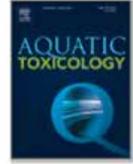


Aquat Toxicol 南京地湖所谢丽强：NMT 发现微囊藻毒素 LR 会破坏苦草根叶 Ca^{2+} 和 H^+ 平衡 影响营养物质积累



Aquatic Toxicology
Volume 254, January 2023, 106377



The disruption of calcium and hydrogen ion homeostasis of submerged macrophyte *Vallisneria natans* (Lour.) Hara caused by microcystin-LR

Chen Cheng^{a, b}, Alan D. Steinman^c, Qingju Xue^a, Xiang Wan^d, Liqiang Xie^a

一、基本信息

研究使用平台：NMT 毒理研究创新平台

期刊：Aquatic Toxicology

主题：NMT 发现微囊藻毒素 LR 会破坏苦草根叶 Ca^{2+} 和 H^+ 平衡 影响营养物质积累

标题：The disruption of calcium and hydrogen ion homeostasis of submerged macrophyte *Vallisneria natans* (Lour.) Hara caused by microcystin-LR

影响因子：5.2

作者：中科院南京地理与湖泊研究所谢丽强、程晨

二、检测离子 / 分子指标

Ca^{2+} 、 H^+

三、样品信息

苦草叶片边缘，根部分生区和成熟区

四、中文摘要

本研究采用非损伤微测技术 (NMT) 检测了微囊藻毒素 LR (MC-LR) 对苦草钙离子 (Ca^{2+}) 和氢离子 (H^+) 稳态的影响，并研究了离子平衡与生理指标之间的关系。结果显示：1) MC-LR 在苦草组织中富集，在根部的吸收量大于叶；2) MC-LR 诱发了叶片持续性、剂量依赖性的 Ca^{2+} 外排和根部可恢复的 Ca^{2+} 外排。虽然叶和根的 H^+ -ATPase 被 MC-LR 激活，但增强了根的 H^+ 外排和叶的 H^+ 吸收。通过影响 Ca^{2+} 和 H^+ 的稳态，MC-LR 直接或间接地影响了营养

(责任编辑：李雪霏)

收稿日期：2022-12-26

编辑作者 E-mail: yanhan@nmtia.org.cn

物质的积累：氮、镁、磷、钙、铁和锌的积累在叶片中减少；钙、镁和锌在根部减少；而钾在叶片和根部都表现出增加。显微结果显示，MC-LR 引起了叶片肿胀，蛋白质和淀粉的积累减少。此外，Ca²⁺ 的外排和过渡金属积累的减少，导致叶片和根部的 ROS 水平下降。水生植物离子平衡的破坏可以由低至 1 μg/L 的 MC-LR 引起，这表明由微囊藻毒素引起的生态影响需要更多的关注。

五. 离子 / 分子流实验处理方法

0, 1, 10, 100, 100μg/L 的 MC-LR 处理苦草 8 天

六. 离子 / 分子流实验结果

如图 1 所示，100 μg/L MC-LR 引起了苦草叶片持续性的 Ca²⁺ 外排和根部可逆性的 Ca²⁺ 外排。100 μg/L MC-LR 引起了叶片 H⁺ 内流和根部分生区 H⁺ 外排，对根成熟区无明显影响。

MC-LR 引起了苦草叶片剂量依赖性的 Ca²⁺ 外排和根部的 Ca²⁺ 外排（1 和 1000 μg/L），MC-LR 引起了苦草叶片 H⁺ 内流和根分生区、成熟区的 H⁺ 外排。根分生区 H⁺ 外排程度强于成熟区（图 2）。

