克隆了控制水稻种子储藏能力的主效基因SAG9,并揭示了其协同调控种子休眠与储藏能力的分子机制,为培育“既耐储藏又适度休眠”的水稻新品种提供了重要理论依据和精准育种靶点。相关研究成果在线发表于《国家科学评论》。

SAG9编码一个核定位蛋白,是一个负调控因子。当该基因功能丧失时,水稻种子的储藏能力显著增强,储藏期延长至少8个月。进一步研究发现,SAG9蛋白能够与多个bZIP类转录因子发生物理互作,抑制这些转录因子对下游晚期胚胎发生丰富蛋白(LEA)基因的转录激活。LEA是种子耐脱水性和储藏能力的关键保护因子,这一发现首次揭示了SAG9-bZIPs-LEAs这一共享遗传通路如何协同调控种子休眠和储藏能力,为理解这两个重要农艺性状的内在联系提供了全新视角。

研究团队对全球4726份水稻种质资源进行了系统分析,发现SAG9存在20种单倍型。单倍型中的Hap-为优异单倍型,因其核定位功能缺失而赋予种子更强的储藏能力和适度休眠性。然而,这一优异单倍型在水稻驯化过程中大量丢失,尤其是在中国南方现代品种中几乎绝迹。在654份现代粳稻品种中仅存2份,在627份现代籼稻品种中完全消失。这可能是导致现代水稻品种种子休眠性和储藏能力下降的重要原因之一。

研究表明,驯化过程中对快速发芽的选择,在一定程度上牺牲了种子的储藏能力和休眠性。研究还发现,SAG9与多个已知的休眠相关基因存在显著的加性效应,通过聚合这些基因的优异单倍型,可以逐步增强种子的储藏能力和休眠性。更重要的是,利用CRISPR-Cas9基因编辑技术敲除SAG9基因后,宁粳4号、宁粳6号、台中65号等多个现代水稻品种的种子储藏能力显著提升,休眠性适度增强,而主要农艺性状未受明显影响。

目前,研究团队已筛选出聚合6至7个优异单倍型的种质资源,可作为理想育种供体。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1093/nsr/nwag248>

深圳技术大学等

越“空”的泡沫越能阻拦电子束

本报讯(记者刁雯蕙)快电子在材料中的能量损失是惯性约束核聚变、高能量密度物理、先进材料科学等前沿领域的核心基础物理过程。材料越致密,对高速粒子的阻挡和减速能力就越强——就好比向不同密度的障碍物射击,实心钢板显然比充满孔洞的轻质海绵更能阻挡子弹。因此,电子束在物质中的阻滞过程,通常被认为主要由材料的平均密度决定。

然而,近日发表于《物理评论快报》的一项研究发现,对于具有极高能量密度的兆安培级相对论强流电子束而言,这一经典图像在复杂多孔介质中发生了反常的逆转。来自深圳技术大学、中国工程物理研究院激光聚变研究中心、清华大学等团队的研究人员在实验中观测到,平均密度极低、内部主要由真空孔隙构成的无序多孔泡沫介质,反而比更致密的材料表现出更强的电子束偏转与阻滞能力。

该研究依托中国工程物理研究院激光聚变研究中心的星光-III高功率激光装置开展。研究团队利用该平台的高强度皮秒激光,驱动产生了具有极高能量密度的兆安培级相对论强流电子束。研究发现,当这股强流电子束进入超低平均密度的无序多孔泡沫后,其前向传播被显著削弱,电子束发生了强烈的散射、偏转和阻滞。透过低密度泡沫的高能电子数量与能量大幅下降,同时电子穿越靶背的光学渡越辐射信号显著减弱,呈现出与传统理论完全相反的趋势。这意味着,看似更空的泡沫介质,反而比更实的致密介质更能有效抑制高能电子束的穿透传输,形成明显背离传统阻滞理论预期的“反常阻滞”现象。

