



听《中国科学报》《中国科学报》官微



科学网 App



科学网官微

破解作物“午睡”百年谜题,让水稻增产一到四成

■本报记者 冯丽妃

人累了会午休。你可能不知道,田里的庄稼中午也会“摸鱼”!

在正午高光、高温双重胁迫下,农作物光合作用会被大幅抑制,光能利用效率大幅下降,造成作物平均减产 30% 左右。这种作物“午睡”现象长期制约着光能利用效率与产量提升,自 1910 年被发现至今,困扰科学界长达百年。

现在,中国科学家在破解这一问题的核心分子机制上迈出关键一步。中国科学院院士李家洋牵头联合中国科学院遗传与发育生物学研究所(以下简称遗传发育所)、崖州湾国家实验室、中国科学院生物物理研究所(以下简称生物物理所)等多家单位的科研人员,通过 10 年跨学科联合攻关,发现植物体内一种名为 MBS1 的超小蛋白可响应强光,形成凝聚体小液滴,通过类似“防护服”的保护作用过滤强光实现“防晒”。多年多地田间试验证实,该机制能够让水稻等农作物产量提升 10%~40%,这为应对全球气候变化、实现粮食增产提供了新的理论基础与技术路径。6 月 18 日,相关研究成果在线发表于《细胞》。

面向百年谜题

在农业科学界,提到李家洋,很多人会想到“分子设计育种”。21 世纪初,他提出“像设计工业产品一样”把高产、抗病、优质的基因模块“组装”起来,“设计”出理想种子。

不过,很多人不知道的是,过去 10 年,李家洋还开展了另外一项基础研究——寻找作物“午睡”问题的解决路径。

这是全球植物学、农学的百年经典科学问题。光合作用为植物提供能量,但在高光、高温、干旱等多重逆境下,过量的光也会诱导植物产生活性氧,它就像植物体内的“腐蚀剂”,会引发氧化胁迫,损伤光合相关蛋白与结构,逼得庄稼只能暂时停工、自我保护,使得光合作用速率大幅降低,严重时会造成光合工厂“叶绿体”的解体,光合作用极度受损。

“被迫停工”直接导致农作物平均减产 30%,这是多年来粮食产量难以突破的关键瓶颈。

早在 20 世纪八九十年代,中国科学院院士匡廷云、李振声、沈允钢等专家学者就曾开展小麦等作物“午睡”现象的生理研究。然而,受限于当时的技术手段,研究人员始终未能破解其深层分子机制,无法从根本上解决这一生产

我国沙化土地面积年均缩减 1000 万亩

据新华社电 6 月 17 日是世界防治荒漠化和干旱日。记者从国家林草局获悉,我国沙化土地面积持续净减少,由上世纪末的年均扩展 515 万亩转变为目前的年均缩减 1000 万亩。

数据显示,八大沙漠、四大沙地的土壤风蚀总量较 2000 年下降约 40%,沙区植被平均盖度达 21.17%,较 10 年前上升 2.84%。“三北”工程区林草覆盖率达 40.76%,67.82%的可治理沙化土地得到治理。

据介绍,近年来我国以打好打赢“三北”工程攻坚战为重点,全面推进荒漠化防治。“三北”工程三大标志性战役打响以来,累计下达中央投资 889 亿元,组织实施重点项目 544 个,完成建设任务 2.44 亿亩。

“十五五”是纵深推进全国防沙治沙和打好“三北”工程攻坚战的关键时期和决胜期。下一步,各地各部门将紧扣规划目标任务,坚持分类保护、分区治理,推进重点区域沙化土地综合治理,适度发展绿色沙产业。力争到 2030 年,全国完成沙化土地治理任务近 1 亿亩,四大沙地、沙漠绿洲、青藏高原、黄河流域、京津冀周边等重点区域生态状况显著改善。(黄贞)

休刊启事

根据出版计划,本报 6 月 19 日休刊。敬请留意。



李家洋在稻田。受访者供图

难题。

近 20 余年来,全球许多科学家都在尝试解决这一问题,主要的研究思路是修复损伤或增强抗性,但未能摸清其底层机制。

李家洋在博士期间的研究方向就是光生物学,对植物光合作用研究一直很感兴趣。2016 年,青年科学家邵宁加入李家洋在遗传发育所的实验室后,让光生物学研究这个方向得以“启航”。