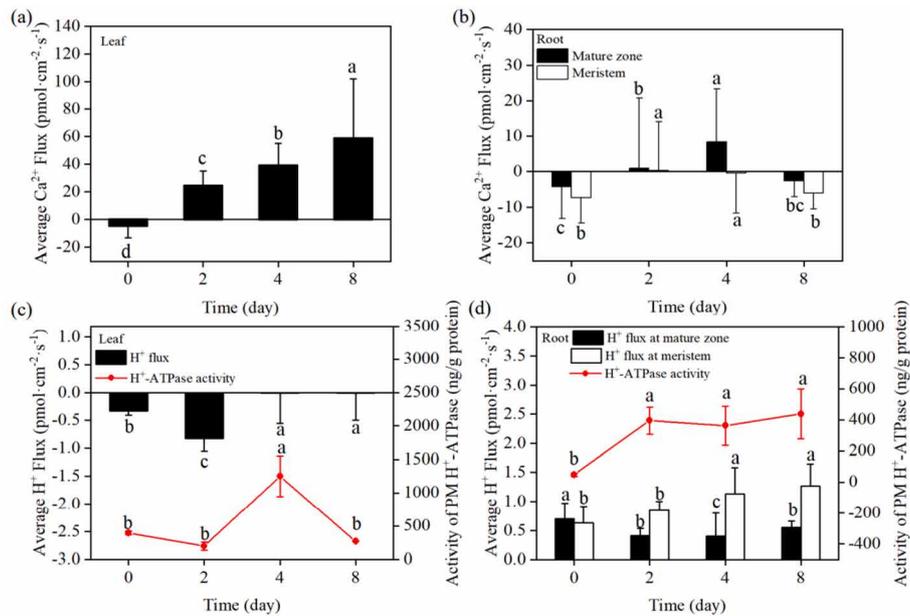


图 1. 8 天内 100μg/L MC-LR 对苦草叶片和根部离子流的影响。正值代表外排，负值代表吸收。

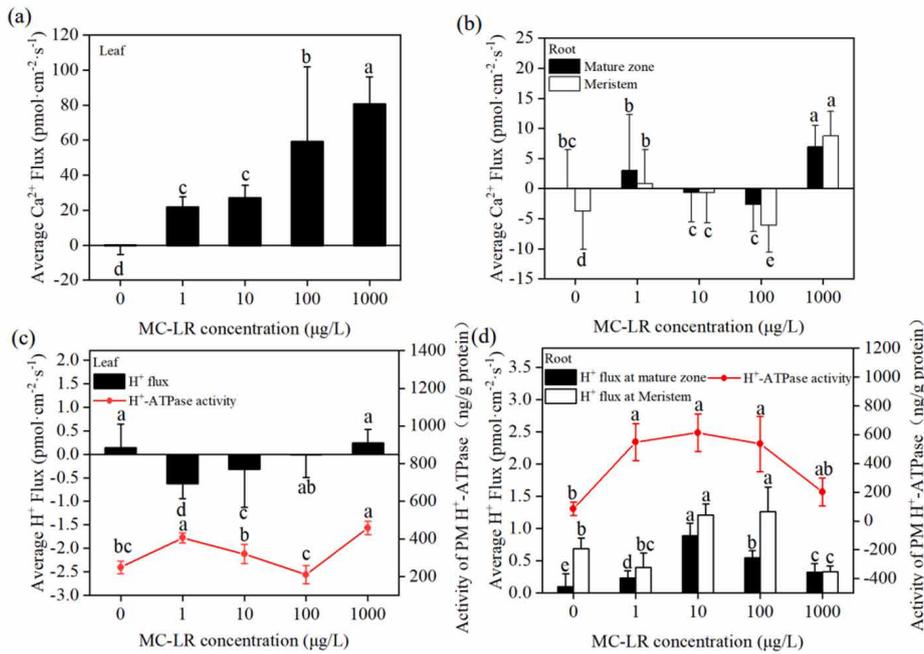


图 2. 不同浓度 MC-LR 对苦草叶片和根部离子流的影响。正值代表外排，负值代表吸收。

七、其它实验结果

- MC-LR 影响了营养物质的积累：氮、镁、磷、钙、铁和锌的积累在叶片中减少；钙、镁和锌在根部减少；而钾在叶片和根部都表现出增加。
- 显微结果显示 MC-LR 引起了叶片肿胀，蛋白质和淀粉的积累减少。
- Ca²⁺ 的外排和过渡金属积累的减少，导致叶片和根部的 ROS 水平下降。

八、结论

本研究利用 NMT 研究了 MC-LR 对苦草 Ca²⁺ 和 H⁺ 稳态的影响，并探讨了离子流速和营养物质积累之间的联系。MC-LR 通过破坏苦草根和叶 Ca²⁺ 和 H⁺ 的平衡，减少了 N、P、Ca、Mg、Fe 和 Zn 的积累，但增加了 K 的积累，进一步导致蛋白质和淀粉的合成减少，并引起叶片肿胀。ROS 随 MC-LR 浓度的降低是由于过渡金属积累和

Ca²⁺ 外排的减少导致的。本研究结果表明，即使没有发生大规模的蓝藻水华，水生植物的离子平衡仍会受到干扰。

九、测试液

0.1 mM KCl, 0.3 mM MES, 0.1mM CaCl₂, pH 6.0

关键字：微囊藻毒素 LR；H⁺；Ca²⁺；苦草；营养积累；植物类

文献信息：Cheng C, Steinman AD, Xue Q, Wan X, Xie L. The disruption of calcium and hydrogen ion homeostasis of submerged macrophyte *Vallisneria natans* (Lour.) Hara caused by microcystin-LR. *Aquat Toxicol.* 2023 Jan;254:106377. doi: 10.1016/j.aquatox.2022.106377. Epub 2022 Dec 19. PMID: 36563584.