



给马铃薯装基因“插件”，追击“植物瘟疫”

■本报记者 李晨

180 年前，一场马铃薯晚疫病席卷爱尔兰，给以马铃薯为主食的爱尔兰人带来毁灭性灾难。数年间导致百万人死亡。

如今，这种被称为“植物瘟疫”的病害仍是全球农业的噩梦——尽管全球用于马铃薯生产的农药超过 70% 都是为了防治它，但每年仍造成约 100 亿美元损失。

近日，中国科学院院士、中国农业科学院深圳农业基因组研究所(以下简称基因组所)研究员黄三文团队与南京农业大学教授董莎萌团队合作，构建了全球最大马铃薯抗病基因资源库，挖掘出 3 个我国具有自主知识产权的抗晚疫病基因，并由此提出基因“插件式”(Plug-in)抗病育种新策略，为培育持久抗病的马铃薯品种开辟了新路径。相关研究论文发表于《自然》。

这项历时 7 年的研究，在晚疫病“病窝子”的田间、承载抗病信息的基因组大数据与验证基因功能的实验台之间架起桥梁，为应对全球粮食安全挑战提供了中国方案。

始于爱尔兰大饥荒的百年追击

爱尔兰大饥荒，俗称马铃薯饥荒，是一场开端于 1845 年并持续数年的灾难。造成饥荒的主要原因是晚疫病感染造成马铃薯大面积腐烂，继而绝收。这场令人刻骨铭心的饥荒也改变了科学发展的轨迹。“1845 年爱尔兰大饥荒是植物病理学研究的起点。”论文共同通讯作者董莎萌告诉《中国科学报》，正是这场灾难，促使人类真正系统研究农作物病害，开启了现代植物病理学的时代。

然而 180 年后的今天，马铃薯晚疫病仍是联合国粮农组织认定的全球重大农作物病害之一。“某种程度上是因为造成马铃薯晚疫病的致病疫毒，具有独特的生物学特性。”董莎萌解释说，“直到 19 年前，人类完成致病疫毒近亲的基因组测序，才发现这类病原菌并非传统认为的真菌或细菌，而是一种卵菌——能进行有性生殖的特殊真核生物，例如其细胞壁成分为纤维素而非真菌细胞壁中的几丁质。”

“这一发现彻底改变了马铃薯晚疫病的防



遭受晚疫病侵染的马铃薯叶片。受访者供图

治策略，也是为什么传统防治手段对晚疫病低效的原因。”董莎萌说。更棘手的是，该病原菌兼具土壤传播和空气传播的特性，这使得它扩散迅速，而且早期不易被发现，一旦发现染病往往已错过最佳防治时期，需要追加喷施更多农药。

论文第一作者、基因组所副研究员王路遥介绍，致病疫毒的基因组中包含了多个转座子，这使得其极不稳定。“它就像进化赛场上的短跑选手。”王路遥说，“其通过转座子的跳跃实现快速变异，导致一些已经找到的抗病基因相继失效。”

大约百年前，荷兰、英国和美国等国的研究人员就已经有意识地将抗病基因从野生马铃薯导入马铃薯栽培品种中。目前，全球已克隆的 20 多个抗晚疫病基因均来自国外团队，但部分抗病基因在马铃薯产业中已失效，另一些抗病基因距离真正应用尚需时日。

“由于致病疫毒的基因组结构复杂、变异迅速，目前农业育种中使用的抗病基因正快速失

去功能，亟待进一步挖掘新的晚疫病抗性基因资源。另外，传统马铃薯育种依赖四倍体品种，遗传背景复杂，即便找到了候选抗病基因，也难以有效聚合到新材料中去。”论文共同通讯作者黄三文告诉《中国科学报》，中国农业科学院联合国内外优势单位发起的“优薯计划”，提出以二倍体替代四倍体、以杂交种子替代薯块繁殖的策略，从根本上变革马铃薯的育种和繁殖方式。而晚疫病抗病育种正是“优薯计划”的重要研究方向之一。

到“病窝子”里搞科学攻坚

做抗病研究的一般思路是从众多候选材料中筛选出有抗病性的种质资源，再从这些材料中寻找抗病基因。在“优薯计划”的支持下，研究人员开始寻找做筛选实验的地点。而云南、湖北的山地，气候凉爽多雾，特别适宜致病疫毒的生存，是全国著名的马铃薯晚疫病高发区，俗称“病窝子”，也是考验抗病基因的天然试验场。

“这些地方不用像在实验室里那样接种病原菌。材料一旦置于田间，就会自然受到当地毒性变异剧烈的晚疫病病原菌群体的侵袭。这种环境是实验室难以模拟的。在‘病窝子’里能顶得住的品种，在全国才有希望。”董莎萌团队决定在此设置“最严考场”——让 97 份马铃薯材料直接暴露于自然环境中，面对多种病原菌小种的围攻，从中筛选出抗病材料。

