

不同状态绿豆根边缘细胞对 Cd^{2+} 的响应*

王亚男[†] 姜 华 王 煜 马丹炜 李欣欣 汪利沙

(四川师范大学生命科学学院, 成都 610101)

摘 要 以绿豆 (*Phaseolus radiatus*) 为材料, 采用琼脂悬空培养法和培养皿滤纸培养法, 以不同浓度的 Cd^{2+} 处理洗脱根边缘细胞和未洗脱根边缘细胞的绿豆根尖, 研究了离体状态 and 活体状态绿豆根边缘细胞对镉毒的响应。结果表明: 在 Cd^{2+} 的诱导下, 离体状态的绿豆根边缘细胞凋亡和分泌黏液, 同时随着 Cd^{2+} 浓度的升高, 其存活率逐渐递减; Cd^{2+} 具有诱导根尖产生根边缘细胞的作用, 根尖释放的根边缘细胞数量随着 Cd^{2+} 浓度的增加先增多后减少, 其中, $50 \mu\text{mol L}^{-1} \text{Cd}^{2+}$ 处理在洗脱组和未洗脱组均呈现最大诱导效应; Cd^{2+} 对根边缘细胞的活性具有影响, 随着 Cd^{2+} 浓度的增加, 根边缘细胞的存活率在未洗脱组逐渐降低, 而洗脱组则先升高后降低。与对照相比, $25 \mu\text{mol L}^{-1}$, $200 \mu\text{mol L}^{-1}$, $400 \mu\text{mol L}^{-1} \text{Cd}^{2+}$ 在各处理时间段具有显著性差异 ($p < 0.05$); 根冠果胶甲基酯酶活性 (PME) 随着 Cd^{2+} 浓度的增加呈现上升趋势, 处理 24 h 高浓度 Cd^{2+} 均会引起根冠 PME 活性的显著性升高 ($p < 0.05$)。以上结果表明, 受到 Cd^{2+} 胁迫时, 绿豆根尖可释放更多根边缘细胞, 并通过离体根边缘细胞形成黏液层、凋亡等来抵御 Cd^{2+} 对根尖的毒害作用。

关键词 绿豆, Cd^{2+} , 根边缘细胞, PME 活性

中图分类号 X173; Q945.78 **文献标识码** A

镉 (Cd^{2+}) 是剧毒重金属元素之一, 1984 年联合国环境规划署将镉列入“危害全球环境的化学物质和化学过程清单”的首位, 是对人体健康威胁最大、影响最广的一种微量元素^[1], 属 IA 级致癌物^[2], 被广泛用在电镀、染料、塑料稳定剂和镍镉电池^[3]。我国农业土壤中普遍存在镉超标问题^[4-6], 在 Cd^{2+} 胁迫下, 植物表现出生长迟缓, 生理代谢失调, 水分和养分 (Ca, Mg、P 和 K 等) 吸收受抑制, 农作物产量和营养价值都降低^[3]。 Cd^{2+} 对细胞的毒性表现为线粒体膨大、出现空泡并且退化, 有丝分裂指数下降, 染色体畸变等^[7]。根尖吸收是重金属进入植株的主要途径。植物根边缘细胞 (root border cell) 源于根冠分生组织, 存在于与根冠松散相连的水溶性黏胶层中^[8], 能调节根部生态环境, 中和根际周围一些重金属和其他植物的化感物质, 抵抗各种环境胁迫对植物根尖的伤害^[9-10]。前人研究表明, 根边缘细胞分泌的黏液中含有一些酸性多糖, 其上的羧基能与根质外体的多种金属离子结合, 使其难以进入到细胞内部^[11]。在根边缘细胞对重金属胁迫的研究方面, 目前主要是以根边缘细胞初始发育状态

来探讨其应激机制, 而在重金属胁迫下根边缘细胞能否再生却知之甚少。本研究室前期研究工作表明^[12], 绿豆根边缘细胞数量较多, 取材方便, 培养简单, 而且经济实用、不易受季节和实验条件的影响, 是很好的实验材料。本研究以不同浓度的 Cd^{2+} 处理洗脱根边缘细胞和未洗脱根边缘细胞的绿豆根尖, 旨在探讨根边缘细胞在抵御 Cd^{2+} 胁迫中的作用及 Cd^{2+} 对植物的毒性机制。

