

# 藏着一座“金矿”的长期研究

■本报实习生 赵婉婷 记者 胡珉琦

经过半个多世纪的数据监测,科学家观察到,由于气候变暖,滨鸟的体形在缩小,喙长却不断延长;还有科学家发现,随着环境变化,“一夫一妻制”的雪鹭“离婚”和“寡居”的概率也会改变……这些有趣的变化是缓慢发生的,如果没有长期监测,研究者就难以觉察。

近期,《生态快报》出版了一本专刊《超长期研究的生态和进化见解》,收录18篇跨度为20至54年的生态学数据监测研究论文,涉及鸟类、植物、昆虫和海洋物种,呈现了不同生命形式如何在长时间尺度上响应环境变化和人为压力。

在生态学领域,这样的研究并不多见,但对于理解自然系统的复杂性至关重要。值得注意的是,作为世界上生物多样性最丰富的国家之一,这本专刊中并未收录来自中国的研究。

科学家为什么要进行长期生态监测?中国在该领域的研究现状如何?

## 长期监测鸟类“情感关系”

在美国加州大学圣巴巴拉分校从事博士后研究的孙瑞姣,一直对鸟类的“情感关系”很着迷。

20世纪90年代的研究显示,漂泊信天翁夫妻是忠贞的模范爱侣,相伴一生从不离婚。然而,孙瑞姣和团队分析了从1959年开始的长期监测数据发现,漂泊信天翁的“离婚率”高达12%~13%,在“一夫一妻制”物种中,这个比率并不算低。

正是基于长期观测数据,孙瑞姣揭露了漂泊信天翁也会“背叛爱侣”的事实。

而后,孙瑞姣又把研究目光对准了“一夫一妻制”的海鸟——雪鹭,并发现这些“南极精灵”的情感轨迹也比过去认知的复杂。作为论文第一作者,孙瑞姣的这项研究成果被收录在专刊中。

孙瑞姣与团队通过分析54年来雪鹭婚配关系动态与气候环境变化的关系,找到了一些重要规律。

研究发现,随着气候变暖加剧,海冰面积减少,会给雪鹭雌鸟造成很大的捕食困难。由于雌鸟体形比雄鸟小,在捕食竞争中处于下风,雌鸟存活率更低,因此,雄鸟丧偶

寡居的情况就会增加。

此外,雪鹭的巢穴一般在岩隙石缝中,当降雪增多,巢穴环境变得恶劣时,就会给雏鸟的孵化带来压力。为了提高未来孵化的成功率,雪鹭个体就会倾向于换一个配偶。而且在恶劣的气候条件下,无论之前的繁殖成功与否,雪鹭的“离婚率”都会增加。离婚与丧偶都会给雪鹭繁殖后代带来消极作用,进而影响整个种群发展。

“雪鹭每一段新感情的建立要花3到4年,且一次繁殖只产一枚蛋,对于这种寿命长达五六十年、生活史缓慢的海鸟来说,要想研究它们的配偶关系动态,必须依靠长期稳定的监测数据支撑。”孙瑞姣强调。

在这项研究中,团队使用了1000多只被捕获、标记、监测的雪鹭个体数据,而这些数据来自法国的一项长期的鸟类监测项目。科学家每年11月至来年二三月会驻扎在南半球的雪鹭繁殖地,对成鸟进行标记、定位,其间还会反复查看巢穴情况。

“雪鹭是一种对气候环境变化响应强烈的物种,结合长期的观测数据分析,可以了解其他生活史缓慢的物种的过去及未来如何响应环境变化提供参考。”孙瑞姣建议,在制定针对类似生活史缓慢物种的保护政策时,应考虑种群性别结构所带来的与配偶繁殖相关的影响。

## 长期研究为何备受关注

正如这本专刊的社论所说,“生态和进化过程本质上是动态的,通常由发生在超出大多数研究时间尺度的过程所驱动”。这不意味着短期研究就是无用的,但它们很可能仅捕捉到自然界复杂过程的片段,从而忽视了长期模式、反直觉的相互作用和延迟响应。

