

Zn²⁺ 植物营养和重金属研究的新热点

-- 非损伤微测技术成功实现跨膜 Zn²⁺ 动态检测

李磊^{1, 2*}

¹ 旭月（北京）科技有限公司，北京，中国 10080；² 国际 NMT 联盟，19 Research Drive, Suite 6 Amherst, MA 01002, USA

摘要： Zn 作为一种植物生长的必需微量元素，在植物的生长发育过程中发挥着至关重要的作用，但当其在植物体内的累积量达到一定值时，也会表现出毒性效应。传统的含量分析方法存在破坏样品、时空分辨率低等局限性因素。利用非损伤微测技术可以实时、动态检测活体植物 Zn²⁺ 吸收转运过程，对植物重金属积累毒害研究有重大意义。同时非损伤微测技术对于农作物矿质元素高效利用研究也有很大的应用前景。

关键词： 非损伤微测技术、锌离子、重金属、植物营养

一、前言

Zn 作为一种植物生长的必需微量元素，在植物的生长发育过程中发挥着至关重要的作用，但当其在植物体内的累积量达到一定值时，也会表现出毒性效应。随着 Zn 肥在农业中的广泛应用、Pb/Zn 矿的开发以及工业废水的排放和大气沉降过程等影响，导致 Zn 在土壤、水体中大量积累，这将对农作物及水生动植物的生长生存产生消极影响，进而对人类的健康产生威胁。

二、技术挑战

对植物吸收 Zn²⁺ 的传统研究方法是以植物的整个器官或组织作为研究对象，并通过化学方法分析其含量。这些传统分析方法存在两个局限性：一，对样品的破坏，不能反映活体植物吸收 Zn²⁺ 的特性；二，分析的时空分辨率低，反映的是一定时间内整个器官或组织对 Zn²⁺ 吸收浓度的平均值，无法实时测定根系微区 Zn²⁺

的动态吸收过程。所以需要一种新的研究方法，可以在不损伤样品的前提下，实时动态检测植物根际 Zn²⁺ 的动态吸收转运过程。

三、解决方案

利用非损伤微测技术实时、动态、无损检测的特点，可以对 Zn²⁺ 在植物根际微界面的动态过程进行实时、活体检测，这将有助于深入认识植物适应 Zn 毒害的生理机制。

中国科学院烟台海岸带研究所，海岸带环境过程与生态修复重点实验室的张云超、李连祯等，已经利用非损伤微测技术对 Zn/Cd 超积累植物伴矿景天 (*Sedum plumbizincicola*) 根际不同微区的 Zn²⁺ 离子流进行了实时检测。

收稿日期：2023-08-10

* 通讯作者 E-mail: xuyue_lilei@126.com

doi:10.5281/zenodo.8278843

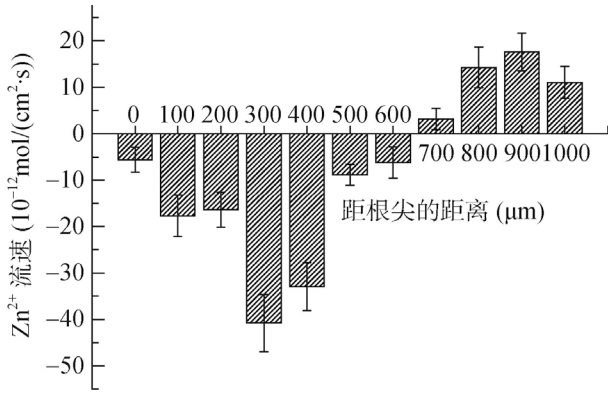


图1 伴矿景天根际 Zn²⁺ 离子流测试

四、展望

锌是作物体内生长素合成的关键因子，所以植物缺锌时，就会呈现出植株矮小，叶子的分化受阻，而且畸形生长；很多植物幼苗缺锌时，会发生“小叶病”。农作物在生产过程中离不开锌元素的供给，锌元素对促进农作物优质、高产有重要作用。因缺锌造成的生理病害的发生与预防越来越受到人们的重视。