邵宁 2001 年赴德国弗莱堡大学攻读分子遗传学,2006 年获得博士学位。博士毕业后,她在德国马普学会分子植物生理研究所继续从事研究,聚焦藻类和植物的活性氧信号。她从藻类中发掘了 MBS1 蛋白,鉴定其为单线态氧的信号介导因子。单线态氧是植物叶绿体光合系统形成的一种活性极强、持续时间极短、破坏性极高的活性氧物质。然而,MBS1 如何感知单线态氧并启动细胞应答的分子机制并不明确。

李家洋敏锐地意识到,MBS1 可能是揭秘作物“午睡”现象的一个突破口。“我们就研究作物,看这个蛋白对光抑制的影响到底有多大。”他如此决定。

后来,他们才发现,由于涉及光物理、光化学、生物化学、遗传学、作物栽培等多学科领域,这项研究从解析 MBS1 的结构开始,就像一个“无底洞”。

十年闯关

仅是解析 MBS1 的结构,研究团队就花了整整 3 年时间。事实上,这是一个超小蛋白——仅由 110 个氨基酸

组成、分子量约 13kD,中间有一个锌指结构,两侧为无序蛋白。由于两侧无序区域无法常规结晶,研究团队联合生物物理所,依托核磁共振技术在溶液中解析出蛋白结构,攻克了基础的结构解析难题。

随后,研究团队发现,恰恰是这些无序区域对蛋白形成强光“防御”机制至关重要。当正午强光导致叶绿体积累时,MBS1 蛋白会立即响应,蛋白构象发生改变,在细胞内形成液-液相分离的微米级胶状液滴,像“防护服”或“护盾”一样覆盖在叶绿体表面,通过光散射调节光线的分布与透射,使得叶绿体内光合蛋白与结构免受过量单线态氧的攻击。

通过模拟光路和试验观测,研究团队发现 MBS1 蛋白具有动态性:在强光诱导下聚集,减弱光抑制效应;当光照恢复正常后,这些聚集结构又会逐渐消失。

“自然界的设计非常精妙——强光来了,‘盾牌’形成;光强度减弱,‘盾牌’消散,不影响作物正常光合进程。这是一个动态的、智能的阳光过滤系统。”李家洋向《中国科学报》解释道。这一动态过程揭示了叶绿体如何通过相分离机制精细调控光保护,为理解光合作用的底层逻辑提供了新视角。

走到这一步,他们已经花了 6 年多光阴。不过,仅了解基础机理还不够,研究团队将 MBS1 基因转入水稻中实现超表达。此后连续 4 年,他们在海南、北京、吉林、黑龙江等地开展大田试验。测产结果显示,与底盘对照品种稻花香相比,增强表达 MBS1 的材料在光热胁迫较轻的吉林等地,增产约 10%~15%;在北京等中等光热地区,增产达 20%~30%;而在强光高热的海南,增产幅度高达 40%。

“在不同光危害强度下,都呈现出增产效果。这说明这个蛋白可以精准化解高光抑制光合作用这一核心矛盾。”李家洋说。研究还意外发现,增强表达 MBS1 的水稻材料可提前 10 天开花成熟,推测其原因可能是光能利用效率提升促进了代谢。

研究人员依据初步观察推测,MBS1 蛋白的“防晒”机制在大豆、油菜、玉米等作物中可能同样保守,具备广谱应用潜力。“全球气候变化导致极端高温和强光日益频繁,我们的技术正好为作物提供了一种内在的、可遗传的光保护能力。”李家洋强调,“这不是减少损

失,而是通过维持日间光合作用来增加净产量。”

“每一步的艰难跋涉都值得”

论文初稿投至《细胞》后,该刊编辑部邀请多个领域的国际专家进行评审。他们提出了一系列尖锐的问题:怎么证明是单线态氧在破坏光合作用?相变产生的凝胶状液滴会不会不散射,反而聚焦阳光,让高温损伤更严重?相变在叶绿体里真的有用?

