

中国科学家找到“按需抗冷”基因—— 增产显著，作物花期冷害有解了

■本报记者 冯丽妃

“倒春寒”“寒露风”“早霜冻”等突发低温来袭时，正值花期的作物往往因花粉败育而大幅减产。全球农业每年因此蒙受数十亿美元损失。如今，我国科学家经过8年攻关，率先找到了作物在花期主动应对冷害的“杀手锏”。

中国科学院遗传与发育生物学研究所研究员许操领衔的智能育种攻关团队联合中国农业大学教授宋文团队，首次发现作物生育期低温感知的小肽信号，破解作物花期“按需抗冷”分子机制，打破传统育种“高产与耐冷难以兼顾”的困境，为应对气候变化造成的农业灾害提供了新的基础理论指导和育种改良基因资源。近日，相关研究成果发表于《自然》。

“研究切中当下紧迫的农业生产问题及其背后的科学问题，贯通了‘基础机制—育种改良—大田验证’的创新路径，是作物抗冷减灾领域的重大突破。”该刊编辑和国际审稿人评论道。

直面“冷害”

随着全球气候变化，冷害已经成为限制农作物产量与地理分布的主要非生物胁迫之一。剧烈的温度波动与不可预测的冷害正以更高频率发生，使作物花期和幼果期正好暴露在低温“攻击窗口”内，短短几天的花期低温即可造成花粉败育，无法结实，成为农作物稳产高产的核心瓶颈。

统计显示，冷害导致全球农业年均减产20%~60%，每年造成的直接经济损失高达数十亿美元。这一灾害广泛影响我国东北水稻主产区、南方双季稻产区、北方冬麦区的主粮生产，并导致苹果、梨、桃、樱桃、杏、李、芒果、猕猴桃等主栽果树平均减产20%~50%，年均直接经济损失达50亿~150亿元。冷害使我国粮食安全和农业可持续发展受到严重威胁。

“花期冷害难以防范，传统上主要依靠灌水、熏烟、覆盖等被动防御措施，成本高、效果差，剪枝、追肥等灾后补救手段又收效甚微。”论文通讯作者许操对《中国科学报》说。

许操表示，本质上，全球农业生产仍缺乏抗冷的主动手段和根本性解决方案。由于作物花期低温机理研究薄弱、核心抗冷基因匮乏，加之传统育种依赖种质杂交，育种周期长达8~10年，且筛选出的抗性基因常会让作物在常温下持续激活耐冷机制，空耗能量，形成“高产耐冷不可兼得”的行业困局。

为避开冷害育种的“三大难”——花期花粉取样难、田间环境模拟难、功能性基因筛选难，许操带领团队跳出传统研究思路，通过一套“组合拳”建立了高效取样分析方法。

他们将一年多次开花的番茄作为模式植物，通过实验室模拟与农业真实生境交替筛选验证，并综合运用传感技术、多维组学、基因编辑和人工智能等技术手段，经过8年持续攻关，终于找到了突破口——长期被忽视的小肽基因RGF。

论文第一作者、在许操团队从事博士后研究工作的陈树栋向《中国科学报》介绍，该基因编码一个仅含有13个氨基酸残基的短肽，它平时几乎不表达，在正常温度下对作物的生长发育没有可见影响；一旦遭遇低温，就会瞬时激活、大量表达，实现“按需抗冷”，完美规避能量空耗。

“这种‘平时深藏不露，冷害挺身而出’的独特表达模式，也是它长期被忽视的重要原因。”陈树栋说。因为这一特点，《自然》同期配发的研究简报称其为“护庄稼于严寒”的“隐秘英雄”。

研究团队还厘清了基因开关的完整信号通路：小肽—受体—离子通道构成的RGF低温信号轴低温诱导RGF小肽分泌后，被细胞膜受体识别并形成复合体，激活离子通道、触发钙信号，精准调控花药绒毡层程序性死亡进程，保障花粉正常发育，从源头上避免低温引发的花粉败育，实现了“按需抗冷、精准防御”。

