

Cd²⁺ 或 Hg²⁺ 水污染对菱体细胞的 的细胞核及叶绿体超微结构的影响*

李大辉 施国新

(南京师范大学生物系, 南京 210097)

摘要 用 Cd²⁺、Hg²⁺ 两种重金属离子溶液培育菱 (*Trapa bicornis* Osbeck.) 植物体后, 观察体细胞的细胞核及叶绿体超微结构的变化。处理后第 8 天, 菱浮水叶叶片和不定根细胞中细胞核的染色质与核质遭到破坏, 不定根中细胞核的核仁消失。但在各处理浓度 (10 μmol/L ~ 50 μmol/L Cd²⁺ 或 Hg²⁺) 下, 核膜均保持完整。叶片细胞的叶绿体基粒数目减少, 基粒片层解体, 叶绿体双层膜断裂, 叶绿体中的质体球流入细胞基质中。两种结构的破坏程度随处理的离子浓度提高而增大。说明菱体细胞超微结构的变化观测可作为监测重金属污染的一种方法。

关键词 镉; 汞; 重金属离子; 水污染; 菱; 细胞核; 叶绿体

Effects of Cd²⁺ or Hg²⁺ water pollution on the ultrastructure of nuclei and chloroplasts in somatic cells of *Trapa bicornis* Osbeck. Li Dahui, Shi Guoxin (Department of Biology, Nanjing Normal University, Nanjing 210097), *J. Plant Resour. & Environ.* 1999, 8(2): 43~48

The ultrastructure of nuclei and chloroplasts in somatic cells of *Trapa bicornis* Osbeck. treated with two sorts of heavy metal solution of Cd²⁺ or Hg²⁺ was observed. Treated with Cd²⁺ or Hg²⁺ solution on the 8th day, chromatin and nucleoplasm in the cells of *Trapa bicornis* floating leaves and adventitious roots got destructed, moreover nucleous in adventitious roots disappeared, but under all treatments (10 μmol/L ~ 50 μmol/L Cd²⁺ or Hg²⁺ solution) nuclear membrane kept intact. In the floating leaves, number of chloroplast granas reduced, layers of grana disintegrate and chloroplast envelope got disrupted, plastoglobuli in the chloroplast flowed into the cytoplasm. Distructed degrees of the structure increased as the treated concentration of heavy metal solution rose. These results could provide characteristics of structure change of somatic cells induced by the harm of heavy metal water pollution on aquatic plants.

Key words Cd²⁺; Hg²⁺; water pollution; *Trapa bicornis* Osbeck.; nucleus; chloroplast

镉和汞等重金属离子是环境中毒性较大的污染物。它们蓄积性强, 易进入食物链, 具有潜在危害性, 对人类健康造成威胁。

Cd²⁺ 和 Hg²⁺ 对植物的生理、生化及细胞学的影响已有较多研究^[1-5], 但植物体细胞结构

* 国家自然科学基金和江苏省自然科学基金资助项目
李大辉: 男, 1971 年 12 月生, 硕士生, 主要从事植物形态解剖学研究。
收稿日期: 1999-01-03

的影响方面则鲜有报道。太湖流域有大量的水生经济类植物,进行这方面的研究可以观测水污染对水生植物体细胞结构造成的伤害特征,作为环境监测的一种手段,对于保护环境和人类健康具有现实意义。

1 材料与方 法

菱(*Trapa bicornis* Osbeck.)栽种于南京师范大学生物系温室培育池。种子萌发生长1个月后,移植于25 L的玻璃缸中。所用的水为自来水(不含 Cd^{2+} 、 Hg^{2+})。 Cd^{2+} 溶液以 CdCl_2 配制, Hg^{2+} 溶液以 HgCl_2 配制,最终浓度分别设置为5、10、15、20和50 $\mu\text{mol/L}$,以不加 Cd^{2+} 或 Hg^{2+} (0 $\mu\text{mol/L}$)水液处理的作为对照株。