这种设计确保了筛选出的抗病材料能够经受真实农业环境的考验。放在“病窝子”里的马铃薯材料，田间表现各异，有的高度抗晚疫病，有的高度感病，还有的中规中矩。“到底抗病程度如何，我们必须下田一个个仔细观察。”自 2018 年起，董莎萌每年都要去实验基地查看每一份马铃薯材料。

黄三文说，由于很多野生马铃薯材料不能和栽培马铃薯杂交，即便在里面找到了抗病基因，也难以在育种中使用。所以，这 97 份材料都得满足一个关键前提——可与栽培马铃薯杂交。这一设计避免了前人“有抗病基因却用不了”的困境。

(下转第 2 版)

关于为 2025 年度“两院院士评选中国/世界十大科技进展新闻”推荐候选新闻的启事

由中国科学院、中国工程院主办，中国科学院学部工作局指导，中国科学报社承办的“两院院士评选中国/世界十大科技进展新闻”(以下简称“双十”)活动自 1994 年启动至今已成功举办 31 次，取得了积极的社会反响。

2025 年度“双十”活动目前已正式启动，诚邀符合要求的单位和推荐人积极推荐。

- 一、征集范围及推荐要求**
“双十”面向全社会广泛征集，并实行推荐制，要求如下：
(一)相关材料需有一名推荐人或单位进行推荐，不再受理个人直接申报；
(二)推荐材料主体为上一自然年度 12 月 16 日至本自然年度 12 月 15 日期间在主流媒体(包括但不限于新华社、人民日报、中新社、中国科学报、科技日报、光明日报、中国青年报等)上公开发表的科技进展新闻；
(三)若推荐人和推荐单位推荐同一条新闻，以单位推荐为准。每名推荐人最多可推荐 1 条中国科技进展新闻和 1 条世界科技进展新闻，每家单位最多可推荐 2 条中国科技进展新闻和 2 条世界科技进展新闻。
- 二、材料填报要求**
推荐人或推荐单位需填写“双十”推荐材料(可查看科学网或微信公众号启事附件链

接)、推荐人/推荐单位信息表及相关承诺声明(可查看科学网或微信公众号启事附件链接)，生成电子文件并签名后于 2025 年 12 月 15 日(含)前报送至工作组指定邮箱。推荐材料包括新闻链接、创新点、学术影响力、新闻传播数据等内容。推荐人和推荐单位对推荐材料内容的真实性负责。

- 三、推荐人要求**
推荐人应具备下列条件：
(一)为推荐新闻相关领域的研究员、教授或同等专业技术职务的专家、新闻工作者等；
(二)非推荐新闻所述科技进展牵头人或作者；
(三)与该推荐新闻所述科技进展无合作关系。
- 四、推荐单位要求**
推荐单位可推荐本单位或其他单位牵头的科技进展新闻，推荐单位应具备下列条件之一：
(一)具备自主研发能力的科研院所、高校、科技企业；
(二)主流媒体单位。
- 五、征集事项咨询**
工作组联系人：李舒曼
工作组指定邮箱：smli@stimes.cn
电话：(010)62580726；13651188901

2025 年中国科学院雁栖青年论坛举办

本报讯(记者倪思洁)10 月 31 日至 11 月 2 日，中国科学院在建院 76 周年之际，在京举办了以“原始创新与颠覆性技术”为主题的第四届雁栖青年论坛。中国科学院副院长、党组成员周琪出席会议并讲话。

周琪指出，党和国家高度重视青年人才工作，青年一代肩负着民族复兴使命和国家发展重任，是中国科技创新发展的“生力军”和“脊梁”。雁栖青年论坛作为中国科学院发起举办的青年科学家高端学术论坛，不仅仅是单纯的学术交流平台，更是寄托青年价值与引领精神方向的载体。他希望青年科学家不要满足于跟踪模仿，要有引领未来的雄心和勇气，敢于挑战现有认知，主动投身原创理论突破与颠覆性创新，努力成为能够改变时代的国之栋梁；要回归科学的初心，做纯粹的人，钻研纯粹的学术，通过实际行动积极塑造健康向上的科研文化。他要求青年科学家不做科研工作的先锋，还要承担起教育的责任，通过传帮带，做好学生培养工作，把老一辈科学家精神的“接力棒”传承好。中国科学院将全力支持青年科研人员的创新探索，让青年科研人员安心致研，用实实在在的创新成果为国家的长远发展和

