

## 发现·进展

南京农业大学

实现跨物种识别检测  
主要致病真菌

**本报讯(记者李晨)**中国工程院院士、南京农业大学教授沈其荣团队聚焦威胁全球一体化健康(One Health)的重要生物污染物——病原真菌,构建了覆盖动物、植物及人畜共患病相关病原真菌的系统性数据库,并创建了基于内部转录间隔区(ITS)扩增子测序的多病原真菌快速检测系统,为病原真菌精准识别、风险预警和大规模生态监测提供了技术支撑。近日,相关成果在线发表于《先进科学》。

病原体能够突破物种和生态边界,在人类、动物、植物及环境之间相互关联和影响。病原真菌是威胁粮食安全、人畜健康和生态安全的重要病原类群。然而,目前仍缺乏同时面向人类、动物、植物及人畜共患病病原真菌的高通量快速检测技术体系。

针对这一问题,沈其荣团队开发了基于ITS扩增子测序的多病原真菌检测系统MFDP,可实现多种病原真菌物种的一次性检测。通过整合多来源病原真菌物种信息和多个公共数据库中的全长ITS序列,研究构建了较为系统、全面的病原真菌数据库,涵盖近5000个物种、95660条病原真菌ITS序列。

与已有工具相比,MFDP具有检测谱更广、物种识别能力更强、检测准确性更高等优势。基准测试结果表明,MFDP在病原真菌识别中的召回率和精确度均明显提高。MFDP不仅能够准确识别人类、动物和植物病害样本中的主要致病真菌,还能够发现潜在的复合感染病原真菌,展现出良好的应用潜力。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1002/adv.202522660>

深圳理工大学等

发现这些运动  
降压效果较为突出

**本报讯(记者刁雯蕙)**深圳理工大学讲席教授谢军联合首都体育学院科研团队发现,大家熟知的有氧运动、抗阻训练、太极和瑜伽等运动方式,都能在不同程度上有效降压。其中,联合运动(有氧运动+抗阻训练)与高强度间歇训练(短时间高强度训练与休息交替进行)的整体降压效果较为突出。近日,相关研究成果发表于《美国心脏协会杂志》。

运动被认为是高血压的重要防控手段之一。研究人员系统整合了105项随机对照试验,6734名高血压及血压偏高人群的数据,采用贝叶斯网络荟萃分析与剂量效应模型,将瑜伽、太极作为独立运动方式系统纳入研究,进行了不同运动方式“最优剂量”的量化验证。

研究人员比较了7类常见运动方式,包括有氧运动(如快走、慢跑)、抗阻训练(如哑铃训练)、联合运动、高强度间歇训练、等长阻力训练(如平板支撑)、太极和瑜伽。结果显示,这些运动方式均可在不同程度上降低收缩压和舒张压。其中,联合运动和高强度间歇训练整体降压效果较为突出;瑜伽和太极也显示出较好的降压潜力;有氧运动、抗阻训练和等长阻力训练同样有效,但在该研究的综合排序中相对靠后。

研究发现,运动量不足时,降压效果有限;运动量达到一定水平后,获益最明显;继续增加运动量,降压收益可能进入平台期或出现边际递减,最佳周运动量是中等强度的运动时长累计2.5至3个小时。研究人员强调,运动降压并非“越多越好”,关键在于选择合适的方式和剂量。比如,高强度间歇训练虽然时间效率较高但强度也较高,血压控制不稳定或缺乏运动基础者应谨慎选择。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1161/JAHA.125.044003>

中国科学院植物研究所

揭示全球最大  
常绿阔叶林进化动态

**本报讯(记者田瑞颖)**东亚常绿阔叶林是全球面积最大的常绿阔叶林,孕育了丰富的物种多样性和特有性,在维持全球碳循环平衡和促进社会可持续发展等方面发挥着极其重要的作用。近日,中国科学院植物研究所研究员王伟团队揭示了东亚常绿阔叶林的进化动态。相关研究成果发表于《国家科学评论》。

理解特定植被的进化动态是进化生物学和生态学共同关注的焦点之一。目前,科学界对于东亚常绿阔叶林的形成过程仍存在争议。

通过整合21个被子植物类群的系统发育、分化时间、生物地理和祖先习性重建等分析结果,研究团队发现,东亚亚热带地区落叶向常绿支系的转变、常绿支系的迁入和本地多样化均经历了一个动态过程。落叶向常绿支系的转变和常绿支系的迁入速率在渐新世-中新世交界期达到第一个峰值,同期本地多样化速率也显著增加,这三类事件的速率均在晚中新世达到最高峰。多元回归和断点回归分析表明,这三类事件的动态变化与亚洲季风气候演变所引起的降水变化密切相关。