1 材料与方法

1.1 材料培养与处理液浓度

供试材料为产自东北的绿豆 (*Phaseolus radiatus*) (绿丰四号) 购自成都市种子市场。挑选籽粒均匀饱满、无虫斑的种子, 自来水冲洗, 4% 的高锰酸钾溶液消毒 7~8 min, 无菌水漂洗数次, 置于铺有无菌滤纸磁盘中, 盖上无菌湿纱布于 25℃ 下培养至种子露白。悬空气培养露白种子: 将露白种子插入底部覆盖有 2 cm 厚 7% 琼脂培养基的培养瓶中, 露白处朝外, 然后把培养瓶倒扣于含 1/3 体积蒸馏水的

* 四川省教育厅青年基金项目 (08zb020) 和四川师范大学校级科研启动项目 (037054) 资助

[†] 通讯作者, E-mail: yanaw@163.com

作者简介: 王亚男 (1973—) 女, 博士, 副教授, 主要从事生态毒理及细胞毒理方面的研究

收稿日期: 2011-09-26; 收到修改稿日期: 2012-07-14

磁盘上,置于 25°C 培养箱培养。待根长为 $25 \sim 30 \text{ mm}$ 时,进行 Cd^{2+} 胁迫处理。在预实验的基础上设置 6 个 Cd^{2+} 处理液浓度: 0 、 25 、 50 、 100 、 200 、 $400 \mu\text{mol L}^{-1}$ 。

1.2 离体处理

1.2.1 根边缘细胞形态观察 每处理切取 5 个 5 mm 根尖放入 1.5 mL 离心管中,分别加入 $250 \mu\text{l}$ 不同浓度 Cd^{2+} 处理液,待根边缘细胞展开后,去除根尖后混匀,将细胞悬液继续处理 24 h 后,取 $8 \mu\text{l}$ 的细胞悬液加入 AO/EB 染液或墨汁染色后观察根边缘细胞形态。

1.2.2 根边缘细胞存活率测定 随机选取根长为 $25 \sim 30 \text{ mm}$ 绿豆材料,每处理切取 20 个 5 mm 根尖放入 1.5 mL 离心管中,分别加入 $250 \mu\text{l}$ 不同浓度 Cd^{2+} 处理液,待根边缘细胞展开后,去除根尖后混匀,置于 25°C 、黑暗条件下,分别培养 6 h 、 12 h 和 24 h ,每处理重复 5 次。处理结束后加入 0.4% 台盼蓝 $250 \mu\text{l}$ 染色 $5 \sim 6 \text{ min}$,吸取 $8 \mu\text{l}$ 滴加到洁净的载玻片上,盖上盖玻片,显微镜 $100 \times$ 下随机计数 5 个区域,统计总细胞数和活细胞数(活细胞为无色,死细胞为蓝色),参照文献[13]计算细胞存活率:活细胞/总细胞 $\times 100\%$ 。

1.3 活体处理

1.3.1 根边缘细胞存活率测定 随机选取根长为 $25 \sim 30 \text{ mm}$ 绿豆材料,分为两组:A 组直接置于垫有脱脂棉、上面覆盖单层滤纸的培养皿中,分别喷等量不同浓度 Cd^{2+} 处理液;B 组洗脱掉根尖上附着的根边缘细胞。洗脱方法为:将材料置于盛有无菌水的盒子中,放在摇床上震荡至根尖无边细胞释放为止(约 $5 \sim 10 \text{ min}$,镜检观察根尖无边细胞存在为止)。然后按照 A 组的方法进行处理。两组材料均置于 25°C 培养箱中暗培养 6 h 、 12 h 和 24 h ,每个处理重复 5 次。处理结束后按照 1.2.2 的方法测定根边缘细胞数目和存活率。

