

Environ Pollut 桂林理工俞果：NMT 根表实时吸 Cd 速率数据 为揭示超富集植物籽粒苋的 Cd 吸收转运机理提供重要证据

Environmental Pollution 331 (2023) 121846



Contents lists available at ScienceDirect

Environmental Pollution

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envpol



Cadmium uptake and membrane transport in roots of hyperaccumulator *Amaranthus hypochondriacus* L.[☆]

Mengxuan Han^{a,1}, Habib Ullah^{b,1}, Huan Yang^a, Guo Yu^{a,*}, Shaohong You^a, Jie Liu^a, Baoliang Chen^b, Asfandyar Shahab^a, Vasileios Antoniadis^c, Sabry M. Shaheen^{d,e,f}, Jörg Rinklebe^d

一、基本信息

研究使用平台：NMT 重金属胁迫创新平台

期刊：Environmental Pollution

主题：NMT 根表实时吸 Cd 速率数据 为揭示超富集植物籽粒苋的 Cd 吸收转运机理提供重要证据

标题：Cadmium uptake and membrane transport in roots of hyperaccumulator *Amaranthus hypochondriacus* L.

影响因子：8.9

作者：桂林理工大学韩梦璇、俞果、浙江大学 Habib Ullah

获奖情况：该成果获得 2022-2023 年度“中关村优秀 NMT 成果奖”二等奖

二、检测离子 / 分子指标

Cd²⁺

三、样品信息

籽粒苋（距根尖 100μm 根表上的点）

四、中文摘要

超富集植物籽粒苋在修复镉（Cd）污染土壤方面具有巨大潜力，对于了解根系吸收 Cd 机制是有必要的。本研究采用非损伤微测技术（NMT）分析根尖不同区域的 Cd²⁺ 流速，研究了籽粒苋根部 Cd 吸收的机制。此外，我们评估了不同离子通道阻滞剂和代谢抑制剂对根系 Cd 积累、实时 Cd²⁺ 流速，以及 Cd 沿根部的分布的影响。结果表明，Cd²⁺ 在根尖附近（距根尖 100 μm 处）的流速更大。代谢抑制剂、离子通道阻滞剂和金属阳离子均对籽粒苋根系 Cd 的吸收有不同程度的抑制作用。Ca²⁺ 通道阻滞剂氯化镧（LaCl₃）显著降低了根系中 Cd²⁺ 的流速，降低了 96%，维拉帕米降低了 93%；K 通道阻滞剂四乙基铵（TEA）也使根系 Cd²⁺ 净通量降低了 68%。因此，我们推断，籽粒苋根部的吸

收稿日期：2023-07-27

编辑作者 E-mail: yanhan@nmtia.org.cn

doi: 10.5281/zenodo.8278266

收主要是通过 Ca^{2+} 通道。Cd 的吸收机制与质膜 P 型 ATP 酶和植物螯合素 (PC) 的合成也存在联系。综上所述, Cd^{2+} 通过多种离子通道进入籽粒苋根部, 其中最主要的是 Ca^{2+} 通道。本研究为进一步探究镉超富集植物根部的 Cd 吸收和膜转运机理提供了科学依据。

五、离子 / 分子流实验处理方法

籽粒苋幼苗分别在含有 $500 \mu\text{M Na}_3\text{VO}_4$ 、 $250 \mu\text{M BSO}$ 、 1 mM LaCl_3 、 $50 \mu\text{M}$ 维拉帕米、 $100 \mu\text{M TEA}$ 、 1.0 mM Ca^{2+} 、 1.0 mM Mg^{2+} 、 5 mM Na^+ 和 5 mM K^+ 的营养液中培养 12 h

六、离子 / 分子流实验结果

代谢抑制剂组: BSO 处理后的 Cd^{2+} 流速下降了约 45%, Na_3VO_4 处理后的 Cd^{2+} 流速下降了约 33% (图 1)。

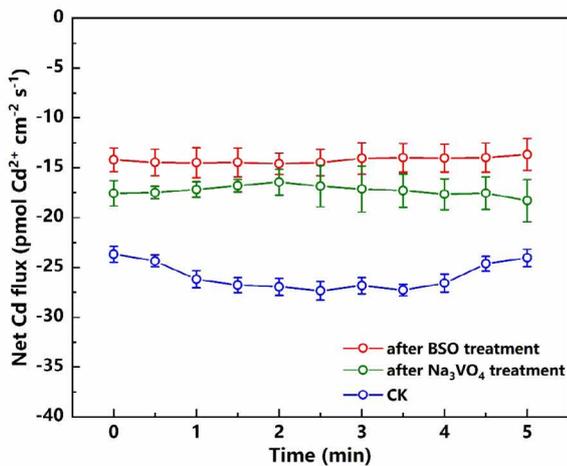


图 1 代谢抑制剂 (BSO 和 Na_3VO_4) 处理前后的 Cd^{2+} 流速

离子通道阻滞剂组: Ca^{2+} 通道阻滞剂维拉帕米和 LaCl_3 处理后的 Cd^{2+} 流速下降了约 96% 和 93%, K^+ 通道阻滞剂 TEA 处理后的 Cd^{2+} 流速下降了 68% (图 2)。