研究人员由此提出,现代东亚常绿阔叶林在渐新世-中新世交界期开始兴起,在中新世持续发展,并自上新世开始衰退,其进化历史主要受亚洲季风气候演变的影响。

该研究揭示了东亚常绿阔叶林的起源、形成过程及其驱动因素,增进了人们对其植物多样性进化历史的理解。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1093/nst/nwag361>

香山科学会议第803次学术讨论会上专家们探讨——

## 把化学反应“关”进纳米笼子

■本报见习记者 樊晓丽

一根头发丝直径的十万分之一是多长?大约在1纳米量级。如果把化学反应“关”在这样小的“笼子”里,会发生什么?

近日,在京举行的香山科学会议第803次学术讨论会上,中国科学院院士、复旦大学未来能源高等研究院院长包信和等多位专家,围绕“从限域催化到限域化学”展开了一场热烈讨论。

## 什么是限域

理解限域,不妨先想象一个生活场景:人在室外操场上可以自由奔跑,若被关进一个逼仄的“笼子”里,则连转身都困难。分子亦是如此。

包信和用“限域”这一概念解释了由空间、界面、气氛等微环境约束所引发的催化行为调变现象。他认为,限域是利用微环境限制反应体系的自由度,进而调变活性中心电子态、反应体系传质行为、催化反应路径等。通俗地说,就是把反应分子或催化剂的活性中心,“关进”一个极小的物理空间或限定在特定化学状态。这种约束会改变它们的“脾气”,即电子状态和能量,从而使化学反应按人类期待的方式发生。

包信和提出,“纳米限域”必然会调控体系电子特性,通常也伴随着量子特性出现,因此本质上是一种“量子限域”。“限域催化”就是通过对体系能态进行调控,形成对抗体系活化状态发生衰变的本征力,维持催化体系循环往复,实现催化过程的精准可控。

在他看来,限域可分为两类:一类是“狭义限域”,主要涉及纳米空间中的限域,包括三维多孔材料、二维层状材料和一维纳米管材料等;另一类是“广义限域”,即反应微环

境限域,包括液相体系中的溶剂效应、固体材料中的晶格限域,以及二维表面或固体界面上的限域作用。

那么,限域到底怎么起作用?中国科学院大连化学物理研究所研究员肖建平发现,把催化剂塞进碳纳米管里,管径越小,催化剂“抓”住反应物的力度就越弱。原因很简单——空间太挤,催化剂自身的结构和状态发生改变,对外“抓”的能力就下降了。

这到底是好事还是坏事?肖建平说,要看反应过程中哪一步最费劲。如果需要把反应完的产物“赶走”,那“抓得松”反而帮了大忙,产物更容易脱身;反之,“抓得紧”就添乱了。这个判断标准,给科学家设计更好的催化剂提供了方向。

## 限域能起什么作用

限域到底能干什么?浙江大学求是特聘教授肖丰收以工业中应用极广的沸石分子筛为例,展示了限域的3种实际功用。

第一种是“物理隔离”。金属纳米颗粒在高温下极易迁移烧结而失去活性。将金属颗粒镶嵌在沸石的刚性微孔骨架内,就像把鸡蛋放在独立的“蛋托”里,许多沸石骨架能耐1000摄氏度的高温,这个“蛋托”可在一定温度条件下把每个金属颗粒隔开,不让它们跑出来聚团。

第二种是“路径控制”。沸石的微孔就像一道只容一人侧身通过的窄门。在对氯硝基苯加氢到对氯苯胺反应中,反应物分子只有“侧身”才能挤进去,这就迫使加氢反应更倾向于走“线式”路径,生成的产物纯度极高。这是其他催化剂难以做到的。

第三种是“定向捕获”。在制造乙二醇

时,需要对草酸二甲酯加氢催化,常用的催化剂是铜催化剂。但铜纳米颗粒有个“毛病”,即反应中颗粒越来越大,导致催化剂很快就失效。在沸石晶体中造出一些自带黏性的小凹坑,可以像磁铁一样把铜纳米颗粒精准捕获,不让它们聚团,使催化剂的寿命大幅延长。

谈及限域在工业中的应用,比利时那慕尔大学化学系教授苏宝连介绍,早在几十年前,人们就发现分子筛的孔道像一道道“窄门”,只有分子结构“够瘦”的反应物才能挤进去,而“太胖”的则被挡在门外,从而实现了石油炼制中的精准分离。

如果说沸石分子筛的限域是“硬约束”,那么中国科学院院士、四川大学化学学院教授冯小明创制的催化剂则更精妙。其中,被称为“冯氏配体”的手性双氮氧化合物就像是变形的“抓手”,遇到不同的反应物能自动调整出最适合的形状和大小。凭借“自适应”的本事,冯小明团队已开发出80多类不对称催化新反应,为50多个手性药物分子找到了绿色高效合成的新路径。

## 从“限域催化”到“限域化学”

如果限域能改变催化,那它能否改变更广泛的化学反应?

