研究揭示植物磷酸盐跨膜转运与调控的分子机理

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/31434.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！

研究揭示植物磷酸盐跨膜转运与调控的分子机理。

1月21日，中国科学院分子植物科学卓越创新中心张鹏与王永飞团队，在《自然-植物》（*Nature Plants*）上在线发表了题为*Structural mechanism underlying PHO1;H1-mediated phosphate transport in Arabidopsis*
的研究论文。该研究解析了首个植物磷酸盐转运蛋白的三维结构，揭示了模式植物拟南芥PHO1;H1外排磷酸根的分子机制和多磷酸肌醇介导的调控机制。

植物进化出复杂的无机磷酸盐（Pi）转运系统，在土壤中吸收Pi并介导Pi
在不同的组织和细胞（器）之间运输，以维持Pi
稳态。迄今为止，科研人员在植物中鉴定出多
种Pi转运蛋白。其中，PHO1及同源蛋白属于SPX-EXS家族。目前，植物Pi
转运蛋白三维结构和调控机制尚不清楚。

拟南芥PHO1及同源蛋白PHO1;H1是SPX-EXS家族Pi
转运蛋白的典型代表。二者均参与无机磷向木质部导管的装载过程，以实现磷从根部到地上部分的运输。PHO1蛋白包含N端的胞质侧SPX结构域和C端EXS跨膜结构域。SPX
结构域作为Pi
感受
器，能够
与细胞内高磷信号
分子焦磷酸肌醇结合，从而调控磷外
排活性。而关于PHO1蛋白如何介导Pi的外排以及焦磷酸肌醇的调控机制尚不明晰。

该研究运用电生理技术验证了六磷酸肌醇（$InsP_6$）对AtPHO1;H1外排Pi的激活作用
。进一步，研究通过异源表达纯化AtPHO1;H1
蛋白，并利用单颗粒冷冻电镜技术，解析
了AtPHO1;H1结合底物Pi及调控分子$InsP_6$
且处于通道关闭构象的三维结构。分子动力学模拟和AlphaFold
预测获得了AtPHO1;H1的开放构象。分析发现，AtPHO1;H1
以同源二聚体形式存在；它的EXS
结构域呈现新的蛋白质折叠方式，每个EXS
结构域均包含一个独立的底物运输通道
。两个关键的门控氨基酸Trp719和Tyr610

位于底物结合
位点上方，调控通道的开放
与关闭。结构和生化分析结果显示，$InsP_6$结合于SPX
结构域的二聚体界面，发挥“ 分子胶
水 ”的功能，促进SPX二聚化过程并增强AtPHO1;H1
的活性。同时，研究发现，AtPHO1;H1的C端结合于EXS结构域和SPX
结构域之间，对于维持AtPHO1;H1活性具有关键作用。

该研究基于结构和功能分析发现，AtPHO1;H1
采用类似通道的机制介导Pi
的
外排
，并通过
感知磷酸肌醇水平
来精准调控自身的转运活性。据此，
研究提出了AtPHO1;H1的工作与调控模型
。在低磷条件下，植物体缺少焦
磷酸肌醇信号分子，AtPHO1;H1蛋白EXS结构域的Pi
转运通道被处于单体状态的SPX结构域阻挡，导致底物Pi
无法进入转运通道而处于失活状态
；磷浓度升高促进焦磷酸肌醇信
号分子生成并结合到AtPHO1;H1的SPX
结构域，后者发生构象变化并二聚化，使得EXS结构域的Pi转运通道暴露出来；Pi
进入转运通道并促使门控氨基酸及跨膜螺旋TM9
发生构象变化，转运通道完全开放，实现了Pi从高浓度向低浓度转运。

这一研究揭示了植物
磷酸盐转运蛋白的结构与分子机制。同时
，鉴于PHO1
与植物的光合作用效率相关，该成果为改造作物磷吸收水平和光合作用效率奠定了理论基础。

研究工作得到国家自然科学基金委员会、中国科学院及上海市的支持。

论文链接



AtPHO1;H1工作模型

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转发