1.3.2 根冠 PME 活性测定 Cd^{2+} 胁迫处理方法与 1.3.1 相同。每处理切取 20 个 5 mm 根尖放入研钵中,加入 $200 \mu\text{l}$ 的 PME 提取液,冰浴研磨成匀浆后转入 1.5 mL 离心管中充分振荡,冰浴 2 h ,其间每隔 30 min 振荡 1 次,然后 4°C 15000 rmin^{-1} 离心 10 min ,取上清液, -20°C 保存,每处理重复 5 次, PME 活性测定参照 Richard 等[14]的方法。

1.4 数据分析

利用 SPSS18.0 软件进行方差分析和多重比较,根据 5 次独立试验所得数据计算平均值和标准误

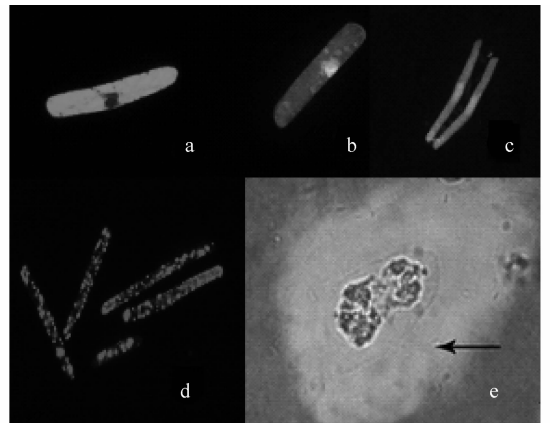
差;用 Excel 软件作图。

2 结果与分析

2.1 Cd^{2+} 对离体培养的绿豆根边缘细胞的影响

2.1.1 Cd^{2+} 对离体绿豆根边缘细胞形态的影响

经 AO/EB 染液双染后,活细胞呈现绿色荧光,早期凋亡细胞细胞质呈绿色荧光,染色质为固缩状或圆珠状,晚期凋亡细胞染色质呈橘红色并呈固缩状。而坏死细胞的细胞质和细胞核均呈红色。不同剂量的 Cd^{2+} 处理后,绿豆根边缘细胞膜结构出现皱缩,细胞核凝集,边缘化(图 1b,图 1c)。呈现出凋亡细胞的特征。经墨汁染色后根边缘细胞周围可见清晰黏液层(图 1e)。这与 Miyasaka 等[15]研究发现豌豆根边缘细胞和 Al^{3+} 共培养 2 h 后,其外围的黏液层显著增大一致,提示绿豆根边缘细胞也可向胞外分泌一系列的生物活性物质,从而耐受 Cd^{2+} 毒侵害。



注Note: a: 活的根边缘细胞(对照组) viable root border cell (control); b: 早期凋亡细胞 viable apoptotic cell; c: 晚期凋亡细胞 non-viable apoptotic cells; d: 坏死细胞 necrosis cells, e: 墨汁染色后离体根边缘细胞(箭头指示黏液层) Detached mung bean root border cells dyed with ink (arrow indicates mucilage around root border cell); b, c, d 和 e 图为 $\text{Cd}^{2+} 200 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理 24h 的根边缘细胞; b, c, d 和 e show root border cells treated with $\text{Cd}^{2+} 200 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ for 24h (400 \times)

图 1 Cd^{2+} 处理后绿豆根边缘细胞 AO/EB 双重染色和墨汁染色结果

Fig. 1 Results of AO/EB double staining and ink staining of Mung bean root border cells exposed to Cd^{2+}

2.1.2 Cd^{2+} 对离体绿豆根边缘细胞活性的影响

随着 Cd^{2+} 浓度的增加离体状态下的根边缘细胞存活率下降(图 2)。在处理初期(6 h 以内),低浓度 Cd^{2+} ($25 \sim 50 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$) 处理组根边缘细胞存

活率变化不显著,当 Cd^{2+} 浓度超过 $100 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 根边缘细胞存活率明显下降 ($p < 0.05$)。12 h 处理根边缘细胞的存活率降低 ($p < 0.05$), 但细胞活性仍然维持在 40%~50% 水平之间。处理 24 h 时, 各处理组根边缘细胞活性均下降, 高浓度 Cd^{2+} 处理组根边缘细胞活性迅速下降。提示离体绿豆根边缘细胞能够在一定的时间内耐受 Cd^{2+} 毒侵害, 但随着时间的延长, 这种耐受效应逐渐下降。