然而目前在生态学领域,连续10年的研究已经难能可贵,持续20年以上的基本可以称为长期研究。在中国科学院植物研究所研究员马克平看来,超长期研究监测目标应超过50年甚至上百年。

这些长期甚至超长期的监测数据是生态学和演化生物学的“金矿”。

武汉大学生命科学院教授卢欣解释,对于动物物种而言,对一个种群内的个体进



《生态快报》专刊封面。受访者供图

行识别、长期追踪其繁殖及行为性状,建立家谱是长期研究的核心。“基于长期研究,我们才能回答动物生活史的进化、衰老、社会动态等科学问题。”

对于生命周期超长的植物来说更是如此。马克平指出,尤其是对森林林地的长期监测,可以更准确地揭示森林结构、物种相互作用、群落组成、种群动态和对环境变化的响应,这对于预测未来几十年的全球气候变化和生物多样性危机至关重要。

从演化视角来看,几十年乃至上百年的时间尺度不过是短短一瞬。但在全球变化与人为压力下,许多物种发生了短期的适应性变化,甚至几十年时间就能催生新的物种。

中国科学院植物研究所研究员徐武兵说,以路边常见的“三叶草”——白车轴草为例,研究发现,由于城市化进程的压力,郊区和城市白车轴草中一类高度保守的防御性基因已经显现出差异,且沿城市-郊区的梯度变化。

随着时间推移,长期研究还能够考察仅在几代之间发生的变化如何影响宏观进化模式,从而调和生态学与演化生物学的尺度。

## 首套±800kV 特高压直流量子电流传感器研制成功

本报讯(记者朱汉斌 通讯员彭雅莹)近日,全球首套±800kV特高压直流量子电流传感器通过新产品技术鉴定。鉴定委员会认为,该产品综合技术性能达到国际领先水平。这标志着我国在量子精密测量领域取得重大突破。

传感器安装在电网中,能让电网拥有“敏锐的感官”。量子电流传感器感知能力更强,能够实时监测直流输电线路的运行情况和健康状况。

该项目由南方电网输电部牵头,中国科学院上海微系统与信息技术研究所、南方电网超高压输电公司、西电高压开关公司、中国科学技术大学、浙江大学等单位联合合作。研发团队利用金刚石内部独特的量子特性,通过检测电流产生的磁场来实现非接触电流测量,由于量子的加持,能实现其他传感器所不具备的超大范围、超高精度和高稳定的电流测量。

本次研制的传感器破解了传感器在电网强磁高压环境下的非侵入电流测量技术难题,首次实现了1mA至10kA范围内万分之六的宽量程、高精度电流测量。

▲±800kV特高压直流量子电流传感器。南方电网供图



# 作物增产的“甜蜜”奥秘

■本报记者 叶满山

在绿色植物的奇妙世界里,糖不仅是它们通过光合作用制造的美味“能量大餐”,还是支撑植物生长发育、应对环境变化的重要物质。而在这场糖的“运输大赛”中,一群叫作“糖转运蛋白”的小分子扮演着至关重要的角色。

近日,中国科学院兰州化学物理研究所食品化学与安全检测研究团队全面阐述了植物糖转运蛋白的研究进展及其在农业生产中的应用前景,揭示了这一“甜蜜”奥秘,为作物增产研究提供了重要的理论依据。相关论文发表于《国际生物大分子》。

## 植物工厂里的“快递员”

想象一下,植物就像是一个个忙碌的工厂,叶子是制造糖的车间,而果实、种子等其他部分则是需要糖的部门。糖转运蛋白就像是工厂里的快递员,它们负责把叶子制造的糖安全、高效地送到植物的“需求部门”。

