科学家找到小麦“癌症”克星

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/9183.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！

科学家找到小麦“癌症”克星。小麦赤霉病，是世界范围内极具毁灭性且防治困难的真菌病害，有小麦癌症之称。令人振奋地是，我国科学家在攻克小麦赤霉病上已迈出了关键一步。

山东农业大学农学院教授、山东省现代农业产业技术体系小麦创新团队首席专家孔令让及其团队从小麦近缘植物长穗偃麦草中克隆出抗赤霉病主效基因Fhb7，并成功将其转移至小麦品种中，首次明确并验证了该基因在小麦抗病育种中不仅具有稳定的赤霉病抗性，且具有广谱的解毒功能。相关研究成果4月10日在线发表于《科学》杂志。

从近亲物种中寻得关键基因

根除小麦赤霉病，培育与利用抗病品种是首要选择，过去科学家们已在全球范围内对数以万计的小麦品种进行了筛选。

受制于理论认知和技术水平，半个多世纪以来，关于赤霉病的研究全球鲜有突破性进展，特别是小麦种质资源中可用的主效抗赤霉病基因非常稀少。中国工程院院士、长期从事小麦抗赤霉病育种的科学家程顺和指出。

事实上，人们至今未发现赤霉病免疫的小麦种质资源。目前由国际上鉴定并命名的7个抗赤霉病主效基因也并非全部有着高效的抗病性，有些尽管有抗病性，但却以牺牲产量为代价。

此外，中国工程院院士、西北农林科技大学教授康振生还指出，由于小麦有着庞大的基因组和小麦-真菌互作的复杂性，科研工作者对小麦抗赤霉病机制的了解十分有限。

近年来，破解这一世界性难题，更加迫在眉睫。对农民来说，该病防不胜防，麦田一旦被感染，通常减产10%—20%，严重时达80%—90%，重病麦田可致绝收。

论文通讯作者孔令让告诉《中国科学报》，感染赤霉病的小麦籽粒干瘪，淀粉与蛋白质含量降低，出粉率低，湿面筋含量少，病麦率含量达到4%以上就失去了食用价值。产量和品质下降的同时，以其为原料制作的食品和饲料更严重威胁人畜健康。

小麦近缘植物长穗偃麦草携带抗病、抗逆、优质等许多优异基因，是小麦品种改良的优异基因资源，利用远缘杂交技术，可以将这些优良的外源基因转移到小麦上。

孔令让团队获得的抗赤霉病基因Fhb7就是来源于长穗偃麦草，随后通过群体遗传分析表明，该基

因使得赤霉病病情指数降低超过30%，被认为是高效抗性基因，为解锁赤霉病这一世界性难题找到了金钥匙。

解密Fhb7的抗病机理

抗赤霉病基因Fhb7克隆及育种利用是极具战略意义的，其研究内容承前启后无缝交织成了一个完整的科学故事。北京大学现代农业研究院首席科学家邓兴旺阅读研究论文后，专门撰文给予高度评价。

邓兴旺提到的科学故事正是，20年来孔令让团队从组装长穗偃麦草基因组，到发现、克隆、解析主效基因Fhb7抗病机理，再运用至小麦育种上，完整阐释了Fhb7基因抗病过程的来龙去脉。

1985年，孔令让从硕士研究生开始从事长穗偃麦草、八倍体小偃麦与小麦的远缘杂交研究，首次在长穗偃麦草7E染色体长臂末端发现小麦抗赤霉病主效基因Fhb7。近10余年来，他带领团队经过初定位证明Fhb7单基因可控制较高的抗性效应，随后，对复杂的长穗偃麦草基因组进行了高质量的组装和注释，并完成了该基因的精细定位。

那么，Fhb7基因究竟是如何抗击小麦赤霉病的？研究团队采用传统图位克隆、细胞遗传学、突变体筛选和转基因等技术，对其进行了充分的功能性验证。通过系列分子实验和高分辨质谱分析发现，Fhb7基因编码一种谷胱甘肽S-
转移酶，可以打开呕吐毒素的环氧基团，并催化其形成谷胱甘肽加合物，从而产生解毒效应。