在 Cd^{2+} 和 Hg^{2+} 溶液处理的第8天,分别取对照与各浓度梯度处理的菱浮水叶叶片和不定根,洗净,切取1 mm^2 大小的叶片及不定根,于4%戊二醛固定24 h(40℃),2%锇酸固定2 h,丙酮逐级脱水,Epon 812包埋,LKB-V超薄切片机制片,铀、铅双重染色,Hitachi 600A-2透射电子显微镜观察拍片。

2 结 果

对照株叶片细胞超微结构中,细胞核的染色质与核质分布均匀,叶绿体大而且数目多,含有丰富的淀粉粒(图版 I-1),叶绿体的基粒类囊体片层堆叠整齐紧密,基质类囊体连接其间,叶绿体膜完整(图版 I-3);对照植株不定根细胞还可观察到明显的细胞核核仁(图版 I-2)。

经过 Cd^{2+} 和 Hg^{2+} 溶液处理后,从10 $\mu\text{mol/L}$ 这一浓度开始,观察到细胞核、叶绿体结构出现明显的变化:

2.1 细胞核

在叶片细胞中,10 $\mu\text{mol/L}$ Cd^{2+} 处理后,染色质与核质开始解体消失,呈现疏密不均的分布状态(图版 II-7);15 $\mu\text{mol/L}$ Cd^{2+} 处理的,部分区域的染色质与核质消失(图版 II-8);20 $\mu\text{mol/L}$ Cd^{2+} 处理的,在核的中央,染色质与核质完全消失(图版 II-9);50 $\mu\text{mol/L}$ Cd^{2+} 处理的,观察到核几乎已成空核,仅在靠近核膜处仍有少量的电子密度絮状物质(图版 II-10)。 Hg^{2+} 溶液处理后,染色质与核质同样被破坏。

在不定根细胞中, Cd^{2+} 、 Hg^{2+} 溶液处理后,均引起染色质与核质的破坏解体;在用15 $\mu\text{mol/L}$ Cd^{2+} 处理的根细胞中,观察到核膜的外层膜局部向外膨胀,使得该处的核周腔变大(图版 I-5);在用20 $\mu\text{mol/L}$ Hg^{2+} 处理的根中,染色质与核质受到破坏,核仁已观察不到(图版 I-6)。

在各个浓度的 Cd^{2+} 或 Hg^{2+} 处理的叶片与不定根细胞中,细胞核的核膜始终保持完整。

2.2 叶绿体

在10 $\mu\text{mol/L}$ Cd^{2+} 、20 $\mu\text{mol/L}$ Cd^{2+} 处理的菱叶片细胞中可以观察到叶绿体膨胀变形,基粒类囊体片层开始松散解体,基粒排列无序(图版 II-7,9),叶绿体双层膜出现部分破裂(图版 II-9),膜系统损伤;50 $\mu\text{mol/L}$ Cd^{2+} 处理的,基粒及基质类囊体数目明显减少,几乎无正常基粒存在,双层膜断裂(图版 II-10)。

Hg²⁺溶液处理对叶绿体结构也具有破坏作用。在 20 μmol/L Hg²⁺处理的叶细胞中,叶绿体膨大,叶绿体基粒类囊体垛叠松散,被膜断裂,叶绿体基质及叶绿体中的质体球流入到细胞基质中(图版 I-4)。

3 讨 论

细胞核和叶绿体是植物的两种重要的细胞器。细胞核是遗传信息储存、复制、表达的主要场所,叶绿体是进行光合作用的场所,它们能否正常行使功能关系到植物的生存。本实验表明 Cd²⁺、Hg²⁺对细胞核与叶绿体均有破坏作用。细胞核最明显的受害特征是染色质与核质解体消失(图版 I-5, 6; 图版 II-9, 10),说明遗传物质遭到破坏,细胞的正常生理功能受到影响。前人的研究指出, Cd²⁺对细胞的毒害是通过阻止 Ca²⁺的跨膜内流而引发细胞各种功能紊乱和结构损伤^[5]; Hg²⁺可以改变生物大分子如核酸、蛋白质的构象,在分子水平上造成 DNA 的损伤^[6]。另外,本实验没有观察到在细胞学研究中见到的细胞核受重金属作用而出现的微核等现象^[5]。这可能与实验材料与实验手段的不同有关。