“过去10年里,科学家在植物糖转运蛋白功能研究方面取得了显著进展,尤其是在与糖转运相关的基因功能鉴定方面。然而,关于这些转运蛋白调控机制的多样性及其复杂作用网络,依然研究不足。”中国科学院兰州化学物理研究所研究员曾凡述表示,全球对粮食安全和作物增产的需求不断增加,

迫切需要更深入研究糖转运蛋白的调控潜力,提出新的解决策略。

通过大量实验,研究团队发现,植物糖转运蛋白的功能多样性体现在其复杂的分类和作用机制上。

通俗来说,这些“快递员”有三种类型:糖最终输出转运蛋白、蔗糖转运蛋白和单糖转运蛋白。

糖最终输出转运蛋白就像专门负责特殊任务的快递员,它们与种子灌浆和病原菌感染有关,确保种子在发育过程中获得足够的能量,并在病原菌入侵时采取防御措施。蔗糖转运蛋白则是“大宗货物运输专家”,它们主要转运蔗糖,将大量糖分从源器官运送到库器官。而单糖转运蛋白则是那些灵活多变的快递员,它们负责在不同组织和亚细胞水平间转运单糖,满足植物的各种需求。这些转运蛋白各负其责,共同参与植物体内糖分的运输和分配。

## 让作物“吃得更饱”

“我们发现,这些糖转运蛋白不仅工作勤奋,而且非常聪明。它们能够根据植物的需要,灵活调整糖的运输速度和方向。”曾凡述笑着说。更重要的是,通过调控这些糖转

运蛋白,可以让作物“吃得更饱”,从而长得更好、产量更高。

首先,增强糖转运蛋白与共生微生物的相互作用是提高作物产量的重要策略之一。研究人员发现,通过这一策略,可以帮助植物更好地吸收土壤中的养分,比如磷和氮。这就好比给植物吃了“营养补品”,让它们长得更壮实。

其次,光周期是影响植物生长和发育的重要因素之一。通过建立光周期与糖转运蛋白之间的调控关系模型,科学家优化了植物的光合作用,让植物在有限的光照时间里,生产出更多糖。这就好比给植物安装了“高效节能灯”,让它们的光合作用更加高效。

此外,利用先进的基因编辑技术,对糖转运蛋白进行改良,优化其在植物体内的功能和表达模式,从而培育出产量更高的作物品种。这就好比给植物进行了“基因升级”,让它们的生产潜力得到充分发挥。

曾凡述告诉《中国科学报》:“就像给一个饥饿的人提供更多的食物,他就会变得更强壮一样,科学家通过增强糖转运蛋白与共生微生物的相互作用,给作物找到了更多‘好朋友’,这些‘好朋友’可以帮助作物吸收更多养分,从而促进作物的生长和发育。”

此外,专刊社论还提到,长期监测在检测趋势、预测未来变化、制定保护与管理策略方面发挥着不可替代的作用。

近10多年来,全球范围内的生态学长期研究越来越受到关注。徐武兵特别提到,国际上一些开放数据库如全球生物多样性时间序列数据库(BioTIME)、欧洲再调查(ReSurveyEurope)、地球生命力指数(Living Planet Index)等,收集了全球不同类群与生态系统的数据库,形成了具有影响力的长期数据集。

## 为什么没有中国的成果

尽管长期的生态学研究极其重要,但在国内它仍面临着许多挑战。

卢欣关注到这样一个现象,2024年中国对世界的科技热点论文的贡献近50%,但其中涉及长期、个体基础的野外研究几乎没有。

马克平指出,中国涵盖的气候梯度和生态系统十分全面,但国内现有的生物多样性监测站点还比较少。“目前我们对重点物种如东北虎豹、金丝猴等明星旗舰物种开展的长期监测是好的开端,但无法覆盖更广泛的物种。”他还提到,在传统的森林样方调查中,样地面积小、无重复,数据的科学价值有限。