产生呕吐毒素是小麦赤霉病之所以危害严重的重要因素之一。引起小麦赤霉病的病原菌分泌的单端孢霉烯族毒素中，呕吐毒素最为普遍，在谷物中含量最高，被世界卫生组织定为天然存在的最危险的食品污染物，也是制约我国及世界粮食和食品安全的重要因素。邓兴旺说。

Fhb7基因如此关键，它究竟从何而来？在追溯其进化历史时，研究人员一度陷入了迷惑。因为他们通过基因组序列比较分析，在整个植物界都没有发现Fhb7的同源基因。

但我们在基因物理图谱中发现了Fhb7的基因序列，这说明，该基因的确真实存在，并非是实验操作时被‘污染’而产生的。论文并列第一作者、山东农业大学农学院副教授孙思龙告诉《中国科学报》。随后，他们终于在偃麦草的共生菌——香柱内生真菌发现了同源基因，同源性高达97%。

孙思龙分析，该基因很可能是通过基因水平转移，从香柱内生真菌整合进了长穗偃麦草基因组，从而进化出抗镰刀菌属病原菌侵染的功能。

这是科学家首次发现真核生物间核基因组DNA水平转移的功能性证据。这是一个极其少见的生物基因跨界转移现象，值得进一步深入研究，以探讨植物抗病基因和基因组进化新机制。邓兴旺说。

值得一提的是，在7个抗赤霉病主效基因中，Fhb1和Fhb7被公认为抗赤霉病的高效基因，二者具有相当的抗性。河南农业大学国家小麦工程中心副研究员牛吉山等人在研究综述中提到，遗传背景对Fhb1的赤霉病抗性有一定影响。

孔令让团队通过比较Fhb7在多个小麦背景中对其它农艺性状的影响，结果表明，在对赤霉病表现

出良好抗性的同时，对包括千粒重、旗叶长度等性状没有显著负面影响。

这意味着，在未来育种中，Fhb7的选择性将可能多于Fhb1。

广谱抗病前景广阔

在孔令让看来，研究成果不仅要对推动科学发展有意义，还要真正用得上用得好，受农民和市场欢迎。

孔令让团队利用远缘杂交结合分子标记辅助选择将携带Fhb7基因的长穗偃麦草染色体片段转移至栽培小麦，最终获得了抗赤霉病的种质材料。

目前，已有30多家单位利用这些材料进行小麦抗赤霉病遗传改良，并在山东、河南、江苏、安徽等地进行广泛试验，结果表现良好。

令研究人员感到欣慰的不止这些。Fhb7基因真的是一个‘神奇基因’。论文第一作者和共同通讯作者、山东农业大学农学院副教授王宏伟兴奋地告诉《中国科学报》，近几年的大量田间试验发现，携带Fhb7基因的植株在抗小麦赤霉病的同时，对广泛侵染多种农作物的茎基腐病也表现出了明显抗性。

