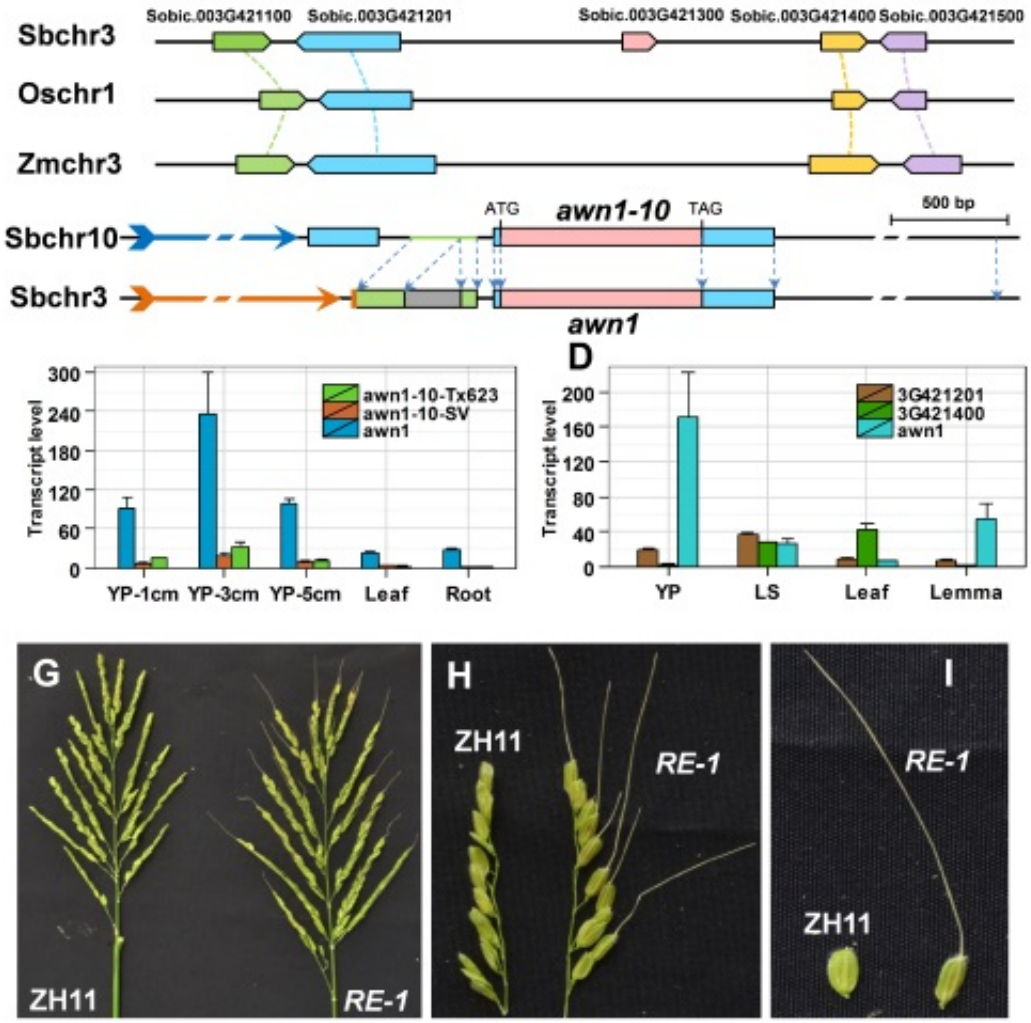
高粱的芒去哪儿了？作物芒进化研究获进展

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/14754.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！

高粱的芒去哪儿了？作物芒进化研究获进展。



awn1基因的复制。课题组供图

近日，中国农业大学教授林中伟课题组在《分子植物》上发表研究论文。该论文发现了awn1基

因的复制导致高粱在驯化和改良过程芒丢失的进化遗传机制。中国农业大学农学院国家玉米改良中心博士生周雷娜和朱璨共同完成这一课题，林中伟为通讯作者。

栽培高粱丢失awn1基因

芒是作物种子外稃上长的一个针状突起，虽然长得小，但却为作物野生种在野外的繁衍提供了诸多进化优势。

对作物野生种而言，芒就像武器一样保护种子不易被动物特别是鸟类取食；芒可为种子在风力条件下提供更大的助力，使脱落的种子飘散得更远；芒可以调整种子的落地方向，使得种子在落地时能够深嵌土中而及时发芽。有些野生小麦种子上的两个芒能够感应空气中的湿度昼夜变化而发生周期性的开闭运动，从而将种子推入土壤来确保种子的及时发芽。