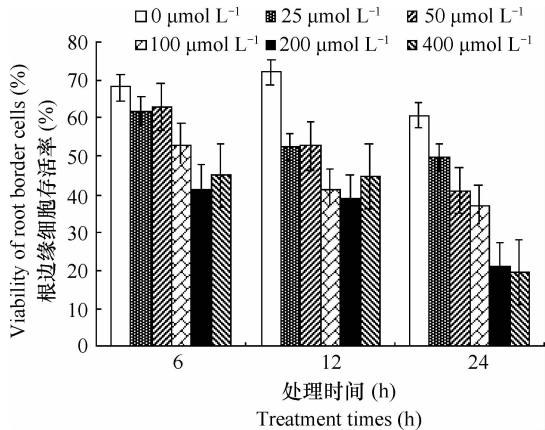


图 2 Cd^{2+} 对离体状态绿豆根边缘细胞存活率的影响

Fig. 2 Effect of Cd^{2+} on viability of mung bean root border cells in vitro

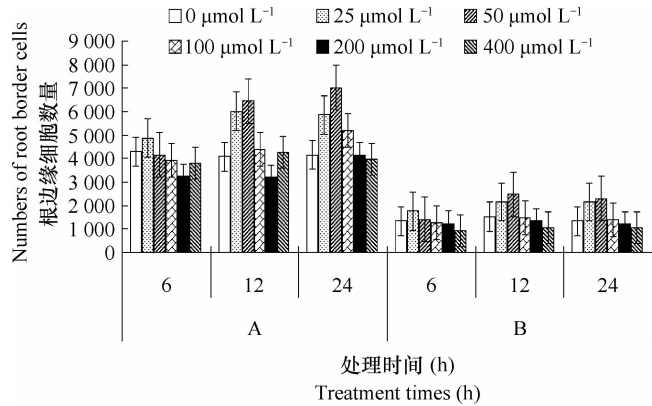
2.2 Cd^{2+} 对活体根边缘细胞产生诱导、存活率和根冠 PME 活性的影响

2.2.1 Cd^{2+} 对活体绿豆根边缘细胞产生的诱导效应

本研究结果表明, 在 Cd^{2+} 的诱导下, 洗脱掉根边缘细胞的绿豆根尖产生了新的根边缘细胞, 各处理时间其诱导效应均和未洗脱组 (A 组) 呈现相同的变化趋势, 随着 Cd^{2+} 浓度的增加根边缘细胞数量先增加后减少 (图 3)。A 组处理 12 h 和 24 h, 低浓度 Cd^{2+} ($25 \sim 50 \mu\text{mol L}^{-1}$) 能够显著诱导根边缘细胞生成 ($p < 0.05$), $50 \mu\text{mol L}^{-1}$ Cd^{2+} 处理呈现最大诱导效应, 根边缘细胞数高达 7019 个。同样洗脱组 (B 组) 的 $50 \mu\text{mol L}^{-1}$ Cd^{2+} 处理也呈现最大诱导效应, 根边缘细胞数达到 2483 个, 表明当绿豆受到 Cd^{2+} 胁迫时, 其根尖通过快速产生根边缘细胞来抵御 Cd^{2+} 的毒害。

2.2.2 Cd^{2+} 对活体绿豆根边缘细胞存活率影响

Cd^{2+} 对 A 组和 B 组根边缘细胞的存活率的影响具有一定的差异 (图 4)。A 组根边缘细胞存活率随着 Cd^{2+} 浓度处理的增加而逐渐降低 ($p < 0.05$), 而 B 组根边缘细胞的存活率随着 Cd^{2+} 浓度的增加呈现先上升后下降的趋势, 在 3 个处理时间段,



