

# 水稻天然多抗基因找到了

■本报记者 李晨

水稻是全球最重要的粮食作物之一，但却长期遭受稻瘟病、纹枯病、白叶枯病等主要病害的威胁，穗部病害稻曲病近年来也成为我国水稻主要病害之一。目前，能同时抗多种病害的水稻基因资源十分缺乏。

日前，四川农业大学西南作物基因资源发掘与利用国家重点实验室教授王文明团队在《自然－植物》在线发表最新研究论文。论文报道了一个编码蛋白酶成熟因子的天然等位基因，可改良水稻对多种病害的抗性，同时不影响水稻产量。

论文审稿人认为，这项研究对于水稻抗病育种具有很好的指导意义，其实验设计好，数据翔实可靠，将对植保领域产生很大影响。

## 稀缺的多抗基因

论文共同通讯作者、四川农业大学教授樊晶近年来一直关注稻曲病的发病与抗病机理。他告诉《中国科学报》，稻曲病已成为水稻最严重的穗部病害，被感染的水稻颖花不能结实，从而引起空秕率增加，导致水稻减产。同时，病粒污染健康谷粒后，会降低水稻品质。更严重的是，病粒产生真菌毒素，人畜食用后可能造成腹泻、流产、早产等中毒现象。

水稻生产面临着多种病害的威胁。最著名的稻瘟病，可危害水稻叶、节、穗颈等各个部位，有“水稻癌症”之称，被国家列为一类农作物病虫害。水稻一旦感染，轻则减产，重则颗粒无收。据统计，全球范围内每年因稻瘟病造成的损失高达水稻总产量的 10%，我国每年因稻瘟病发病直接损失稻谷约 30 亿公斤。

纹枯病也是水稻的主要病害之一。该病主要危害水稻叶鞘和叶片，严重时也能危害稻穗和茎秆，造成植株倒伏或整丛干枯，导致减产。白叶枯病则是一种检疫性病害，主要危害叶片，引起植株凋萎至死亡，一般可导致水稻减产约 10%，严重时可减产 50%~60%，甚至 90%。

“作物在生长过程中常常遭受病原真菌、细菌、病毒等多种微生物的侵害，导致多种病



稻曲病为害情况。受访者供图

害，给粮食生产造成严重损失。”论文共同通讯作者王文明告诉《中国科学报》，培育与利用多病害抗性作物品种是防治病害最经济有效且环保的方法，而鉴定新的抗病基因，尤其是多病害抗性基因是抗病育种的核心。

目前，科学家已经发现了一些多抗基因。例如，*bsr-k1* 可以增强水稻对稻瘟病和白叶枯病的抗性；*rod1* 能提高水稻对稻瘟病、纹枯病和白叶枯病的抗性。

王文明表示，利用多病害抗病性控制病害是一个重要的发展方向。

## 在超级稻中挖掘多抗基因

雅恢 2115 是四川农业大学培育的一个优质多抗超级稻恢复系。王文明告诉记者，人们在生产实践中发现，雅恢 2115 对稻瘟病具有广谱抗性。其在 2010—2019 年连续 10 年在田间病圃都表现为抗叶瘟和穗颈瘟。2011—2016 年通过连续室内抗谱测定，雅恢 2115 对供试的 372 个单孢菌株的抗谱达

94%以上。

不仅如此，雅恢 2115 还在田间表现出抗稻曲病等优良性状。“为了挖掘雅恢 2115 中的广谱抗稻瘟病基因，我们利用转录组学技术从雅恢 2115 中挖掘到一批广谱抗病候选基因。”樊晶说，其中一个编码蛋白酶成熟因子的 *OsUMP1* 基因，只在雅恢 2115 中被稻瘟菌诱导表达，而在小种特异性抗病材料 & 感病材料中不被诱导。

樊晶解释说，水稻对稻瘟病的抗性有小种特异性抗性与广谱抗性。小种特异性抗性是指水稻只对特定的稻瘟菌菌株具有抗性，而广谱抗性是指水稻（如雅恢 2115）对绝大多数稻瘟菌菌株都具有抗性。

研究人员选择了雅恢 2115、3 个小种特异性抗性的材料和 1 个感病材料，并把稻瘟菌喷到这些水稻材料的幼苗上，然后检测水稻体内所有基因表达水平的变化。通过比较分析，筛选的基因只在雅恢 2115 中高表达且被稻瘟菌刺激得更高，而在其他两种材料中均不表达或低表达。

