

重金属胁迫研究文献专辑 非 损 伤 微 测 技 术

获取更多分类文献专辑

神经研究、毒理（斑马鱼）研究、重金属胁迫、盐胁迫、IAA 研究、极性生长、温度胁迫、
水旱胁迫、植物免疫、植物-微生物互作、植物营养

[>>点击获取](#)

中关村 NMT 产业联盟

nmtia.org.cn

扫码获取 2021 最新文献



目 录

EP 南农崔瑾：血红素加氧酶诱导剂抑制 *BcIRT1* 转录降低小白菜 Cd 吸收.....- 1 -

南农 PP：NMT 主导钙依赖的活性氧信号介导富氢水促根系拒镉的研究.....- 5 -

J Hazard Mater 潘科：NMT 为硅处理提升藻类耐 Cd 能力提供直接证据- 9 -

J Hazard Mater 李春阳：NMT 发现杨树雌雄株根系吸 Cd 速率差异揭示其不同耐 Cd 策略 ...- 11 -

JHM 沈振国：NMT 证实豌豆 L3 变种分生/伸长/成熟区 Cd 吸收弱于 ZM 变种 - 13 -

Plant Soil：NMT 为揭示植物吸收镉锰的交互作用及机制提供证据 - 15 -

林科院亚林所卓仁英：Cd 高积累与低积累柳树耐 Cd 机制的研究..... - 17 -

沈阳农大何佳丽：外源褪黑素可降低苹果根茎的 Cd 吸收缓解 Cd 毒..... - 20 -

北大徐福留：NMT 对蕨类耐镉机制的研究..... - 22 -

Plant Cell Environ 浙江大学：ABA 可抑制超富集东南景天对 Cd 的吸收..... - 23 -

EP 南农崔瑾：血红素加氧酶诱导剂抑制 *BcIRT1* 转录降低小白菜 Cd 吸收

1. 基本信息

期刊: Environmental Pollution

主题: 血红素加氧酶诱导剂抑制 *BcIRT1* 转录降低小白菜 Cd 吸收

标题: Hemin-decreased cadmium uptake in pak choi (*Brassica chinensis* L.) seedlings is heme oxygenase-1 dependent and relies on its by-products ferrous iron and carbon monoxide

影响因子: 6.792

作者: 南京农业大学崔瑾、苏娜娜

2. 中文摘要

镉 (Cd) 是农田中的主要污染物, 不仅极大地限制了农作物的生产, 而且通过进入食物链还会给人类健康带来严重威胁。之前的研究表明, hemin 处理可以减少小白菜幼苗中 Cd 的积累, 然而其机制还不清楚。本研究使用 NMT 技术实时监测小白菜根部 Cd^{2+} 流速, 证明 hemin 处理可以降低植物对 Cd 的吸收, 而不是 Cd 在植物体内发生转移。此外, 研究通过比较小白菜幼苗、野生型拟南芥及 *heme oxygenase-1* (*HO-1*) 突变体对不同化学处理的反应, 证明了 hemin 是以 *HO-1* 依赖的方式降低 Cd 的吸收。此外, 对 hemin 降解产物的分析表明, hemin 对 Cd 吸收抑制可能通过抑制菜根中 $\text{Fe}^{2+}/\text{Cd}^{2+}$ 转运体 *BcIRT1* 的表达来实现的。

3. 检测离子/分子指标

Cd^{2+}

4. 样品信息

小白菜根伸长区 (距根尖 8 mm 根表上的点) 和成熟区 (距根尖 16 mm 根表上的点)

5. 离子/分子流实验处理方法

- ① 3 日龄幼苗, 10 μM hemin 预处理 1 d 再用 20 μM CdCl_2 处理 20 min (hemin/Cd), 对照为仅用 20 μM CdCl_2 处理, 不施加 hemin 预处理 (-/Cd)
- ② 3 日龄幼苗用 0、10 μM hemin 或 10 μM ZnPP 预处理 1 d, 用 20 μM CdCl_2 处理 20 min
- ③ 3 日龄幼苗用 0、10 μM Fe^{2+} 、10 μM CORM-3 或 10 μM BR 预处理 1 d, 用 20 μM CdCl_2 处理 20 min

6. 离子/分子流实验结果

采用非损伤微测技术 (Non-invasive Micro-test Technology, NMT) 测定了小白菜根表面 Cd^{2+} 流速的变化, 探讨了氯化血红素 (hemin) 处理后, 小白菜幼苗 Cd 含量是否由于 Cd 吸收减少而降低。在 Cd 胁迫下, 小白菜根尖迅速吸收 Cd^{2+} , 在伸长区的内流速率高于成熟区 (图 1E, G)。与对照组相比, 氯化血红素预处理显著减少了 Cd^{2+} 的内流, 在伸长区和成熟区分别平均减少 17.4% 和 18.5% (图 1F, H)。因此, 在镉胁迫下, 氯化血红素处理降低了镉的吸收, 而不是镉的运输。