“由于国内在长期生态学研究的部分数据尚未整合,难以形成较大影响力,现有监测数据对国际数据平台的贡献有限。”马克平坦言。

在谈到这期专刊中为何没有中国的成果,马克平认为,这本专刊更多关注的是动物种群动态,而国内在森林监测方面的研究相对更成熟。

早在2004年,中国森林生物多样性监测网络(CForBio)建立了中国第一个森林大样地,至今已有20年的数据积累。此后,该网络又陆续建立了30个大样地,形成了中国气候带谱齐全的格局。

“CForBio突破了传统的样地调查概念,成为通过生物相互作用理解生态系统维持机制的研究平台。”对于如何推进长期研究,马克平提出平台建设的重要性。截至2023年底,基于CForBio平台的监测数据已陆续发表研究论文近840篇。但他直言,CForBio一直靠两三百人自发的科研力量推动。

谈及长期的生态学研究为何困难重重,马克平认为,日复一日的观测可能使得研究者失去兴趣,而缺乏长期稳定的项目经费支持则是阻碍这类研究的重要因素。

“希望未来能有新的资助模式出现,直接把资助给到团队和平台开展长期监测,且不要求短期发文数量。”马克平告诉《中国科学报》,只要有长期稳定的投入,科研产出就能水到渠成。

卢欣则指出,如今新学科的兴起与科学评价标准使得研究者更倾向于短期的研究,而不愿意坐“冷板凳”。在他看来,生态学长期研究的破局更需要个人的勇气和情怀。

卢欣团队研究青藏高原一种特有鸟类地山雀已经有20年了,监测时间最长的种群已经有15年。同时,他和团队在青藏高原近50个研究点获得了地山雀的野外数据,这种时空尺度上的工作是独一无二的。

“我经常跟学生说,我们实验室给学生带来的最大福利就是走进青藏高原,在理性的探索中体验感性的人生。”

相关论文信息:  
<https://doi.org/10.1111/ele.14555>  
<https://doi.org/10.1111/ele.70049>

## 发现·进展

中国科学技术大学等

# 科研人员研制出单光束“三维光学扳手”

本报讯(记者王敏)中国科学技术大学副教授袁雷课题组与新加坡国立大学教授仇伟开展合作,研制出一种新型光学微操控工具——单光束“三维光学扳手”。这种光学扳手能够利用单个聚焦的激光光束对微粒,比如细胞,施加三维可控的光力矩,从而实现微粒子动态可控的三维旋转操控,极大拓展了光镊技术的操控功能。近日,相关研究成果发表于《自然-通讯》。

光镊,又被称为“单光束梯度力阱”,是2018年诺贝尔物理学奖得主、美国科学家阿瑟·阿什金于1986年发明的一种激光工具。科学家利用它能够抓取和操纵单个分子、病毒、细胞等微观世界的物体。光镊由此成为人类研究微观世界的重要操控工具。

光镊本质上是利用光的动量传递对微粒施加光力实现三维操控的。光既具有动量也能携带角动量,在与微粒相互作用时,光的角动量传递能够产生光扭矩,进而驱动微粒旋转运动。比如,携带自旋角动量的聚焦激光光束不仅能够施加光力捕获微粒,还能对物体施加旋转的扭矩,就像扳手在扳动物体一样,因而被形象地称为“光学扳手”。

这种光学扳手极大拓展了光镊的操控功能,使其不仅能平移而且能旋转微粒。但目前光学扳手的旋转操控仍局限于一维固定轴,无法实现微粒的三维旋转操控。

为解决该问题,研究团队深入研究聚焦光场三维自旋角动量的定量调控方法及其光扭矩效应,理论推导聚焦光场自旋角动量与人射光场局部偏振螺旋度的定量方程,并提出了通过单个调制光束实现时变三维光扭矩的技术方案。这种调制的激光光束能够施加任意方向的旋转扭矩,进而操控微粒在不同时间沿着指定三维转轴做连续旋转运动,被称为“三维光学扳手”。

