

Tree Physiol 厦大郑海雷：NMT 探究不同盐浓度下红树盐腺泌 Na/K/H 速率 为揭示盐腺调节叶片钠钾稳态的机制提供证据



Volume 43, Issue 5
May 2023

JOURNAL ARTICLE

Leaf sodium homeostasis controlled by salt gland is associated with salt tolerance in mangrove plant *Avicennia marina* [Get access >](#)

Zejun Guo, Ming-Yue Wei, You-Hui Zhong, Xuan Wu, Bing-Jie Chi, Jing Li, Huan Li, Lu-Dan Zhang, Xiu-Xiu Wang, Xue-Yi Zhu ... [Show more](#)

Tree Physiology, Volume 43, Issue 5, May 2023, Pages 817–831, <https://doi.org/10.1093/treephys/tpad002>

Published: 05 January 2023 [Article history](#) ▼

一、基本信息

研究使用平台：NMT 盐碱胁迫创新平台

期刊：Tree Physiology

主题：NMT 探究不同盐浓度下红树盐腺泌 Na/K/H 速率 为揭示盐腺调节叶片钠钾稳态的机制提供证据

标题：Leaf sodium homeostasis controlled by salt gland is associated with salt tolerance in mangrove plant *Avicennia marina*

影响因子：4.561

作者：厦门大学郑海雷、郭泽军、魏明月、钟友辉

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

Na⁺、K⁺、H⁺

三、样品信息

白骨壤叶片上表皮盐腺

四、中文摘要

白骨壤 (*Avicennia marina*) 是一种生长在沿海湿地的红树植物，经常受到潮汐盐度的影响。为了了解它的耐盐性，白骨壤的幼苗用 0、200、400 和 600 mM NaCl 处理。我们发现整株植物的干重、光合参数在 200 mM NaCl 时增加，但在 400 mM NaCl 以上时降低。初级光化学 (Fv/Fm) 的最大量子产率在 600 mM NaCl 时显著降低。透射电子显微镜观察表明，高盐度导致淀粉粒尺寸减小、类囊体肿胀和基粒堆叠分离，甚至包膜被破坏。此外，在上表皮的盐腺中，分泌细胞和颈细胞中原生质致密，线粒体丰富，盐腺细胞间的胞间连丝丰富。在所有盐度下，叶片中的 Na⁺ 含量均高于茎和根，在超过 400 mM NaCl 处理时，根中的 Na⁺ 含量增加，而叶子中的含量保持恒定，这是由于盐腺泌盐

收稿日期：2023-05-11

编辑作者 E-mail: yanhan@nmtia.org.cn

doi: 10.5281/zenodo.8278233

所导致。结果，叶片正面盐晶体随着盐度的增加而增加。另一方面，非损伤微测技术测量表明盐处理增加了盐腺 Na^+ 和 K^+ 的外排，减少了 H^+ 外排，而 Na^+ 外排在 400 mM NaCl 时达到最大值。进一步的 RT-qPCR 分析表明， Na^+/H^+ 逆向转运蛋白 (*SOS1* 和 *NHX1*)、 H^+ -ATP 酶 (*AHA1* 和 *VHA-c1*)、 K^+ 通道 (*AKT1*、*HAK5* 和 *GORK*) 被上调，只有 Na^+ 内向转运蛋白 (*HKT1*) 在 400 mM NaCl 处理下在富含盐腺的叶子上表皮中被下调。综上所述，200 mM NaCl 以下的盐度有利于白骨壤的生长，400 mM 以下的盐度时盐腺可有效排泄 Na^+ ，提高其耐盐性。

五、离子 / 分子流实验处理方法

白骨壤幼苗 0, 200, 400 和 600 mM NaCl 处理 8 周

六、离子 / 分子流实验结果

为了研究白骨壤盐腺中离子通量的动态变化，我们应用 NMT 系统来测量各个盐度下盐腺的 Na^+ 、 K^+ 和 H^+ 通量。结果显示，对照组植物的 Na^+ 外流率保持在很低的水平（约 $164 \text{ pmol cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ），而 NaCl 处理的植物表现出持续稳定的 Na^+ 外流，在 400 mM NaCl 处理下达到最大的 Na^+ 外流率，约 $2870 \text{ pmol cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ （图 1a 和 b）。白骨壤盐腺的 K^+ 和 H^+ 通量在对照植物中表现为轻微的外流（图 1c-f）。盐处理后， K^+ 外流率随盐度增加而明显增加， H^+ 外流率随盐度增加而减少（图 1c-f）。这些结果表明，盐处理增加了 Na^+ 和 K^+ 外流，减少了 H^+ 外流， Na^+ 外流率在 400mM NaCl 时达到最大。

