

---

# 耐砷富硒：更安全营养的水稻

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/13056.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！*

**耐砷富硒：更安全营养的水稻。** 水稻比其他禾谷类作物更容易积累砷，导致以稻米为主食的人们容易受到砷的威胁。与此相反，作为人体必需的有益微量元素，硒在稻米中的含量往往较低，无法满足人体健康的需求。

近日，《自然—通讯》在线发表了南京农业大学资源与环境学院教授赵方杰团队最新筛选到的一个耐砷富硒水稻突变体。他对《中国科学报》说：控制稻米对砷的积累对保障农产品质量和人体健康具有重要意义，而提高稻米的硒含量则对改善人体硒营养状况意义重大。

通过研究这个独一无二的突变体，科学家有望培育出耐砷富硒的更安全健康的水稻新品种。

## 水稻吸收砷多硒少

水稻是人类最为主要的粮食作物之一，养活了世界将近一半的人口。

中国科学院分子植物科学卓越创新中心（植物生理生态研究所）研究员晁代印在接受《中国科学报》采访时说，砷是一种在土壤中广泛存在的类金属，对生物的毒性很强。水稻生长的淹水环境使得土壤中的重金属砷容易以三价的亚砷酸盐形式存在，这一形式的砷非常容易被水稻吸收必需营养硅所使用的运输蛋白误运。因此水稻比其他禾谷类作物更容易积累砷。

与砷相反，硒是人体必需的微量元素，对增强人体免疫功能和抗氧化延缓衰老具有重要作用。全球将近3/4的稻米硒含量偏低，约有近10亿人硒摄入量不足。中国有一个横跨东北到川藏的缺硒带，大约1亿人生活在这个地带。如果能够提高稻米的硒含量，对人体健康有好处。

因此，在环境污染问题日益严重，而人民对健康的追求日益提升的当下，降低稻米砷含量、提高硒含量，对于改善稻米品质，促进食品安全和人体健康，不仅意义重大，而且非常急迫。晁代印说。

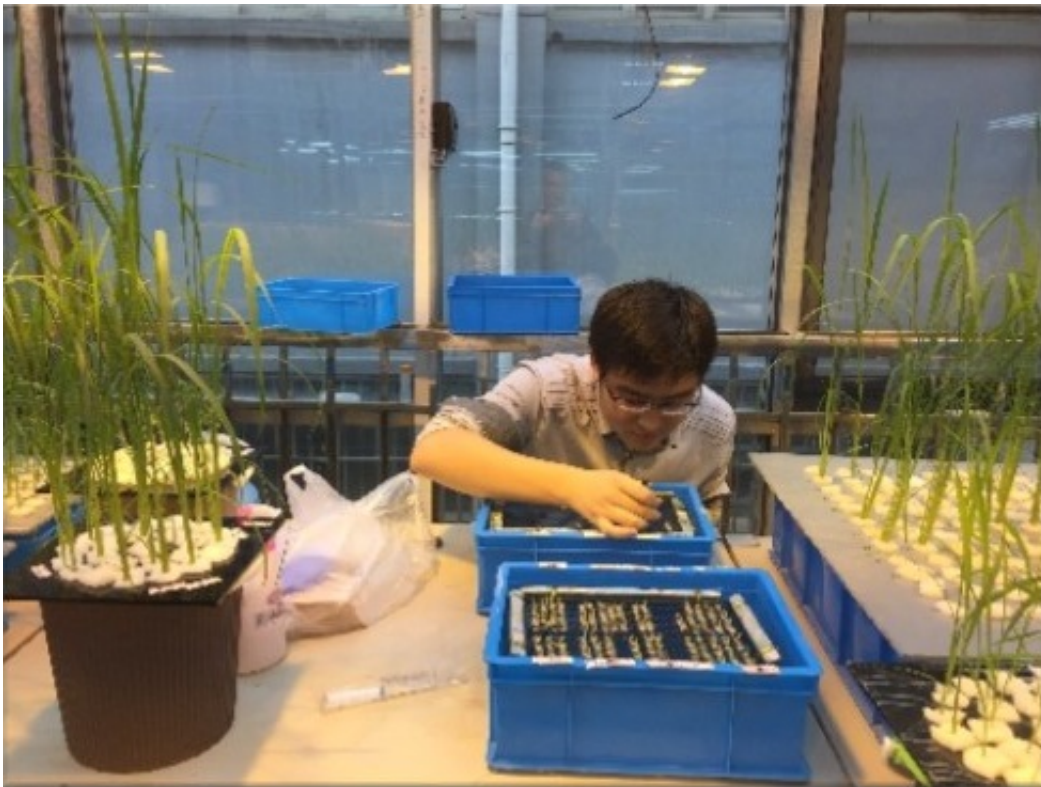
这也是赵方杰团队筛选水稻突变体库中4000多个单株，希望找到耐砷的水稻突变体的初衷。水稻有大概5万个基因，我们想知道哪个基因跟耐砷有关。

