

我国科学家联合攻关结硕果： 有望提高农作物自身抗病虫害的能力

农作物病虫害是农业生产的巨大威胁。以往,大量施用化学农药又带来了农业面源污染。
能否在保护作物的同时,少打药或不打药?

近日,我国科学家发表的一项重大研究成果,揭示了植物免疫系统的工作原理,有望发展出新的植物防病害手段,提高农作物自身抗病虫害的能力。

日前,清华大学柴继杰团队、中国科学院遗传与发育生物学研究所周俭民团队和清华大学王宏伟团队联合在植物免疫研究领域取得历史性重大突破,发现了首个“抗病小体”,并成功解析其作用机理,为研究植物如何控制细胞死亡和免疫提供了重要线索。该成果于北京时间4月5日在国际权威学术期刊《科学》发表。

今年中央一号文件提出,加大农业面源污染治理力度,开展农业节肥节约行动,实现化肥农药使用量负增长。而我国科学家的这一重大发现意味着,利用这个“抗病小体”,人们可以想方设法更好提升植物免疫力,还能“从头到脚”地去设计更为强大的抗病虫农作物。农作物自身抗病能力提高了,化学农药的施用量自然就会大大减少。

植物自身具有免疫力

同动物一样,植物在成长过程中,也会不断受到来自病毒、细菌、真菌、昆虫等的侵袭。植物虽然不能像动物那样移动躲避,但也不是逆来顺受,“任人宰割”。在漫长的进化过程中,植物“修炼”出了完备的免疫系统,能够对这些入侵进行反抗,从而保护自己免受侵害。

在植物启动免疫系统进行防御的过程中,植物细胞内数

目众多的抗病蛋白扮演着至关重要的角色。它们既是监控病虫害侵害的哨兵,也是动员植物防卫系统的指挥官。

因此,要想提升植物自身的免疫力,首先必须得搞清楚抗病蛋白的工作原理和机制。然而,这项工作十分困难。从25年前首个抗病蛋白被发现到现在,人们仍然没能揭示其中的奥秘。

“抗病蛋白的构成复杂、分子量大且构象多变,对解析其结构带来了极大困难。”周俭民说,“25年来,多个国际顶尖实验室都未能破解完整的抗病蛋白结构。”

抗病蛋白结构为何如此重要?它能够告诉我们什么?

周俭民说:“比如,抗病蛋白的活性该如何管控?抗病蛋白是不是能够形成一个强大的防御机器?这个机器是如何发挥功能的?这些都能从蛋白质结构中找到线索。”

尽管抗病蛋白结构的难题多年未有突破,但各国科学家仍坚持不懈。柴继杰团队和周俭民团队十几年来长期合作,一直以此为主攻方向。

周俭民团队和柴继杰团队的早期合作发现了植物与细菌攻防的线索,并提出了植物与病原细菌间攻防的“诱饵模型”;周俭民团队进一步发现了一系列新的实验证据,完善了这个模型。

抗病蛋白工作原理的神秘面纱正一点点被掀开。

我国科学家成功揭示植物抗病蛋白工作原理

一个转折出现在2012年至

2015年。

在此间的两项工作中,周俭民团队发现了病原细菌和植物之间令人惊叹的攻防策略。即病原细菌的一个致病蛋白AvrAC在精准破坏植物免疫系统中的关键部分之后,帮助细菌侵染植物寄主。而与此同时,植物则利用特殊的“诱饵”蛋白,感知到了这个致病蛋白的活动并将信息传递给了植物抗病蛋白ZAR1,迅速激活了免疫反应,清除细菌。

“植物细胞表面有许多受体,它们是植物的第一道防线,一般能识别出细菌,并调动细胞内的防御系统来抵抗它。但狡猾的细菌可不会轻易投降,而是会向植物细胞内分泌毒性蛋白,利用特殊化学反应精准破坏植物防御系统的关键蛋白。”周俭民说,不过,也别太担心,植物在长期的斗争中变得更加高明,进化出由抗病蛋白和诱饵蛋白组成的第二道防线,欺骗细菌的毒性蛋白,等毒性蛋白破坏诱饵蛋白时,会迅速激活抗病蛋白。

根据“诱饵模型”,毒性蛋白破坏“诱饵”蛋白时,会引起抗病蛋白发生一系列构象改变,成为激活状态的抗病蛋白。但其中具体的分子过程、这个活性状态的抗病蛋白是什么样的,需要从蛋白结构中去寻找答案。

另一个转折出现在2015年至2017年。

柴继杰团队在动物炎症小体结构研究中取得了突破。由于炎症小体的蛋白质与植物抗病蛋白具有诸多相似性,这些研究为解析植物抗病蛋白的结构积累了宝贵的经验。

有了理论基础和实验生物学体系,还需要强有力的技术支撑。于是,以冷冻电镜方法学研究见长的清华大学王宏伟团队应邀加入。之后,又经过多年协作攻关,3个团队终于于近日成功地组装了包含ZAR1激活的抗病小体。

周俭民说:“结构研究发现,抗病蛋白ZAR1被细菌蛋白AvrAC激活后,组装成含3个亚基共15个蛋白的环状五聚体蛋白机器,我们把它命名为抗病小体。”