社会进步服务，奋力谱写新时期科技创新与教育事业的新篇章。

论坛邀请赵公博、冯福利、赵郑拓、梁广、郑迪威、李伟和祝曹祥 7 位青年科学家和博士生方天成分别作报告。他们结合各自在科研方面取得的进展和心得体会，分别从不同领域和多个角度，阐述了对原始创新与颠覆性技术的认识和判断，引导与会青年科学家深入思考。随后，来自 60 余家院属单位的 160 多位青年科学家，按照基础科学、前沿交叉、战略与新兴技术、生命科学与生物技术、人工智能与科研范式变革等 5 个组别，分享了各自领域最具颠覆性的创新思路或变革性技术。经过热烈讨论与认真凝练，他们提出若干重要的选题方向，后续将充分发挥中国科学院体系化建制化优势，进一步加强合作，促进重大成果产出，加快建设原始创新策源地。

论坛期间，与会青年科学家还到中国科学院与“两弹一星”纪念馆开展主题活动，重温了中国科学院青年科学家倡议书。大家表示，要传承老一辈科学家精神和“两弹一星”精神，并以身作则，努力成为新时期青年科技工作者的榜样。

新研究解决大面积钙钛矿光伏模组制备难题

本报讯(见习记者江庆龄)上海交通大学教授赵一新、副教授陈悦天、副研究员廖炎峰团队，联合宁德时代时代科研团队，提出“基质限域分子层”型空穴传输层构型新概念，并创制了分子适用性广、工艺推广性高的电荷传输层新技术路径，解决了制约大面积钙钛矿光伏模组发展的重大难题，为电荷传输层及界面设计提供了新思路。近日，相关研究成果发表于《自然》。

金属卤化物钙钛矿材料具有优异的光电特性及光伏应用潜力。近年来，得益于自组装分子层(SAM)型空穴传输层的发展，钙钛矿光伏器件效率显著提升，实验室小面积器件的光电转换效率已媲美晶硅光伏。但 SAM 分子本征特性使其具有团聚结晶的倾向，在制备中难以克服分子间的聚集与堆叠，易引发基底上 SAM 分子的非均匀分布。目前，SAM 基钙钛矿模组的放大仍面临钙钛矿薄膜均匀性较差、接触界面缺陷多等难题，制约了大面积模组的效率和稳定性。

研究团队提出的“基质限域分子层”型空穴传输层结构，利用具有强吸电子能力与优异化学稳定性的三(五氟苯基)硼烷(BCF)分子

构建主体骨架，将空穴传输分子分散于 BCF 基质中，形成类似于“枣糕结构”的传输层。

该结构能够形成厚度可控的空穴传输覆层，空穴传输分子与 BCF 骨架形成强相互作用，进而有效抑制了空穴传输层的堆叠倾向与聚集行为，且用少量空穴传输分子即可实现和理想无堆叠 SAM 一样的高效空穴传输。“基质限域分子层”型空穴传输层具有优异的浸润性，能显著提升大面积薄膜的结晶质量与均匀性，且“基质限域分子层-钙钛矿”界面兼具良好的化学稳定性与较小的界面复合损失。

“基质限域分子层”策略对之前报道的多种 SAM 型空穴传输分子都适用，利用已有空穴传输分子即可实现有效的传输层及界面调控，降低对复杂分子设计与合成的依赖性。在此基础上，研究团队成功将该策略应用于 1 米×2 米大面积模组，获得了当前世界纪录 20.05% 的第三方认证效率。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41586-025-09785-3>

水稻高产与氮高效协同调控新机制获揭示

本报讯(记者冯丽妃)中国科学院遗传与发育生物学研究所研究员傅向东与福建农林大学、浙江理工大学的研究人员合作，首次通过精准调控染色质三维结构协同提升水稻产量和氮肥利用效率，为解决长期困扰现代农业的“高投入、高产”难题提供了全新的理论依据与育种策略。相关研究近日发表于《自然-遗传学》。

上世纪 60 年代的“绿色革命”通过半矮化育种使全球粮食产量翻番，但其成果严重依赖化肥的大量投入，带来巨大的环境压力。如何在减少化肥用量的前提下，持续提高粮食产量，是当前全球农业可持续发展面临的核心挑战。

此前研究中，傅向东团队已系统阐明了协同调控作物光合作用、氮代谢和生长发育的关键分子模块。现在，合作团队将目光投向了决定基因何时、何处开启的“开关”——染色质三维结构。

他们在水稻中鉴定出一个关键基因 RCN2，并发现其上游一处自然变异能显著调控该基因的表达，从而协同提升作物产量、氮肥利用效率和收获指数。在进一步研究中，他们首次在植物中鉴定出功能性绝缘子顺式元