这种阻滞并非传统意义上由二体碰撞主导的能量损失,而是一种由材料微观结构诱发的集体输运效应。在强流电子束条件下,决定电子束传输行为和能量沉积规律的关键因素,不再只是材料有多致密,更在于材料内部架构的组织方式。研究团队将这一新发现概括为一种由微结构驱动的集体阻滞新机制。该机制为主动调控高能电子束的传输和能量沉积开辟了新途径,有望在惯性约束聚变、实验室天体物理及新型辐射源设计等方向发挥重要作用。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.128.083601>

中国科学院大连化学物理研究所

黄曲霉毒素B₁实现快速检测

本报讯(记者孙丹宁)近日,中国科学院大连化学物理研究所研究员耿旭辉团队提出一种原位光衍射荧光增量检测策略。该策略在无需用色谱分离的情况下,实现了食品样品中黄曲霉毒素B₁(AFB₁)的高灵敏、高精度快速检测。该工作破解了传统检测方法“实验室高灵敏度”与“现场即时性”不可兼得的问题,为AFB₁的现场快速筛查提供了新的技术思路。相关成果发表于《危险材料杂志》。

AFB₁是农产品中常见的一种真菌毒素,主要污染玉米、花生、稻谷、坚果及食用油等。基于AFB₁自体荧光的检测方法灵敏度高,但在水相溶剂中其荧光信号显著淬灭,且在实际复杂样品中共提取物可产生背景信号干扰,导致荧光分析法通常需要与高效液相色谱(HPLC)分离系统联用。

研究团队利用AFB₁独特的光衍射现象,以其反应前后的荧光信号增量作为定性定量依据。团队自行研发了一款集光化学衍生与荧光检测于一体的小型化装置,通过测量并锁定由AFB₁特异性光反应产生的荧光增量,有效剥离了大部分背景荧光干扰,从而在无需用色谱分离的条件下,实现了对复杂基质中AFB₁的高选择性、高灵敏识别与定量。该分析方法在0.05至200 μg/L浓度范围内线性良好,检测下限为0.024 μg/L,单次检测用时不到2分钟。针对实际复杂食品样品的检测,该方法表现出良好的可靠性,与国标检测方法的相对误差为3.46%,但分析时长缩短至近1/10。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2026.142278>

气候影响下,喜马拉雅河流从“华尔兹”舞向“探戈”

■本报记者 陈彬

提到河流,不同人脑海中会出现不同的画面,或小河弯弯,或大河通天,或百川入海……除去规模外,形态各异的河流为世界增添诸多风景的同时,也成为塑造地表景观最普遍且活跃的力量之一。

然而,这些河流千姿百态的自然弯曲与河型是如何形成的?其形成过程与自然界存在怎样的联系?

中国科学院院士、中国地质大学(北京)教授王成善团队联合国内外多家科研机构,首次系统揭示了气候变暖正在显著加速喜马拉雅地区河流形态的演变。近日,相关成果在线发表于《科学》。

气候变暖能否突破“自组织”

长期以来,国际学界普遍认为,河流形态演化是一个典型的“自组织过程”。

“也就是说,河流的河道摆动、曲流发育、截弯取直等,主要源于水流、泥沙、河床物质与河岸地形的相互作用。”王成善表示,至于外部环境变化,尤其是气候变化,很难在河流形态中留下可量化的印记。

“河流形状与河型的改变是一个缓慢的过程。最终,它们会逐渐找到自身形态与内外部环境之间的平衡。”王成善说,在这个过程中,河流的“摆动”和迁移缓慢而稳定,就像跳一支舒缓优雅的华尔兹。

然而,自工业革命以来,随着全球气候变暖趋势加速,气候变化已深刻影响了许多自然现象;与此同时,许多自然现象也足以印证全球气候的巨变,如珊瑚礁的大面积白化、两极冰盖的迅速消融……

“在此背景下,作为地球系统科学领

域的研究者,我们也在思考气候变暖是否足以突破河流的自组织过程,直接驱动河道形态发生系统性、加速性演变。”论文共同通讯作者、中国地质大学(北京)副研究员韩中鹏说。

事实上,这已成为地表过程与全球变化研究领域的一个关键科学问题。

这个问题并不好解决,研究人员首先面临的难题是如何提取河流中的气候信号。“河流系统受地形、地质、构造、植被、人类活动等多重因素的叠加影响。传统分析往往只能得到相关性结果,无法锁定气候驱动的因素关系。”韩中鹏坦言,过去他们向学术期刊投稿时,审稿人最尖锐的质疑就是,如何证明观测到的河道变化不是河流自身调整,而是由气候变化导致。

