

· 解析评价 ·

doi:10.3969/j.issn.1674-6732.2010.05.013

重金属离子对斜生栅列藻毒性的研究

朱歆莹¹, 高 为², 钟运建²
(1. 徐州市环境监测中心站, 江苏 徐州 221002; 2. 苏州科技学院, 江苏 苏州 215011)

摘 要: 应用斜生栅列藻作为生物指示物, 对 16 种重金属化合物的单一毒性进行毒性评价, 并分别从微观和宏观角度分析了重金属的致毒机理。实验结果表明: 它们的毒性大小顺序为 $\text{Ag}^+ > \text{Cd}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Sr}^{2+} > \text{Pb}^{2+} > \text{Hg}^{2+} > \text{Sn}^{4+} > \text{Al}^{3+} > \text{Cr}^+ > \text{Ni}^{2+} > \text{Mn}^{2+} > \text{Ba}^{2+} > \text{Fe}^{3+} > \text{Co}^{2+} > \text{Li}^+$ 。
关键词: 重金属化合物; 斜生栅列藻; 急性毒性
中图分类号: X172 **文献标识码:** B **文章编号:** 1674-6732(2010)-05-0044-02

The Toxicity of Heavy Metal Ion towards *Scenedesmus Obliquus*

ZHU Xin-ying¹, GAO Wei², ZHONG Yun-jian²
(1. Xuzhou Environmental Monitoring Central Station, Xuzhou, Jiangsu 221002, China; 2. Suzhou University of Science and Technology, Suzhou, Jiangsu 215011, China)

ABSTRACT: In the present study, *scenedesmus obliquus* was used to indicate and evaluate the acute toxicity of 16 heavy metals. The results showed that the hierarchy of metal toxicity was $\text{Ag}^+ > \text{Cd}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Sr}^{2+} > \text{Pb}^{2+} > \text{Hg}^{2+} > \text{Sn}^{4+} > \text{Al}^{3+} > \text{Cr}^+ > \text{Ni}^{2+} > \text{Mn}^{2+} > \text{Ba}^{2+} > \text{Fe}^{3+} > \text{Co}^{2+} > \text{Li}^+$. The toxic mechanism of the heavy metals was analyzed from microcosmic aspect and macroscopical angle respectively.
KEY WORDS: heavy metal compound; *scenedesmus obliquus*; acute toxicity

藻类是水体中的初级生产者,在水生态系统的食物链中起着十分重要的作用。重金属通过各种途径进入水体后,首当其冲的受害者就是藻类生物。因此,从环境的角度来看,研究重金属对藻类的致毒效应至关重要。

1 材料与方法

1.1 材料

标准生物指示物斜生栅列藻 (*Scenedesmus Obliquus*) 取自中国预防科学院环卫工程研究所,用水生 4 号培养基 (HB-4) 采用营养繁殖方式繁殖,生长期为 4 ~ 7 d^[1]。受试物 16 种金属化合物均采用标准化学试剂。将受试物配制成 1.000 g/L 的母液,冷藏在 5 ± 1℃ 的冰箱中,一月内有效。

1.2 方法

采用急性致毒试验方法,按照《水生生物毒性试验方法》中规定的条件进行试验。以几何数设置浓度组 and 对照组 (每组 3 个平行)。将培养好的

斜生栅列藻、细胞浓度为 1 × 10⁵ 个/mL 的藻液 50 mL 和受试物 50 mL 置于 150 mL 三角烧瓶中 (试验期间不加营养液),恒温培养。温度为 (24 ± 1)℃,光照强度为 3 000 lx, $t(\text{光}) : t(\text{暗}) = 14 \text{ h} : 10 \text{ h}$ 。每天摇动数次,一次性培养 96 h。每 24 h 分别取样,测吸光度,用直线插入法求出受试物的 96 h 的半抑制浓度值 (EC₅₀)。

2 试验结果讨论

2.1 试验结果

试验结果表明,受试物离子的毒性大小为: $\text{Ag}^+ > \text{Cd}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Sr}^{2+} > \text{Pb}^{2+} > \text{Hg}^{2+} > \text{Sn}^{4+} > \text{Al}^{3+} > \text{Cr}^+ > \text{Ni}^{2+} > \text{Mn}^{2+} > \text{Ba}^{2+} > \text{Fe}^{3+} > \text{Co}^{2+} > \text{Li}^+$ 。16 种金属化合物 96 h 的 EC₅₀ 值试验结果见表 1。

