

# 上海交大陈功友团队开辟水稻广谱抗病育种新途径

上海交通大学教授陈功友领衔的植物与病原菌分子互作研究团队通过近 20 年研究，揭示了病原菌效应蛋白这个“间谍”与植物感病基因“接头人”之间的协同进化关系，提出利用基因编辑技术阻断两者之间的协同进化进程，从而使植物获得广谱抗病（RLS）的育种新途径，为解决作物抗病性丧失问题，保障粮食安全与食品安全提供了新的思路。该研究成果近日在线发表于《分子植物》。

水稻白叶枯病是三大水稻病害之一，是危害水稻生产的头号细菌“杀手”。该病在亚洲、拉丁美洲和西非数十个国家的水稻种植区广泛发生，国内目前除了新疆和东北的北部地区以外，其他省市的水稻种植区均有分布。水稻白叶枯病通常导致水稻减产 10%~20%，发生严重的地区可达 50%以上，甚至是绝收。同时水稻白叶枯病也是植物病理学和植物免疫学领域最重要的模式系统之一，在科学上具有重要研究价值。

### 大量筛选，发现病原细菌新“间谍”

植物病害发生的过程，就是病原菌与植物双方投入大量“兵力”进行的一场没有硝烟的战争。为了抵御病原菌的入侵，植物通过角质、蜡质等多种生化物质构筑起一系列坚固的物理和化学“堡垒”。病原菌运用“明修栈道，暗渡陈仓”的兵法来“攻击”这些“堡垒”，一方面通过合成胞外降解酶、毒素等物质“明修栈道”，从外部一层层瓦解这些“堡垒”，另一方面却通过组装多种被称为分泌系统的装置“暗渡陈仓”，将大量的效应蛋白“间谍”直接分泌到植物体“堡垒”内部，这些“间谍”在植物体内部大肆破坏，最终使“堡垒”从内部被“攻破”，植物发生病害。水稻白叶枯病菌派出的最重要的一类效应蛋白“间谍”是 III 型分泌系统分泌的转录激活因子类效应蛋白（TALE 蛋白），其中只有少数几个毒性作用明显，称为主效 TALE 蛋白。

陈功友团队多年来从全国各水稻产区的发病田块收集分离到数百个白叶枯病原菌株，在不同的水稻品种上测定了这些菌株的毒性，并进行分子标记分析，发现这些中国菌株具有丰富的遗传多样性和毒性差异。通过基因组学和分子生物学工具，从其中几个强毒性菌株中分离到数十个 TALE 蛋白编码基因并分别测定毒性，最终“识破”了一类被称为 PthXo2-like 的新型主效 TALE 蛋白“间谍”，并且在不同的菌株中发现了这类蛋白的五种类型。

### 反复验证，确定水稻“间谍接头人”

水稻白叶枯病菌分泌的 TALE 蛋白“间谍”进入植物细胞后，能够躲过植物免疫系统的侦查，伪装成水稻自身的转录激活因子，与“潜伏”在水稻细胞内的一类感病基因“接头人”进行“联络”，“接头暗号”是双方特定氨基酸序列与 DNA 序列之间的一套密码。一旦“对上了暗号”，TALE 蛋白就能够识别并结合在病基因启动子的相应区域，激活感病基因的表达，从内部“攻破”植物的防线。

研究人员通过对新发现的“间谍”蛋白序列进行比较分析，初步确定水稻感病基因 OsSWEET13 具有“接头人”嫌疑。接下来经过不同分子生物学实验的反复验证，最终确定该基因即为该类“间谍”的靶标基因“接头人”。同时，对 3000 份水稻种质资源基因组进行的分析发现，该基因在启动子识别区域也存在十种不同的类型。从而证明病原菌的效应蛋白

“间谍”与水稻感病基因“接头人”之间呈现出一种“军备竞赛”的协同进化关系。

善用利器，建立抗病育种新途径

陈功友团队根据水稻感病基因“接头人”OsSWEET与病原细菌TALE蛋白“间谍”之间的关系，采用新兴的基因编辑技术这一研究利器，干扰“间谍”与“接头人”之间“接头暗号”的识别，从而同时阻断多个细菌TALE蛋白“间谍”的破坏活动，最终获得了广谱抗白叶枯病的水稻新种质，提出了阻断植物感病性而获得广谱抗病性的育种新途径。

南京农业大学窦道龙教授对此评价道：“该研究在理论上阐明了不通过利用抗病基因而通过编辑多个感病基因从而实现作物的广谱抗病性，为水稻白叶枯病的防治提供了新的材料和方案，为作物抗病育种和抗性丧失治理提供了成功案例，具有重要理论和实践意义。”

据悉，陈功友团队目前正在将该技术应用于优良杂交水稻亲本的改良中，预计一两年内可育成稳定遗传的品种，这将大大缩短杂交水稻育种年限。不久，随着这些高产又抗病的品种在生产上的推广应用，农药的用量将急剧减少，农民生产水稻的经济和人力成本将大大降低，而老百姓将也在餐桌上吃到更加优质安全的大米。