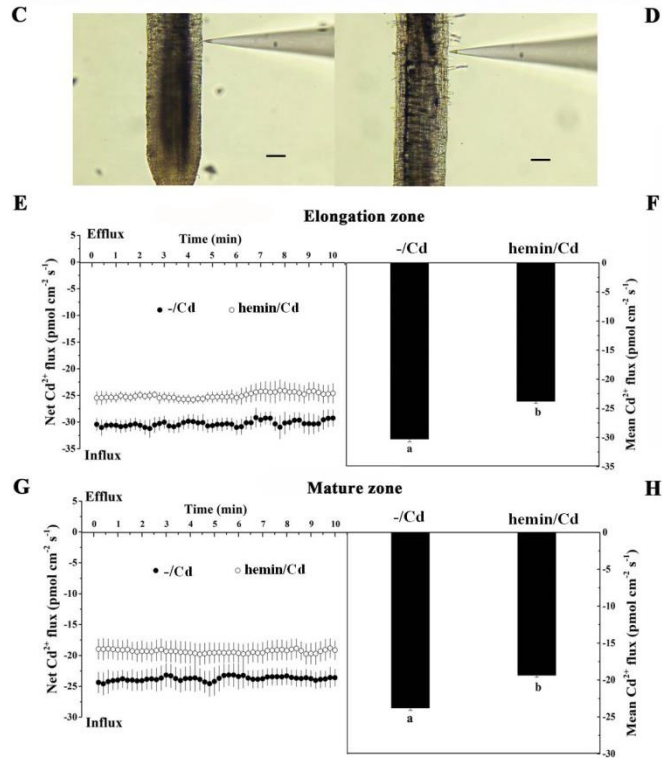


图 1. Hemin 预处理对小白菜根尖不同区域的 Cd^{2+} 净流速的影响

ZnPP 预处理的小白菜幼苗根部 Cd^{2+} 吸收速率在伸长区和成熟区分别显著提升了 17.6% 和 6.5% (图 2)。

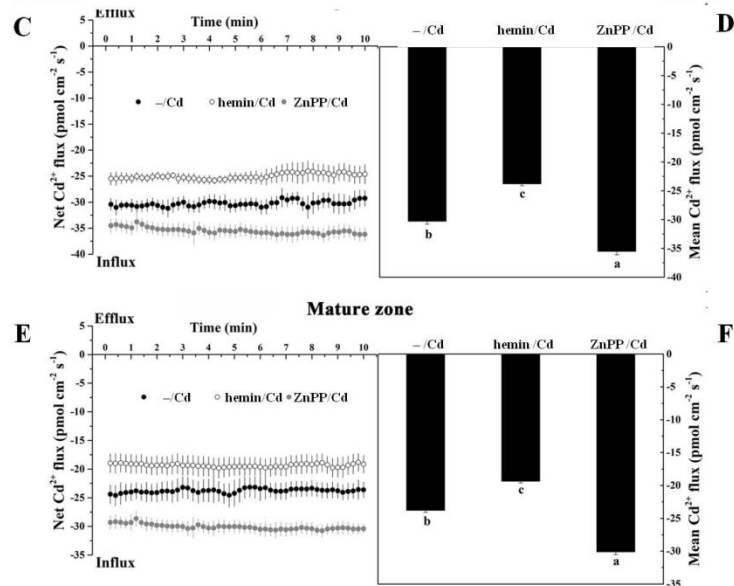
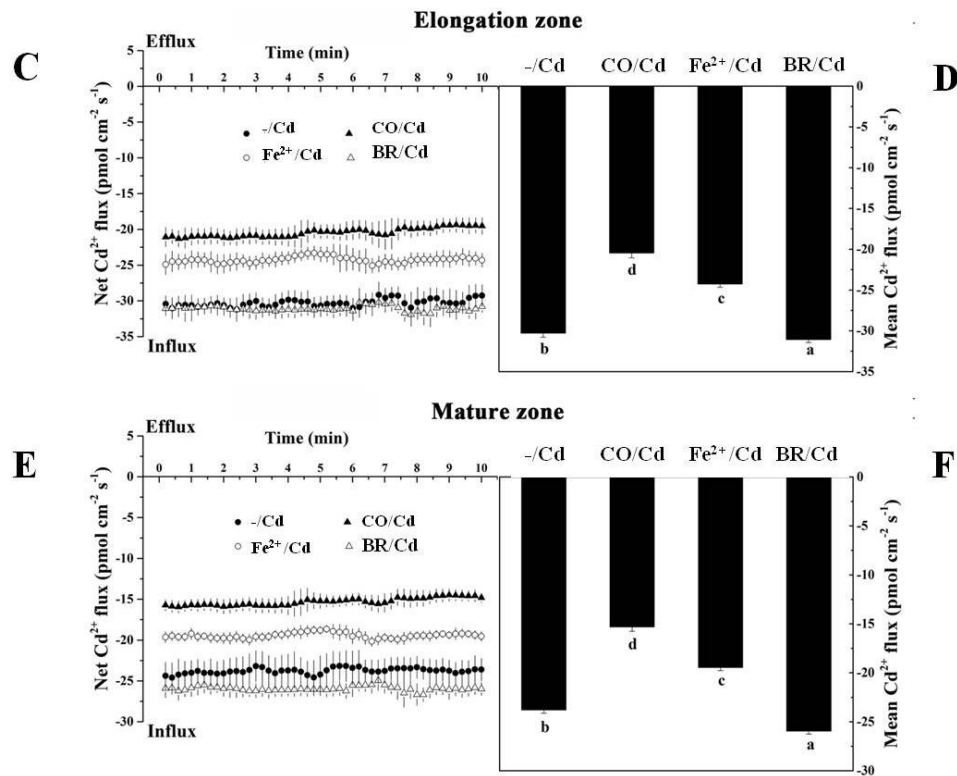


图2. Hemin或ZnPP预处理对小白菜根尖不同区域的Cd²⁺净流速的影响

如图3所示, CO和Fe²⁺预处理显著降低了根系伸长区和成熟区对Cd的吸收。与该结果一致的是, CO和Fe²⁺预处理的幼苗中积累的Cd较少(图3)。相反, BR预处理呈现出与非预处理幼苗类似的Cd内流速率(图3)。综上, hemin降解的副产物CO和Fe²⁺可能是通过抑制Cd的吸收共同促进了Cd的耐受。

图3. Fe²⁺、10 μM CORM-3或10 μM BR预处理对小白菜根尖不同区域的Cd²⁺净流速的影响

7.其它实验结果

- 与单纯Cd处理相比, hemin+Cd的处理显著降低了所有被测组织(地上部分、茎、叶等)中的Cd浓度。
- 施用hemin并不影响Cd在整个植株体内的转移系数(translocation factor)。
- ZnPP可以消除hemin对*BcHO-1*表达的诱导作用。
- hemin+ZnPP的预处理未能消除Cd胁迫的影响, 至少没有达到hemin单独预处理的程度。因此, hemin在Cd耐受性中的积极作用很可能依赖于HO-1活性。
- hemin增强的HO-1依赖的Cd耐受性似乎在不同植物物种中具有保守性。
- hemin降解产物(CO、Fe²⁺和BR)对Cd胁迫下植物生长的保护作用可能与hemin相似。
- Cd胁迫和ZnPP预处理显著诱导*BcITR1*转录, 而hemin、Fe²⁺和CO预处理抑制了*BcITR1*的表达。

8.结论

本研究发现, 外源hemin的施用通过HO-1依赖的方式减少Cd的吸收, 提高了Cd的耐受

性。抑制Cd的吸收可能是依赖hemin的副产物 Fe^{2+} 和CO，通过抑制*BcIRT1*转录来实现的。

9.测试液

0.02 mM CdCl_2 , 0.1mM KCl, 0.3 mM MES, pH 6.0

南农 PP: NMT 主导钙依赖的活性氧信号介导富氢水促根系拒镉的研究

1. 基本信息

期刊: Plant Physiology

主题: NMT 主导钙依赖的活性氧信号介导富氢水促根系拒镉的研究

标题: Calcium-Dependent Hydrogen Peroxide Mediates Hydrogen-Rich Water-Reduced Cadmium Uptake in Plant Roots

影响因子: 6.902

作者: 南京农业大学崔瑾、Wu Qi, 塔斯马尼亚大学 Sergey Shabala

2. 中文摘要 (谷歌机翻)

氢气 (H_2) 在植物的许多发育和适应性反应中可能具有信号作用, 包括减轻土壤吸收镉 (Cd) 的有害影响。本研究使用电生理和分子方法来了解 H_2 如何改善白菜中的 Cd 毒性。白菜根暴露于 Cd 会导致细胞内 H_2 产量快速增加。外源施用富氢水 (HRW) 导致耐 Cd 表型, 净 Cd 吸收和积累减少。研究表明这取决于通过呼吸爆发氧化酶同源物 60 (BcRbohD) 跨质膜的钙离子 (Ca^{2+}) 的运输和过氧化氢 (H_2O_2) 的质外 5 代。与施用外源 HRW 或 H_2O_2 相关的根部 Cd 吸收减少。这种减少在拟南芥 (*Arabidopsis thaliana*) 的铁调节转运蛋白 1 (Atirt1) 突变体中被取消, 并且用 HRW 预处理的白菜显示出降低的 BcIRT1 转录水平。暴露于 HRW 的根具有快速的 Ca^{2+} 流入, 并且缓解了 Cd 诱导的 Ca^{2+} 泄漏。两种 Ca^{2+} 通道阻滞剂, 离子和镧离子 (Gd^{3+} 和 La^{3+}) 消除了 HRW 诱导的 BcRbohD 表达增加, H_2O_2 产生和 Cd^{2+} 内流抑制。总体而言, 本结果表明, H_2 对植物中 Cd 的保护作用可能是由其控制由 RbohD 编码的基于质膜的 NADPH 69 氧化酶控制的, 该酶在 IRT1 的上游运行, 并在转录和功能水平上调节根对 Cd 的吸收。这些发现为 H_2 在植物体内 Cd 积累和毒性中的缓解作用提供了机械解释。