要解答这一问题,就要找到气候变化最明显的区域。于是,研究团队将目光投向了喜马拉雅高海拔地区。

关键的“中间环节”

喜马拉雅及其周边地区是雅鲁藏布江、恒河和印度河三大河流的共同发源地。特殊的自然环境导致该地区的温度变暖速率达到全球平均水平的两倍。同时,该地区的河流演化极少受到人类活动干扰,使其成为研究河型演变对气候变暖响应的天然实验室。

在研究中,研究团队利用1980年至2020年间的卫星遥感数据与大量野外实测资料,对超过1500公里的河段开展了系统的河型演变特征分析,并构建了能定量表征河流形态动力学的“河型活化指数”(RP-

MI),形成迄今最系统的喜马拉雅高海拔地区河流演化数据集。

研究发现,2000年至2020年间,未受地形约束的自由河曲的RPMI较1980年至2000年间整体提高了109%。“这意味着,许多河段的迁移速度接近翻倍。”韩中鹏说,如果将此目前河流“舞动节奏”比作跳“华尔兹”,那么现在它们开始跳起越来越快的“探戈”。

在与全球近80万条河流的对比中,研究团队发现,喜马拉雅河流对气温变化的响应强度高达全球平均水平的8倍。“该结果为解释‘气候信号能否突破河流自组织过程’这一长期存在的问题提供了关键证据,表明在一个原本被认为不太敏感的系统,河流对气候变化表现出异常强烈的反应。”王成善说。

至于产生如此强烈演变的内部机理,韩中鹏提到了一个“中间量”——冰冻圈。

“冰冻圈主要包括冰川和冻土。”他解释说,在喜马拉雅这样的高海拔地区,河流水源主要依靠冰川补给,尤其在上游区域,冰川是最重要的补给水源。

然而,随着气温升高,冰川开始加速融化,给河流带来更大水量。同时,河流周边的冻土也在逐渐退化,导致河岸不稳定,更多泥沙进入河道,使河流更容易侵蚀河岸、改变路径,从而表现出更快、更频繁的活动。

“也就是说,冰冻圈的退化成为连接气候变化与河道动力学响应的关键中间环节。”韩中鹏说,这进一步明确了冰冻圈—河流动力学的耦合关系,也是对气候变暖影响地表过程理论体系的完善。

长期的气候变化“前哨”

除了基础理论方面的突破外,这一发现还具有直接的现实意义与应用价值。

王成善告诉《中国科学报》,大型河流往往是流域内人口的主要水源地,其河流路径和行为的改变,不仅关乎人类栖息地的安全与可持续发展,也影响着水沙资源分布、物质循环过程、河岸稳定性及生态系统安全。

此外,河道的快速变迁将直接影响沿线岸坡的稳定、洪水风险与下游泥沙淤积。“我们的研究成果可为高原铁路、公路,跨境流域水利设施等重大工程提供长期风险评估与规划依据。”王成善说。

更重要的是,河流的变化可作为长期、稳定的气候变化“前哨”。

韩中鹏解释说,河流变化是一个长期、可持续的过程。“比如,珊瑚礁的白化虽然能体现气候变暖的趋势,但当气温升高到一定程度,珊瑚全部白化后,其预警作用也就消失了。然而,河道的演变是不间断的,可以持续记录气候信号,并为全球变化的预测提供依据。”

“气候变暖是一个缓慢的过程,但通过蝴蝶效应的不断传导,其影响却可能十倍、百倍地放大。这也是我们最担心的事情。”韩中鹏说,如果要对这些影响进行准确预测,就要结合人工智能,对过去的底层数据进行合乎科学规律的模拟。

“我们研究过去40年的变化,最终是为了预判未来。喜马拉雅河流加速演变不是遥远的科学问题,而是关系区域安全与可持续发展的现实挑战。”韩中鹏强调。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1126/science.ah5488>

