

绘图 / 赵春秀



“绿色”基因 *DEP1*

撰文 傅向东

2020年,经农业农村部确认的超级稻品种共133个,其中常规稻占45%,杂交稻占55%。这些超级稻品种一次次刷新了水稻高产的纪录,为我国水稻单产的不断攀升做出了重要的贡献。但是,高产并不是水稻生产所追求的终极目标,在保证产量和品质的基础上还应具有多个绿色性状。早在2007年,张启发院士就提出了“绿色”超级稻的育种策略和目标:少打农药、少施化肥、节水抗旱、优质高产。2008年,“绿色超级稻”项目正式启动。该项目共在亚洲和非洲18个国家审定品种78个,目前这些品种正在稳步推广应用中。

第一次“绿色革命”的巨大成功证明了基因的重要价值。绿色超级稻育种的技术核心是要弄清楚“绿色”性状背后的分子奥秘,即利用了哪些

“绿色”基因及其牵涉的遗传调控网络。

DEP1 (*Dense and Erect Panicles 1*) 是从中国超级稻沈农265中克隆的直立密穗基因。它位于水稻的第9号染色体上,编码植物特有的、非典型的异三聚体鸟嘌呤核苷结合蛋白(简称G蛋白) γ 亚基,由426个氨基酸组成,含有一个GGL(G-protein gamma-like)结构域、一个TNFR/NGFR(Tumor necrosis factor receptor/nerve growth factor receptor)结构域和多个VWF(C)(Von Willebrand factor, type C)结构域。

G蛋白由 α 、 β 和 γ 三个亚基组成,是一类在真核细胞中保守的重要信号转导分子,介导细胞表面的G蛋白偶联型受体(GPCR)与细胞外的信号分子结合,并进行跨膜信号转导,将信号传递

到离子通道、酶及各种调节因子,激发一系列的下游反应。在植物中,G蛋白信号通路调控植物的生长发育、细胞的分裂、植物的防御、气孔的运动、离子通道的开关、糖信号的感知等过程以及赤霉素、脱落酸、生长素、油菜素内酯、茉莉酸等多种植物激素信号传导过程。目前认为,水稻中非典型的G γ 亚基包括*DEP1*、*GS3*和*OsGCC2*。其中,*DEP1*和位于第3号染色体上的*GS3*均为控制水稻产量性状的重要基因。

*dep1*是一个功能获得型的突变,是其在*DEP1*基因的第五个外显子上发生了625 bp的缺失和12 bp的插入,导致蛋白翻译提前终止而产生一个只有N端195个氨基酸的、截短的蛋白。一方面,*dep1*能够提高水稻茎尖分生组织的活力,促进细胞分裂,增加水稻穗部一次枝梗数、二次枝梗数和穗粒数;另一方面,*dep1*能够降低株高,使水稻半矮化、茎秆变粗、耐倒伏、耐密植、群体光合作用增加。*dep1*的这些功能特性显著提高了水稻产量。

*MADS1*是在外观、口感等方面调控稻米品质的转录因子。*DEP1*蛋白与G β 亚基相互作用形成的G $\beta\gamma$ 亚基复合体可进一步与*MADS1*转录因子互作,并作为*MADS1*蛋白功能发挥的辅助因子增强*MADS1*的转录激活活性,进而共同激活下游靶基因的表达,最终获得水稻产量和稻米

品质的协同提升。*DEP1*-*MADS1*分子模块的发现,为解决水稻高产与优质之间的矛盾、培育既好吃又高产的水稻新品种提供了新策略。*NPT1* (*New Plant Type 1*) 是水稻理想株型基因,该基因编码去泛素化酶。*NPT1*基因表达下降或功能丧失可导致少蘖、大穗和粗秆等理想株型。将优异等位变异*npt1*与*dep1*聚合可进一步提高当前主栽水稻品种的产量。

*DEP1*的强大功能还不仅仅局限于此,它在水稻的氮肥高效利用方面亦有作为。*DEP1*基因的表达受氮肥诱导,*dep1*能够增强水稻的氮吸收和同化能力,提高氮肥利用效率,进而提高收获指数和产量。在体内,*DEP1*蛋白能够与G α 亚基和G β 亚基相互作用。G α 活性降低或G β 活性提高均能抑制水稻生长的氮响应。因此,通过调节G蛋白的活性可以改变水稻的氮响应,进而在适当减少氮肥施用量的条件下获得水稻高产。

*dep1*不仅是水稻增产的关键基因,而且是一个水稻氮肥高效利用的重要基因。目前,*dep1*基因正在我国水稻超高产育种中发挥着关键作用,它的应用可在减少氮肥投入的条件下使携带“绿色革命”基因的现有高产品种的产量进一步提高。

(责编 桑新华)



我国科学家培育的优良水稻品种沈农265