“这套防御机制解释了植物在面临不可预测的短期冷害时，如何通过‘环境智能感

应’实现精准高效的局部防御。”许操说。

这一“按需抗冷”机制在田间试验中增产效果显著。研究团队发现，在平均夜间温度仅12℃的生产大棚中，没有这一基因的普通番茄品种坐果率大幅降至28.7%，产量损失严重。而上调RGF表达，可挽回52.2%的冷害产量损失，使坐果率维持在51%左右，果实产量较对照组提高了80%~96%。

不仅如此，该机制还展现出跨物种的高效普适性。研究表明，在当前商业化种植的高产水稻品种中，上调同源基因OsRGF10表达，可在冷害下挽回约18%的产量损失，且常温下对株高、千粒重等关键农艺性状无任何负面影响，确保了“顺境不减产，冷害能稳产”。“由于其在作物中高度保守，这一分子模块还适用于玉米、小麦、大豆等多种主要农作物。”陈树栋说。

“这是一项令人振奋的创新性突破。”《自然》一位国际审稿人高度评价道。

研究人员将这一新机制称为破解冷害难题的“杀手锏”，认为其在气候变化背景下有助于为保障粮食安全和发展气候韧性农业提供“中国方案”。研究表明，气候变暖将推动小麦等作物的适宜种植区向高纬度地区显著扩张，在气温升高2℃的情景下，全球适宜种植小麦的总面积可净扩张15.0%。通过培育早花和生育期低温韧性作物，仅我国东北、内蒙古等地就可释放3000万亩左右的产粮新耕地。“它为拓展作物种植区域、开发新粮仓提供了新的理论依据和育种路径。”许操说。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10603-7>

桃等主栽果树平均减产20%~50%，年均直接经济损失达50亿~150亿元。冷害使我国粮食安全和农业可持续发展受到严重威胁。

“花期冷害难以防范，传统上主要依靠灌水、熏烟、覆盖等被动防御措施，成本高、效果差，剪枝、追肥等灾后补救手段又收效甚微。”论文通讯作者许操对《中国科学报》说。

许操表示，本质上，全球农业生产仍缺乏抗冷的主动手段和根本性解决方案。由于作物花期低温机理研究薄弱、核心抗冷基因匮乏，加之传统育种依赖种质杂交，育种周期长达8~10年，且筛选出的抗性基因常会让作物在常温下持续激活耐冷机制，空耗能量，形成“高产耐冷不可兼得”的行业困局。

“隐秘英雄”

为避开冷害育种的“三大难”——花期花粉取样难、田间环境模拟难、功能性基因筛选难，许操带领团队跳出传统研究思路，通过一套“组合拳”建立了高效取样分析方法。

他们将一年多次开花的番茄作为模式植物，通过实验室模拟与农业真实生境交替筛选验证，并综合运用传感技术、多维组学、基因编辑和人工智能等技术手段，经过8年持续攻关，终于找到了突破口——长期被忽视的小肽基因RGF。

论文第一作者、在许操团队从事博士后研究工作的陈树栋向《中国科学报》介绍，该基因编码一个仅含有13个氨基酸残基的短肽，它平时几乎不表达，在正常温度下对作物的生长发育没有可见影响；一旦遭遇低温，就会瞬时激活、大量表达，实现“按需抗冷”，完美规避能量空耗。

“这种‘平时深藏不露，冷害挺身而出’的独特表达模式，也是它长期被忽视的重要原因。”陈树栋说。因为这一特点，《自然》同期配发的研究简报称其为“护庄稼于严寒”的“隐秘英雄”。

研究团队还厘清了基因开关的完整信号通路：小肽—受体—离子通道构成的RGF低温信号轴低温诱导RGF小肽分泌后，被细胞膜受体识别并形成复合体，激活离子通道、触发钙信号，精准调控花药绒毡层程序性死亡进程，保障花粉正常发育，从源头上避免低温引发的花粉败育，实现了“按需抗冷、精准防御”。