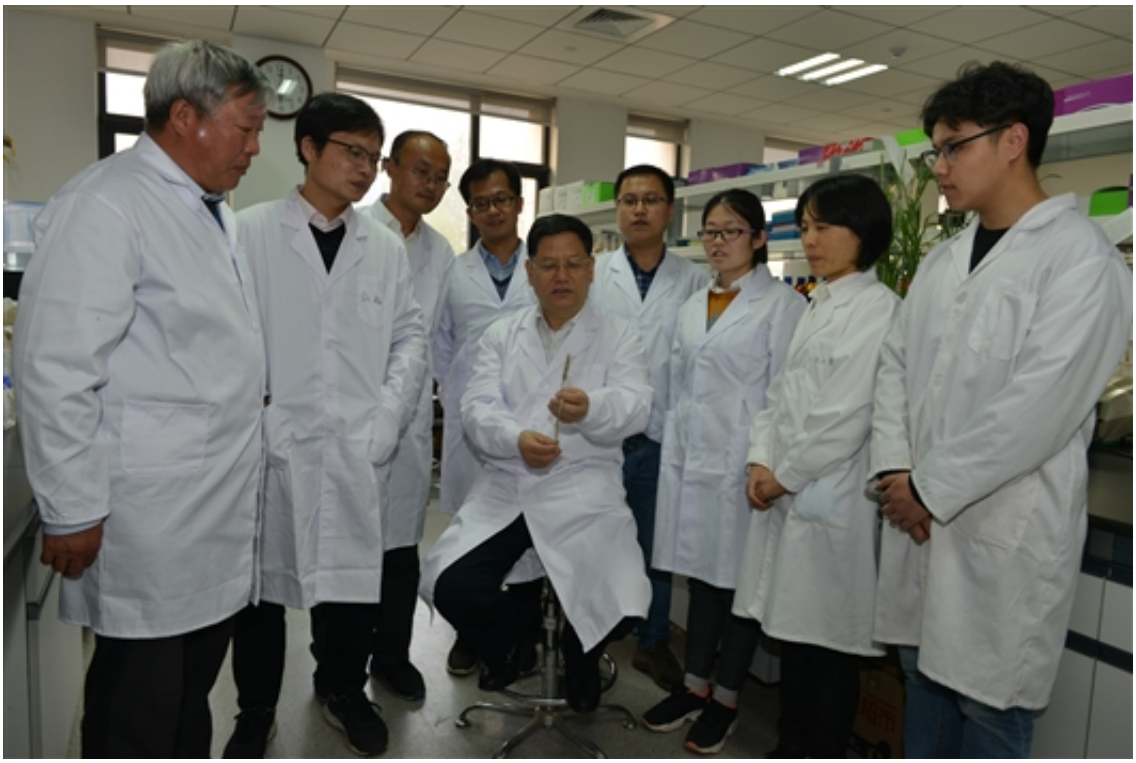
这意味着，研究中所揭示的Fhb7基因编码一种谷胱甘肽S-转移酶（GST)技术或许可应用于包括小麦、玉米、水稻等粮食的深加工和饲料工业，去除食品中的相关毒素，且有望产业化。

这更大的意义在于为人类生命健康谋福祉，同时也是未来较长一段时间我们努力的方向。孔令让说。

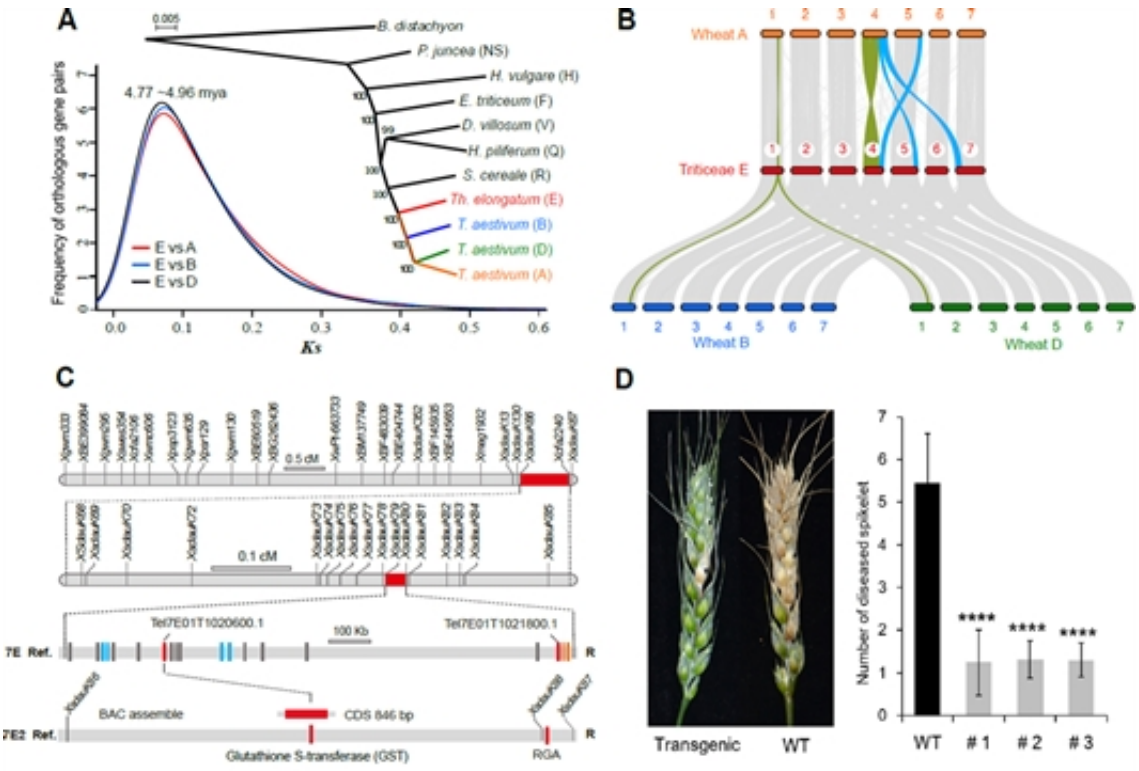
目前，携带Fhb7基因的多个小麦新品系已经进入国家以及省级预备试验和区域试验，并被纳入我国小麦良种联合攻关计划，为从源头上解决小麦赤霉病问题提供解决方案。