然而，芒会给种子带来收获和储藏上的巨大不便，因此在多数作物的驯化和改良的过程中芒往往发生了丢失。高粱是一种重要的抗旱作物，其芒丢失的遗传机制至今依然未知。

利用一套长芒野生高粱与无芒栽培高粱构建的群体，研究人员鉴定了一个位于第3染色体上控制芒长的主效QTL。精细定位及关联分析表明，在第3染色体的末端存在一个5.4 kb的插入导致栽培高粱失去芒。这个5.4kb片段仅包含有一个编码ALOG蛋白的基因，命名为awn1。

奇怪的是，所有长芒的野生高粱都不含有这个插入片段，而无芒的栽培高粱都含有这一5.4 kb的插入。由于栽培高粱是由野生高粱驯化而来，野生高粱长有芒，然而为何野生高粱却丢失了awn1基因？

awn1基因抑制芒的伸长

研究人员对awn1基因所在的染色体小片段进行跨种间比对时，发现邻近awn1的4个基因在高粱、玉米、水稻中序列和排列次序均保守，awn1基因仅出现在栽培高粱中，而玉米、水稻没有这个同源拷贝。这说明4个邻近基因是跨物种的古老基因拷贝，而awn1基因是在栽培高粱中新出现的，带有awn1基因这个插入片段是在野/栽高粱分化即驯化的过程中产生的。

为了寻找究竟awn1基因是如何产生的，他们接着利用栽培高粱的全基因组序列对这个5.4kb的片段进行了全基因组比对。比对发现这个5.4kb的片段与高粱第10染色体上的一个区段高度同源。这个第10染色体上5.4kb 片段内的awn1同源基因（awn1-10）与awn1相比，在编码区仅存在一个无义的核苷酸变异。这说明awn1基因所在的5.4kb片段是由第10染色体这个片段经复制后插入到第3染色体而形成的。

awn1-10包含有两个外显子和一个内含子。仔细比较发现，仅部分awn1-10基因片段包括部分内含子和第二外显子以及3‘端非翻译区得以复制而形成了awn1。awn1丢失了awn1-10的部分内含子、第一个外显子、全部的5’端非翻译区及其启动子区。5’-RACE分析发现awn1竟能被转录，并利用邻近的第3染色体上序列和这个部分awn1-10内含子形成了一个新的外显子。进一步的转录分析显示，相较于awn1-10基因，awn1在高粱穗部有较高表达。转录结果表明基因复制导致了awn1基因表达剂量得以大幅度上升。

研究人员对awn1-10位点的比较基因组学分析，发现在玉米、高粱、水稻、小麦中这个位点所包含的基因序列以及基因排列顺序均高度保守。对水稻的awn1同源基因进行CRISPR/cas9编辑共获

得3个功能丧失的敲除事件，这3个编辑事件的水稻种子均长出较长的芒，这说明awn1基因在不同物种中的功能是保守的，对芒的伸长起着抑制作用。

为什么新生的awn1基因能够转录呢？awn1基因与其两侧的基因表达模式很不一样，这说明awn1基因并没有利用两侧基因的启动子。对反映染色体开放程度的ATAC-seq数据分析显示，awn1基因上游有一明显的染色体开放区域。进一步的生化实验以及启动子GUS转化分析证明了awn1基因的上游确实存在能在颖壳中启动转录的激活元件。

对AWN1的蛋白分析表明AWN1具有较强的转录抑制活性。DAP-seq、RNA-seq和EMSA等生化实验发现AWN1蛋白抑制了多个与花发育相关的MADS基因和芒发育相关基因LKS2、DL以及生长素信号传导等途径基因的表达。AWN1抑制了这些基因的表达从而抑制了高粱芒的伸长，最终导致高粱芒的丢失。

垃圾DNA不垃圾

这项研究表明广布于基因间区的垃圾DNA一点都不垃圾，这些垃圾DNA可能是进化调控元件的宝库，为进化提供了无限的可能。

awn1基因复制后在其基因间区招募了新的启动子而被重新激活，这一进化事件如同地上散落着各种汽车零件，一次地震之后震出一辆性能极佳的跑车。这种看似不讲道理的跃变使得生物可以快速适应瞬息万变的环境。

awn1基因招募的新启动子可以快速整合上下游调控网络以创造新表型来提高植物的适应性，这为基因网络可以快速进化提供了一个鲜活的例子。这项研究也表明基因复制是进化的一个重要动力。（来源：中国科学报王方 何志勇）

相关论文信息：https://doi.org/10.1016/j.molp.2021.07.005

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：林中伟等 来源：《分子植物》

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