叶绿体结构的破坏主要体现在:叶绿体膨胀变形、基粒破坏、片层解体、叶绿体膜断裂(图版 I-4; 图版 II-9, 10)。说明叶绿体膜结构受到损伤。这必然会对植物光合作用产生负面影响。李功藩等^[7]研究过叶绿体结构状态与光合作用的光化学反应活性的关系,指出类囊体结构的完整性和有序性对于叶绿体在光合作用中进行正常有效的光能转换是非常必要的。叶绿体的破坏还会影响光合电子传递链的正常功能^[8]。可见对叶绿体微结构的破坏作用是重金属离子对植物毒害的机制之一。

重金属离子对细胞核、叶绿体的破坏作用随离子浓度的提高而增大;从染色质与核质开始解体(10 μmol/L Cd²⁺处理)到完全消失(50 μmol/L Cd²⁺处理);叶绿体基粒从松散(10 μmol/L Cd²⁺处理)到基粒完全解体、叶绿体膜断裂(20、50 μmol/L Cd²⁺处理, 20 μmol/L Hg²⁺处理)。反映出毒害的一种梯度效应。在各个浓度(10~50 μmol/L Cd²⁺或 Hg²⁺)下,细胞核膜始终保持完整(图版 II-7~10),虽然在根中观察到核膜外层膜局部向外膨胀,使核周腔增大,但是膜依然未破裂(图版 I-5)。而叶绿体膜结构在 20 μmol/L Cd²⁺处理或 20 μmol/L Hg²⁺处理时,就已断离(图版 I-4; 图版 II-9),说明不同的细胞器对同一种重金属离子的敏感程度是不一致的。

综上所述, Cd²⁺或 Hg²⁺水污染对菱体细胞的细胞核、叶绿体的微结构具有明显的伤害作用,这与叶片的褪绿、坏死斑等外观表现是一致的,说明菱体细胞超微结构的变化观测可以作为监测重金属污染的一种方法。

参 考 文 献

- 1 孙赛初,王焕校,李启任. 水生维管植物受镉污染后的生理变化及受害机制初探. 植物生理学报, 1985, 11(2): 113~121.
- 2 张志杰,吕秋芳,方芳. 汞对小麦幼苗生长发育和生理功能的影响. 环境科学, 1989, 10(4): 10~13.
- 3 Kahle H. Response of roots of trees to heavy metals. Environ Experi Bot, 1993, 33: 99~119.
- 4 杨居荣,贺建群,张国祥,等. 不同耐性作物中几种酶活性对 Cd 胁迫的反应. 中国环境科学, 1996, 16(2): 113~117.
- 5 莫文红,李懋学. 镉离子对蚕豆根尖细胞分裂的影响. 植物学通报, 1992, 9(3): 30~34.

- 6 张义贤. 重金属对大麦毒性的研究. 环境科学学报, 1997, 17(2): 199~205.
 7 李功藩, 蔡琬平, 吴亚君, 等. 叶绿体结构状态与光化学活性的关系. 植物生理学报, 1987, 13(3): 295~301.
 8 Trebst A. Energy conservation in photosynthetic electron transport of chloroplasts. Ann Rev Plant Physiol, 1974, 25: 423~458.

图版说明 Explanation of Plates

N: 细胞核; Nm: 核膜; CN: 染色质与核质; Nu: 核仁; Chl: 叶绿体; G: 基粒; Ce: 叶绿体膜; Cw: 细胞壁;
 S: 淀粉粒; V: 液泡

图版 I

1. 对照的叶超微结构, 示正常的细胞核与叶绿体($\times 3\ 500$); 2. 对照的根超微结构, 示正常的细胞核($\times 10\ 000$); 3. 对照的叶中的叶绿体($\times 50\ 000$); 4. $20\ \mu\text{mol/L Hg}^{2+}$ 处理的叶细胞中, 叶绿体膨大、膜破裂, 所含质体球流入细胞基质中(箭头)($\times 30\ 000$); 5. $15\ \mu\text{mol/L Cd}^{2+}$ 处理的根细胞中, 被破坏的核及局部核周腔增大(箭头)($\times 17\ 000$); 6. $20\ \mu\text{mol/L Hg}^{2+}$ 处理的根细胞中, 被破坏的核($\times 20\ 000$)。