注: A 为根边缘细胞未洗脱组, B 为根边缘细胞洗脱组;
Note: A: Mung bean root tips with root border cells unwashed; and B: Mung bean root tips with root border cells washed off. The same below

图 3 Cd^{2+} 对绿豆根边缘细胞数量的影响

Fig. 3 Effect of Cd^{2+} on number of mung bean root border cells

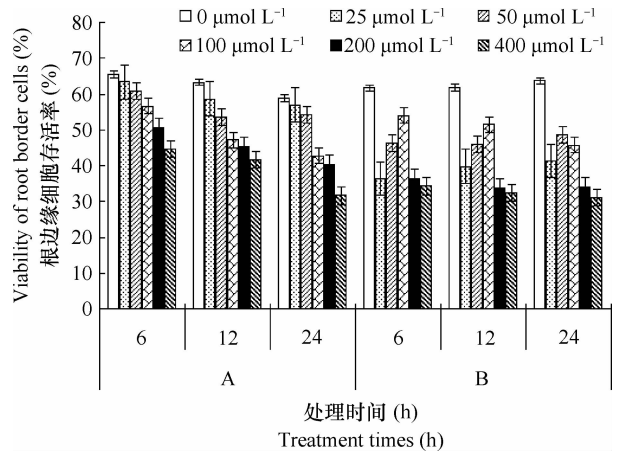


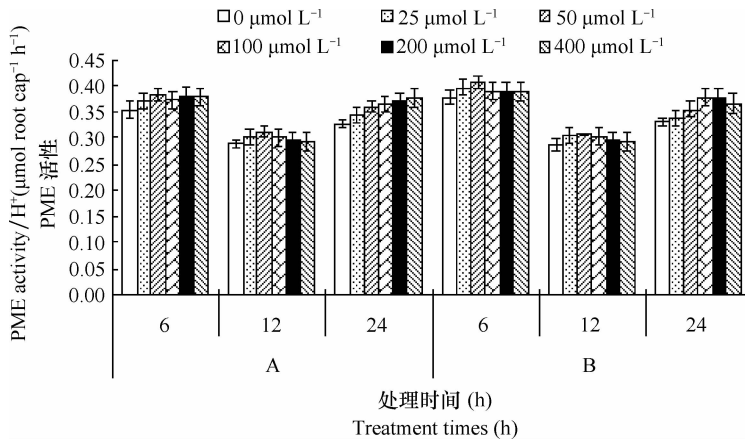
图 4 Cd^{2+} 对绿豆根边缘细胞存活率的影响

Fig. 4 Effects of Cd^{2+} on viability of mung bean root border cells

$25 \mu\text{mol L}^{-1}$, $200 \mu\text{mol L}^{-1}$, $400 \mu\text{mol L}^{-1}$ 均与对照组呈现显著性差异 ($p < 0.05$)。

2.2.3 Cd^{2+} 对绿豆根冠 PME 活性影响

图 5 显示, 处理时间为 6h 和 12 h 时, 与对照相比, A 组和 B 组的 PME 活性的差异均不显著, 且处理 12 h 两组的 PME 活性整体下降, 但无显著性差异。当处理 24 h 时, A 组 $200 \mu\text{mol L}^{-1}$ 和 $400 \mu\text{mol L}^{-1}$ 处理组 PME 活性显著高于对照, 分别为对照的 113.15% 和 115.60%; B 组 $100 \mu\text{mol L}^{-1}$ 和 $200 \mu\text{mol L}^{-1}$ 处理的 PME 活性与对照组呈显著性差异, 均是对照的 113.90%。比较两种处理的结果可知, 处理 24 h 时高浓度 Cd^{2+} 均会引起根冠 PME 活性的显著性升高, 提示根尖 PME 活性与抵御 Cd^{2+} 胁迫存在一定的相关性。

图5 Cd^{2+} 对绿豆根冠 PME 活性的影响Fig. 5 Effects of Cd^{2+} on PME activity of mung bean root cap