“这类基因可能就跟雅恢 2115 的广谱抗性相关。而这样的基因有 400-500 个，接着我们对这些基因进行功能分类，并基于我们对植物抗病领域已有的知识，从与抗病密切相关的功能类别里进一步挑选到了 *Os-UMP1* 基因。”樊晶说。

## 发现新广谱抗病通路

“在明确 *OsUMP1* 对稻瘟病有广谱抗性之后，我们就想测试它会不会提高对其他水稻病害的抗性。”王文明说，他们在研究 *OsUMP1* 基因介导稻瘟病抗性的机理时发现，该基因激活水稻免疫是受病原真菌、细菌“外衣”诱导。据此推测，*OsUMP1* 基因可能对多种病原真菌或细菌均具有抗性。

研究发现，将雅恢 2115 中的 *OsUMP1* 基因导入感病水稻中，能够提高水稻对多个稻瘟菌菌株的抗性，同时可显著增强对稻曲病、纹枯病、白叶枯病等多种病害的抗性，而其对水稻主要农艺性状和产量没有明显影响。



▲ 潇湘紫裳。  
▲ 湘女情。 王晓明 / 摄

## 5 个紫薇品种获植物新品种权

本报讯 近日，国家林业和草原局公布了 2022 年第二批授予植物新品种权名单，湖南省林业科学院选育的锦绣红、湘女情、红精灵、湘南红和潇湘紫裳 5 个紫薇品种被授予植物新品种权。

这些品种花色艳丽，具有观赏性高、抗逆性强、适应性强以及耐旱等特点，在我国湖南、广东、广西、河南、湖北、四川等省份及以南地区均可种植。

湖南省林科院二级研究员王晓明牵头的花木研究团队持续系统地开展了紫薇遗传育种、高效培育和生物技术等研究，已获得紫薇授权植物新品种 57 个，约占全国总数的 40%。该团队还牵头组织成立了红火箭紫薇产业联盟，积极推进成果转化，培育的紫薇优良新品种已推广至全国 25 个省份。

（王昊昊）

## 数亿公里外有他魂牵梦萦的土地

■本报见习记者 严涛 记者 陈彬

2022 年底，“火星代表性风沙地貌横向往沙脊的地貌学特征及其环境指示意义”项目获得国家自然科学基金专项重点资助。对此，陕西师范大学副校长董治宝难掩喜悦：“这对我们坚持了多年的工作，甚至对我国火星研究事业来说，都具有重要意义！”

距离我们数亿公里外的那颗红色星球，是董治宝魂牵梦萦的地方。

### 从山重水复到柳暗花明

“和地球一样，火星主要是由硅酸盐岩石构成的，有类似地球的固态岩石表面，属于‘类地行星’家族一员。”董治宝告诉《中国科学报》，从拍摄的视频和照片看，火星上同样存在类似地球的沙漠区域地貌。为此，研究火星的演化历史，可以从地球沙漠的形成和演化入手。

2017 年，以董治宝为学术带头人的陕西师范大学行星风沙科学研究院成立，这也是全球首个关于地外行星风沙问题的专业研究机构。然而，董治宝对火星风沙地貌的关注可追溯至上世纪 90 年代末。

1996 年 11 月，正值美国宇航局开启第二次火星探测热潮之际，在美国农业部风蚀研究站做访问学者的董治宝，前往亚利桑那州立大学地球与空间探测学院，拜访了国际行星地质学和行星风沙地貌学先驱、该校教授罗纳·德里利，在聆听完这位世界权威专家畅谈火星风沙地貌与行星地貌后，董治宝被深深地吸引了。

“这是我最初进行火星风沙地貌研究的启蒙。”他回忆说。

回国后，董治宝不遗余力地倡导中国的行星风沙地貌研究。但限于当时我国的综合国力与科技实力，探索火星地貌等科学问题如同火星般遥不可及。

然而，这并没有降低董治宝对火星国际研究动态的关注度，在探索了地球上大量的沙漠后，他对探究火星风沙地貌及其形成、演化问题的兴趣反而大增。

在经历了一次次“山重水复疑无路”式的探索与坚持后，2011 年，董治宝申报的“青藏高原及其邻近地区沙漠中的火星风沙地貌研究”项目终于获得了国家自然科学基金重点项目资助。他的研究迎来“柳暗花明”。

为火星研究提供重要线索

“火星是当前深空探测和行星科学的热点。虽然其探测内容复杂多样、探测重点不断调整，但理解火星系统和火星演化，特别是宜居性的长期演化，即火星的现在和过去，仍是主要探测目标。”董治宝说。