图版 II

7. $10\ \mu\text{mol/L Cd}^{2+}$ 处理的叶超微结构, 示破坏的核与叶绿体($\times 17\ 000$); 8. $15\ \mu\text{mol/L Cd}^{2+}$ 处理的叶, 示破坏的细胞核的染色质与核质(箭头)($\times 12\ 000$); 9. $20\ \mu\text{mol/L Cd}^{2+}$ 处理的叶, 示核中央的染色质与核质已消失、叶绿体膜的破裂和基粒片层的解体($\times 20\ 000$); 10. $50\ \mu\text{mol/L Cd}^{2+}$ 处理的叶, 示核已成空核, 叶绿体结构已被破坏(箭头)($\times 10\ 000$)。

N: nucleus; Nm: nuclear membrane; CN: chromatin and nucleoplasm; Nu: nucleolus; Chl: chloroplast; G: grana; Ce: chloroplast envelope; Cw: cell wall; S: starch grains; V: vacuole

Plate I

1. Ultrastructure of control leaf, showing the normal nucleus and chloroplast ($\times 3\ 500$); 2. Ultrastructure of control root, showing the normal nucleus ($\times 10\ 000$); 3. Ultrastructure of control leaf, showing the normal chloroplast ($\times 50\ 000$); 4. Treated with $20\ \mu\text{mol/L Hg}^{2+}$, showing expanded chloroplast, disrupted chloroplast envelope and plastoglobuli flowed into cytoplasm (arrow) in leaf ($\times 30\ 000$); 5. Treated with $15\ \mu\text{mol/L Cd}^{2+}$, showing the damaged nucleus and expansion of perinuclear space (arrow) in root ($\times 17\ 000$); 6. Treated with $20\ \mu\text{mol/L Hg}^{2+}$, showing the damaged nucleus in root ($\times 20\ 000$).