件 INS 及其结合蛋白 OsYY1。在低氮条件下，这个“绝缘子”会通过促使染色质形成环状结构抑制 RCN2 基因的转录，限制其功能。

基于此，研究团队利用基因编辑技术对这一染色质三维构象进行了精准调控，如同打开了一个抑制产量的“基因锁”。改造后的水稻，其 RCN2 基因的表达得以优化，最终协同增强了作物的“源”(碳氮代谢能力)与“库”(籽粒储存能力)，在不增加氮肥的情况下，实现了产量、氮肥利用效率和收获指数的同步提升。尤为重要的是，研究将基因编辑的靶点聚焦于非编码蛋白质的基因组区域，有效规避了蛋白质编码序列改变带来的潜在副作用，为攻克作物育种中常见的“一因多效”性状权衡难题提供了新思路。即通过精准调控染色质三维结构优化基因时空表达，实现多个性状间的协同改良。研究提出重塑“源-库”关系是协同提升作物产量与氮肥利用效率的必由之路，也是突破当前育种瓶颈的根本出路，为未来作物设计育种提供了可信靠的新范式。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41588-025-02376-y>

高福院士：重点人群应优先接种疫苗

本报讯(记者冯丽妃)11 月 1 日是第八个“世界流感日”。当天，第八届“世界流感日”科普宣传与学术会议在武汉举行，会议主题为“大流行应对：防范禽流感跨种传播”。会议期间，中国科学院院士、中国科学院微生物研究所研究员高福等病毒学家来到武汉当地接种点带头注射流感疫苗。高福表示，他每年都会接种流感疫苗，这依然是当前最行之有效的预防流感的手段。

“疫苗不仅能降低感染率，更重要的是能‘唤醒’免疫系统。”高福说，“我们的免疫系统长期未接触某种病毒时，其应对能力就会降低，处于‘休眠’状态。而疫苗接种能够让免疫系统提前做好防御准备，当真正接触病毒时更快作出反应，从而减少重症和死亡风险。特别是对于老年人、有基础疾病的患者等高风险群体，疫苗能提供重要的保护。”

中国疾病预防控制中心 10 月 30 日发布的最新中国流感监测周报显示，流感病毒是近期我国急性呼吸道传染病的主要病原体，当前我国南北方流感活动呈上升趋势。监测结果显示，当前我国流行的毒株以 H3N2 占比最高，H1 型、B 型占比低。耐药性监测显示，绝大多数流感病毒毒株对神经氨酸酶抑制剂和聚合酶抑制剂保持敏感，这为临床抗病毒治疗提供了有效保障。

据悉，“世界流感日”设立于 2018 年，正值 1918 年西班牙大流感暴发 100 周年。高福与中国工程院院士、香港大学教授袁国勇等多位国内外病毒学家，联合 30 余家国内及国际相关学术机构和组织共同倡议设立世界流感日。该倡议得到了世界卫生组织的支持。“选择 11 月 1 日，是因为此时正值北半球流感活动上升期而尚未达峰，有利于开展防患于未然的健康宣传，提升公众接种疫苗和加强防护的意识。”高福补充说。



“世界流感日”当天，高福在武汉接种点打疫苗。 蒋湧供图

人工降雨治霾“翻车”? 印度“洗天”实验失败



度理工学院德里分校的 Shahzad Gani 看来，“天空看似变晴朗了，但这是因为气象条件发生了变化，与人工降雨的努力没有任何关系”。

近 10 年来，德里及周边地区每年冬季都在与空气中的高浓度细颗粒物污染作斗争。这些污染物主要源于工业生产、汽车尾气及邻近邦的农作物秸秆焚烧。在部分严重时段，当地污染水平甚至达到世界卫生组织建议安全限值的 20 倍。

每年 10 月至 11 月，德里及周边地区的空气会更为凉爽、干燥且稳定，减缓了污染物的扩散速度。德里地方政府已采取多种措施改善空气质量，如关停污染企业、在传统节日排灯节期间禁止燃放烟花爆竹等。但由于民众配合度不高，这些举措大多收效甚微。今年排灯节次日夜间，空气污染水平升至危险级别，政府因此决定采取一种新方法。

印度热带气象研究所的 Roxy Mathew Koll 表示，当时的大气条件并不利于实验成功。“只

有当云层含有充足的液态水且具备湿润对流特性时，人工手段才能增加降雨量。”他解释说，实验开展期间，“阿拉伯海的一个低气压系统与孟加拉湾的一场气旋正将水汽抽离该区域，导致德里上空的大气更为干燥”。

原定后续进行的另一场实验已被取消。印度理工学院坎普尔分校校长 Manindra Agrawal 表示，下一场实验将推迟至云层含水量至少达到 40% 至 50% 的日子进行。

科学家认为，从长远看人工降雨无法解决德里的污染难题。Gani 指出，即便是自然降雨，污染水平最多也只在一天内有所下降。“除非控制住污染源，否则污染物浓度不会真正降低。”

治理污染不存在“灵丹妙药”。Koll 表示，需要通过减排与监管手段，直接解决车辆尾气、工业排放、垃圾焚烧、气溶胶滞留等污染根源问题。“人工降雨无法取代这些根本性措施。”(王方)