
分子植物卓越中心发现植物细胞粘连的重要功能及其形成的关键基因

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/24050.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！

8月31日，中国科学院分子植物科学卓越创新中心晁代印研究组在《自然-植物》（Nature Plants）上，在线发表了题为A new family of proteins is required for tethering of Casparian strip membrane domain and nutrient homeostasis of rice

的研究成果。该研究鉴定到植物中一个全新的蛋白质家族GAPLESS，并发现该家族成员介导了植物根部内皮层屏障“凯氏带”处的细胞壁与细胞质膜粘连，从而控制水稻营养运输和生长发育。

生物体作为半开放系统，需要屏障控制物质能量的运输和交换。动物中，肠道上皮细胞通过一系列细胞质膜嵌合蛋白将相邻细胞紧密缝织在一起，从而形成封闭细胞间隙的“紧密连接”，控制营养物质摄入的同时防止营养物质的泄露。根是高等植物营养吸收的关键器官，因而结构或功能上均与动物肠道非常类似。根部内皮层细胞与肠道上皮细胞一样，具有控制营养吸收、防止营养泄露的功能。然而，由于细胞壁的存在，植物内皮层细胞不能像肠道上皮细胞那样直接通过紧密连接封闭细胞间隙。而植物在长期进化的过程形成了能够防止水分和营养物质自由扩散的独特细胞壁结构凯氏带。这一结构因发现者Caspary而得名。它由高度疏水的木质素组成，能够防止水溶性物质自由扩散。1935年，美国科学家发现，凯氏带处的细胞质膜（Casparian Strip Domain，CSD）与凯氏带（Casparian Strip，CS）形成类似于动物紧密连接的粘连。这种粘连强度颇高，甚至能将细胞撕碎的高渗处理都无法将该处质壁分离。长期以来，这种粘连被研究推测在植物中扮演重要角色，而由于研究难度和证据缺乏，这一推测并未得到证实。同时，它们产生的分子基础和粘连机制也不清楚。

该研究通过生物信息学分析和筛选，在水稻中找到了一系列内皮层特异表达的基因。其中三个未被报道过的基因序列高度相似，且它们编码的蛋白C端不保守结构域富含甘氨酸（G）、丙氨酸（A）、脯氨酸（P），而在N端具有保守的凝集素结构域（Lectin domain）和分泌信号肽（Secretary Signal Peptide），因此被命名为GAPLESS蛋白。这类蛋白在植物中广泛存在，并在内皮层非木栓质化细胞特异性表达。

三个GAPLESS蛋白的编码基因单独被敲除后，
只有gapless1

这个突变体呈现出明显的生长和离子稳态缺陷，如株高降低、分蘖减少、单株产量降低、钾离子降低、钙离子升高等。而GAPLESS1和GAPLESS 2双敲除突变体gapless1/2

呈现出严重的生长和离子稳态表型，其产量不到野生型的3%，钾离子含量只有野生型的10%。上述研究表明这些蛋白对于水稻颇为重要，且存在功能的冗余性。

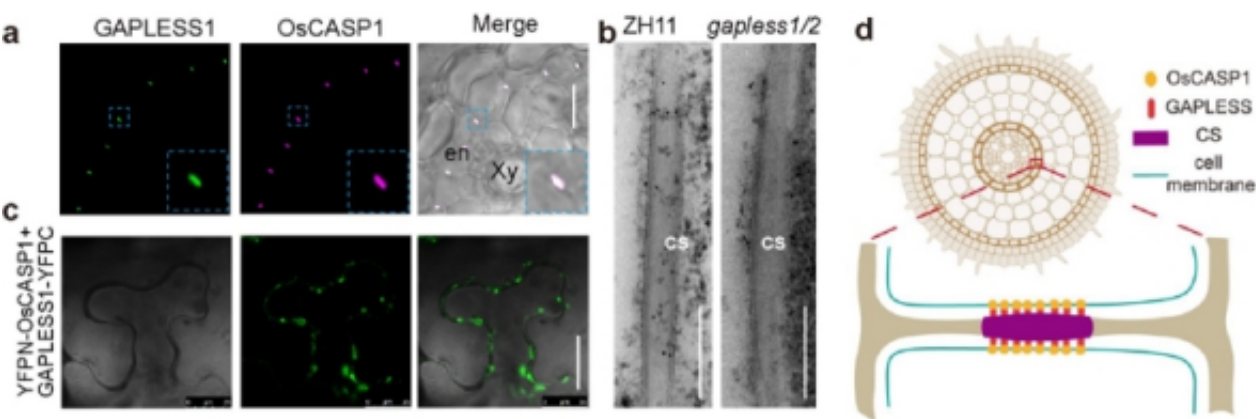
进一步，研究表明，单突变体gapless1根部内皮层防止水溶性分子自由扩散的能力下降，双突变体gapless1/2的自由扩散屏障功能缺陷则更为严重。然而，研究显示，它们的凯氏带木质素积累没有明显缺陷，相反地，双突变体gapless1/2的凯氏带反而更宽更强，暗示它们的屏障功能缺陷不是凯氏带缺陷所致。鉴于凯氏带-细胞质膜粘连被认为是内皮层细胞屏障建立所必须的，研究进一步运用电镜观察了野生型和突变体中的这一结构。结果显示，单突变体gapless1的凯氏带-细胞质膜粘连变弱，而gapless1/2突变体中则有一半的凯氏带-细胞质膜的粘连完全丧失，而即使发生粘连的部分也严重变窄。这表明GAPLESS蛋白家族是凯氏带-细胞质膜粘连所必须的，且这种细胞粘连对于水稻的营养平衡和生长发育颇为重要。

研究发现，GAPLESS特异定位在凯氏带所在的细胞壁，且与凯氏带细胞质膜区特异定位的OsCASP1蛋白共定位或极其接近。一系列的实验证据表明，GAPLESS蛋白能够与OsCASP1发生很强的相互作用，进而形成牢固的GAPLESS-OsCASP1复合体。因此，嵌于凯氏带细胞壁的GAPLESS蛋白与镶嵌于细胞质膜的OsCASP1通过形成这种稳固的复合体将凯氏带与细胞质膜粘连在一起，进而阻断水分和离子在根部自由扩散。

GAPLESS分子特征和作用机制的阐明，不仅刷新了科学家对细胞壁蛋白功能的认知，而且扩展了对于多细胞生物细胞粘连机制的认识。该研究揭开了凯氏带-细胞质膜粘连形成的分子机制，并首次证实这种紧密粘连对于植物营养平衡和生长发育至关重要。此外，由于凯氏带在植物选择性吸收和应对干旱、高盐等逆境胁迫中发挥重要作用，因此该研究对提高矿物质营养素的利用效率、解析植物耐盐耐旱机制具有重要意义。

研究工作得到国家自然科学基金重点项目、中国科学院战略性先导科技专项（B类）和英国皇家学会牛顿基金高级学者项目的支持。

[论文链接](#)



GAPLESS与OsCASP1形成CS-CSD复合体

研究团队单位：分子植物科学卓越创新中心

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](https://www.iikx.com)转发