云南大学-资源植物研究院/农学院的多年生稻团队雷贵杰课题组在 *New Phytologist* 发

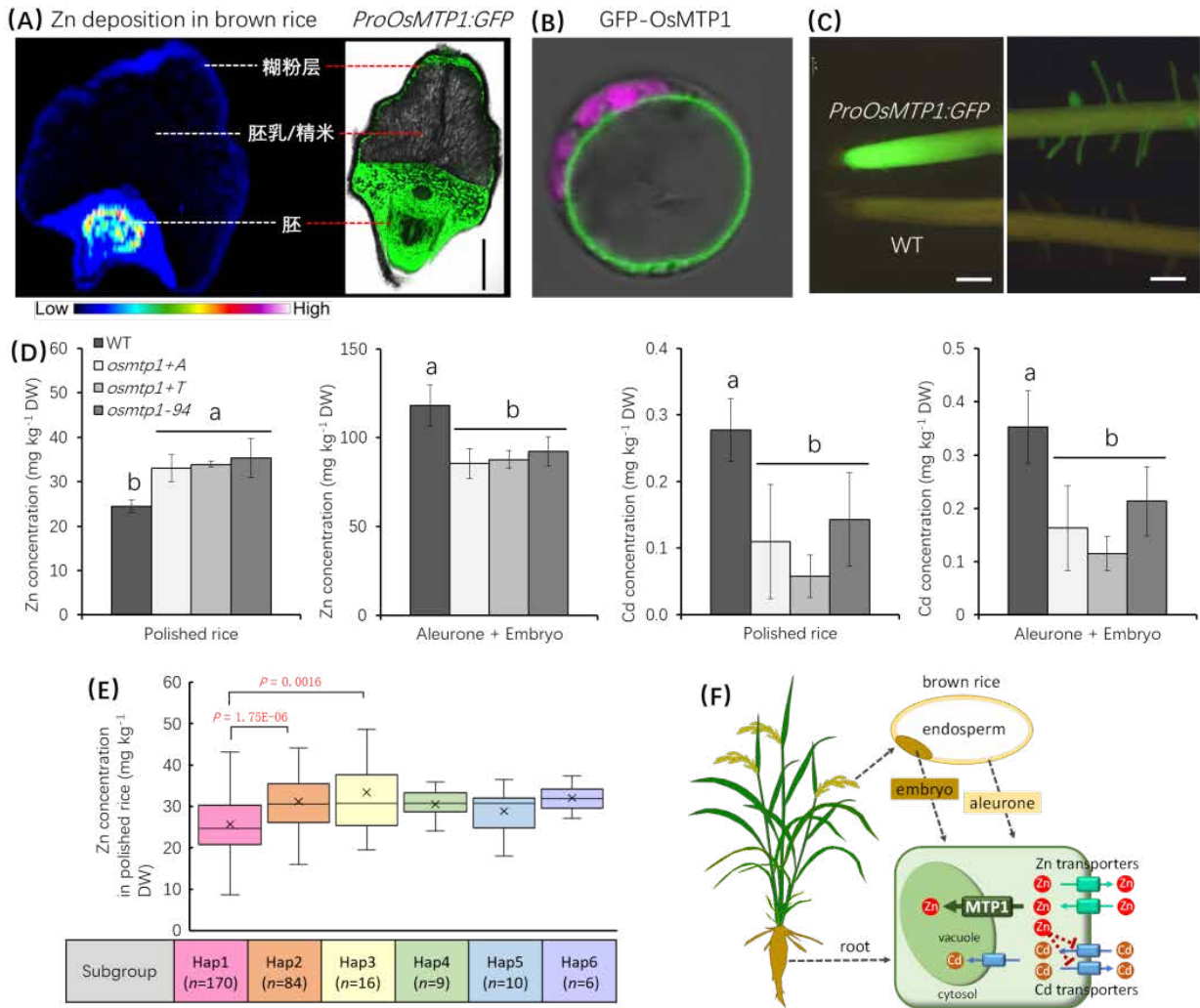


图2 OsMTP1 功能和作用模式图

表了题为“A vacuolar transporter plays important roles in zinc and cadmium accumulation in rice grain”的研究论文，揭示了水稻液泡膜定位的锌转运蛋白 OsMTP1 在提高稻米 Zn 含量、降低稻米 Cd 含量中的功能。

该研究表明液泡膜定位的 OsMTP1 能将 Zn 运输进入液泡，OsMTP1 基因敲除导致更多的 Zn 分配到秸秆、糙米和精米，同时间接抑制 Cd 向秸秆、糙米和精米分配积累，但没有影响产量（图 2）。OsMTP1 是可用于培育高 Zn 低 Cd 稻米的优异基因，对培育稻米矿质元素理性积累、安全营养的水稻品种提供新思路。

以上出色的工作值得继续深入研究，比如可以利用非损伤微测技术进一步研究 Zn^{2+} 在植物体内的实时动态转运过程，这对于深入研究农作物 Zn、Fe、Mn 等矿质元素的高效利用至关重要。

参考文献

- [1] Min Ning, Shi Jia Liu, et al. A vacuolar transporter plays important roles in zinc and cadmium accumulation in rice grain[J]. *New Phytologist*, 2023(05):1919-1934.
- [2] 张云超等. "非损伤微测 Zn^{2+} 选择性微电极的研发及应用." *土壤* 52.2(2020):7.
- [3] 许越. 非损伤微测技术—2022[J]. *NMT 通讯*, 2023(01):11-17.

（责任编辑：李雪霏）