中国工程院院士、杂交水稻之父袁隆平也对该研究作出评价，他表示，Fhb7基因的发现和抗病机制解析对水稻、玉米等作物育种同样具有重要意义。作为禾谷类作物种质改良和创新的难得基因，其在育种领域的推广应用，将有力提升我国农作物种质资源创新水平，为产业提质增效、确保国家粮食安全提供重要保障。（来源：中国科学报 韩扬眉 翟荣惠）

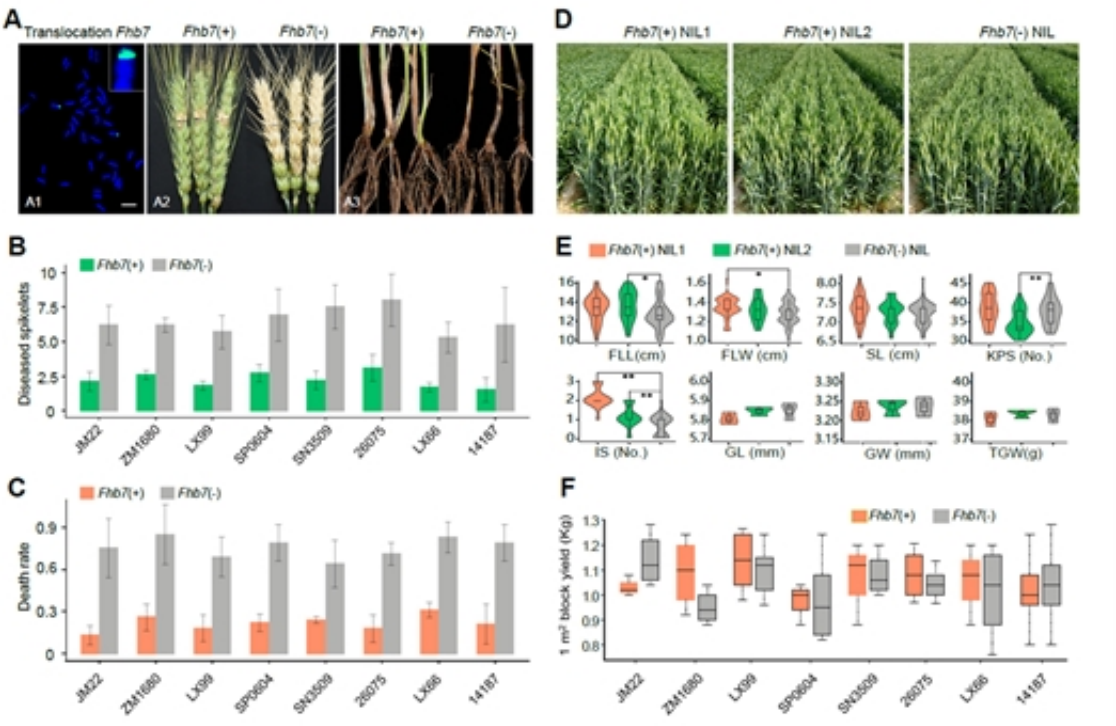
相关论文信息：DOI：10.1126/science.aba5435



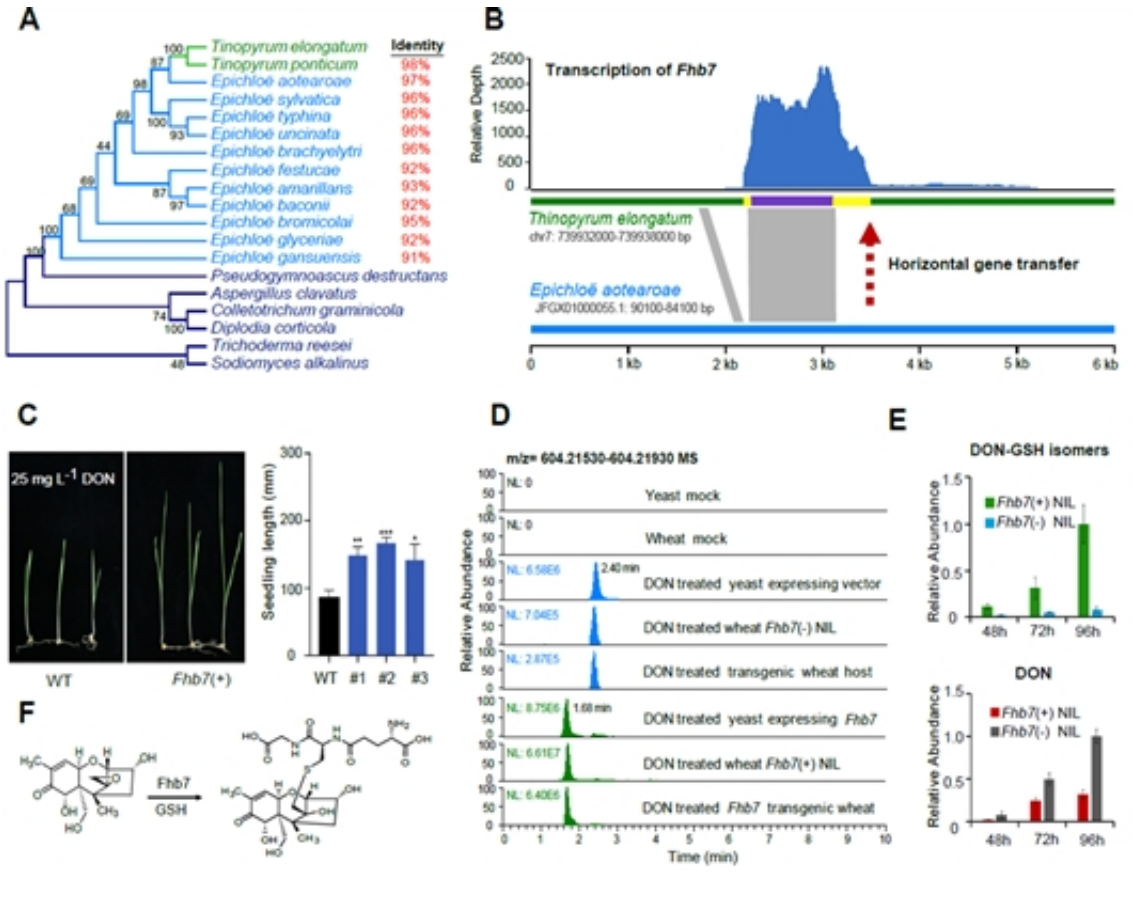
孔令让团队主要成员


A
B. distachyon
P. juncea (NS)
H. vulgare (H)
E. triticeum (F)
D. villosum (V)
H. pilferum (Q)
S. cereale (R)
Th. elongatum (E)
T. aestivum (B)
T. aestivum (D)
T. aestivum (A)
4.77 ~4.96 mya
E vs.A
E vs.B
E vs.D
Frequency of orthologous gene pairs
Ks
B
Wheat A
Triticeae E
Wheat B
Wheat D
C
0.5 cM
0.1 cM
Tef7E01T1020600.1
Tef7E01T1021800.1
100 Kb
BAC assemble
CDS 846 bp
Glutathione S-transferase (GST)
RGA
D
Transgenic
WT
Number of diseased spikelet
WT
1
2
3

