葫芦素“运输大队”这样“护瓜”

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/19445.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

葫芦素“运输大队”这样“护瓜”。



受访者供图

在植物与环境的互相作用中，有一大类多达20000余种的化合物发挥着重要作用——植物三萜化合物，它们同时也是药物、保健品和化妆品的重要来源。

阐明植物三萜化合物合成、调控及运输机理，不仅将为作物品质与抗性育种提供分子靶标，也是利用合成生物学技术开发这些植物天然产物商业价值的前提。

2022年8月1日，《自然—植物》（Nature Plants）在线发表了云南师范大学、中国农业科学院农业基因组研究所、华南农业大学、首都师范大学、南京农业大学和麻省理工学院等多家单位共同完成的论文。该研究首次揭示了葫芦科瓜类作物中一种三萜化合物——葫芦素的转运分子机制，并阐明了葫芦素调节根际菌群的互作模式提高植物抗病性的新机制。

不可多得的葫芦素

论文共同通讯作者、云南师范大学马铃薯科学研究院教授尚轶告诉《中国科学报》，葫芦素是葫芦科植物特有的三萜类化合物，具有令人不悦的苦味。蔬菜或水果在可食用部位积累葫芦素将严重影响其商品品质和经济效益。

另一方面，葫芦素的苦味对植物而言具有很好的抗虫作用，能帮助植物抵御害虫的攻击。

有研究表明，葫芦素对人体而言具有保肝、消炎、抗癌等功效。从医学古籍《本草纲目》到现代医学，葫芦素一直被人类用作潜在药物治疗肿瘤、肝脏疾病等。但由于葫芦素原料获取难度大，制约了其广泛应用。尚轶说。

在前期研究中，该团队已经围绕葫芦素的生物合成、调控、驯化及结构多样性等方面开展了系统性研究。

他们利用组学大数据在葫芦科作物——黄瓜、甜瓜、西瓜中发现了三个葫芦素合成基因簇，包含3个三萜环化酶、21个P450氧化酶和3个乙酰基转移酶；还发现直接调控葫芦素合成基因簇的转录因子6个，其中发生在果实葫芦素调控基因Bt启动子上的突变，是葫芦科瓜类作物果实苦味性状协同驯化的关键。

尚轶说，黄瓜育种家利用上述相关发现，合作培育出叶苦抗虫、果实不苦的优质新品种，解决了我国华南地区黄瓜易变苦的生产难题。葫芦素合成机制的解析，为利用合成生物学技术异源高效合成葫芦素提供了先决条件。尚轶说。

搞清楚了葫芦素的合成机制，接下来，他们就想搞明白葫芦素如何在植物体内运输的。

甜瓜、西瓜中葫芦素的主要合成部位是根部，而黄瓜中的葫芦素是在叶片中合成。这三种作物的果实中都会有葫芦素存在。究竟葫芦素是如何从这些合成的器官中运输到储存器官中去的？尚轶说。

是浪费还是主动防御？

代谢产物在植物中的分布不仅取决于它们的合成、调控，其在植物各组织间、细胞内的转运过程也是关键的决定因素。论文共同通讯作者、中国农科院农业基因组研究所博士后马永硕告诉《中国科学报》，相对于合成与调控研究，代谢产物转运机制研究进展缓慢，是植物代谢研究领域的

难点。

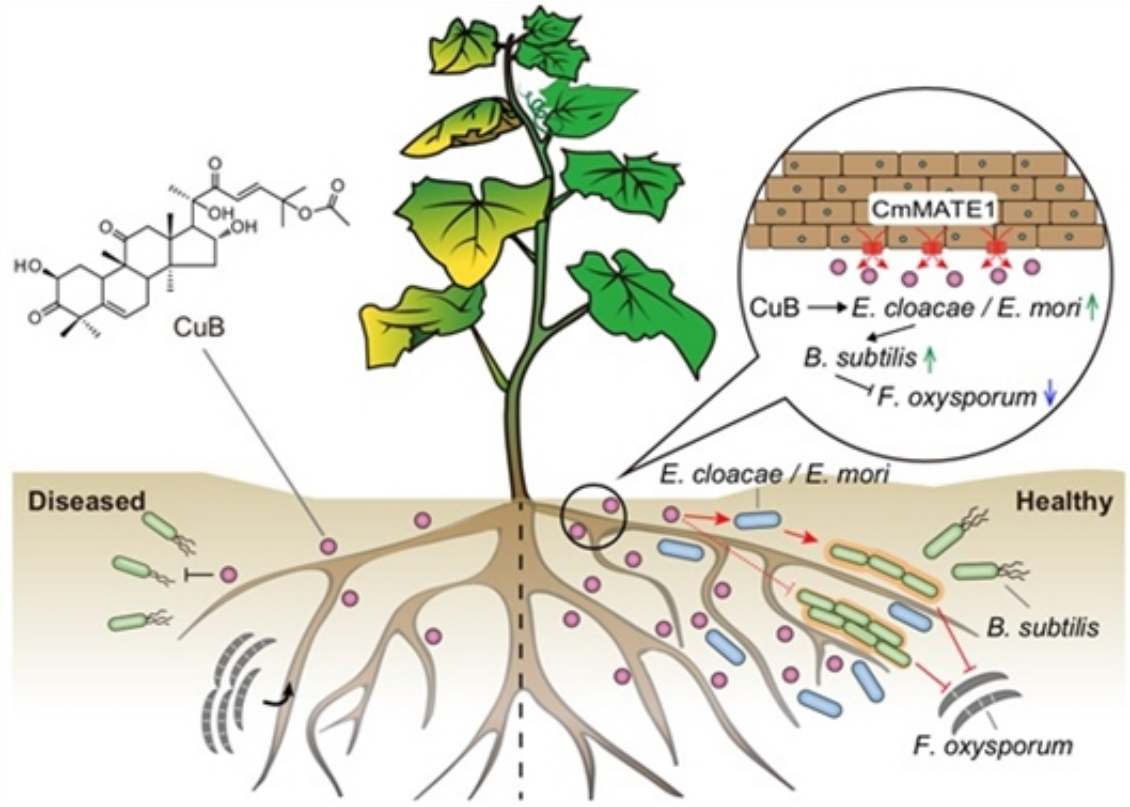
目前，关于植物三萜化合物转运的机制研究较少，相关转运蛋白也未见报道。于是，他们的研究从甜瓜和西瓜的葫芦素合成的部位——根部着手。