3. 检测离子/分子指标

Ca^{2+} , Cd^{2+} , H^+ , H_2O_2

4. 样品信息

白菜根

5. 离子/分子流实验处理方法

① Ca^{2+} 流实验处理方法

使用了两种 Ca^{2+} 通道抑制剂 (Gd^{3+} 和 La^{3+}) 瞬时处理。

② Cd^{2+} 流实验处理方法

1) 3 d 大的白菜幼苗转入对照、富氢水（50%饱和度）或富氢水+Cd 处理溶液中 60 min，检测 5 min 后加入 50 μM CdCl_2 ；

2) 幼苗用富氢水/不加富氢水预处理 30 min，然后在 50 μM CdCl_2 溶液中预处理 1 h、6 h、12 h、24 h、48 h 5 个时间点的流速。

③ H_2O_2 流实验处理方法

1) 检测 3 d 大的白菜根用富氢水或 50 μM CdCl_2 处理后不同时间点（5、10、15、20、25、30 min） H_2O_2 的稳定流速。

2) 将 3 d 大的白菜幼苗转入对照（Con）或富氢水溶液中 20 min，在 50 μM CdCl_2 瞬时加入后，测量 30 min 内的净 H_2O_2 流速。

6. 离子/分子流实验结果

向溶液中添加 Cd 导致瞬时 Cd^{2+} 流入，在伸长区的峰值在 70~120 $\text{nmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 之间，在成熟区的峰值在 50~80 $\text{nmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 之间。然后内流速率逐渐降低。在两个区域中，富氢水预处理的根中 Cd^{2+} 的净内流速率均显著低于未预处理的对照（2 倍； $P<0.05$ ）（图 1A, B）。当与 Cd 一起施用，富氢水的有益作用不那么强，因此直接作用的可能性不大。

然后研究了富氢水培养时间对根系 Cd^{2+} 吸收的影响（间隔 1 h~48 h）。当根在富氢水中浸泡 1 或 6 h 时，净 Cd^{2+} 内流流速比未处理的根低（2 倍）。长期暴露导致根系 Cd 内流逐渐减少，在 24 h 和 48 h 处理中检测到少量但显著的 Cd^{2+} 净外排（图 1C, D）。

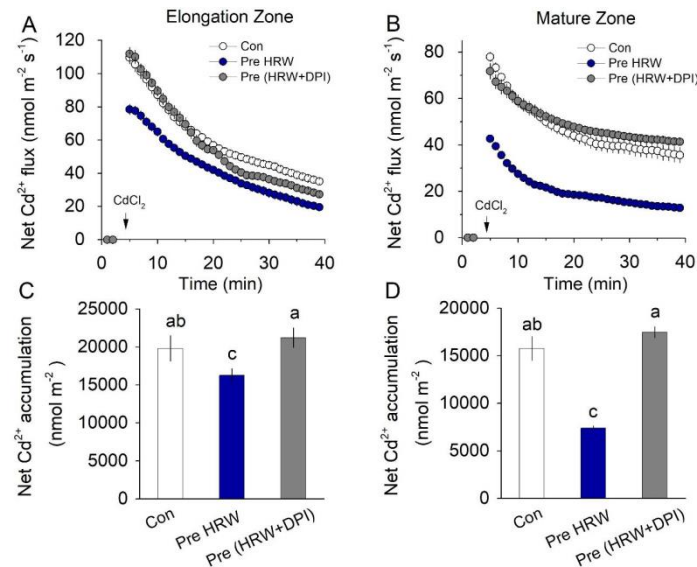


图1.小白菜根伸长区和成熟区实时和稳态 Cd^{2+} 流速

胞质 Ca^{2+} 是普遍存在的第二信使，在这项研究中，添加HRW导致伸长区和成熟区都有快速的 Ca^{2+} 流入。这些结果暗示 Ca^{2+} 参与HRW减少的Cd吸收。加入 H_2O_2 导致 Ca^{2+} 迅速增加从根伸长区流出（图2）。使用了两种 Ca^{2+} 通道抑制剂（ Gd^{3+} 和 La^{3+} ）来进一步验证 Ca^{2+} 作为植物根部 Cd^{2+} 转运体HRW信号转导成分的作用。结果表明在Cd条件下HRW激活了 Ca^{2+} 通道，HRW预处理诱导的Cd胁迫下*BcIRT1*表达下调被 Gd^{3+} 协同处理完全抵消。

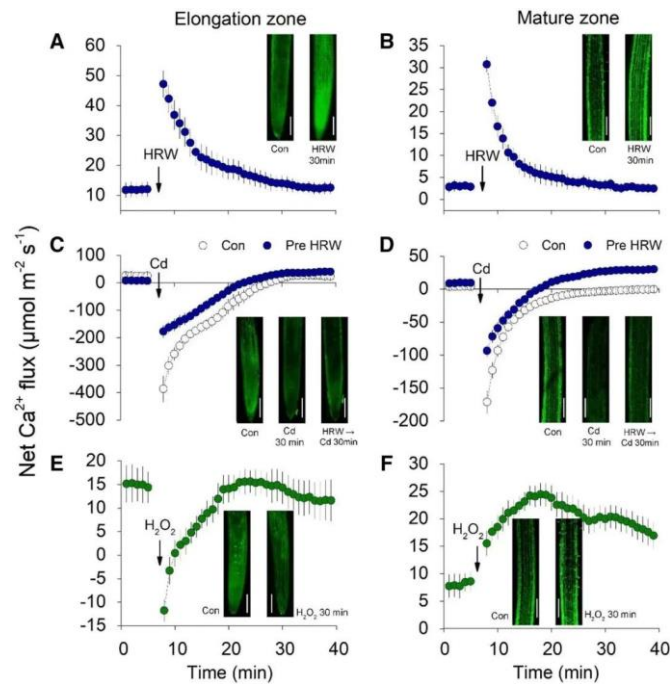


图2. HRW、Cd和H₂O₂对小白根伸长区和成熟区净Ca²⁺流速的影响

通过NMT研究了富氢水对Cd诱导的H₂O₂外排的影响（图3A, B）。在Cd处理下30 min内（图3A中的白点）未检测到来自根部伸长区的H₂O₂流速，而15 min富氢水处理导致H₂O₂外排速率显著增加。这种增加在20 min时达到最大值（约2 pmol m⁻²s⁻²），然后开始下降（图3A中的蓝点）。加入镉后约15 min，与对照相比，用富氢水预处理的根中H₂O₂外排速率显著增加（图3B）。