数据库帮助公众辨别毒蘑菇

本报讯(记者高丽雅)近日,中国科学院昆明植物研究所正式上线“中国西南地区大型真菌资源数据库”和“云南野生菌子实体三维形态数据库”两个数据库,公众可免费在线360度查看野生菌高清图三维模型,一键辨别食用菌与毒蘑菇。

每年雨季,误食毒蘑菇的中毒事件时有发生,核心原因就是公众不知如何区分野生食用菌和毒蘑菇。为破解这一难题,昆明植物所依托云南省真菌多样性与绿色发展重点实验室的学术积累优势,启动了数据库建设计划,建成中国西南地区大型真菌资源数据库,并为云南各类重要真菌物种建立高保真的“数字孪生”,守护百姓“舌尖上的安全”。

中国西南地区大型真菌资源数据库提供物种名录浏览、标本检索、特色类群展示与空间分布可视化等模块,已累计录入真菌物种与标本相关数据8648条,关联DNA序列8648条,子实体照片2.8万余张。云南野生菌子实体三维数据库收录了423个高清图解、高质量大型真菌子实体的三维图像,覆盖常见大型真菌66科182种,包括44种昆明地区常见野生可食药食用菌。



2026年春节前夕,祁玉平(前)等人在罗甸县纳庆剖面考察。张楠/摄

普、旅游发展、品牌提升、社区共富五大方面。“在保护方面,我们要完成对公园全域地质遗迹的详细调查与数字化建档,争取到2029年底建成覆盖公园主要遗迹点、保护设施、服务设施的一体化监测平台,力争保护监测智能化覆盖率达到100%。”秦海浪说。

此外,常山和阿拉善两处世界地质公园正在探索的“社区共管”模式,同样值得借鉴。常山依托当地独特的地质地貌等自然景观,发展胡柚、油茶等特色生态农业,形成了驱动社区共富的产业体系,同时将废弃矿山变成地质旅游地,推动世界地质公园与乡村振兴协同发展。阿拉善沙漠世界地质公园通过生态补偿、就业扶持,让牧民从“看客”变成“主人翁”。

实践证明,当保护成果惠及当地,守护的力量就会源源不断。

11颗“金钉子”,11把解读地球密码的钥匙。保护“金钉子”,不仅是守护一段岩层、几块化石,更是守护我们共同的自然遗产、科学记忆。每一颗“金钉子”的故事,归根结底都是人类与地球家园的故事。



图片来源:视觉中国

这11颗“金钉子”比黄金还珍贵

■本报记者 张楠

“咱们遇到的就是陈旭院士,快来和爷爷合影留念。”

日前,一座以“金钉子”为主题的世界地质公园在浙江省衢州市常山县揭牌开园。作为参与确立该“金钉子”的核心科学家,90岁的中国科学院院士、中国科学院南京地质古生物研究所(以下简称南京古生物所)研究员陈旭到现场参加开园活动,被一群正在参加研学活动的学生拉着拍合照。

“金钉子”是全球标准层型剖面和点位的俗称,是全球地质学家公认的“时间坐标”,它在地层剖面上的位置可精确到毫米级,每一颗“金钉子”都代表着地球演化史上的一个关键瞬间。然而,摆在这些“宝贝”面前的,却是自然风化、资金短缺、人才断层等一道道难题。

如何在精心保护与合理利用之间找到平衡点,让这些宝贵的“地球史书”既能完好留存,又能“开口说话”,服务于社会发展和公众科普,成为各地正在积极探索的方向。

大山里的“国际标准”,价值远超想象

我国“金钉子”的故事,始于常山。1997年,当国际地质科学联合会将奥陶系达瑞威阶的“金钉子”正式“钉”在这里的黄泥塘剖面时,中国地质学界沸腾了。

此后二十余年,浙江长兴、湖南花垣、广西来宾、湖北宜昌、贵州剑河等地接连传来好消息。2018年,随着贵州剑河乌溜—曾家崖剖面获批寒武系乌溜阶“金钉子”,我国“金钉子”总数达到11颗,位列全球第二。

