

绘图 / 赵春秀



“绿色”基因 *NGR5*

撰文·供图 傅向东

水稻的产量主要是由分蘖数、每穗粒数和千粒重这三个产量要素决定的。既然氮肥促进农作物增产，那么，氮肥是如何影响水稻产量的三个要素呢？2020年的一项研究发现，氮肥能够促进水稻、小麦的分蘖数、每穗粒数和千粒重三个产量要素同时增加；而携带“绿色革命”基因的水稻、小麦品种的分蘖数增加得更多。由此推测，增加DELLA蛋白积累或增强DELLA蛋白的功能可以进一步增强氮肥对农作物分蘖的作用；外施赤霉素或过量表达赤霉素的受体蛋白基因*GID1*则会促进DELLA蛋白的降解，进而抑制氮肥对农作物分蘖的促进作用。因此，氮素促进水稻分蘖这一调控作用要依赖DELLA蛋白。

*NGR5*是一个控制水稻响应氮素水平变化

的基因，它编码一个AP2 (*APETALA2*) 结构域的转录因子。该基因突变后使携带“绿色革命”基因的高产水稻品种的分蘖、株高和穗粒数等性状对氮素水平变化失去响应，也就是说，氮素促进水稻分蘖这一调控作用要依赖*NGR5*。

氮素促进水稻分蘖这一调控过程既依赖DELLA蛋白也依赖*NGR5*，那么DELLA蛋白与*NGR5*在这一调控过程中各自是如何发挥作用的？二者之间是否存在着什么联系？进一步研究发现，氮素不仅能够诱导*NGR5*基因的表达，而且还能促进*NGR5*蛋白的高水平积累；另外，*NGR5*基因的表达受赤霉素信号的负向调控，是赤霉素信号传导途径中的一个新组分。与DELLA蛋白相似，有活性的赤霉素与受体蛋白

我国科研人员正在开展田间试验



*GID1*结合后，可直接结合*NGR5*形成GA-*GID1*-*NGR5*复合体，进一步促进*NGR5*蛋白的泛素化降解，并且赤霉素促进*NGR5*降解的这个过程不依赖于DELLA蛋白；而DELLA蛋白也可以与*NGR5*发生直接的蛋白-蛋白相互作用，并且通过与*GID1*之间竞争结合*NGR5*来抑制*NGR5*的泛素化降解。因此，增加DELLA蛋白的积累或增强DELLA蛋白的功能，可以减弱*NGR5*-*GID1*的互作，促进*NGR5*蛋白的稳定，促进分蘖，增加产量。因此，除了GA-*GID1*-DELLA信号通路外，还存在一条新的GA-*GID1*-*NGR5*信号通路。两条途径相互作用整合了赤霉素和氮信号共同调控植物的生长发育。GA-*GID1*-*NGR5*信号传导新机制的发现不仅丰富了我们对于赤霉素作用机理的认识，而且从分子水平上揭示了“绿色革命”矮秆品种在高肥条件下增产的原因。

进一步研究发现，*NGR5*可以招募PRC2 (POLYCOMB REPRESSIVE COMPLEX 2) 蛋白复合体，进而对抑制分蘖的基因*D14* (*Dwarf14*，编码植物激素独脚金内酯的受体蛋白) 和*OsSPL14* (编码SQU-AMOSA PROMOTER BINDING PROTEIN LIKE-14转录因子) 等进行H3K27me3甲基化修饰，并进一步抑制这些基因的表达，最终促进水稻分蘖。赤霉素通过促进*NGR5*蛋白降解，降低了靶基因的H3K27me3甲基化修饰水平，进而促进靶基因的表达，最终抑制水稻的分

蘖。研究者找到了一种*NGR5*的单倍型，将其在携带“绿色革命”基因的水稻品系中过量表达，不仅可以在保持半矮秆的优势株高的同时显著增加水稻的分蘖数目和产量，而且在适当少施氮肥的条件下能够提高水稻的氮肥利用效率和产量。这一发现为实现“少投入、多产出、保护环境”的可持续农业发展提供了一种新的育种策略。

(责编 桑新华)



关于“绿色”基因*NGR5*的研究发现及其功能发表在《科学》上，并作为封面文章重点推荐