中国科学院院士、中国科学技术大学苏州高等研究院研究员江雷从生命体中寻找灵感。他抛出了核心追问:生命如何在36到37摄氏度的温度下实现生物合成?答案指向限域。

他认为,细胞膜的离子通道本质上就是限域,而生物纳米通道中离子或分子的有序定向集体运动是实现超低能耗过程的物理化学本质。受此启发,江雷团队开发了一系列仿生超



“LARGO APOLLO(拉尔夫·阿波罗)”船驶航中。

钟伟/摄

## 换把“尺子”,量出更紧迫的气候危机

■本报记者 朱汉斌

入汛以来,我国多地极端气候事件频发,给人们的生产生活带来严峻挑战。这些极端气候事件与人类活动导致的碳排放密切相关,但两者之间的定量关系长期缺乏明确的计算方法。

如今,这一空白被中国科学家填补。华南理工大学未来水利交叉团队与北京大学朴世龙院士、张尧研究员团队合作,提出了“复合事件对累积碳排放的瞬时响应”(TCoRE)指标,系统揭示了极端降水、高温等复合极端气候事件与碳排放之间的响应规律。日前,相关成果发表于《自然》。

## 复合事件比平均温升更危险

长期以来,科学界主要依赖“累积碳排放-全球平均气温响应”(TCRE)指标评估气候变化。该指标被联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)第五次和第六次评估报告采用,其核心逻辑是碳排放越多,全球平均气温上升越高。然而,研究团队发现,真正对社会和生态系统造成巨大损失的往往并非平均温度的变化,而是极端气候事件,尤其是多种极端事件同时发生或接连出现的“复合事件”。

“高温与干旱同时发生、高温与暴雨共同出现、多个极端事件连续发生……这些复合事件造成的破坏远超单一灾害的简单叠加。”论文共同通讯作者、华南理工大学教授王兆礼强调。

论文第一作者、华南理工大学副教授李军进一步解释:“以往科学家主要采用TCRE指

标,但它只能量化碳排放对全球气温的影响;我们提出的TCoRE指标则可以推算全球累积碳排放与复合事件之间的定量关系。”换言之,如果TCRE回答的是“每排放1000吨二氧化碳,全球平均温度会上升多少”,那么,TCoRE回答的则是“每排放1000吨二氧化碳,复合事件风险会增加多少”。

TCoRE指标的提出,标志着气候变化研究从“平均气候响应”迈向了“风险响应”。它建立了“累积碳排放-复合极端气候事件-剩余碳排放”间的定量联系,为理解气候风险随碳排放增加的演变规律提供了全新的理论框架。

“该研究不仅填补了IPCC评估体系中中长期未纳入复合事件的研究空白,也使全球剩余碳排放面临更为严峻的重新评估。”李军对《中国科学报》表示。

## 碳预算比想象的更紧张

研究团队将TCoRE指标应用于第六次耦合模式比较计划(CMIP6)全球气候模式,模拟碳排放与对应的复合极端气候事件,并用观测数据对模拟值进行约束,获得了3项具有重要政策启示的关键发现。

一是复合事件风险被严重低估。研究显示,经观测数据约束后的TCoRE值比地球系统模式集合平均值偏高37%~75%,意味着未来复合事件的发生频次将显著高于现有气候模式的预估水平。换言之,人类可能面临比模

型预测更严峻的复合极端气候事件风险。

二是罕见强复合事件的风险增长呈“陡峭曲线”。强度较低的复合事件发生频次随累积碳排放增加呈线性增长,而强度更高的复合事件频次则呈非线性增加。

“随着大气中累积的二氧化碳越来越多,较为普通的复合事件发生概率将呈线性增加,极为罕见且破坏性更大的复合事件发生风险会以更快的速度上升——这条曲线会变得非常陡峭。”李军说,这意味着,碳排放的持续累积将不成比例地放大最危险灾害的风险。

三是全球剩余碳预算大幅缩水。基于TCoRE指标,研究团队重新评估了全球剩余允许碳预算。结果表明,在纳入复合事件影响后,实现全球温控目标所允许的碳排放量大幅减少。

李军解释说:“如果在气候评估中忽略复合事件影响,将会高估全球剩余碳预算,从而低估未来气候风险。考虑到复合事件对人类社会的实际影响,全球剩余的碳预算可能比先前估计的更加有限。”