论文共同第一作者、中国农科院农业基因组研究所博士生仲阳介绍，他们利用水培方式发现甜瓜和西瓜根部可以向营养液中分泌葫芦素，然后在土壤种植材料的根际土壤中也检测到大量的葫芦素。

根部是葫芦素合成的主要部位，植物合成葫芦素等三萜代谢产物需要消耗很多能量，但合成后却被外排到土壤中，看起来是一种资源‘浪费’。马永硕说，近年来，研究人员发现植物根系分泌的次级代谢产物在选择性塑造根际微生物组方面发挥着重要作用，也是植物代谢领域的研究热点，但次生代谢产物进入土壤的机制并未解析。

根际微生物组被称为植物的第二基因组，可影响植物根系的生长发育、根系对生物和非生物的抗性以及根系对营养摄取等过程。因此，他们以西甜瓜外排葫芦素为研究切入点，试图解析根系如何分泌次级代谢产物，并调节根际微生物组成，进而提高植物抗性的分子机制。

论文共同第一作者、首都师范大学生命科学学院博士生王霄汉介绍，该研究发现，甜瓜、西瓜可从根部向土壤中外排葫芦素B和葫芦素E。利用组学大数据，他们从甜瓜、西瓜基因组中分别鉴定到一个MATE转运蛋白基因（CmMATE1/ClMATE1）。该基因不仅与葫芦素合成基因成簇分布，且被前期发现的葫芦素调控因子直接调控；该基因产生的蛋白可运输葫芦素B及葫芦素E。



甜瓜从根系分泌葫芦素B提高抗病性模型。 受访者供图

利用该基因编辑突变体进一步证明，该转运蛋白参与了植物体内葫芦素的转运，且该转运过程受到葫芦素生物合成调节。当MATE转运蛋白基因功能失活后，为了避免细胞内合成的葫芦素过度积累对其产生毒性，细胞会通过降低合成基因的表达水平，来减弱葫芦素的合成，从而将葫芦素维持在较低水平；相反，当转运蛋白基因过表达后，大量葫芦素被排出，从而进一步诱导了合成基因高表达。马永硕解释说。

为生物合成葫芦素奠定基础

那么，葫芦素通过根部分泌到土壤中，又是如何提高植物抗性的呢？

论文共同第一作者、南京农业大学资源与环境学院副教授荀卫兵介绍，为了回答葫芦素B为什么能够增强植物抗病性，他们首先确定了葫芦素B对土传枯萎病病原菌——镰刀菌没有直接拮抗活性。

我们推测葫芦素B应该是通过调控根际有益菌的互作模式，从而间接抑制了根际镰刀菌丰度。荀卫兵说，通过分析根际微生物群落及宏基因组测序数据，并结合体外生化实验验证发现，根系分泌的葫芦素B可作为碳源促进根际肠杆菌生长，而肠杆菌又可促进根际典型的能高效拮抗镰刀菌的植物益生细菌——芽孢杆菌富集，从而建立了甜瓜对土传病原菌——镰刀菌的有效防御体系。

葫芦素首先在细胞质中合成，随后被锚定在细胞质膜上的MATE转运蛋白所捕获，并被转运至胞外，最后分泌到土壤中发挥作用。尚轶总结说。

值得一提的是，他们在黄瓜中也发现了葫芦素的转运分子机制。在黄瓜中，葫芦素在叶片中合成，它的转运也依靠MATE转运蛋白，将葫芦素储存在液泡中。而液泡是植物储存各类有害物质的细胞器，这也算是植物自我保护的一种机制。

尚轶说，育种家可利用转运蛋白可作为育种分子靶标，培育出可分泌高浓度葫芦素的优质抗病新品种。同时，本研究有助于提高葫芦素在有害生物综合治理中的应用前景。

虽然葫芦素具有重要的药用价值，但是原料获取难度大。其转运蛋白的发现，将加速葫芦素合成生物学研究，通过转运蛋白实现或加速葫芦素定向胞外运输，从而降低其对细胞生长的负担或毒性，有利于提高葫芦素产量。（来源：中国科学报李晨）

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41477-022-01201-2

版权声明：凡本网注明来源：中国科学报、科学网、科学新闻杂志的所有作品，网站转载，请在正文上方注明来源和作者，且不得对内容作实质性改动；微信公众号、头条号等新媒体平台，转载请联系授权。邮箱：shouquan@stimes.cn。
作者：尚轶等 来源：《自然—植物》

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发