紧接着,联合团队又揭示了抗病小体的工作机制。比如,抗病小体形成后通过一个死亡开关,直接在细胞质膜上发出自杀指令,很可能是植物细胞死亡和免疫的执行者。

“抗病小体让受到感染的植物细胞与细菌同归于尽,从而保护其它健康细胞。”周俭民说。

利用抗病蛋白精准防控病害

学界一直认为“抗病小体”应该存在,但从来没有人发现过,更不知道它长啥样。此次首个“抗病小体”的发现填补了人们25年来对抗病蛋白认知的空白,为研究其它抗病蛋白提供了范本。与此同时,利用抗病蛋白,发展新的病虫害防控手段,以及更好地设计抗病虫农作物,将会大大减少化学农药的施用,从而保护环境。

中科院院士李家洋认为这项成果不仅在科学认知上取得了重大的突破,同时也在农业生产上具有广泛的应用前景。

中科院院士康乐认为,这

项成果最重要的是改变了植物防病害的思路,更为精准。

在《科学》杂志同期专文评述中,国际植物抗病研究权威科学家杰弗里·丹格(Jeffery Dangl)和乔纳森·琼斯(Jonathan Jones)对这一重大突破性成果给予高度评价:“首个抗病小体的发现,为植物如何控制细胞死亡和免疫提供了线索。”

2015年,我国在全国范围内开始开展“农药零增长”行动,目标是到2020年力争实现农药使用总量零增长。令人惊喜的是,2017年就实现农药零增长目标,比原计划提前了3年。

好成绩的取得,是积极推广实施生物、物理防治等绿色防控措施,科学使用农药的结果。其中,抗病分子育种就是一个主要绿色防控手段。此次抗病小体的发现,也将会极大推动传统抗病分子育种方式的改进升级。

传统抗病分子育种,首先需要筛选抗病种质资源,然后将其中的抗病基因通过传统杂交方式导入优良品种中去。周俭民说:“这种方式存在的问题就是育种周期长,抗普窄,赶不上病虫害变异的速度。所以,抗病品种经常是还在生产过程中就很快失去了抗病作用。”

现在,更为精准的抗病分子育种,能让育种周期大大缩短,也可能大幅减少农药的用量。康乐表示,“当我们搞清楚了抗病小体的工作机制,就能针对不同病毒,更精准设计出抗病蛋白,让农作物更方便地获得某种抗病性。”

(人民日报)

“木瓜甘蔗”或成真?

近年来,Buckeridge 希望能开发一种新甘蔗品种,在该品种其他位置如茎部也有这样的奇妙之旅,因为生物量和蔗糖会累积在那里。

在番木瓜成熟期间,其细胞壁分离,让组织更加柔软,因为细胞内容物变得不那么“拒人于千里之外”,所以提取水果中的蔗糖就没有那么费劲了。

而甘蔗根最近被发现也经历了类似的过程。它们的细胞壁在发育过程中会发生改变,在通气组织里能形成充满气体的细胞间空间。

巴西国家生物乙醇科学技术研究所首席研究员、圣保罗大学生物科学研究所教授 Marcos

Buckeridge 介绍:“通气组织在水稻等水淹作物中非常常见,因为它支持或能使作物漂浮在水中,同时也允许植物的淹没部分吸入氧气和呼出二氧化碳。”

近年来,Buckeridge 及其合作者致力于研究甘蔗根细胞中涉及这块领域的基因,希望能开发一种甘蔗品种,在植物其他位置如茎部也有这样的奇妙之旅,因为生物量和蔗糖会累积在那里。这些甘蔗的细胞壁会像木瓜一样柔软,叫作“木瓜甘蔗”,而且更容易降解,并大规模生产第二代生物乙醇(从生物量中获得)。

国家生物乙醇科学技术研究所的科研人员和巴西的大学

同行、国外研究者合作,现在已经取得了一些进展,揭示了甘蔗根细胞分离中涉及的首个基因序列,并阐明它们在这一过程中的作用。相关研究成果发表于《实验植物学杂志》。

“如果我们成功地促成甘蔗茎细胞壁分离,不仅可以减少用于水解的酶数量——酶可使甘蔗渣等残余物中的碳水化合物降解并转化为可发酵的糖,从而获得第二代乙醇——而且还可以增加蔗糖萃取。”Buckeridge 说。

研究人员对甘蔗根通气组织发育初期所必需的两个基因进行测序。第一个是scRAV1,它编码控制植物叶片老化的

RAV 转录因子。第二个是scEPG1,它编码多聚半乳糖醛酸内切酶(EPG)。这种酶降解能使细胞保持在一起的果胶,从而有助于细胞分离以及通过通气组织形成软化的水果组织。

由于甘蔗基因组的复杂性,每个染色体有几个副本,每个基因有许多变体,这两个基因从17个人工细菌染色体中测序得到。这些克隆载体包含与甘蔗品种“R570”同源的基因组区域。

基因组区域分析和激活分析表明,scRAV1控制了甘蔗根通气组织形成过程中果胶的早期降解,scRAV1产生的蛋白质与scEPG1启动子结合,阻断了

该基因的转录。

“我们的研究成果为利用生物技术对甘蔗进行基因调控来促进第二代乙醇的生产铺平了道路。”Buckeridge 表示,这是第一步。

他们开发了一种scRAV1增强表达的甘蔗品种,还发现一种microRNA能够特别抑制scRAV1,并刺激植物中scEPG1的表达。

Buckeridge 介绍,“在这个品种中,我们开始看到甘蔗细胞壁的软化,这与我们想要的效果相似。例如,有些植物的茎不能保持直立。从这里起步,我们就有发展‘木瓜甘蔗’的可能。”(中国科学报)