“每一吨碳排放,都为下一个复合事件的发生增添砝码。”论文共同通讯作者张尧表示,这一结论为国际气候谈判和各国碳中和路径设计敲响了警钟——碳预算比想象的更紧张,需要采取紧急行动。

在全球变暖加剧,极端气候事件频发的当下,TCoRE指标不仅为科学界提供了一把精准的“风险尺”,也为政策制定者和公众敲响了警钟,即气候风险不是抽象的数字,而是目前正在发生的、结伴而来的致命威胁。

低能耗反应体系,如在室温下实现了阿司匹林合成、开环反应、乙醛酯类香料合成等。

通常人们认为水在室温下是液态,但限域却把这一常识彻底改写。北京大学教授江颖利用新创制的扫描量子传感显微系统观测到,当限域尺寸小于1.6纳米时,水的形态会进入介于固体和液体之间的“类固体”;小于1纳米时,室温下直接变成晶体,也就是冰。这意味着,水在零度结冰的规律,必须加上一个前提——“宏观条件下”,一旦进入纳米空间,常识规律则要重写。

厦门大学化学系教授詹东平利用其团队创制的高空间分辨扫描电化学显微镜,看清了限域空间里的电化学反应,不仅知道反应有多快,还能看清反应发生在哪里,电子是怎么多转移的。这为理解限域如何改变化学反应的规则提供了最直接的实验证据。

会上,有专家指出,传统二维势能面无法描述限域催化,必须引入“高维空间”概念,需要思考如何让活性中心在微环境限域势阱调控下与反应中间体形成最佳的作用。还有专家指出,高效催化体系并非静态结构,而是动态“钟摆”,活性中心能态周期性起伏,交替完成吸附、反应、脱附。“从限域催化到限域化学,我们需要对这一概念及其本质进行深入讨论,厘清限域化学的内涵,探索限域化学在科学和技术层面的应用,逐步建立和完善限域化学的概念。”包信和说。

这也意味着,当人们真正理解并掌握了这种效应,就能从分子甚至量子水平上,实现对化学反应的设计与调控。未来,化学家会像纳米建筑师一样精心设计“笼子”的形状、尺寸和微环境,让分子按预设的指令完成精准反应。

**本报讯(记者赵广立、朱汉斌)**在近日于德国汉堡举办的国际超级计算大会上,最新一期IO500全球存储性能榜单正式发布,我国国产存储系统实现两个“双榜第一”。

其中,由鹏城实验室牵头研发的“鹏城云脑III”系统斩获IO500“全球总榜”与“研究榜”双料第一,首次获得双榜冠军;由中科曙光打造的国产存储集群“ParaStor F9000全闪存存储系统”在“生产型全节点”和“生产型10节点”榜单中实现双榜第一,成为首个取得此成就的中国存储系统。

IO500是高性能计算与人工智能领域权威的存储系统性能基准测试榜单,旨在评估真实工作负载下的输入/输出能力,自2017年推出以来,每半年在高性能计算领域顶级会议期间发布,已获得全球研究机构和商业公司广泛认可。

## 服务于风险管理和防灾减灾

TCoRE指标不仅是气候科学基础理论的重要突破,也具有广阔的应用前景,有望在多个方向落地,如全球气候变化风险评估、碳中和路径设计、国际气候谈判、复合灾害预警预报平台建设、碳足迹估算等。研究人员表示,随着TCoRE指标的提出,碳排放对全球极端气候事件的影响有望写入下一次IPCC的报告。

王兆礼告诉《中国科学报》,研究团队下一步有3个重点研究方向。一是扩展复合灾害类型。目前研究主要聚焦于高温与降水/湿润的复合事件,团队计划将TCoRE指标扩展至更多灾害组合,构建更全面的复合风险评估框架。二是耦合经济损失评估,不仅要回答“复合事件发生概率增加多少”,更要回答“会带来多大的经济损失、对哪些行业冲击最大”,为政府制定适应政策、企业进行风险管理提供直接的经济学依据。三是建立中国区域风险评估体系。研究团队将致力于构建面向中国区域和行业部门的精细化风险评估体系,为国家“双碳”战略和防灾减灾提供科学支撑。

从TCRE到TCoRE,变化的不仅是指标的字母构成,更是人类理解气候风险的视角——从关注“平均温度升了多少”,转向追问“最坏的情况会坏到什么程度”。在极端气候事件日益频繁的今天,这把新标尺的意义或许比任何一个数字都更为深远。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10544-1>最新IO500榜单公布  
国产系统实现两个「双榜第一」