“全球每确立一颗‘金钉子’,都意味着人类对地球历史的认知又向前推进了一小步。”常山“金钉子”研究团队核心成员、南京古生物所研究员张元动表示,“金钉子”不是真的金子,却比黄金更珍贵。

更“实用”的是,对“金钉子”及古生物化石的研究,直接助推了页岩气、磷矿等国家

战略资源的勘探突破。

这些“金钉子”钉住的,是地球演化的关键节点。与“金钉子”同样珍贵的,还有这些世界级地质遗产——云南澄江动物群,记录了5.2亿年前“生命大爆发”的奇迹;内蒙古乌达“植物庞贝城”,完整保存了3亿年前森林被火山灰瞬间掩埋的震撼场景。

通过这些世界级地质遗迹,公众拥有了触摸地球脉搏的新窗口。走进浙江长兴国家级自然保护区,游客可以沿着“时空隧道”穿越到2.5亿年前,在7D影院体验古生物“复活”的震撼;在湘西世界地质公园,多媒体技术让冰冷的岩层“开口说话”,年接待游客近500万人次,该园日前成功入选国家首批特色生态旅游地典型案例。

保护“金钉子”,难在哪儿?

在这11颗“金钉子”中,南京古生物所主持确立了7颗,参与确立了2颗。研究员祁玉平正在主导申报位于贵州省黔南布依族苗族自治州罗甸县境内的石炭系格舍尔阶“金钉子”。他对《中国科学报》表示,“金钉子”虽带个“金”字,却并非“金刚不坏”。

它们大多暴露在野外,风吹日晒、雨水冲刷,自然风化是头号“对手”。2023年夏天,湖北宜昌王家湾“金钉子”遭遇暴雨,局部出现沉降,经当地抢修,才避免了更大破坏。

比自然侵蚀更让人揪心的,是人为因素的影响。有的地方偶尔会出现游人随意采集化石的情况;有的区域,保护与开发的平衡点尚未找准,短期经济利益可能挤压长期保护空间。

管理上的“小烦恼”也不少。偏远地区专业力量有限、资金保障不足,一些珍贵的遗迹点日常维护主要靠巡护员“用脚丈量”,精细化保护仍有提升空间。

科研转化方面,也存在“成长的烦恼”。地层学、古生物学研究周期长、出成果慢,年

轻学者面临现实压力;部分保护区科研准入流程较长,采样便利性难免受到影响;科普展示如何既专业又“接地气”,让深奥的地质知识变成大众喜爱、通俗易懂的内容,仍是不少地质公园正在探索的课题。

让“金钉子”闪闪发光

挑战当前,一场守护“地球年轮”的行动正在展开。

在贵州剑河的苗寨深处,寒武系乌溜阶“金钉子”于今年3月获得了一份由省、州、县三级法院联合发布的“司法保护令”,被纳入法律庇护之下。

“用法律红线守护地质遗产,贵州的做法值得借鉴。”南京古生物所研究员朱学剑是位于浙江省江山市的寒武系江山阶“金钉子”研究团队的核心成员。他建议,对1995年颁布的《地质遗迹保护管理规定》进行升级,进一步细化分级分类标准,让保护规则更清晰、执行更有力。

在给地质遗迹装上“智慧大脑”方面,朱学剑介绍了江山“金钉子”保护区建成的智能监护系统——通过无人机定期航拍,传感器实时监测,一旦发现异常便自动预警。“如果能整合全国地质遗迹数据,搭建空天地一体化监测网络,保护效率将大幅提升。”

而新揭牌的常山世界地质公园,是少有的以“金钉子”为主题的世界地质公园。该园没有止步于“一条剖面”,而是积极探索“小公园如何做大文章”。

常山地质公园管理中心副主任秦海浪介绍,该园划定了相关区域以减少人为干扰,并建立了保护长廊等设施,尽可能防止洪水冲刷与自然风化造成的破坏;建起2座地质博物馆、2所科普学校,把科研高地变成中小學生能参与的科普大课堂;上线陈旭科研成果数据库,吸引全球专家“云协作”……

今后4年,该园将聚焦资源保护、科研科