赵方杰介绍，为了开展水稻遗传和基因功能的研究，对水稻种子进行化学或辐射诱变，使得其遗传物质DNA发生一些随机突变，用诱变后的种子种植，成熟后单株分开收获，叫做突变体库，一般上万个单株分开收获种子。

---

对这些突变库的种子重新种植，观察其生长状况等表型。在这项研究中，主要看对有毒的砷的耐性和未突变的原来品种相比有没有改变。

论文第一作者孙晟凯告诉《中国科学报》，突变体是他筛选到的。因为正常水稻在砷处理下受到毒害，所以当用砷溶液处理水稻幼苗时，根的生长会变慢，表现为比对照组的根更短。



孙晟凯在筛选突变体 南京农大供图

他发现，这一突变体的根长并没有受到溶液中添加的砷的影响。

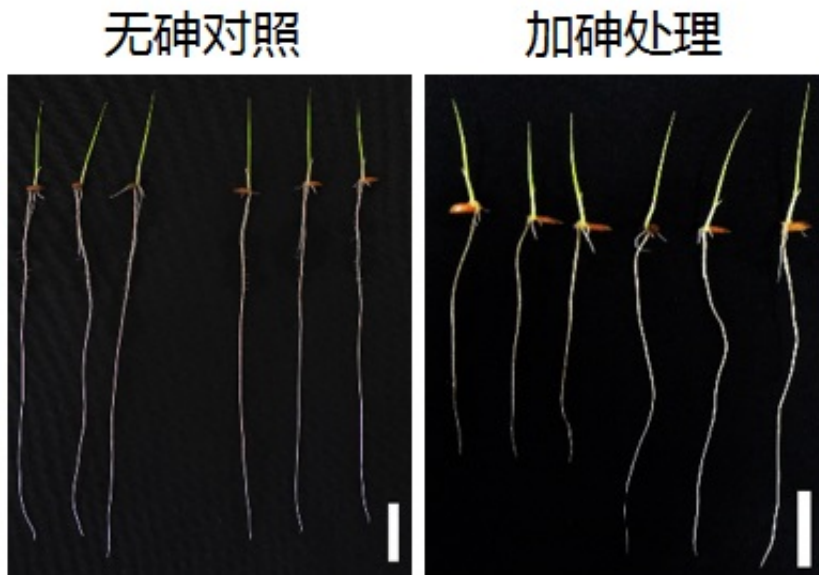
这是一个更加耐砷的突变体，我们称它为astol1，具有半显性的特征。赵方杰说。

一般而言，采用诱变方法得到的突变体大多数是隐性突变，意味着突变之后那个基因丧失了功能。显性突变体比较少见，往往意味中突变之后那个基因获得了功能。而半显性突变体指杂合体的表型比纯合突变体稍微弱一些，往往意味着基因的剂量效应。