3 讨论

3.1 离体状态绿豆根边缘细胞响应 Cd^{2+} 的特征

根边缘细胞是从根冠上脱落下具有活性的一类生物群体,离体条件下能存活数天,可抵抗外界环境胁迫带来的伤害,对植物根尖具有重要的保护功能。李荣峰等^[16-17]研究发现,离体培养的大豆根边缘细胞在受到 Al^{3+} 胁迫时可通过胞外产生黏液层抵御外界胁迫侵害,随后刺激机体产生了 ROS, ROS 可作为信号分子刺激、诱导细胞凋亡,再由死亡的细胞及其周围黏液螯合重金属离子(如 Al^{3+} 、 Fe^{2+} 等),以抵御重金属的毒害效应。本研究发现,离体绿豆根边缘细胞对 Cd^{2+} 响应与大豆根边缘细胞对 Al^{3+} 的一致,同样通过形成黏液层以及诱导细胞凋亡的方式来螯合 Cd^{2+} 来抵御其危害,说明植物根尖周围的根边缘细胞能够更有效的保护根尖抵御胁迫。

3.2 活体状态绿豆根边缘细胞响应 Cd^{2+} 的特征

根边缘细胞的产生和释放受内部和外界因子共同控制^[8],内部因素主要是植物激素如乙烯和生长素等的作用,外界因素主要是土壤水分的影响,除此之外,还受各种生物胁迫和非生物胁迫因子如病原菌^[18]、 Al^{3+} ^[19]、 Fe^{2+} ^[20] 等的影响。本研究表,绿豆根尖在受到 Cd^{2+} 胁迫时,在洗脱掉根边缘细胞和不洗脱掉根边缘细胞的情况下,根尖都能迅速产生更多的根边缘细胞以应对胁迫。同样, Tamas 等^[13] 研究发现,大麦在受到 Al^{3+} 胁迫时,如果洗脱掉根边缘细胞,根尖在 1 h 内可产生数百个新的根边缘细胞。表明植物可通过大量产生新的

根边缘细胞来应对胁迫。

本研究中,在 Cd^{2+} 作用下,不同处理中新增根边缘细胞的存活率存在一定的差异。随 Cd^{2+} 浓度的增加,未洗脱组的根边缘细胞的存活率降低,而洗脱根边缘细胞的根尖新产生的根边缘细胞的存活率先升高后降低,这一现象说明,未洗脱处理组中,根边缘细胞主要通过细胞死亡来螯合 Cd^{2+} 来保护根尖;洗脱组中根尖没有根边缘细胞保护,在 Cd^{2+} 刺激下,根尖产生根边缘细胞并使根边缘细胞保持其活性,以便向外释放一些生物活性化学物质来调节根际环境^[16],减缓 Cd^{2+} 对根尖的伤害效应,但是当 Cd^{2+} 浓度超过其耐受限度时,根边缘细胞大量死亡,存活率降低。

以往大多研究表明,根边缘细胞的发育与 PME 活性密切相关,在 PME 的作用下,果胶去甲基化形成果胶酸, H^+ 激活多聚半乳糖醛酸酶和果胶水解酶的活性,从而使果胶降解,边缘细胞从根冠细胞上分裂出来^[8], Stephenson 等^[21] 认为,PEM 酶活性与边缘细胞数目有密切的相关性。但也有研究表明 PME 活性与根边缘细胞发育并不一定同步进行。有些物种根冠 PME 酶活性很高,但检测不到根边缘细胞^[22]。蔡妙珍等^[23] 检测到在荞麦 (*Fagopyrum esculentum*) 根系的发育阶段,根冠 PME 活性和根边缘细胞的发育显著不同。本研究结果发现, Cd^{2+} 胁迫下根冠 PME 活性变化和边缘细胞数量的诱导过程同样存在不一致性。

参考文献

- [1] 何俊瑜,任艳芳,严玉萍等. 镉胁迫对水稻幼苗生长和根尖细胞分裂的影响. 土壤学报, 2010, 47(1): 138—144. He J Y, Ren Y F, Yan Y P, et al. Impacts of Cadmium stress on the grow