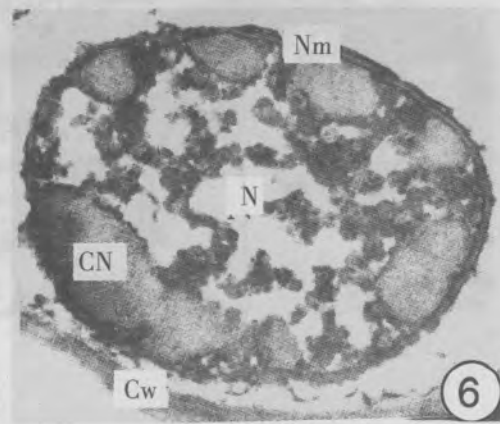
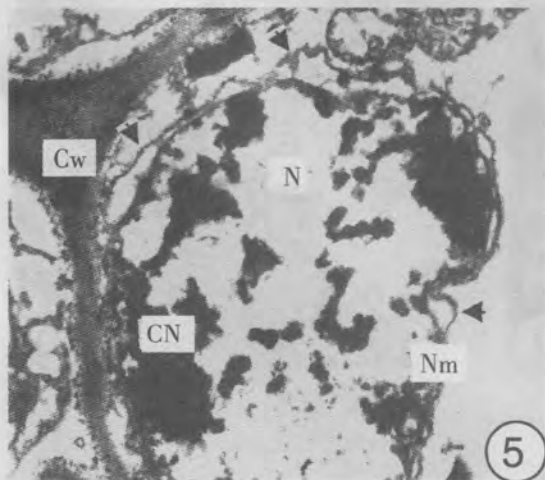
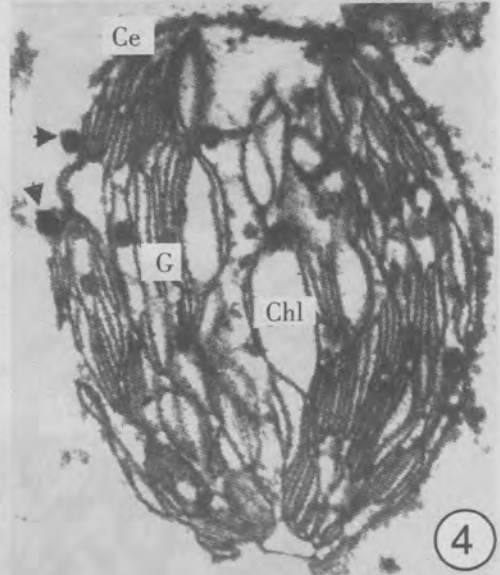
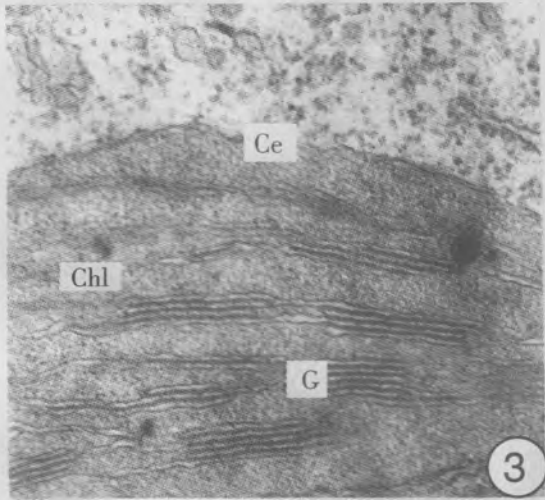
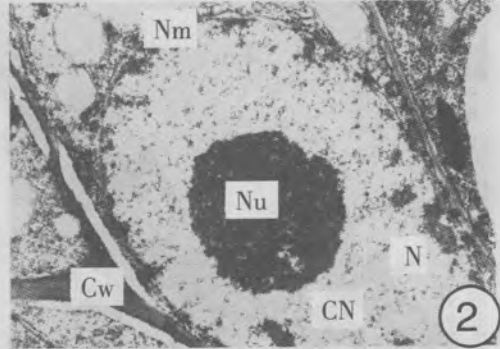
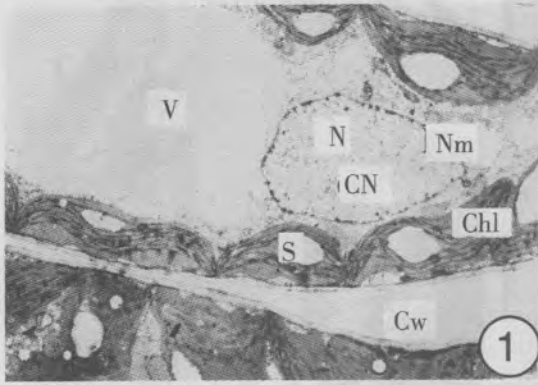
Plate II

7. Treated with $10\ \mu\text{mol/L Cd}^{2+}$, showing nucleus and chloroplast got destructed in leaf ($\times 17\ 000$); 8. Treated with $15\ \mu\text{mol/L Cd}^{2+}$, showing the damaged chromatin and nucleoplasm (arrow) in leaf ($\times 12\ 000$); 9. Treated with $20\ \mu\text{mol/L Cd}^{2+}$, showing the central chromatin and nucleoplasm disappeared, destruction of chloroplast envelope and grana in leaf ($\times 20\ 000$); 10. Treated with $50\ \mu\text{mol/L Cd}^{2+}$, showing nucleus had been empty, chloroplast had disintegrated (arrow) in leaf ($\times 10\ 000$).

(责任编辑: 许定发)