研究团队做了大量补充实验,回答了这些问题。他们联合遗传发育所研究员降雨开展微米级叶绿体光模拟实验,证明液滴更大的作用是光散射,而非“棱镜聚焦效应”;利用荧光标记、活体成像技术,拍到高光下 MBS1 蛋白确实包被在叶绿体表面;以多年多地田间试验的海量一手数据,反复排除过氧化氢等因素,锁定单线态氧的核心作用。

最终,该研究获得了审稿人的高度评价——该成果十分重要、新颖,填补了植物光保护与相分离交叉领域的认知空白,代表了逆境生物学和相分离研究领域的概念性进展,且在作物性状改良方面展现出巨大潜力。

回顾研究历程,在推进作物“午睡”机制研究中,李家洋和邵宁选择“10 年零发表”,坚持“讲一个完整的故事”。没有成果,对于待在“副研究员”位置上的邵宁来说,就意味着无法晋升为研究员。不过,她坦言自己比较“超脱”,在研究方面始终保持着相对从容的节奏。

不过,邵宁也有不淡定的时候。2022 年,她向液相分离领域的权威学者请教并得到肯定,那一刻她被生命现象的精密与美妙所吸引,确信她与团队正在追寻的是具有普适性的底层科学问题。

“基础研究不是拍脑袋就能做出来的。如果路线不对,20 年也没用。”李家洋说,“现在回看,每一步的艰难跋涉都值得。我们不仅揭开了百年的作物‘午睡’之谜,也为未来的绿色革命提供了一个‘防护一体’的全新分子靶点。”

李家洋表示,研究团队将继续探索与作物“午睡”相关的机制,完善多作物应用研究,加快科研成果在农业生产上应用,让这种源自自然的“智慧防护机制”真正赋能现代农业,筑牢国家粮食安全屏障。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1016/j.cell.2026.05.042>



我国黄岩岛潟湖海草床发现大规模绿海龟种群

近日,中国科学院黄岩岛发育演化与生态韧性综合科考队(以下简称科考队)在我国黄岩岛潟湖海草床区域,观测到国家一级保护野生动物绿海龟种群,初步统计个体数量超过 50 只。

该海草床发育于潟湖松软沙质底质区,面积广阔,近年来生态系统持续向好。此次发现表明,黄岩岛潟湖海草床已形成成熟的珊瑚礁-海草床复合生态系统,为绿海龟、驼背凤螺等高价物种提供了优质栖息环境。科考队还在海草床附近发现低潮时出露海面、正在发育的沙洲。未来,该沙洲有望为绿海龟、玳瑁等提供理想的繁殖产卵场,使黄岩岛从海龟的“觅食地”升级为完整的“栖息家园”。图①为茂盛的海草床,图②为绿海龟。

本报记者朱斌斌 通讯员秦歌、殷建平报道 科考队供图

研究揭示钴基析氧催化剂活性位动态生成机制

本报讯(记者孙丹宁)中国科学院大连化学物理研究所李灿院士和析氧催化研究团队取得新进展。研究团队发展了原位原子力显微镜-扫描电学显微镜(AFM-SECM)纳米成像方法,实时揭示了钴(Co)基(氧)氢氧化物在析氧反应(OER)过程中的动态结构重构行为,阐明了真实活性位的形成机制,并实现了催化剂活化过程中“活性位生成”与“晶格氧化调控”两类过程的功能解耦。近日,相关成果发表于《美国化学会志》。

电解水 OER 动力学缓慢,是制约绿色制氢效率的因素之一。Co 基(氧)氢氧化物资源丰富,性能良好而受到广泛关注,但在反应过程中会发生复杂的结构重构和价态演化,真实活性位的形成机制仍不明确,尤其是对 OER 前多个氧化还原过程在催化剂活化中的作用尚缺乏深入认知。

针对上述问题,研究团队开发了具有氯(Cl)局域配位结构的氢氧化物钴模型催化剂,并利用自主研发的 AFM-SECM 联用平台,在纳米尺度原位追踪催化剂结构演化、界面电荷传输和活性分布。研究发现,活化过程中 Cl⁻ 脱除诱导局域结构重构和电荷重新分布,驱动四面体 Co 位点向端位 Co-OH 活性结构转变。结合原位 X 射线吸收光谱、原位 X 射线衍射和原位拉曼光谱等多种表征手段,研究人员进一步揭示了 Co 基催化剂的两阶段活化机制。研究表明,第一阶段对应真实活性位的生成,是催化活性提升的决定因素;第二阶段则主要增强活性中心的氧化能力,对新增活性位贡献有限。该发现突破了传统上将催化活性提升简单归因于高价 Co 形成的认识。单颗粒尺度活性成像表明,该过程不仅激活催化剂边缘位点,还使活性扩展至原本惰性的基面区域。

该工作从动态结构演化角度揭示了 Co 基析氧催化剂的真实活性来源,明确了活性位生成与电子结构调控之间的关联机制,为理解电催化反应中的动态重构过程提供了新思路,也为高效析氧催化材料的理性设计提供了理论指导。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1021/jacs.6c06054>