在他看来，我们对地球系统的深入了解，是基于全球观测网的直接观测。但关于火星系统的了解，目前直接观测针对的仅是个别要素和极个别地点，基于地理相关的代用指标所蕴含的信息，即使是蛛丝马迹也非常珍贵。

他们还通过对火星沙丘地貌分布规律的研究了解到，控制火星沙丘地貌分布的主导因素并不是气候，而是松散沉积物，这与地球完全不同。

“地球沙漠可以称为气候控制型，但火星环境长期寒冷、干燥，风沙地貌发育及沙

除此之外，火星地层中保存的古沙丘和古沙丘岩，也是其历史时期百万年到上亿年、十亿年时间尺度上风沙活动的记录，蕴含着火星演化的信息。

“正因如此，研究火星风沙地貌能够实现火星的总体探测目标作出重要贡献。”董治宝说。

### 开启火星新认知

在遍历与火星风沙地貌有关的成果与资料、梳理火星风沙地貌的特点与规律基础上，董治宝团队于 2020 年出版了《火星风沙地貌图》，这是世界首幅以展示火星风沙地貌为主要内容的专题地图。

此外，该团队还借鉴地球风沙地貌的多个分类方案，充分考虑火星的特殊性，特别是与地球的差异，提出了火星基于控制沙丘地貌形态的主要环境因素、动力学因素及形态学特征的三级沙丘地貌分类方案，包括了 24 种类型，形成了火星风沙地貌类型与形态学特征理论体系。

这些成果开启了对火星的新认知。“比如，风对地貌的塑造作用远比我们想象的深远。”董治宝说，风与水是塑造地球景观的两大流体，但人们对风塑造地貌的理解程度远不及水、对风力作用的理解和研究被严重忽视。

他们还通过对火星沙丘地貌分布规律的研究了解到，控制火星沙丘地貌分布的主导因素并不是气候，而是松散沉积物，这与地球完全不同。

“地球沙漠可以称为气候控制型，但火星环境长期寒冷、干燥，风沙地貌发育及沙

漠和沙地的分布受松散沉积物丰富程度的控制，即有松散沉积物的地方就有风沙地貌发育。所以，火星沙漠和沙地可以称之为沉积物控制型。”董治宝说。

在他看来，在风沙地貌形成的两个基本条件中，地球和火星各占其一，这导致了沙丘地貌相反分布规律——地球沙漠主要分布在副热带高压控制下的低纬度地区和中纬度的温带干旱区，两极和高纬度地区风沙地貌极少；火星沙漠沙地主要分布在两极和高纬度地区，中低纬度地区很少。

此外，董治宝觉得，火星松散沉积物十分缺乏，这这也是一个值得研究的大科学问题。他表示，火星现在是一个沉寂星球，所有地表演化过程都极为缓慢。虽然风沙地貌过程是现代表面过程，但强度远七地球弱。火星地表的风化物有限，以至于不能形成较大沙地。所以，水不但是探测生命的重要线索，也是认识火星表面过程的关键因素。

“火星沙丘地貌的分布特征与规律为认识火星流水作用范围与程度提供了重要启示。”董治宝说。

董治宝（前排左二）与研究团队在沙漠科学考察中。受访者供图

## 发现·进展

### 中科院地理科学与资源研究所

## 近 30 年西北地区由变湿向变干转型

本报讯（记者田瑞颖）近日，中科院地理科学与资源研究所研究员汤鸿团队发现近 30 年西北地区正在由变湿向变干转型。相关研究成果发表于《水文学杂志》。

中国西北地区在过去 60 年经历了以气温上升（变暖）、降水增加（变湿）为主要特征的“暖湿化”现象。尽管降水是描述区域干湿变化最重要的指标，但是气温、相对湿度、风速等其他气象因子也可以通过影响潜在蒸发量改变区域水平衡，进而影响植被生态系统。因此，综合考虑上述气象因子的标准化降水蒸散发指数（SPEI）能更好地反映区域水平衡异常及植被生态系统响应。

研究团队采用 SPEI 指标，从水平衡角度分析了中国西北地区干湿变化趋势，发现近 30 年西北地区正在由变湿向变干转型。尽管西北地区降水持续增加，但是气温上升、相对湿度下降、风速恢复等变化使得潜在蒸发量增加，导致区域水平衡由“变湿”向“变干”转变。