“这套防御机制解释了植物在面临不可预测的短期冷害时，如何通过‘环境智能感

应’实现精准高效的局部防御。”许操说。

这一“按需抗冷”机制在田间试验中增产效果显著。研究团队发现，在平均夜间温度仅12℃的生产大棚中，没有这一基因的普通番茄品种坐果率大幅降至28.7%，产量损失严重。而上调RGF表达，可挽回52.2%的冷害产量损失，使坐果率维持在51%左右，果实产量较对照组提高了80%~96%。

不仅如此，该机制还展现出跨物种的高效普适性。研究表明，在当前商业化种植的高产水稻品种中，上调同源基因OsRGF10表达，可在冷害下挽回约18%的产量损失，且常温下对株高、千粒重等关键农艺性状无任何负面影响，确保了“顺境不减产，冷害能稳产”。“由于其在作物中高度保守，这一分子模块还适用于玉米、小麦、大豆等多种主要农作物。”陈树栋说。

“这是一项令人振奋的创新性突破。”《自然》一位国际审稿人高度评价道。

研究人员将这一新机制称为破解冷害难题的“杀手锏”，认为其在气候变化背景下有助于为保障粮食安全和发展气候韧性农业提供“中国方案”。研究表明，气候变暖将推动小麦等作物的适宜种植区向高纬度地区显著扩张，在气温升高2℃的情景下，全球适宜种植小麦的总面积可净扩张15.0%。通过培育早花和生育期低温韧性作物，仅我国东北、内蒙古等地就可释放3000万亩左右的产粮新耕地。“它为拓展作物种植区域、开发新粮仓提供了新的理论依据和育种路径。”许操说。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10603-7>



番茄花。 图片来源:Pixabay

美规避能量空耗。

“这种‘平时深藏不露，冷害挺身而出’的独特表达模式，也是它长期被忽视的重要原因。”陈树栋说。因为这一特点，《自然》同期配发的研究简报称其为“护庄稼于严寒”的“隐秘英雄”。

研究团队还厘清了基因开关的完整信号通路：小肽—受体—离子通道构成的RGF低温信号轴低温诱导RGF小肽分泌后，被细胞膜受体识别并形成复合体，激活离子通道、触发钙信号，精准调控花药绒毡层程序性死亡进程，保障花粉正常发育，从源头上避免低温引发的花粉败育，实现了“按需抗冷、精准防御”。

“这套防御机制解释了植物在面临不可预测的短期冷害时，如何通过‘环境智能感

应’实现精准高效的局部防御。”许操说。

这一“按需抗冷”机制在田间试验中增产效果显著。研究团队发现，在平均夜间温度仅12℃的生产大棚中，没有这一基因的普通番茄品种坐果率大幅降至28.7%，产量损失严重。而上调RGF表达，可挽回52.2%的冷害产量损失，使坐果率维持在51%左右，果实产量较对照组提高了80%~96%。

不仅如此，该机制还展现出跨物种的高效普适性。研究表明，在当前商业化种植的高产水稻品种中，上调同源基因OsRGF10表达，可在冷害下挽回约18%的产量损失，且常温下对株高、千粒重等关键农艺性状无任何负面影响，确保了“顺境不减产，冷害能稳产”。“由于其在作物中高度保守，这一分子模块还适用于玉米、小麦、大豆等多种主要农作物。”陈树栋说。

“这是一项令人振奋的创新性突破。”《自然》一位国际审稿人高度评价道。

研究人员将这一新机制称为破解冷害难题的“杀手锏”，认为其在气候变化背景下有助于为保障粮食安全和发展气候韧性农业提供“中国方案”。研究表明，气候变暖将推动小麦等作物的适宜种植区向高纬度地区显著扩张，在气温升高2℃的情景下，全球适宜种植小麦的总面积可净扩张15.0%。通过培育早花和生育期低温韧性作物，仅我国东北、内蒙古等地就可释放3000万亩左右的产粮新耕地。“它为拓展作物种植区域、开发新粮仓提供了新的理论依据和育种路径。”许操说。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10603-7>