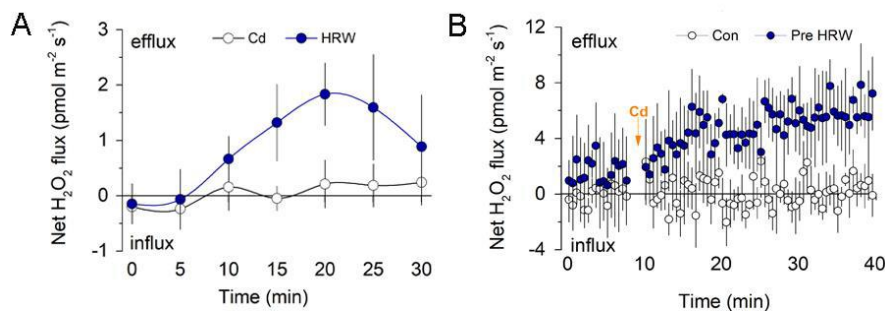


图3. HRW或50 μ M CdCl₂处理白菜根后H₂O₂稳定流速或实时流速

7.其它实验结果

- Cd处理会导致细胞内H₂产量快速增加。
- 富氢水减轻Cd胁迫诱导的白菜幼苗的生长抑制。
- 富氢水诱导的H₂O₂生成和随后对Cd²⁺内流的抑制均依赖于Ca²⁺。
- IRT1作用于富氢水调节植物根系吸收Cd²⁺的下游。

8.结论

H₂在植物中的Cd保护作用可能是通过控制RbohD编码的质膜NADPH氧化酶来解释的，

该氧化酶在IRT1上游运行，在转录和功能水平上调节根系Cd的吸收。这些发现为H₂在Cd积累和植物毒性中的缓解作用提供了一个机制性的解释。

9.测试液

Ca²⁺、Cd²⁺、H⁺: 0.5 mM KCl, 0.1 mM CaCl₂, pH 5.6

H₂O₂: 0.1 mM CaCl₂, 0.5 mM KCl, pH 5.2

J Hazard Mater 潘科: NMT 为硅处理提升藻类耐 Cd 能力提供直接证据

1. 基本信息

期刊: Journal of Hazardous Materials

主题: NMT 为硅处理提升藻类耐 Cd 能力提供直接证据

标题: The roles of silicon in combating cadmium challenge in the Marine diatom *Phaeodactylum tricornutum*

影响因子: 7.65

通讯作者: 深圳大学潘科、马捷

2. 中文摘要

海洋浮游植物拥有一个复杂的稳态网络来对抗金属毒性。环境条件的变化会显著影响其固有的金属敏感性。本研究探讨了硅 (Si) 在消除海洋硅藻 (*Phaeodactylum tricornutum*) 中镉 (Cd) 毒性的作用。研究首先证明了 Si 富集会显著提高 Cd 耐受性并改变硅藻中 Cd 的积累。研究模型表明, 富 Si 的细胞可以吸附更多的 Cd, 但比缺 Si 的细胞有更高的 Cd 消除率。通过原子力显微技术和 X 射线光电子能谱发现, 富含 Si 的细胞具有较好的硅化作用, 细胞壁中的 SiO₂ 较多, 这显著降低了硅藻细胞的表面电位, 使其能吸引更多的 Cd。虽然富 Si 的细胞在应对 Cd 胁迫时往往有较高的 Cd 负担 (burden), 但它们通过下调内流转运体 ZIP 和上调外排转运体 ATPase5-1B 来抑制细胞内 Cd 的增加。研究表明, Si 在维持海洋硅藻的金属平衡和对抵御 Cd 胁迫方面发挥了重要作用。NMT 技术为 Si 处理可以提升藻类耐 Cd 能力提供直接证据。

3. 检测离子/分子指标

Cd²⁺

4. 样品信息

硅藻细胞

5. 离子/分子流实验处理方法

硅藻细胞分别在低硅 (17.2 μM), 中硅 (51.7 μM), 高硅 (86.2 μM) 培养

6. 离子/分子流实验结果

图 1 显示了三角褐指藻细胞表面的瞬时 Cd²⁺ 流速变化。在所有处理下, 添加 CdCl₂ (8.9 μM)

都会立即清除细胞中的 Cd^{2+} 离子（图 1A）。然而，与 M-Si ($-0.50 \pm 0.16 \text{ pmol cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) 和 L-Si ($-0.21 \pm 0.15 \text{ pmol cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) 相比，H-Si 细胞表现出显著更高 ($P < 0.01$) 的平均净 Cd^{2+} 去除率 ($-0.86 \pm 0.20 \text{ pmol cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$)（图 1B）。

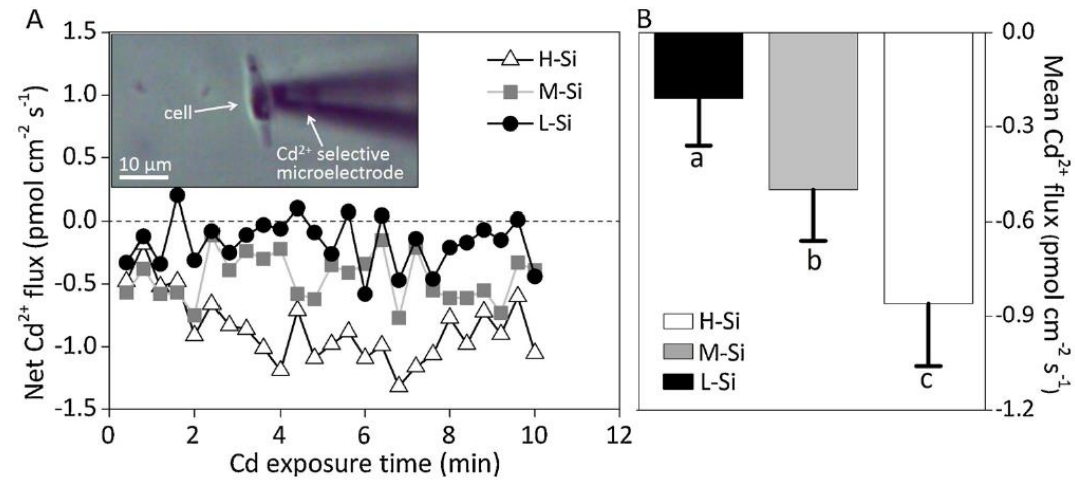


图 1. 硅藻细胞表面的 Cd^{2+} 流速

7.测试液

$8.9 \mu\text{M CdCl}_2$, 0.1 mM KCl , $0.2 \text{ mM Na}_2\text{SO}_4$, 0.1% sucrose, pH 8.0

J Hazard Mater 李春阳：NMT 发现杨树雌雄株根系吸 Cd 速率差异揭示其不同耐 Cd 策略

1. 基本信息

期刊: Journal of Hazardous Materials

主题: NMT 发现杨树雌雄株根系吸 Cd 速率差异揭示其不同耐 Cd 策略

标题: Are males and females of *Populus cathayana* differentially sensitive to Cd stress?

