

病毒竟变身植物进化加速器

中国科学院遗传与发育生物学研究所高彩霞团队与中国科学院微生物研究所邱金龙团队合作,对双生病毒复制子进行工程化改造,首次在植物底盘中构建了快速且通用的体内定向进化系统 GRAPE,并利用该系统实现了植物免疫受体 NRC3 和 Pikm-1 的体内定向进化,为植物基因和蛋白的工程化改造提供了性能强大的高通量技术平台。2025 年 10 月 2 日,相关研究成果发表于《Science》。

高效培育高产抗逆作物新品种是保障粮食安全的重要策略。定向进化技术能在短时间内为目的基因赋予改进或全新的生物学功能,有望成为突破作物育种遗传资源瓶颈的有效途径。然而,当前尚无直接在植物体内实现定向进化的系统。

为此,研究团队创新性地借助双生病毒(Geminivirus)开展研究。他们首先对双生病毒复制子进行工程化改造,实现滚环复制过程与基因功能的偶联。基于人

工病毒复制子,进一步开发了高效的植物体内定向进化系统 GRAPE:体外诱变目的基因,并构建成复制子文库;根据目的基因的生物学功能设计遗传通路,使其与复制子的滚环复制正向或负向偶联;通过农杆菌渗入法将复制子文库导入本氏烟叶片,让文库在叶片内完成复制和筛选;深度测序计算每一个目的基因变体在文库中的占比变化——促进复制的变体会得到富集,而抑制复制的变体则被淘汰。

利用 GRAPE 系统,研究团队成功实现了多种植物免疫受体的快速定向进化。植物 NLR 免疫受体是免疫系统的核心组分,其激活会引发超敏细胞死亡,而这一反应难以在微生物或动物细胞中进行表征,制约了这类蛋白的功能优化与新功能开发。利用 GRAPE 平台,研究团队对茄科中关键的辅助 NLR 蛋白 NRC3 进行了定向进化,借助细胞死亡将 NRC3 的功能与复制子的滚环复制相偶联,获得了一系列保留免疫活性的同时可以不受线虫效应蛋白 SPRYSEC15 抑制的 NRC3

变体。

此外,针对水稻整合诱饵型 NLR 免疫受体 Pikm-1,研究团队利用 GRAPE 进行 2 轮迭代定向进化,获得了可以同时识别稻瘟菌 AVR-Pik 效应子 6 种亚型并激发免疫反应的 Pikm-1 变体,系统拓展了 Pikm-1 的效应子识别谱。该策略为抗病作物育种创造了宝贵的遗传资源。

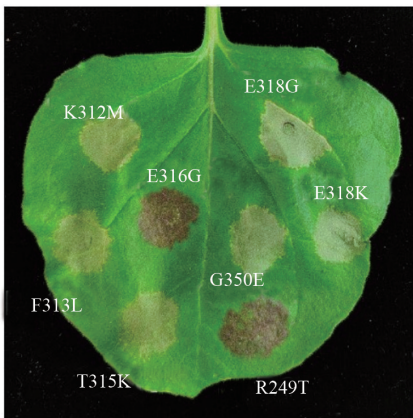
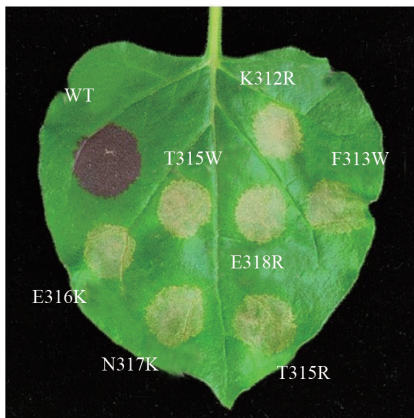
研究团队已证实,GRAPE 亦具有对众多不同基因实现功能进化的潜力。该系统为加速植物分子育种与合成生物学研究提供了快速、高效的技术平台,也为植物基因及蛋白的工程化改造开辟了全新技术路径。

(综合《Science》、中国科学院遗传与发育生物学研究官网、小柯生命)

光“手术刀”切开生命微观世界

如何在不物理切片的前提下,看清整块组织里的纳米级结构? 2025 年 10 月 16 日,《Science》发表一项突破性成像技术——美国伊利诺伊大学芝加哥分校 Ruixuan Gao 团队研发的 VIPS (光化学切片体积成像)技术,首次实现对完整生物器官的纳米级分辨率三维重建,为神经科学、病理学研究打开全新维度。

光化学替代机械切片摆脱百年成像困境。传统高分辨率荧光显微镜受限于物镜工作距离(通常仅 2.6 mm 左右),对小鼠嗅球这类厘米级样本成像需进行机械切片,常导致样本撕裂、信息丢失。VIPS 技术的核心创新在于,(1)光可降解的水凝胶 PC-gel。



进化 autoNRC3 变体中 SS15 抗性的功能验证

(图片来源:《Science》)