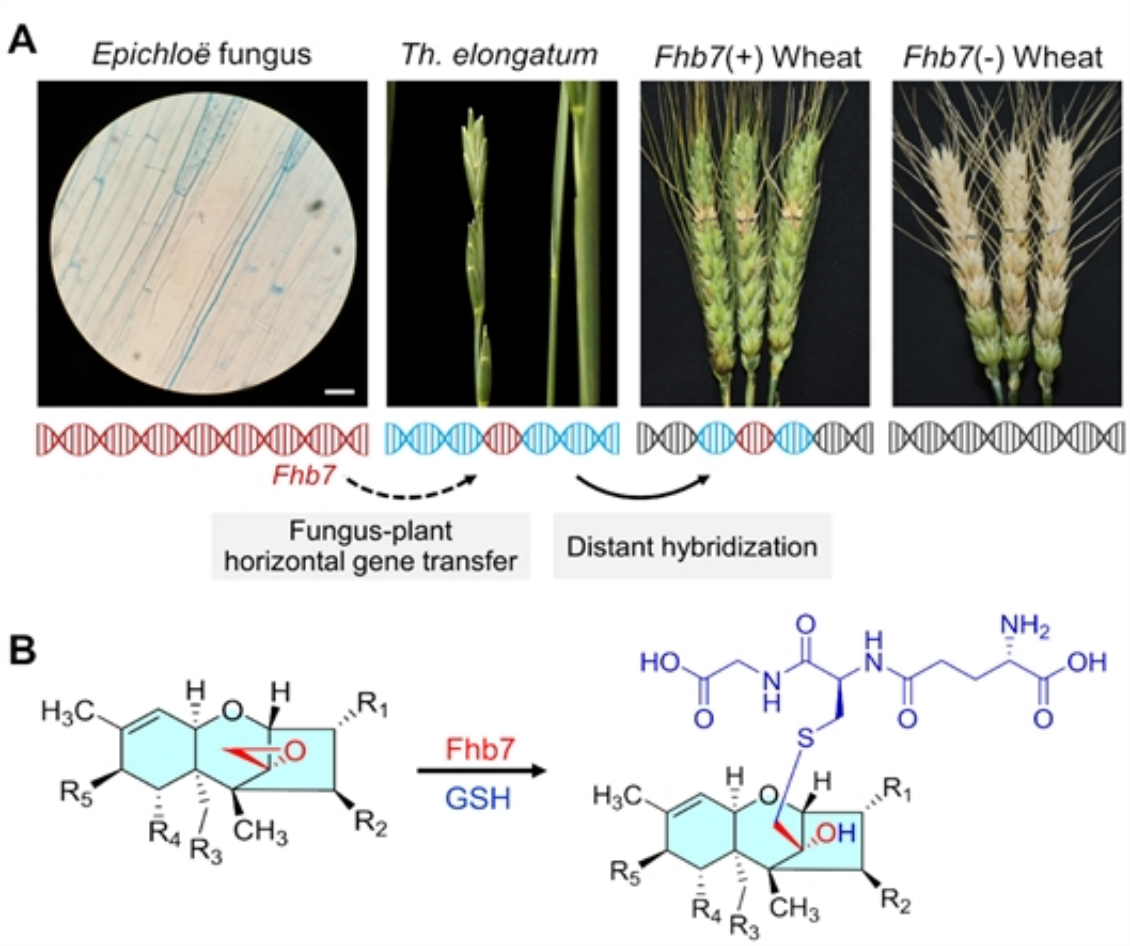
长穗偃麦草基因组分子进化与Fhb7的图位克隆



抗赤霉病基因Fhb7的转移利用



Fhb7的遗传进化机理与抗病功能分子机理



Fhb7的跨物种转移和抗赤霉病分子机理

供图：山东农业大学

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：孔令让等 来源：《科学》

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