影响因子: 7.65

作者: 杭州师范大学李春阳、刘秒

2. 中文摘要

本研究阐明了雌性青杨和雄性青杨对 Cd 的吸收、转移和排毒机制，揭示了雌雄异株植物应对 Cd 污染的新策略。雌性表现出高水平的 Cd 吸收和 Cd 从根到茎的转移，而雄性则表现出根部大量的 Cd 积累，抗氧化能力的提高和 Cd 在细胞和树皮上的有效隔离（sequestration）。本研究还发现，Cd 主要分布在雄性根和叶的表皮和皮层组织（cortical tissues）中，而在雌性中，更多的 Cd 存在于根和叶的维管组织以及叶肉组织中。另外，雄性中硫（Sulphur）和磷（Phosphorus）的分布与镉的分布非常相似，但在雌性中该相关性较弱。SEM 和能谱分析表明，雄性组织中的 Cd 含量与 P 和 S 含量呈正相关，但雌性组织镉含量与 P 和 S 含量不呈正相关。转录数据表明，Cd 胁迫促进了雌性与 Cd 吸收和转运相关的基因的上调，而雄性则促进了与细胞壁生物合成，金属耐受性和次级代谢有关的基因的上调。本研究结果表明，与雌性相比，雄性对 Cd 胁迫的协调生理，微观结构和转录应答都使其具备更高的 Cd 耐受性，为了解 Cd 胁迫下性别差异应答的潜在机制提供了新见解。

3. 检测指标

Cd²⁺

4. 样品信息

青杨

5. 离子流实验处理方法

雌雄青杨树幼苗在 0 或 50 μM CdCl₂ 中处理 120 d

6. 离子/分子流结果

采用NMT技术监测青杨根系Cd的吸收流速。如图所示，在对照条件下，雌性青杨和雌性青杨的根尖区域都检测到较高的 Cd^{2+} 流速，但无论Cd处理如何，雌性的净 Cd^{2+} 流速都高于雄性（图1）。

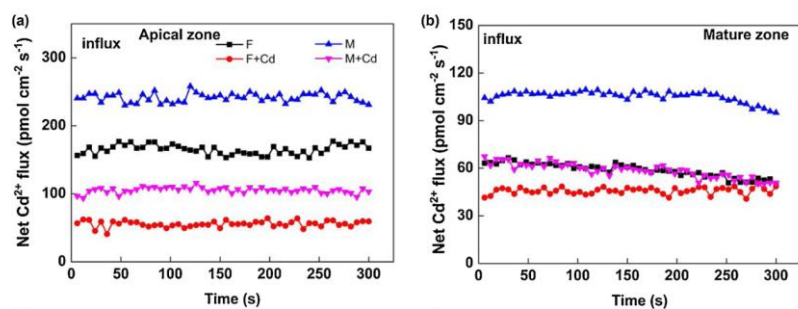


图1.青杨根尖和成熟区净 Cd^{2+} 流速

7. 测试液

0.05 mM CdSO_4 , 0.25 mM NaCl , 0.05 mM KCl , 0.1 mM Na_2SO_4 , pH 6.0

JHM 沈振国：NMT 证实豌豆 L3 变种分生/伸长/成熟区 Cd 吸收弱于 ZM 变种

1. 基本信息

期刊: Journal of Hazardous Materials

主题: NMT 证实豌豆 L3 变种分生/伸长/成熟区 Cd 吸收弱于 ZM 变种

标题: The root iron transporter 1 governs cadmium uptake in *Vicia sativa* roots

影响因子: 7.65

作者: 南京农业大学沈振国、夏妍、张兴兴

2. 中文摘要（谷歌机翻）

镉是植物的非必需元素，会抑制植物的生长和发育。豌豆的ZM变种比L3变种对Cd毒性更敏感，但其潜在机理尚不完全清楚。本研究证明根系原生质体中根部Cd含量和Cd荧光强度显示，其Cd积累量高于L3。VsRIT1是ZIP（ZRT/IRT样蛋白）家族的成员，在暴露于Cd的情况下，其ZM根的表达水平比L3根高8倍。VsRIT1表达增加了拟南芥和酵母中Cd的运输和积累。这表明VsRIT1参与了苜蓿根系对镉的吸收。此外，由于ZM中较高的RIT1表达，当单独暴露于Cd或同时暴露于Cd和铁（Fe）时，ZM根尖具有比L3根更高的瞬时Cd流入能力。我们的发现还表示，镉可能会与铁或锌竞争通过VsRIT1吸收到豌豆或酵母中。

3. 检测离子/分子指标

Cd^{2+}

4. 样品信息

豌豆

5. 离子/分子流实验处理方法

- ① 10 mM Cd 预处理 10 d 后，检测距离根尖 0、0.1、0.2、2、5、10、20 mm 的根表上的点
- ② +Cd、+Cd+Fe 环境下，检测 Cd^{2+} 流

6. 离子/分子流实验结果

通过NMT技术测定的L3和ZM根中的净 Cd^{2+} 流速。根尖不同部位的Cd净内流速率表明，4℃时的Cd净吸收量低于25℃时的净吸收量，距根尖0.1 mm处的Cd吸收速率最高（图1A）。接下来研究比较了在10 $\mu\text{mol L}^{-1}$ Cd和10 $\mu\text{mol L}^{-1}$ Cd+25 $\mu\text{mol L}^{-1}$ Fe-EDTA处理下，ZM和L3

之间根尖0.1 mm处的净Cd内流速率。在 $10\ \mu\text{mol L}^{-1}$ Cd处理下，ZM中Cd的内流速率明显高于L3。添加 $25\ \mu\text{mol L}^{-1}$ Fe-EDTA可显著减少L3和ZM中Cd的内流。L3和ZM中Cd内流速率的平均值分别比Cd处理下低32%和29%（图1B, C）。

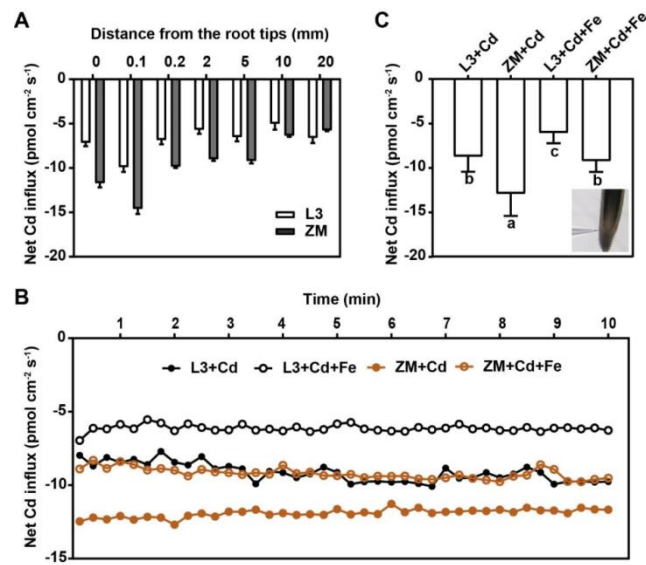


图1.Fe诱导的ZM和L3根尖Cd²⁺流速

7.测试液

0.1 mM KCl, 0.2 mM Na₂SO₄, 0.3 mM MES, pH 5.8

Plant Soil: NMT 为揭示植物吸收镉锰的交互作用及机制提供证据

1. 基本信息

期刊: Plant and Soil

主题: NMT 为揭示植物吸收镉锰的交互作用及机制提供证据

标题: Interaction of Mn and Cd during their uptake in *Celosia argentea* differs between hydroponic and soil systems

