

南京农业大学揭示水稻自私基因

Nanjing Agricultural University reveals selfish gene of rice

【Science 系列】2018年6月8日,《Science》杂志以“A selfish genetic element confers non-Mendelian inheritance in rice”为题在线发表了南京农业大学万建民院士团队的一项突破性成果,该研究创造性地运用自私基因模型揭示了水稻的杂种不育现象。

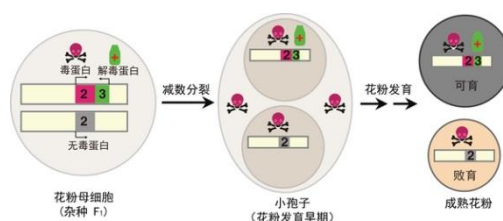


万建民

水稻是世界上最主要的粮食作物之一,提高水稻产量对国家粮食安全意义重大。科学界普遍认为,利用水稻籼粳交的杂种优势可以提高15%至30%的单产,但是同时会出现花粉不育、小穗结实率低、子粒不饱满等杂种不育现象。论文第一作者余晓文说,这是“自私基因”在作祟。

为什么说水稻基因也“自私”呢?余晓文打了个比喻,在水稻将要形成花粉的细胞(花粉母细胞)中,自私基因系统中存在毒蛋白和解毒蛋白,解毒蛋白类似花粉发育过程中的“护身符”,若花粉细胞中不含有解毒蛋白,其发育过程就会因为没有护法,不可避免地受到毒蛋白的“毒害”,最终导致死亡;而含有解毒蛋白的花粉细胞,其发育过程犹如多了一层护法,会自动消除毒蛋白的毒害作用,顺利完成发育,使亲本自身的遗传信息更多地传递给后代,“自私”地维持了物种自身的稳定性。

这种类似于“矛”与“盾”关系的毒蛋白和解毒蛋白,其实就是水稻中紧密连锁的基因ORF2和ORF3的产物,团队以亚洲栽培稻品种滇粳优1号和南方野生稻为研究材料,系统解析了水稻自私基因位点qHMS7的遗传构成,发现ORF2基因编码一个毒性蛋白,对全部花粉的发育有毒害作用,而ORF3基因则编码一个解毒蛋白,“选择性(配子体效应)”地保护携带它的花粉,确保其可育,非常“自私”。研究发现,普通野生稻中,约50%的材料含有ORF3,经过长期的演化,栽培稻中,90%以上都含有ORF3。



自私基因系统导致水稻杂种不育

南农大科研团队还探寻出了水稻自私基因演化的“古战场”。“大反派”毒蛋白 ORF2 原本只是个“跑龙套”的，而能够将其“绳之以法”的解毒蛋白 ORF3 其实是由一个看似微不足道的 ORF1 基因进化而来的。在漫长的“祖先野生稻-普通野生稻-亚洲栽培稻”的演化过程中，ORF1 没有功能，但一直被保留，ORF2 是从没有毒性功能的单倍型逐步演变成有毒性功能的单倍型，而 ORF3 则是在普通野生稻中由 ORF1 基因的复制而产生，并在随后的稻种驯化过程中传递到亚洲栽培稻。

团队这次在《科学》期刊发表的突破性成果，延续了杂种优势利用的科学命题，首次用自私基因模型揭示了水稻的杂种不育现象，阐明了自私基因在维持植物基因组的稳定性、促进新物种的形成中的分子机制，探讨了“毒性-解毒”分子机制在水稻杂种不育上的普遍性，为揭示水稻籼粳亚种间杂种雌配子选择性致死的本质提供了理论借鉴。在实践意义上，可以创制“广亲和”材料，克服杂种不育障碍，充分利用杂种优势和野生种质资源，提高水稻单产。

A selfish genetic element confers non-Mendelian inheritance in rice

自私遗传因素赋予水稻非孟德尔遗传

南京农业大学 万建民

中国农业科学院作物科学研究所 王海洋研、吴传银

云南农科院粮食作物研究所 陶大云

2018年6月8号

DOI: 10.1126/science.aar4279



Selfish genetic elements are pervasive in eukaryote genomes, but their role remains controversial. We show that *qHMS7*, a major quantitative genetic locus for hybrid male sterility between wild rice (*Oryza meridionalis*) and Asian cultivated rice (*O. sativa*), contains two tightly linked genes [*Open Reading Frame 2* (*ORF2*) and *ORF3*]. *ORF2* encodes a toxic genetic element that aborts pollen in a sporophytic manner, whereas *ORF3* encodes an antidote that protects pollen in a gametophytic manner. Pollens lacking *ORF3* are selectively eliminated, leading to segregation distortion in the progeny. Analysis of the genetic sequence suggests that *ORF3* arose first, followed by gradual functionalization of *ORF2*. Furthermore, this toxin-antidote system may have promoted the differentiation and/or maintained the genome stability of wild and cultivated rice.