研究团队发现，过去 60 年间，SPEI 变化主要受降水、温度、相对湿度或风速因子影响的面积分别占西北地区的 27.3%、35.3%、8.6%、28.7%；气温上升使得 SPEI 下降，但是降水增加和风速下降的共同作用使得区域 SPEI 整体呈上升趋势。在近 30 年（1989—2018 年）间，SPEI 变化主要受降水、温度、相对湿度或风速因子影响的面积分别占西北地区的 32.9%、14.6%、33.5%、18.9%；尽管降水持续增加使得 SPEI 上升，但是相对湿度下降和气温上升等因子的综合作用使得区域 SPEI 整体呈下降趋势。

研究团队认为，在全球变暖背景下，预期未来气温将继续上升、相对湿度下降，中国西北地区 SPEI 指标可能延续下降趋势。尽管降水增加，相应河流径流量和湖泊面积会有所增大，但是 SPEI 下降意味着西北地区整体干旱缺水状态不会改变，干旱区植被生态系统仍然面临生态退化风险。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128435>

### 中国科学技术大学

## 制成高性能自驱动水凝胶微马达

本报讯（见习记者王敏）中国科学技术大学工程科学学院微纳工程实验室教授吴东、褚家如课题组，基于数字微镜阵列（DMD）系统，利用激光光场调制技术，制造出一种新颖的高性能自驱动水凝胶微马达，为微型旋转机械的设计与制造开拓了新方向。该研究成果日前发表于《自然－通讯》。

自驱动现象在自然界中无处不在，例如，当突眼隐翅虫被风吹落到水面上时，它会在其尾部分泌表面活性剂，将自己快速推回岸边。这种自驱动现象是由表面张力梯度引起，被称为马兰戈尼效应。

受此启发，研究人员基于 DMD 的激光光场调制技术，利用水凝胶和表面活性剂，设计并加工出具有非对称孔隙微结构和三次样条曲线外形自驱动微马达。该自驱动微马达也能如同突眼隐翅虫一般，在自身周围缓慢分泌表面活性剂，调节周围表面张力分布，从而驱动自身高速转动。

该研究中的自驱动微马达相比现有报道中类似体系的工作在性能上得到极大提升，在转动输出上提高了 15 倍，在燃料效率上提高了 34%。

此外，研究人员进一步探索了自驱动微马达的应用前景。研究人员进一步将自驱动微马达应用于微型发电机中，通过带动磁铁在线圈中运动，从而产生感应电压，在经过二极管整流和电容储能升压之后，产生的电能可以点亮 LED 灯。

为了更好地控制自驱动微马达的运动行为，研究人员在微马达中掺杂了纳米铁粉，通过不同的磁场，实现了对微马达自驱动行为的精准控制。例如，通过条形磁铁可以实现微马达的启停控制；通过圆柱形磁铁可以实现微马达的自转 / 公转切换控制。此外，这种磁控行为还可以作用于多个微马达，使其沿着同一或不同半径的轨道进行公转。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41467-022-35186-5>

### 广东省科学院生态环境与土壤研究所

## 研究揭示胞外电子传递新机制

本报讯（记者朱汉斌）近日，广东省科学院生态环境与土壤研究所研究员刘同旭团队对电子穿梭体介导的微生物胞外电子传递机制进行研究，揭示了脂溶性电子穿梭体可直接渗入细胞膜与周质蛋白反应完成胞外电子传递的新机制。相关成果作为封面文章发表于《环境科学与技术》。

研究发现，亲脂性吩嗪穿梭体“刃天青”可通过一条全新的途径介导希瓦氏菌的胞外电子传递，并验证了亲脂性吩嗪也具有相似特征。刃天青可显著增强希瓦氏菌 MR-1 的胞外电子传递强度，增加生物膜的形成，并聚集沉积于生物膜周边。

研究人员通过同时敲除周质空间的 *fccA* 和 *cctA* 基因，以及内膜的 *cymA* 基因，发现生物电流会受到较强抑制，证实了周质空间的 *fccA* 和 *cctA* 是其胞外电子传递的关键反应位点，并进一步确证了刃天青绕过外膜 Mtr 蛋白传递电子具有高的反应效率。

该研究证实了低分子量、亲脂性强的电子受体，如吩嗪、吩嗪等具有与周质蛋白和细胞内膜蛋白直接反应介导胞外电子传递的能力。由于自然界中大多数微生物不具有外膜细胞色素 *c*，渗入型电子穿梭体的方式可能具有广泛性，这项发现可为了解自然界电子穿梭体的作用方式及穿梭体的工程化应用奠定理论基础。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1021/acs.est.2c07862>