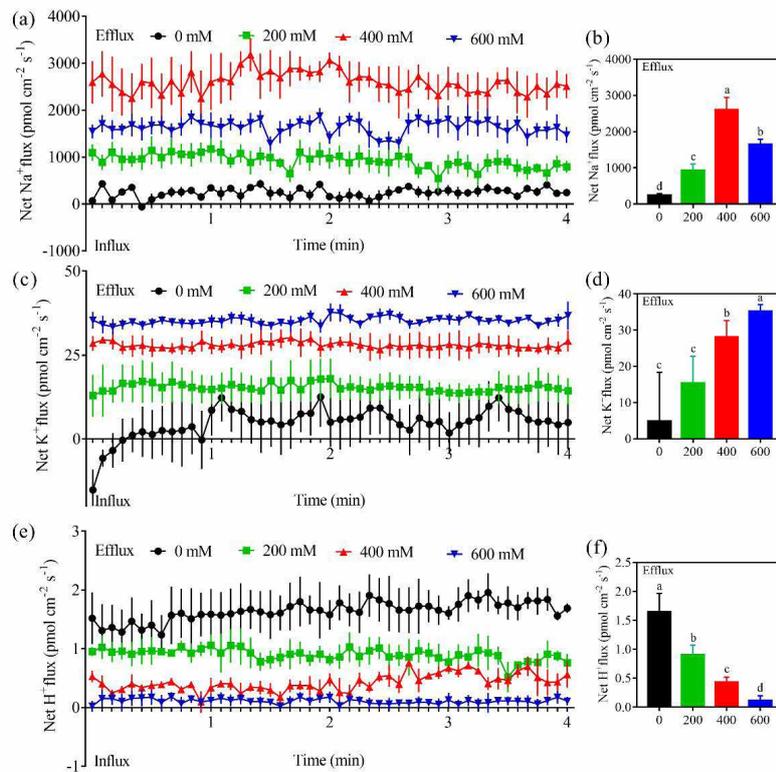


图 1. 褪黑素、NaCl 对 *A. marina* 盐腺中 Na^+ 、 K^+ 和 H^+ 通量的影响

七、其它实验结果

- 200mM NaCl 处理增加了光合作用 (Pn) 和植物干重 (DW)，而超过 400mM NaCl 则降低了 Pn 和 DW，600mM NaCl 在初级光化学的最大量子产率 (Fv/Fm) 方面明显下降。
- 透射电镜观察到盐度导致基粒叠垛的分离、类囊体的肿胀，甚至 600mM NaCl 下导致叶绿体包膜的破裂。此外，还观察到分泌细胞和颈细胞中致密的原生质，以及盐腺细胞之间丰富的胞间连丝。
- 在所有的盐度下，叶片中的 Na⁺ 含量都高于根部，然而，在 400mM NaCl 以上的盐度处理时根中 Na⁺ 含量增加，而在叶片中保持稳定，这可能是由于盐腺分泌盐分导致。
- NaCl 处理通过影响编码 H⁺-ATPase, Na⁺/H⁺ 离子交换器和 K⁺ 通道的基因的表达来调节盐腺泌盐。

八、结论

白骨壤叶片的 Na⁺ 稳态主要通过盐腺泌盐来调节，200 mM NaCl 以下的盐度有利于白骨壤的生长，400 mM 以下的盐度时盐腺可有效排泄 Na⁺，提高其耐盐性。

九、测试液

0.1 mM KCl, 0.1 mM CaCl₂, 0.1 mM MgCl₂, 0.5 mM NaCl, 0.2 mM Na₂SO₄, 0.3 mM MES, pH 6.0

关键词: Na⁺; K⁺; H⁺; 盐胁迫; 白骨壤; 盐腺; 植物类

文献信息: Guo Z, Wei MY, Zhong YH, Wu X, Chi BJ, Li J, Li H, Zhang LD, Wang XX, Zhu XY, Zheng HL. Leaf sodium homeostasis controlled by salt gland is associated with salt tolerance in mangrove plant *Avicennia marina*. *Tree Physiol.* 2023 Jan 5;tpad002. doi: 10.1093/treephys/tpad002. Epub ahead of print. PMID: 36611000.

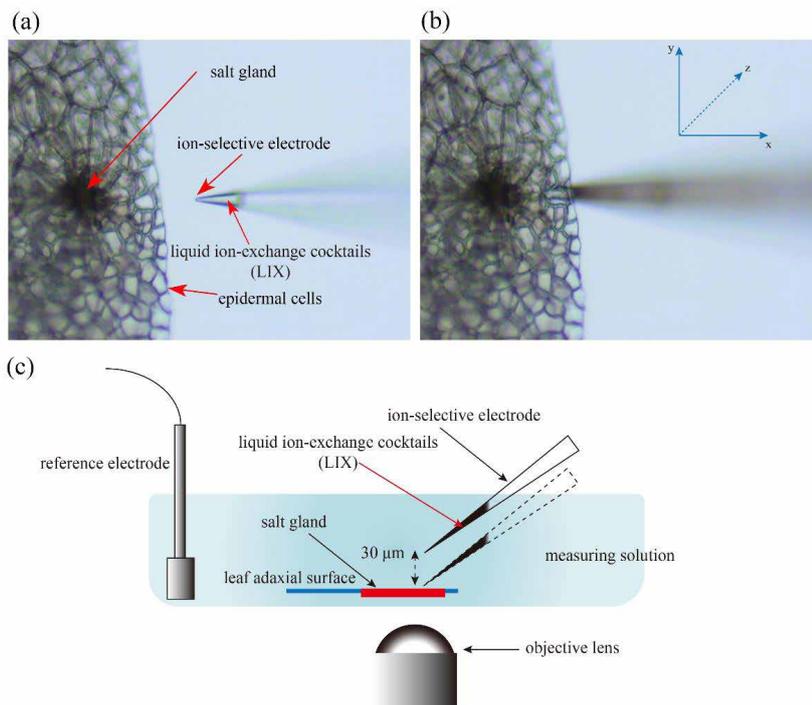


图 2. 使用非损伤微测技术 (NMT) 测量离子通量的示意图

(责任编辑: 李雪霏)