收稿日期: 2009-12-22
作者简介: 朱歆莹 (1977—), 女, 工程师, 本科, 从事环境科研工作。

表 1 16 种重金属离子 96 h 急性毒性试验结果

受试物	趋近线方程	相关系数 r^2	96 h 的 EC ₅₀ 值/ (mol · L ⁻¹)
AgNO ₃	$y = 1.2883x + 6.0179$	0.9903	0.9543
SnCl ₄ · 5H ₂ O	$y = 0.6787x + 4.9901$	0.9567	2.9499
CoCl ₂ · 6H ₂ O	$y = 2.6588x + 2.9015$	0.9483	25.8710
BaCl ₂ · 2H ₂ O	$y = 0.7117x + 4.7960$	0.9839	7.9194
SrCl ₂ · 6H ₂ O	$y = 1.3961x + 5.1257$	0.9620	3.0485
NiCl ₂ · 6H ₂ O	$y = 1.0104x + 4.8099$	0.9666	6.4883
LiNO ₃	$y = 4.4682x - 2.8015$	0.9785	808.2274
CuCl ₂ · 2H ₂ O	$y = 0.7841x + 5.1520$	0.9991	3.7541
Fe(NO ₃) ₃ · 9H ₂ O	$y = 2.183x + 0.4154$	0.9012	5.1980
MnCl ₂ · 4H ₂ O	$y = 3.9422x - 1.3369$	0.9834	8.1224
CrCl ₃ · 6H ₂ O	$y = 4.3059x - 1.5166$	0.9193	5.6798
Al(NO ₃) ₃ · 9H ₂ O	$y = 5.269x - 2.7734$	0.9328	3.9327
HgCl ₂	$y = 0.7332x + 3.9636$	0.9356	3.6774
ZnCl ₂	$y = 1.0849x + 4.2789$	0.9368	4.8803
Pb(NO ₃) ₂	$y = 3.0103x + 2.0918$	0.9711	2.9167
CdCl ₂ · 2.5H ₂ O	$y = 1.1701x + 4.6491$	0.9870	1.3133

2.2 结果讨论

2.2.1 从微观角度讨论重金属离子的致毒效应

金属致毒机理在分子水平上有 3 种类型:其一,阻碍生物大分子的重要功能;其二,取代生物大分子中的必需金属,使其丧失生物活性;其三,改变生物大分子活性部位的构象,从而改变其生物活性^[2]。生物配体分子在吸收金属阳离子时,赖以识别和选择的基本因素是离子的电子构型,它决定于离子对配位原子的亲合性。下面就本毒性试验结果作讨论。

金属 Li 属于轻金属,但和重金属一样,也具有一定的毒性。Li 和 Na、K 为同族元素,电荷大小与离子电子构型相同,而 Li 的离子半径要比 Na、K 小,因此更容易进入藻细胞。在 Li 离子进入藻细胞后,可能取代 Na、K 的位置,与生物分子配体结合,影响生物分子配体的活性,进而抑制藻细胞的正常生长繁殖。Mg 和 Ca 离子为同族元素,它们的致毒机理与 Li 离子类似。

Fe、Co、Cu、Zn、Ni 离子都是斜生栅列藻的微量营养元素。因为生物大分子有多个不同的配位点,同一金属在不同条件下可与不同配位点结合。所以,当浓度超出正常值时,其离子就可与生物分子配体的其他配位点结合,从而影响生物分子配体的活性。然而,Cu²⁺ > Zn²⁺ > Ni²⁺ > Fe³⁺ > Co²⁺ 的毒性顺序的原因与 5 种重金属引起毒性反应的浓度阈值有关。

Sr、Cr、Ni、Mn、Ba 离子也为斜生栅列藻必需的营养元素,若浓度过高的上述离子进入细胞,会导致 DNA 酶、脱氢酶、过氧化物酶活性受到强烈的影

响从而使细胞分裂、光合放氧和细胞膜透性受到强烈抑制。重金属影响酶活性的机理,一种可能是使作为酶的辅助因子的金属离子的吸收和利用受阻;另一种可能是重金属与酶蛋白结合形成螯合物,使酶的结构与构型发生变化而影响酶的活性^[3]。

Ag、Pb、Hg、Sn、Al 离子能够改变生物分子活性部位的构象,细胞膜透性增加后,会阻碍藻类的生长,降低光合作用,使电解质漏失,从而改变其生物活性。高浓度的这些重金属会致使叶绿素含量下降,导致类胡萝卜素与叶绿素的比例失调,从而抑制藻类生长。

Ag 离子的毒性排在这 16 种重金属离子之首,因为 Ag 离子易形成金属有机化合物,藻细胞对这类金属化合物的选择性更低;且 Ag 离子有可能改变生物分子的活性部位的构象,也可能通过替代具有相同电荷与大小、相似离子电子构型的营养元素离子产生毒性反应。

2.2.2 从宏观角度讨论重金属离子的致毒效应

重金属离子对斜生栅列藻的毒性效应主要表现为:改变运动器的细微结构,使核酸组成发生变化;阻碍细胞分裂,破坏 DNA 结构;影响细胞生长和缩小细胞体积;降低叶绿素含量及抑制藻类的光合作用;影响酶活性^[4]。

3 结语

超出阈值的重金属对藻类的的毒性强弱取决于金属的形态、价态、浓度、环境因素和重金属的相互作用,取决于特定的试验藻种及藻类细胞的化学结构和生理生化特性^[5]。致毒效应主要表现在:影响藻类的生长代谢、抑制光合作用、减少细胞色素、导致细胞畸变、改变天然环境中的种类组成。重金属对藻类的毒性强弱也各不相同。

[参考文献]

[1] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 4 版. 北京:中国环境科学出版社,2002.

[2] 张笑一,潘渝生. 重金属致毒的化学机理[J]. 环境科学研究, 1997,10 (2):45-49.

[3] 林碧琴,张晓波. 羊角月芽藻对镉毒作用的反应和积累的研究 I:镉对羊角月芽藻的毒性作用[J]. 植物研究,1988,8 (4):195-202.

[4] 姜彬慧,林碧琴. 重金属对藻类的毒性作用研究进展[J]. 辽宁大学学报:自然科学版,2000,27(3):281-287.

[5] 邱昌恩. 六种常见重金属对藻类的毒性效应概述[J]. 重庆医科大学学报, 2006,31(5): 776-778.

(本栏目编辑 周立平)