- thof rice seedlings and divison of their root tip cells(In Chinese). Acta Pedologica Sinica 2010,47(1):138—144
- [2] 刘周莉,陈玮,何兴元. 镉胁迫对金银花叶片含水量及微量元素吸收积累的影响. 生态学杂志, 2010, 29(10): 2 077—2 080. Liu Z L, Chen W, He X Y. Effects of cadmium stress on Lonicera japonica leaf water content and plant microelement uptak (In Chinese). Journal of Ecology, 2010, 29(10): 2 077—2 080
- [3] Maria P B, Susana M G, Maria L T. Cadmiu toxicity in plants. Braz J Plant Physiol 2005, 17(1): 21—24
- [4] 谢惠玲,陈爱萍,张凤英等. 紫苏对不同浓度镉胁迫的生理响应. 中国生态农业学报, 2011, 19(3): 672—675. Xie H L, Chen A P, Zhang F Y, et al. Physiological response of *Perilla frutescens*(L.) Britt. to cadimium (In Chinese). Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2011, 19(3): 672—675
- [5] Tan W N, Li Z A, Qiu J, et al. Lime and Phosphate could reduce cadmium uptake by five vegetables commonly grown in south china. Pedosphere, 2011, 21(2): 223—229
- [6] 唐明灯,艾绍英,李盟军,等. 信息叠加法大田初步筛选镉铅低富集叶菜. 土壤, 2011, 43(2): 226—231. Tang M D, Ai S Y, Li M J, et al. Preliminary screening for leaf vegetables with lower Cd or Pd contents by using informational superposition in fields(In Chinese). Soils, 2011, 43(2): 226—231
- [7] Das P, Samantaray S, Rout G R. Studies on cadmium toxicity in plants: A review. Environmental Pollution 1997, 98(1): 29—36
- [8] Driouch A, Durand C, Vitré-Gibouin M. Formation and separation of root border cells. Trends in Plant Science, 2006, 12(1): 14—19
- [9] 刘爽, 马丹炜. 不同发育期反枝苋对黄瓜根缘细胞的化感作用. 生态学报, 2009, 29(8): 4 392—4 396. Liu S, Ma D W. The allelopathy of different development stages of *Amaranthus retroflexus* L. on root border cells of cucumber(In Chinese). Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(8): 4 392—4 396
- [10] Chen W R, Liu P, Xu G D, et al. Effects of Al^{3+} on the biological characteristics of cowpea root border cells. Acta Physiol Plant, 2008, 30: 303—308
- [11] Morel J L, Mench M, Guckert A. Measurement of Pb^{2+} , Cu^{2+} and Cd^{2+} binding with mucilage exudates from maize (*Zea mays* L.) roots. Biology and Fertility of Soils, 1986, 2: 29—34
- [12] 姜华,王亚男,何兵等. 绿豆根边缘细胞发育特性. 细胞植物学报, 2012, 32(4): 0 704—0 708. Jiang H, Wang Y N, He B, et al. Biological characters of root border cell development in *Phaseolus radiatus* (In Chinese). Acta Bot Boreal-Occident Sin. 2012, 32(4): 0 704—0 708
- [13] 侯岁稳,贾敬芬. 一种简易的植物原生质体计数方法. 植物生理学通讯, 2002, 38(1): 57. Hou S W, Jia J F. A kind of simple and easy plant protoplast count method (In Chinese). Plant Physiol. Commun, 2002, 38(1): 57
- [14] Richard, Qin L X, Gadal P. Molecular cloning and characterization of a putative pectin methylesterase cDNA. in *Arabidopsis thaliana* L. FEBS Letters, 1994, 355: 133—139
- [15] Miyasaka S C, Hawes M C. Possible role of root border cells in detection and avoidance of aluminum toxicity. Plant Physiology, 2001, 125: 1 978—1 987
- [16] 张裕晨, 马伯军, 顾志敏等. 花生根边缘细胞发育影响因子的分析. 作物学报, 2008, 34(3): 471—476. Zhang Y C, Ma B J, Gu Z M, et al. Factors associated with root border cell development in peanut (In Chinese). Acta Agronomica Sinica, 2008, 34(3): 471—476
- [17] 李荣峰, 蔡妙珍, 刘鹏. 植物根边缘细胞的抗逆性研究进展. 广西植物. 2007(3): 497—502. Li R F, Cai M Z, Liu P. The stress response and resistance of root border cells in plant(In Chinese). Guihaia, 27(3): 497—502
- [18] Hawes M C, Brigham L A. Inpact of root border cells on microbial populations in the rhizosphere. Adv Plant Pathol, 1992, 8: 119—148
- [19] 李荣峰, 蔡妙珍, 刘鹏等. 边缘细胞对大豆根尖铝毒害的缓解效应. 作物学报. 2008, 34(1): 318—325. Li R F, Cai M Z, Liu P, et al. Border cells alleviating aluminum toxicity in soybean root tips(In Chinese). Acta Agronomica Sinica, 2008, 34(1): 318—325
- [20] 宋金敏, 章艺, 刘鹏等. 水稻边缘细胞的生物学特性及对铁毒的响应. 生态学报, 2008, 28(7): 3 284—3 293. Song J M, Zhang Y, Liu P, et al. Biological characteristics and the toxicity response to ferrous iron of rice border cells(In Chinese). Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(7): 3 284—3 293
- [21] Stephenson M B, Hawes M C. Correlation of pectin methylesterase activity in root caps of pea with root border cell separation. Plant Physiol, 1994, 106: 739—745
- [22] 俞敏, 崔志新, 温海祥等. 根际新发现的一类活细胞群——根边缘细胞. 华中农业大学学报, 2004, 23(2): 275—280. Yu M, Cui Z X, Wen H X, et al. Root border cells—A recently defined population of alive cells in Rhizosphere(In Chinese). Journal of Huazhong Agricultural University, 2004, 23(2): 275—280
- [23] 蔡妙珍, 刘鹏, 徐根娣. 荞麦根缘细胞的发育及脱落后对铝毒的响应. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(5): 925—928. Cai M Z, Liu P Xu G D. Development of buckwheat root border cells and their impact on Al^{3+} toxicity after being detached(In Chinese). Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2007, 13(5): 925—928