中国可再生能源选址规划需进行生态权衡

本报讯(记者胡璇子)昆山杜克大学教授李彬团队模拟并评估了在不同集中程度的规划模式下,中国可再生能源选址规划对生物多样性产生的影响。研究发现,全国统筹规划有助于减少部分生物多样性冲突,但不同规划模式之间仍存在生态权衡。近日,相关研究成果发表于《自然-生态与演化》。

近年来,越来越多的研究开始关注如何优化可再生能源项目的空间选址,以减少其与生物多样性保护之间的冲突。除了资源禀赋、生态影响等常见因素外,现实中的选址决策也受到不同行政管理体系的影响。不同规划层级会给生物多样性带来怎样的影响,目前仍缺乏系统认知。

研究团队模拟了两种选址情景下,中国实现 2060 年碳中和装机量所需的陆地太阳能和风能设施的扩张格局。一种为国家层面进行集中规划,即在全国范围进行最优可再生能源选址;另一种为省级层面分散规划,即各省份基于现有的能源装机量比例设定目标并在省域范围内选址。通过综合考虑能源潜力、社会经济等因素,研究团队预测了两种情景下的可再生能源设施空间布局,并与陆生脊椎动物生物多样性数据进行了空间叠加分析及对比。

“基础研究不是拍脑袋就能做出来的。如果路线不对,20 年也没用。”李家洋说,“现在回看,每一步的艰难跋涉都值得。我们不仅揭开了百年的作物‘午睡’之谜,也为未来的绿色革命提供了一个‘防护一体’的全新分子靶点。”



大规模太阳能和风能设施。图片来源:Pixabay

尼古丁是否应像毒品一样受管制?帕劳提出相关主张



本报讯 当前,全球范围内旨在减少吸烟危害的现有举措,均聚焦于传统烟草。然而,含有尼古丁的电子烟,同样会对健康造成危害。

据统计,全球有超 10 亿人对尼古丁成瘾。如今,帕劳共和国——这个以绝美珊瑚礁闻名的太平洋国家,希望改变这一现状。

据《自然》报道,帕劳已向联合国提出申请,要求重新评估烟草与电子烟产品中含有的高成瘾性物质带来的危害。该国提议将尼古丁列入联合国管制物质清单,该清单目前包括毒品和安非他命等精神类药物。

澳大利亚伍尔科医学研究所的尼古丁治疗专家 Renee Bittoun 表示,此举一旦落地,非医用类尼古丁产品的销售将被认定为违法行为。不过,Bittoun 认为,考虑到烟草公司将极力反对,尼古丁最终很难被列入清单。

世界卫生组织的数据显示,全球约有 12 亿人吸烟,至少有 1 亿人吸电子烟。过去 10 年间,吸电子烟愈发流行,且年轻人吸电子烟的概率是成年人的 9 倍。电子烟会造成肺部损伤,并可能增加患癌风险。

尽管尼古丁并非直接致癌物,但成瘾性极强。帕劳公共卫生领域研究

人员主张,尼古丁应与毒品、精神活性药物执行同等的监管标准。

“这关乎我们的下一代。”帕劳无烟草联盟主席 Valerie Whipps 表示,“太平洋地区新一代年轻人正沦为各类尼古丁产品的营销目标,而这些产品从未依据联合国法规接受严格审查。”

2021 年,帕劳 9 至 20 岁青少年中,有 29% 曾吸电子烟。2023 年,该国已全面禁止电子烟的进口、销售与使用。

美国南卡罗来纳医科大学霍林斯癌症中心的烟草管控研究者 K. Michael Cummings 说,当前各国正在考虑如何监管含尼古丁的香烟、电子烟及其他产品。但绝大多数国家并未对尼古丁进行监管,这意味着厂商可以开发不受现有法规约束的新型尼古丁制品。部分国家将电子烟归为烟草制品,而另一些国家则将其视为普通消费品或药品。

帕劳希望将尼古丁纳入联合国《精神药物公约》。该公约旨在防止毒品和精神活性物质造成危害,同时保障这类物质可用于科研与医疗。一旦尼古丁被列入该公约,意味着全球对尼古丁的监管将趋于一致。

帕劳提交申请后,世界卫生组织药物依赖专家委员会将对尼古丁开展医学与科学评估,研判其滥用潜力、健康负面影响和医用价值。评估完成后,还将针对尼古丁是否纳入管制清单进行投票,投票预计在 2028 年 3 月举行。

(李木子)