“这是一项令人振奋的创新性突破。”《自然》一位国际审稿人高度评价道。

研究人员将这一新机制称为破解冷害难题的“杀手锏”，认为其在气候变化背景下有助于为保障粮食安全和发展气候韧性农业提供“中国方案”。研究表明，气候变暖将推动小麦等作物的适宜种植区向高纬度地区显著扩张，在气温升高2℃的情景下，全球适宜种植小麦的总面积可净扩张15.0%。通过培育早花和生育期低温韧性作物，仅我国东北、内蒙古等地就可释放3000万亩左右的产粮新耕地。“它为拓展作物种植区域、开发新粮仓提供了新的理论依据和育种路径。”许操说。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10603-7>

“这是一项令人振奋的创新性突破。”《自然》一位国际审稿人高度评价道。

累计下载量超18万次

AI管家助力轻松读论文

本报讯(记者李媛)无需手动上传提问、不用留存聊天记录,科研人员只需将论文存入文献管理软件Zotero,人工智能(AI)便可在后台自动精读文献、生成规范笔记,10分钟即可快速吃透一篇论文。近日,《中国科学报》获悉,凭借高效、免费、开源的特性,西安交通大学教授马小博团队研发的Zotero-AI-Butler(AI管家)插件累计下载量已超18万次。

AI管家是适配Zotero的大模型专属插件,主打轻量化、全自动文献精读服务。区别于传统人工逐篇研读、手动对接AI提问的繁琐模式,该插件可无缝融入科研日常工作流,文献入库后自动完成精读、梳理核心内容,并将专属笔记与论文绑定保存,一举打破科研人员堆砌未读文献、低效研读的困境,大幅降低文献阅读和整理的时间成本。

相较于市面主流AI读文献工具,该插件具备明显的差异化优势。传统工具多为“人找AI”的被动模式,需要手动打开网页、上传文件、逐篇提问,操作繁琐且数据无法沉淀。而AI管家实现“AI找文献”的主动服务模式,常驻Zotero后台,全程无需人工干预。依托团队打磨的专属精读提示词和多轮精读机制,该工具产出的笔记更加全面系统、条理清晰。同时,它不绑定单一模型,支持多款主流模型自由切换,还可实现多模型同步精读,达到“专家会诊”式研读效果,且全程开源免费,无任何付费功能。

据悉,该插件在细分科研工具领域热度亮眼,日均数百名科研人员主动下载使用。自2025年11月发布以来,已迭代92个版本,累计解决135个用户反馈问题,形成活跃的开源社区氛围。

发现·进展

中国科学院大连化学物理研究所等为高效合成氨催化剂提供新思路

本报讯(记者孙丹宁)中国科学院大连化学物理研究所研究员陈萍、郭建平团队和化学与精细化工广东省实验室副研究员王培坤团队揭示了氢化钾(KH)与氢氧化钾(KOH)中活性氢在铁基催化剂合成氨过程中的作用,为高效合成氨催化剂的理性设计提供了新思路。近日,相关成果发表于《创新》。

钾是工业铁基合成氨催化剂中常用的助剂,其提升催化活性的作用已被发现逾百年,但钾在催化过程中的真实化学态与作用机理长期存在争议。传统观点多认为,钾通过向铁提供电子促进氮气解离,而钾前驱体在反应条件下的存在形式、氢物种如何参与氮活化与氨生成等核心科学问题尚未清晰阐明。

针对上述问题,研究团队聚焦钾的不同化学态,系统对比研究了KH与KOH作为助剂对碳纳米管负载铁催化剂(Fe/CNTs)合成氨性能的影响,从活性氢视角解析了钾的促进机制。

研究发现,KH与KOH均可提升铁基催化剂的合成氨活性,但作用路径与效果存在差异。机理研究表明,两种钾助剂中的氢均直接参与氨的生成。同位素示踪实验直接证实,KH与KOH中的氢均优先参与初始氨生成,打破了钾仅作为电子助剂的传统认知。

该工作明确了钾化合物中的活性氢是合成氨催化的关键参与者,为重新认识工业合成氨催化剂中碱金属助剂的作用提供了实验依据,也为温和条件下高效合成氨催化剂的设计开辟了新方向。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1016/j.xinn.2026.101435>