影响因子: 3.259

作者: 桂林理工大学刘杰、陈喆

2. 中文摘要（谷歌机翻）

目的: 青葙可以积累镉和锰。这项研究揭示了互动Cd和Mn的作用及其机理他们对这个物种的摄取。方法: 植物在水培和土壤培养基中生长, 分别进行不同的Cd和Mn处理。用ICP-MS测定植物和土壤溶液中Cd和Mn的浓度。采用非损伤微测技术(NMT)测定了 Cd^{2+} 进入根部的实时流速值。结果: 在水培实验中, 锰的供给显著降低了Cd生物积累。加入0.01和0.5 mM Mn^{2+} 后, Cd^{2+} 进入根部的平均净流速分别下降了10.5%和56.9%。 Mn 供给量(1 mM)使Michaelis常数增加了1.8倍, 但没有显著改变Cd的最大吸收速率。在土壤培养实验中, 施用Mn能显著增加土壤溶液中Cd的生物积累和Cd浓度。

3. 离子/分子指标

Cd^{2+}

4. 样品信息

青葙根, 距根尖顶端300 μm 的根表上的点

5. 离子/分子流实验处理方法

0.01 和 0.5 mM MnCl_2 , 分别实时处理 7 d 的青葙幼苗

6. 离子/分子流结果

本研究的结果表明, 向基础溶液中添加 Mn 可降低实时净 Cd^{2+} 流速(图 1A)。而 0.01 mM Mn 处理的根系中 Cd^{2+} 流速明显高于 0.5 mM Mn 处理。平均净 Cd^{2+} 流速表明, Mn 供应显著抑制了根表面的 Cd^{2+} 内流(图 1B)。此外, 这种抑制作用与 Mn 供应浓度有关。当供 Mn 浓度为 0.01 mM 时, 镉的平均流速仅下降了 11%, 而 0.5 mM Mn 处理下的平均流速下降了 57%。

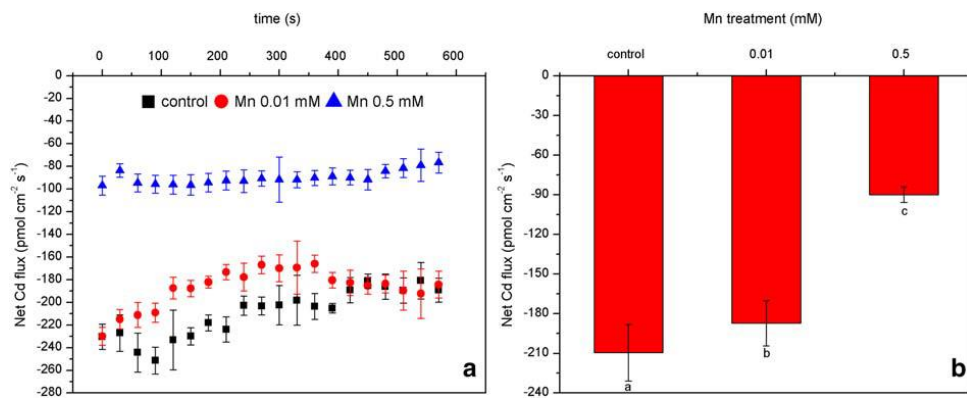


图1. Mn对青苳根部净Cd²⁺流速的影响

7.其他实验结果

- 土壤中添加Mn能显著减轻Cd对植物生物量的抑制作用。
- 施加Mn促进了青苳对Cd的吸收。
- Mn可能是青苳吸收Cd的竞争性抑制剂。
- 施加MnCl₂不仅比施加MnO更能显著提高土壤溶液中的Mn浓度，还能引起的土壤溶液中Cd浓度的增加。另外，施Cd和施Mn对土壤溶液中镉含量有显著影响。

8.结论

青苳吸收Cd和Mn过程中的交互作用在水培和土壤系统中存在差异。在水培条件下，Mn供应量的增加显著抑制了Cd的吸收，而在土壤中则相反。这种差异是由于Cd-Mn在水培和土壤系统中的相互作用机制不同造成的。在水培体系中，根系转运蛋白的竞争是导致植物吸收Cd减少的主要原因。在土壤系统中，Cd和Mn的交互作用发生在土壤固液界面和根系表面。然而，Mn和Cd在土壤中的吸附竞争可能是影响其在土壤系统中吸收的主要因素。由于竞争吸附作用，土壤施用Mn可显著提高土壤溶液中Cd的浓度，从而提高Cd的吸收。相比之下，Cd对Mn的积累没有影响，因为它在培养基中的浓度比Mn低得多。无论是水培试验还是土壤试验，Mn都能减轻Cd对青苳的毒害。其缓解机制可能包括抑制Cd吸收和Mn在Cd耐受中的积极生理作用。

9.测试液

- ① 对照组：0.1 mM CdCl₂, pH 5.4
- ② 0.01 mM MnCl₂实时处理组：0.1 mM CdCl₂, 0.01 mM MnCl₂, pH 5.4
- ③ 0.5 mM MnCl₂实时处理组：0.1 mM CdCl₂, 0.5 mM MnCl₂, pH 5.4

林科院亚林所卓仁英：Cd 高积累与低积累柳树耐 Cd 机制的研究

1. 基本信息

主题：Cd 高积累与低积累柳树耐 Cd 机制的研究

期刊：Tree Physiology

影响因子：3.477

标题：Transporters and ascorbate–glutathione metabolism for differential cadmium accumulation and tolerance in two contrasting willow genotypes

作者：中国林业科学研究院亚热带林业研究所卓仁英、韩小娇

2. 中文摘要（谷歌机翻）

旱柳是低镉（Cd）累积柳（LCW），而其栽培品种旱柳（*Salix matsudana*）是一种高 Cd 积累和耐受性的柳树（HCW）。两种柳树种中镉差异累积和耐受性的生理和分子机制了解甚少。本研究证实了从 Cd 到芽的从根到芽的 Cd 转运能力差异导致了这两种柳型基因在其地上部分的 Cd 累积差异。Cd 的累积优先发生在运输途径中，Cd 主要位于液泡，细胞壁和通过在组织和亚细胞水平上的镉位置分析，在 HCW 树皮中的细胞间空间。比较转录组分析显示，几种金属转运蛋白基因（ABC 转运蛋白，K⁺转运蛋白/通道，黄色条纹状蛋白，锌调节转运蛋白/铁调节转运蛋白）的表达更高类蛋白等参与了 HCW 的根吸收和转运能力；同时，抗坏血酸-谷胱甘肽的代谢途径在 Cd 排毒和 Cd 蓄积器 HCW 的更高耐受性中起着重要作用。这些结果为进一步了解木本植物中 Cd 积累的分子机制奠定了基础，并为分子辅助筛选木本植物品种进行植物修复提供了新的见识。