### 突变体既耐砷又富硒

经过一系列的实验，他们发现，astol1突变体耐砷的原因是它的半胱氨酸和植物螯合肽合成增加了。孙晟凯解释说，植物螯合肽是一种多肽，由半胱氨酸合成。以往研究已经证明，植物螯合肽会与砷发生紧密的结合，从而降低砷对水稻植株的毒性。

astol1突变体能够合成更多的植物螯合肽，也就更加耐砷。但它为什么会合成更多的半胱氨酸和植物螯合肽，这是本研究要解决的关键问题。赵方杰说。



用根生长作为表型，突变体更加耐砷。南京农大供图

孙晟凯告诉记者，半胱氨酸是含硫的氨基酸，对所有生物都很重要。植物吸收硫酸盐，先把硫酸盐还原，再合成半胱氨酸，通常叫做硫的吸收代谢途径。如果该途径得以加强，可以合成更多半胱氨酸和植物螯合肽，耐砷能力也会提高。

晁代印解释说，在astol1突变体中，半胱氨酸合酶第189位丝氨酸（S）突变成了天冬酰胺（N）。该突变虽然导致这个蛋白丧失了合成半胱氨酸的能力，但却增强了它的伙伴丝氨酸乙酰转移酶的活性，进而提高了相关产物O-乙酰丝氨酸（OAS）的积累。

硫和硒在元素周期表中处在同一主族的上下位置，意味着化学性质很相似。赵方杰说。因此，植物吸收硫的时候，也会通过同一途径吸收硒，并且把硒误会为硫，合成含硒的半胱氨酸。

作为调控硫/硒代谢的关键信号物质，OAS增强了水稻对硫和硒的吸收和同化，进而提高了水稻体内硫和硒含量，同时也促进了包括半胱氨酸和植物螯合肽等含硫有机化合物的合成和积累。

而这些含硫有机物不仅能够结合三价砷，使得砷对植物的毒害能力减弱，还能在结合三价砷之后被植物运进根部的液泡，进而限制砷向地上部的运输，最终形成稻米低砷、高硒的表型。晁代印说。

在astol1突变体中，耐砷和富硒是有必然联系的，这两种情况都是由于上述半胱氨酸合酶的一个氨基酸残基突变引起的。在其它情况下，两者不一定有联系。应该说，astol1突变体是非常罕见的，正好就在那个酶蛋白的那个氨基酸残基上发生了突变，这种概率很低，才有了一系列相联系

---

的表型。赵方杰说。

不仅仅水稻是如此

有意思的是，细菌、植物、动物都需要合成半胱氨酸，都含有半胱氨酸合酶这类的酶，而且这些酶的氨基酸序列有很多相同之处。

赵方杰解释说，比如水稻半胱氨酸合酶第189位是丝氨酸，其它植物和细菌的相同位置也是丝氨酸，而在拟南芥中这个位置变为第102位。

当他们把拟南芥的半胱氨酸合酶基因克隆出来，并把第102位编码丝氨酸改为编码天冬酰胺时发现，这一定向突变后的酶也表现出跟水稻突变体的半胱氨酸合酶相同的生化特性。

进一步研究发现，如果半胱氨酸合成过多，也会影响代谢平衡，影响水稻生长。在这项研究中，水稻半胱氨酸合酶基因只有一个拷贝发生突变的杂合突变体长得更好，而两个拷贝都突变的纯合突变体长得不好，这说明纯合突变体中突变的半胱氨酸合酶基因剂量过高。赵方杰说。

他认为，解决这个问题一个办法，是在纯合突变体中，通过转基因的办法增加未突变的半胱氨酸合酶的剂量，就可以逆转对纯合突变体生长的不良影响。



从左至右分别为田间收获的水稻野生型、杂合突变体和纯合突变体。南京农大供图

这是一个挺复杂的遗传—分子生物学—生物化学—植物营养学的故事。赵方杰说，通过定向突变可以打开水稻硫、硒吸收代谢的开关，达到耐砷、稻米降砷和富硒的多重效果，将来可以通过育种或转基因的办法加以利用。

这一研究成果为解决水稻高砷低硒的难题提供了一个鼓舞人心的方案。晁代印说，该基因的定向突变对于其它作物也有非常重要的启示。同时，该研究结果对于理解植物不同微量元素间互相影响的分子机制也提供了新的认识。（来源：中国科学报李晨）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41467-021-21282-5>

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：赵方杰等 来源：《自然—通讯》

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](http://www.iikx.com)转发