南海首座百米垂直梯度气象综合观测塔建成

近日,南海首座百米垂直梯度气象综合观测塔在广东南江海域吊装落成。

观测塔总高103米,塔身主体60米,采用间隔10米分层观测布局,全高布设风、温、湿、压多要素传感器,全天候采集不同高度层的气象实况数据。塔顶设置直径4.5米专用设备平台,搭载南海首台X波段双极化相控阵雷达,搭载百米垂直梯度观测系统,实现气象雷达与垂直观测一体化布设。

长期以来,南海远海缺少常态化垂直梯度观测点,中小尺度强对流、台风等灾害天气的精细结构难以被有效捕捉。该平台布设于南海台风主要移动路径上,地理位置极具战略价值,是观测南海季风波动、近海边界层演变、台风生消发展的前沿海上“观测哨”。

图为百米垂直梯度气象综合观测塔吊装现场。
本报记者高雅丽报道 阳江市气象局供图



厄尔尼诺开始影响中国天气了吗?

■许小峰

随着2026年春季赤道中东太平洋海温快速增加,近期中国天气气候中心、美国国家海洋和大气管理局(NOAA)均确认厄尔尼诺(El Niño)状态形成。本轮暖海温过程将持续发展至秋冬季并达到峰值,叠加持续加剧的全球变暖背景,全球极端天气气候风险显著上升。

那么,厄尔尼诺已开始影响中国天气了吗?厄尔尼诺发生规律是否会因气候变化而改变?2024年产生的全球平均气温纪录何时会被打破?

值得关注的特点

厄尔尼诺通常每2至7年发生一次,持续约9至12个月,是地球气候系统中最强烈的年际变化信号,影响波及全球,使降水、气温分布发生变化,并伴随高温热浪、持续性强降雨等极端天气。

确定进入厄尔尼诺状态,是指赤道中东太平洋Niño-3.4区(5°S-5°N,120°W-170°W)的3个月滑动平均海表温度距平(相对于30年平均值)达到或超过0.5℃的阈值,但尚不能以此确定发生了厄尔尼诺事件,只有当上述条件持续至少5个月,方可认定是一次事件。这一区分的实践意义在于事件的强度等级只能在事件确认后才能最终评定,不能在进入状态时就作出判定,更不能以预测代替实况。以当前的情况为例,准确的表述是厄尔尼诺状态已经确认,事件则仍在形成过程中。

从今年以来我国天气、气候状况看,确实出现了一些值得关注的特点。比如,1月至3月中旬,全国平均气温较常年同期偏高1.4℃,4月至6月上旬,我国气候呈现暖湿特征,平均气温偏高1.1℃,与2025年并列历史第二高,仅低于2024年同期;平均降水为近十年第二多,仅少于2024年同期。同时,我国从南到北都出现了高温、暴雨、冰雹、龙卷等极端天气,黑龙江5月还出现了罕见的强沙尘大风事件。

这是否意味着厄尔尼诺已开始影响我国天气了呢?若从物理机制和影响时序来看,这样的判断尚缺少依据,将厄尔尼诺发生与某类特定异常事件直接关联也难有确定性的结论。

中国的天气气候受全球多重因子的影响,除了厄尔尼诺—南方涛动(ENSO)外,还包括印度洋偶极子、北冰涛动、北大西洋涛动、青藏高原热力强迫等因素,特别是全球变暖是最大的背景条件。因此,从历史角度看,同样是厄尔尼诺发生,若其他条件不同,后果也会不同,并不存在某类固定发生的异常,但这并不意味着可以忽视目前快速增暖的海温。厄尔尼诺对全球变暖确实可以起到助推作用,会造成大气能量、水汽增加,为发生极端天气气候事件提供背景条件。从这一角度分析,关注厄尔尼诺的可能影响是必要的,因为会产生叠加或协同效应。

同时,根据以往经验和科学分析,厄尔尼诺的影响具有显著的滞后性,通常在事件发生次年才会达到峰值。如1982—1983年、1997—1998年、2015—2016年3次超强厄尔尼诺带来的最强气候冲击延至次年夏季集中显现,印证了厄尔尼诺海气耦合具备长达数月至一年的滞后效应。因此,需要特别关注的是,今年厄尔尼诺的影响会持续到2027年,且可能产生更为强烈的后果。

变得更强、更频繁?