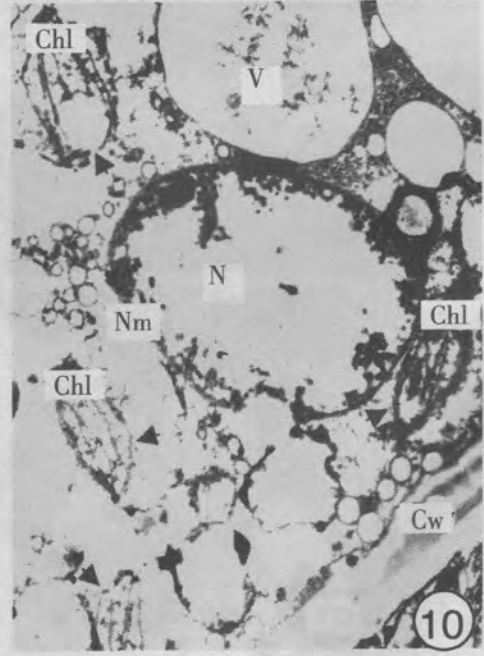
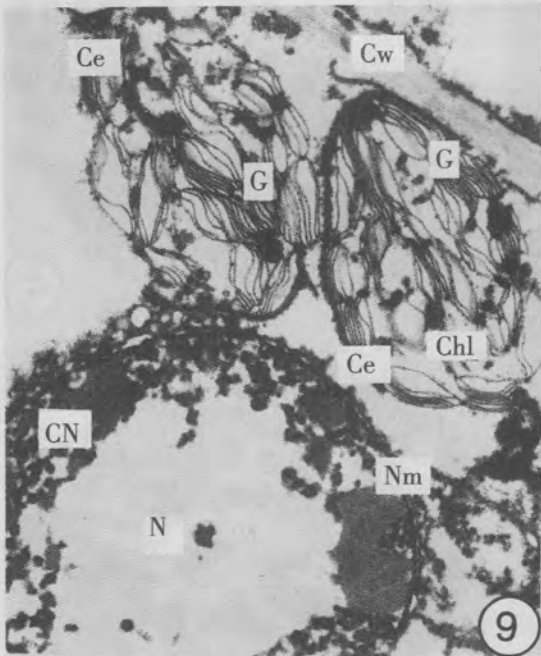
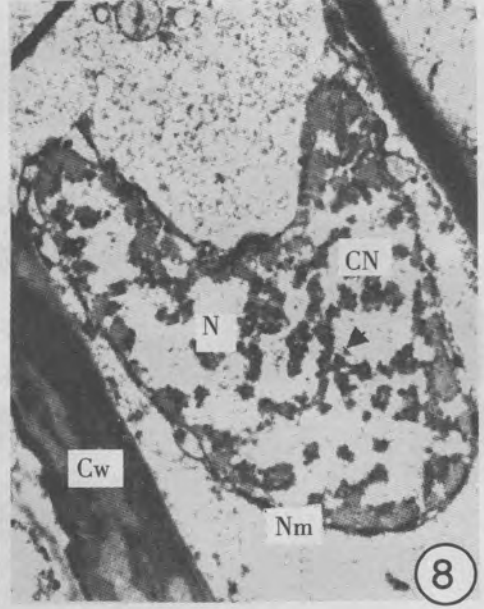
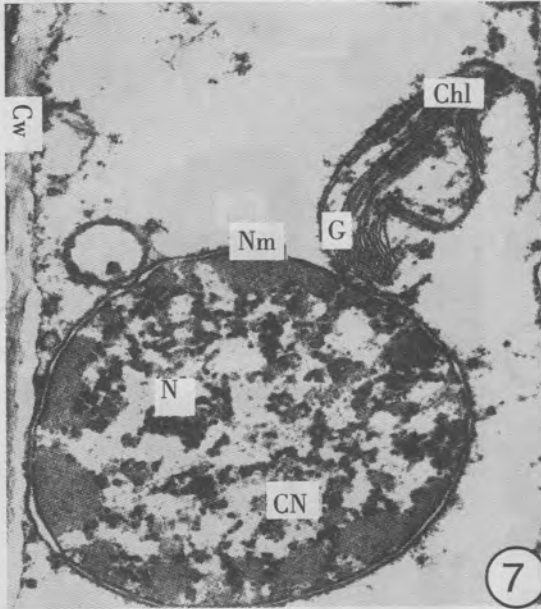
李大辉等: Cd²⁺ 和 Hg²⁺ 水污染对菱体细胞的细胞核及叶绿体超微结构的影响
Li Dahui *et al.*: Effects of Cd²⁺ or Hg²⁺ water pollution on the ultrastructure of nuclei and chloroplasts in somatic cells of *Trapa bicornis* Osbeck.

图版 I
Plat I



See explanation of the end of text

李大辉等：图版 II
Li Dahui *et al.* : Plate II



See explanation of the end of text