3. 检测离子/分子指标

Cd²⁺

4. 样品信息

50 日龄柳树根（距根尖 0、200、400、600、800、1000、1200、1400、1600 μm 的根表上的点）

5. 离子/分子流实验处理方法

100 μM CdCl₂处理低镉积累型柳树（LCW）和高镉积累型柳树（HCW）24 h

6. 离子分子流实验结果

用 NMT 进一步比较了两个基因型柳树根系 Cd 的吸收。 CdCl_2 处理 24 h 后, 两种基因型柳树根尖距顶端 0~1800 μm 处的 Cd^{2+} 净内流速率稳定 (图 1a), 0~800 μm 处的净 Cd^{2+} 内流速率相对较高。LCW 和 HCW 的最大净 Cd^{2+} 内流速率在 400 μm 处升高 (图 1a)。两种基因型间 Cd^{2+} 内流有明显差异 (图 1b, c)。HCW 根系 Cd^{2+} 内流比 LCW 高 1.83 倍, 说明 HCW 根系对 Cd 的吸收能力高于 LCW。

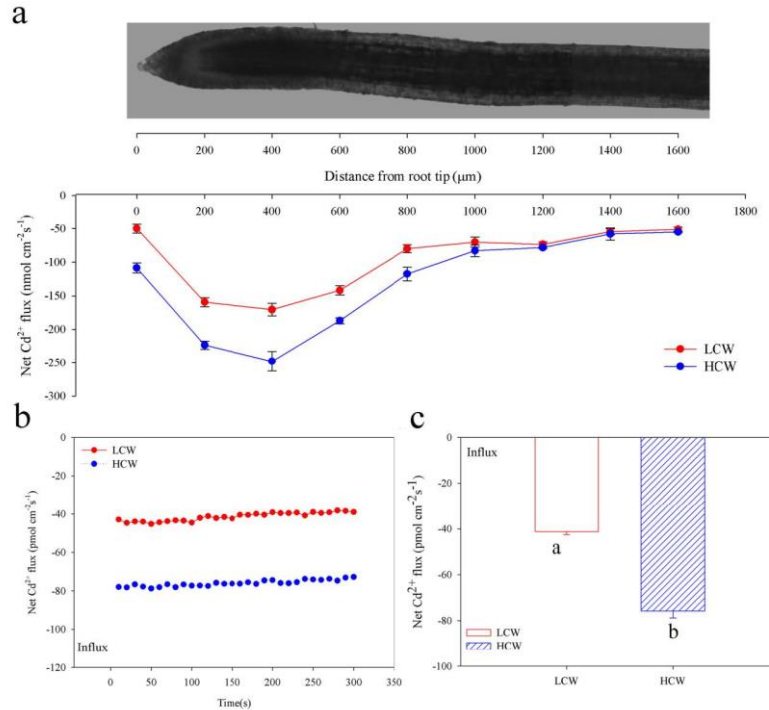


图 1.在 LCW 和 HCW 之间检测到 Cd^{2+} 内流

7.其他实验结果

- HCW根对Cd胁迫的耐受高于LCW的根。
- 两种柳树基因型在镉的转运因子方面存在显著差异。
- 镉位于组织水平和亚细胞水平。
- 嫁接实验证明, 该方法能有效地将Cd从根向茎部输送。
- 通过比较转录组分析, 确定了重金属转运体对Cd吸收和转运的差异。
- HCW的特征是具有一个主要的AsA-GSH代谢途径。

8.结论

通过形态生理学和转录组学的比较分析, 确定了两种不同柳树基因型对 Cd 的耐受性、积累和分布。HCW 比 LCW 具有更高的 Cd 耐性和积累能力。两个柳树基因型间 Cd 积累量的差异与负责 Cd 吸收和根-茎转移的转运蛋白差异表达有关。此外, 与 AsA-GSH 代谢途径相关的关键基因、代谢产物和酶活性在 HCW 的 Cd 解毒和耐受中起着重要作用。总之, 本研究不仅为进一步了解木本植物中镉积累的分子机理奠定了基础, 而且为筛选木本植物进行植物修复提供了新的思路。

9.测试液

0.1 mM CdCl₂, pH 6.0

沈阳农大何佳丽：外源褪黑素可降低苹果根茎的 Cd 吸收缓解 Cd 毒

1. 基本信息

主题：外源褪黑素可降低苹果根茎的 Cd 吸收缓解 Cd 毒

期刊：Tree Physiology

影响因子：3.477

标题：Exogenous melatonin alleviates cadmium uptake and toxicity in apple rootstocks

作者：沈阳农业大学吕德国、何佳丽

2. 中文摘要（谷歌机翻）

为了检查褪黑素在苹果属植物中对 Cd 吸收，积累和排毒的潜在作用，我们将两种在 Cd 吸收和积累方面差异很大的苹果砧木暴露于 0 或 30 μM Cd 和 0 或 100 μM 褪黑素。与耐镉的微小苹果花青霉菌“青州林琴”相比，耐镉的 *baccata* 对镉胁迫的内源性褪黑激素产生的刺激程度更大。褪黑素的应用减弱了镉诱导的生长，光合作用和酶活性以及 ROS 和 MDA 积累的减少。褪黑素处理比镉胁迫的巴塔卡巴氏菌更有效地恢复了镉对微苹果念珠菌青州林琴的光合作用，光合色素和生物量的恢复。外源性褪黑素降低了根部对镉的吸收，降低了叶片的镉含量两种暴露于镉的砧木中的镉积累，降低的镉转运因子（Tfs）和增加的根，茎和叶褪黑素含量。褪黑素的应用增加了抗氧化剂的浓度和酶的活性，以清除 Cd 诱导的 ROS。外源性褪黑素处理改变了调节 Cd 吸收，转运和排毒的几种基因的 mRNA 水平，包括 *HA7*，*NRAMP1*，*NRAMP3*，*HMA4*，*PCR2*，*NAS1*，*MT2*，*ABCC1* 和 *MHX*。综上所述，这些结果表明，外源褪黑素减少了苹果属植物中的空中部分 Cd 积累并减轻了 Cd 毒性，这可能是由于褪黑激素介导的 Cd 在组织中的分配以及抗氧化防御系统的诱导以及转录过程中涉及排毒的关键基因的诱导。

3. 检测离子/分子指标

Cd^{2+}

4. 检测样品

距根尖端 300 μm 、600 μm 、1200 μm 、1500 μm 和 3000 μm 的根表上的点

5. 离子/分子流实验处理方法

Mb (*M. baccata*) 和 Mm (*M. micromalus*) 两种材料用 30 μM Cd 或 100 μM 褪黑素处理 20 d

6.离子/分子流实验结果

对于 Cd 暴露和褪黑激素处理, Mb 和 Mm 的最大净 Cd^{2+} 内流速率出现在距根尖 300~600 μm 处 (图 1a)。两种砧木的净 Cd^{2+} 流速均随距根尖距离的增加而显著降低。在响应没有褪黑素的 Cd 暴露时, Mb 根尖 3000 μm 处呈现出净 Cd^{2+} 外排。在 Cd 暴露和褪黑素处理下, Mm 根系的净 Cd^{2+} 流速始终大于 Mb (图 1a)。外源褪黑素分别在 300 μm 和 600 μm 处使暴露于 Cd 的 Mb 和 Mm 根尖的平均净 Cd^{2+} 流速降低了 65.4% 和 10.4% (图 1b)。