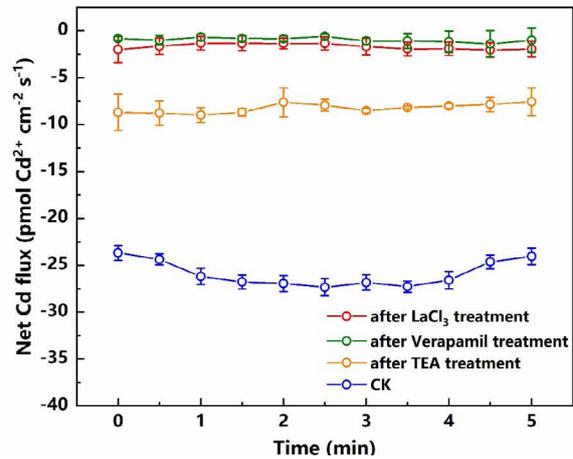


图 2 离子通道阻滞剂 (LaCl_3 、维拉帕米和 TEA) 处理前后的 Cd^{2+} 流速

金属阳离子处理组: Ca^{2+} 处理后的 Cd^{2+} 流速下降了约 88%, Mg^{2+} 处理后的 Cd^{2+} 流速下降了约 85%, K^+ 处理后的 Cd^{2+} 流速下降了约 78%。 Na 处理后的 Cd^{2+} 流速下降了约 65% (图 3)。

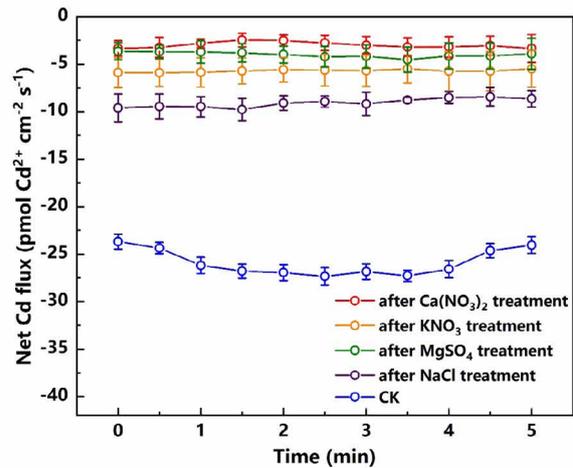


图 3 金属阳离子 (Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 和 Na^+) 处理前后的 Cd^{2+} 流速

七、其它实验结果

- 通过研究籽粒苋根部的生物量和 Cd 积累发现, 代谢抑制剂和离子通道阻滞剂处理的植物的生物量受到了明显抑制, 而添加金属阳离子对植物生物量的影响不大, 所有处理组对籽粒苋根

部的 Cd 积累均有不同程度的抑制作用，在所有处理组中对 Cd 积累影响最大的是金属阳离子 Ca^{2+} 。

- 通过研究沿根尖不同位置的 Cd^{2+} 通量发现，籽粒苋根系对 Cd 的吸收具有明显的纵向变化，距离根尖 100 μm 附近 Cd^{2+} 内流最大。
- 通过荧光标记根尖中的 Cd^{2+} 发现，在根冠附近的 Cd^{2+} 绿色荧光强度更强，几种代谢抑制剂，离子通道阻滞剂和金属阳离子均抑制根尖的荧光强度，且 Ca^{2+} 抑制程度最大。

八、结论

Cd^{2+} 通过多种离子通道进入籽粒苋根部，其中 Ca^{2+} 通道是 Cd^{2+} 进入籽粒苋根部的主要通道。本研究结果有助于进一步探究 Cd 超积累植物根系对 Cd 的吸收和膜转运机理。

九、测试液

在 0.1 mM KCl、0.3 mM MES、10 μM $\text{Cd}(\text{SO}_4)$ 中分别加入 500 μM Na_3VO_4 、250 μM BSO、1 mM LaCl_3 、50 μM 维拉帕米、100 μM TEA、1.0 mM Ca^{2+} 、1.0 mM Mg^{2+} 、5 mM Na^+ 和 5 mM K^+ ，pH 5.8

关键词： Cd^{2+} ；镉离子通道；超富集植物；吸收机制；植物营养；籽粒苋；根；植物类

文献信息：Han M, Ullah H, Yang H, Yu G, You S, Liu J, Chen B, Shahab A, Antoniadis V, Shaheen SM, Rinklebe J. Cadmium uptake and membrane transport in roots of hyperaccumulator *Amaranthus hypochondriacus* L. *Environ Pollut.* 2023 May 19:121846. doi: 10.1016/j.envpol.2023.121846. Epub ahead of print. PMID: 37211225.

（责任编辑：李雪霏）