气候变化是否正在使厄尔尼诺变得更强、更频繁?这是当前大气科学领域最重要的前沿问题之一。

2026年,NOAA引入相对海洋尼诺指数(RONI)这一新指标,恰与这一科学问题直接相关。当全球海洋整体变暖,传统海洋尼诺指数(ONI)的气候基准值出现漂移,传统阈值的物理意义随之模糊。RONI试图通过相对比较,将厄尔尼诺的“本征信号”从全球变暖的背景噪声中剥离。这一做法体现了监测方法对气候变化影响的主动适应,也间接说明气候变化在基本信号识别这一基础问题上的可能影响。

根据《自然综述:地球与环境》的一项研究,1900年以来的观测记录显示,以1960年为界,近五六十年Niño-3.4区海温的振荡幅度较此前同等长度时段明显放大,这一现象已通过多种数据和多种方法得到验证。为此,研究人员建立了“有无

温室气体增加”的对照,结果显示,1960年以来,温室气体增加很可能使ENSO变率振幅放大了约10%。

在物理机制层面,2026年发表于《自然—通讯》的一项研究指出,气候变暖通过两个途径放大厄尔尼诺对全球海温变率的影响。一是厄尔尼诺诱发的大气遥相关增强,导致海面风速变化更为剧烈;二是气候变暖让海面的蒸发能力随温度上升而加速提升,导致海气之间的湿度差被拉大,使同等强度的厄尔尼诺诱发风场异常,驱动更强的潜热蒸发与热量交换。

这些研究尚不足以得出确定的结论,但呈现了从不确定向有倾向性的结论的演进。若今年厄尔尼诺事件真能如某些预测那样达到超强,或许也能部分验证厄尔尼诺强度周期的缩短——前几次出现超强事件的时间间隔约为15年,而今年距上一次发生超强事件的2015—2016年仅有10年之遙。

全球平均气温纪录何时被打破

世界气象组织(WMO)近日发布《全球年度至年代际最新通报》,对2026年至2030年的全球气候趋势作出了清晰预测。其中一项预测是,这5年中有一年全球平均气温超过2024年的概率为86%,从而成为有记录以来的最暖年份;另一项预测是,至少有一年全球平均气温突破

1.5℃阈值的概率高达91%,这5年整体平均气温突破1.5℃阈值的概率为75%。

英国气象学家Leon Hermanson指出,厄尔尼诺增加了2027年成为下一个创纪录最暖年的可能性。若未来5年全球平均气温超过工业化前1.5℃,将意味着地球在10年内约加速升温0.25℃,显著快于此前每10年约0.2℃的速率。

值得注意的是,单年临时突破或短期均值突破1.5℃阈值,并不等同于《巴黎协定》意义上的气候目标失守。《巴黎协定》关注的是气候系统长期平均状态的变暖趋势,通常以二三十年的平均气温来衡量;而单一年份的气温会因厄尔尼诺、火山活动等自然因素上下波动,即便某一年突破1.5℃阈值,也不代表长期气候目标已经失守。然而,单年纪录的连续刷新折射出全球变暖加速的强烈信号,这一进程中,厄尔尼诺正是将温室气体积累的长期势能转化为极端热事件的短期动能催化剂。

将WMO的预测与这次赤道太平洋暖海温过程结合分析,也体现了这次厄尔尼诺事件发生节点的特殊性。大家关注的不仅是其本身的强度和影响,还有其为一个加速变暖地球的气候基线叠加后,双重作用将以怎样的方式释放气候风险。这或许是2025—2026年这次厄尔尼诺事件区别于历史先例的重要背景,也是本次事件受到全球广泛关注的重要因素。

(作者系中国气象局研究员)