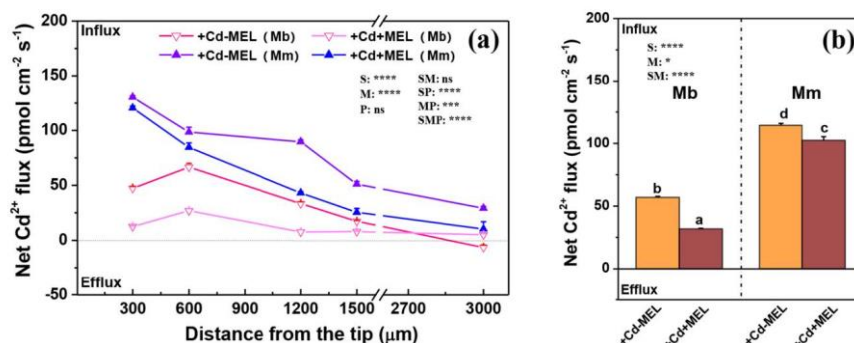


图 1. 30 μM Cd 或 100 μM 褪黑素处理 20 d 后 Mb 和 Mm 沿根尖 Cd^{2+} 流速 (a) 和 300、600 μm 处流速

7.其他实验结果

- Cd 处理降低了两个苹果砧木叶片光合色素的浓度和根、茎、叶的干重, 外源褪黑素可减轻 Cd 引起的不良反应。
- 褪黑素的应用减弱了 Cd 引起的光合作用和酶活性的降低, 以及 ROS 和 MDA 的积累。
- 外源褪黑素降低了两个 Cd 暴露的砧木叶片 Cd 的积累, 降低了 Cd 转运因子 (Tfs), 增加了根、茎和叶褪黑素的含量。
- 外源褪黑素的应用增加了抗氧化物浓度和抗氧化酶活性。
- 外源褪黑素处理改变了几种调节镉吸收、转运和解毒的基因的 mRNA 水平。

8.结论

外源褪黑素减少了苹果植株地上部分 Cd 的积累, 减轻了 Cd 的毒性, 这可能是由于褪黑素介导的 Cd 在组织中的分配, 以及诱导抗氧化防御系统和参与解毒的转录调控的关键基因的结果。

9.测试液

0.03 mM CdCl_2 , 0.1 mM KCl, 0.3 mM MES, 0.2 mM Na_2SO_4 , pH 6.0

北大徐福留：NMT 对蕨类耐镉机制的研究

1. 基本信息

主题：NMT 对蕨类耐镉机制的研究

期刊：Chemosphere

影响因子：5.108

标题：Influence of Cd exposure on H^+ and Cd^{2+} fluxes in the leaf, stem and root of a novel aquatic hyperaccumulator-*Microsorium pteropus*

作者：北京大学徐福留、兰心宇

2. 中文摘要（谷歌机翻）

有翅星蕨被证明是潜在的新型水生镉超蓄积剂。在这项研究中，使用非损伤微测技术（NMT）来观察暴露于 Cd 下的有翅星蕨不同组织的离子流速。暴露于 500 mM Cd 的 7 d 后，蕨类植物在根和叶中的 Cd 积累过多，茎中 Cd 的积累量超过 600 mg/kg，这表明该植物具有丰富的 Cd 富集和抗性能力。NMT 测试发现，镉暴露后，所有组织中的 H^+ 流速均增加，其中茎、叶和根的增加最多。 Cd^{2+} 流速在不同组织中表现出不同的积累水平，低水平的 Cd 暴露导致流入根和叶，而高水平的 Cd 暴露导致根流出。在高水平的 Cd 暴露下，叶片或低水平和高水平的 Cd 暴露下，茎中均未观察到明显的涌入或流出。但是，短暂的高水平 Cd 暴露表明长期 Cd^{2+} 流入根部，短期 Cd^{2+} 流出茎和叶。蕨类植物的根对 Cd 富集和抗药性具有更强的调节机制，低水平暴露后出现涌入环，而高水平暴露后出现流出。当暴露于 Cd 时，有翅星蕨的茎显示出较少的运输和吸收。低水平的镉暴露导致个别叶片直接从水培溶液中吸收镉。不同的蕨类植物组织表现出不同的镉富集和耐药机制。

3. 检测离子/分子指标

Cd^{2+} , H^+

4. 样品信息

有翅星蕨叶片、茎、根成熟区

5. 离子/分子流实验处理方法

有翅星蕨在 0、100 μ M 和 500 μ M Cd^{2+} 浓度中处理 7 d

6. 测试液

100/500 μ M $CdCl_2$, 0.1 mM KCl, 0.3 mM MES, pH 6.0

Plant Cell Environ 浙江大学: ABA 可抑制超富集东南景天对 Cd 的吸收

1. 基本信息

主题: ABA 可抑制超富集东南景天对 Cd 的吸收

期刊: Plant Cell and Environment

影响因子: 5.415

标题: Abscissic acid-mediated modifications of radial apoplastic transport pathway play a key role in cadmium uptake in hyperaccumulator *Sedum alfredii*

作者: 浙江大学李廷强、陶琦

2. 中文摘要 (谷歌机翻)

脱落酸 (ABA) 是植物对有毒金属具有抗性的关键植物激素。但是, 人们对 ABA 对根部质外体运输的调控作用以及对金属离子吸收的后果了解甚少。在这里, 我们演示了 ABA 如何调节两种生态型苜蓿景天的根部的质外体性障碍的发展, 并评估对镉 (Cd) 吸收的影响。在 Cd 处理下, 由于 ABA 生物合成基因 (SaABA2, SaNCED) 的表达上调, 在非过度积累生态型 (NHE) 的根中检测到内源 ABA 水平升高, 但在过度积累生态型 (HE) 中未观察到变化。同时, 与 HE 相比, 内胚层 Casparian 条 (CSs) 和 suberin lamellae (SL) 沉积在 NHE 根尖附近。有趣的是, 血管与 CS 的重叠被确定为 ABA 驱动的解剖特征。相关性分析和 ABA/阿巴胺的外源应用结果表明, ABA 通过促进苯丙氨酸解氨酶, 过氧化物酶的活性和与蝶粉蛋白有关的基因 (SaCYP86A1, SaGPAT5 和 SaKCS20) 的表达来调节这两种类型的质外体屏障的发育。使用非损伤微测技术 (NMT) 和 PTS 示踪剂证实, ABA 促进了 CS 和 SL 的沉积, 显著减少了 Cd 进入根石碑。因此, 维持 HE 中低 ABA 水平可最大程度地减少质外体性障碍的沉积, 并使通过质外途径的 Cd 吸收最大化。

3. 检测离子/分子指标

Cd^{2+}

4. 样品信息

东南景天根部距离根尖 0 mm 至 3 mm, 间隔 0.25 mm

5. 离子/分子流实验处理方法

9 周龄的东南景天幼苗, 分别用 25 μM $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ 、25 μM $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ +1 μM ABA、25 μM $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ +50 μM Abamine 处理 7 d

6.测试液

0.025 mM CdCl₂, 0.1 mM KCl, pH 6.0