该技术实现了激光对微粒的全自由度操控,将光镊对微粒的三维平移操控拓展到三维平移与转动同时操控。团队还利用该技术实现了单个活体细胞的三维旋转操控。

研究人员介绍,光镊新的操控功能有望在细胞三维层析、光学传感、微机器人等领域激发新的应用。

相关论文信息:<https://doi.org/10.1038/s41467-024-55781-y>

中国科学院大连化学物理研究所等

# 发现一种肠道细菌可以减少饮食中糖分摄入

本报讯(记者孙丹丹)日前,中国科学院大连化学物理研究所研究员梁鑫淼团队与江南大学教授朱升龙、陈永泉合作报道了一种可以减少饮食中糖分摄入的肠道细菌,该发现可能有助于开发治疗肥胖和代谢性疾病的新疗法。相关成果发表于《自然-微生物学》。

过度食用糖会导致许多非传染性疾病,例如肥胖、心血管疾病、代谢综合征及2型糖尿病等。动物在生物学上天生渴望糖,不加控制的糖摄入会导致高糖摄入,进而增加高血糖和代谢性疾病的风险。此前的研究发现,人类对不同食物的渴望源于肠道向大脑发送的信号。因此,肠道是传递饮食偏好的关键器官。

研究人员通过分析糖尿病小鼠和糖尿病患者的血液发现,糖尿病小鼠和人类血液细胞中的脂肪酸受体4(FFAR4)水平偏低,且FFAR4突变人群对糖的偏好有所增加。研究人员还发现,肠道FFAR4水平的降低显著影响了肠道微生物B.vulgatus的丰度及其关键代谢产物泛酸的含量。随后,研究人员采取给糖尿病小鼠喂食泛酸或用B.vulgatus定植等手段验证了这种复杂的肠道-肝脏-大脑相互作用影响小鼠糖偏好的机制。

该研究揭示了一种新型糖偏好形成的内在调控机制——肠道脂肪酸受体通过调节肠道关键菌群B.vulgatus的丰度及其代谢产物泛酸,进而诱导体内激素分泌以维持糖摄食行为平衡。同时,该研究为糖尿病预防提供了一种有效策略,提出进一步开发FFAR4组织特异性激动剂或靶向调节B.vulgatus可能是预防糖尿病的一种方法。

相关论文信息:<https://doi.org/10.1038/s41564-024-01902-8>

广州医科大学附属第三医院等

# 类胚胎模型研究取得重要突破

本报讯(记者朱汉斌)近日,广州医科大学附属第三医院教授范勇团队与合作者在类胚胎模型研究领域取得重要突破。相关成果在线发表于《细胞-干细胞》。

研究团队通过优化诱导体系,在形态学和转录组水平上成功建立了与人类正常囊胚相似的类囊胚(4CL-blastoid),首次对不同培养体系下的人多能干细胞及其生成的blastoid的DNA甲基化和基因印记模式进行分析,并与人类正常囊胚进行对比。

该研究发现,4CL-blastoid的细胞谱系在DNA甲基化模式和基因印记上与人类正常囊胚更为相似,而其他体系诱导的类囊胚则表现出全基因组低甲基化,与正常囊胚存在显著差异,表明起始细胞的DNA甲基化状态对类囊胚细胞谱系的甲基化模式具有持续影响。

此外,4CL-blastoid保留了印记控制区域及母源/父源印记基因的甲基化模式和表达,并展现了植入后的发育潜力,能够在体外3D悬浮培养系统中发育至第14天,模拟从囊胚形成到早期原肠胚形成的关键过程,重现了人类胚胎发育中一系列重要事件,包括滋养层细胞的分化与增殖、中胚层、原条、羊膜腔和卵黄囊的形成、前后轴的建立、中胚层谱系的发育,以及原始生殖细胞和生血或血管细胞的出现,为研究人类早期胚胎发育提供了重要见解。

相关论文信息:<https://doi.org/10.1016/j.stem.2024.12.010>