RESPONSE OF MUNG BEAN ROOT BORDER CELLS TO CADMIUM RELATION TO THEIR STATUS

Wang Yanan[†] Jiang Ha Wang Yu Ma Danwei Li Xinxin Wang Lisha
(College of Life Sciences, Sichuan Normal University, Chengdu 610101, China)

Abstract Mung bean (*Phaseolus radiatus*) was used as subject in this study exploring responses of root border cells to cadmium toxicity in vitro and in vivo with the methods of pre-suspended culture using agar pour plate and filter paper pad in the later part of the culture. In the experiment mung bean root tips with root border cells unwashed in group A and washed off in group B were treated with different concentrations of Cd^{2+} . Results show that Cd^{2+} induced apoptosis and then mucus secretion of the root border cells in vitro. Survival rate of the root border cells in vitro decreased with increasing concentration of Cd^{2+} . It was also found that Cd^{2+} induced in vivo generation of root border cells, of which the number increased first and then decreased with the increasing Cd^{2+} concentration. The maximum induction effect was observed when the roots were treated with $50 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Cd}^{2+}$, regardless of whether the root border cells were washed off or not; Cd^{2+} affected survival rate of the root border cells, and in Group A, the survival rate of root border cells decreased gradually with the increasing Cd^{2+} concentration, but in Group B it increased first and decreased later. Compared with the control, the treatments of $25 \mu\text{mol L}^{-1}$, $200 \mu\text{mol L}^{-1}$ and $400 \mu\text{mol L}^{-1}$ varied significantly ($p < 0.05$), PME activity of root cap increased with increasing Cd^{2+} concentration, and the effect was significant ($p < 0.05$) when the roots were treated with a high concentration of Cd^{2+} concentration for 24 h. All the above - described findings indicate that mung bean root tips can release more root border cells under Cd^{2+} stress, and the detached root border cells form a layer of mucilage and apoptotic cells to protect the root tips against Cd^{2+} .

Key words Mung bean; Cd^{2+} toxicity; Root border cell; PME activity

(责任编辑:过园)