

Toxic Effects of Heavy Metals Ions on *Rana chensinensis* Tadpoles

Guoqiang Wang

Xi'an University, Xi'an Shaanxi
Email: liuyingt@126.com

Received: Aug. 21st, 2018; accepted: Sep. 5th, 2018; published: Sep. 12th, 2018

Abstract

As a larva of *Rana chensinensis*, tadpoles are highly dependent on water environment. Soluble heavy metal ions in the water environment can enter the body through the tadpole's respiratory system and skin, affecting the survival, growth and physiological and biochemical indicators of tadpoles, so they can be used to monitor the changes of water environment. The toxic effects of heavy metal ions such as Cu^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , Cr^{6+} and Hg^{2+} on *Rana chensinensis* tadpoles were reviewed in this paper, which provided scientific basis for ecological protection and water environment monitoring of *Rana chensinensis* tadpoles.

Keywords

Heavy Metals Ions, *Rana chensinensis* Tadpoles, Toxicity, Environmental Monitoring

重金属离子对中国林蛙蝌蚪的毒性效应研究进展

王国强

西安文理学院, 陕西 西安
Email: liuyingt@126.com

收稿日期: 2018年8月21日; 录用日期: 2018年9月5日; 发布日期: 2018年9月12日

摘要

蝌蚪作为中国林蛙的幼体, 对水环境有着极强的依赖性。水环境中的可溶性重金属离子可以通过中国林蛙蝌蚪的呼吸系统和皮肤进入体内, 影响蝌蚪的存活状况、生长发育和生理生化指标, 因此可以用来监

测水体环境的变化。本文从 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Cr^{6+} 和 Hg^{2+} 等重金属离子对中国林蛙蝌蚪的毒性效应方面进行综述，为中国林蛙蝌蚪的生态保护和水质环境监测提供科学依据。

关键词

重金属离子, 中国林蛙蝌蚪, 毒性, 环境监测

Copyright © 2018 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

人类通过农业生产、工业生产和各种其他行为活动，如污水的农业灌溉、含有重金属离子的工业污水排放、各种内燃机的废气释放、各种重金属的开采和冶炼等人类活动造成的水体重金属污染现在越来越成为人们关注水体环境的热点问题。重金属离子和有机物污染物相比，在水体环境中具有较强的富集性，并很难在水体环境中自然降解，重金属离子可以造成蛋白质变性，且经过生物浓缩作用后对水体中的所有生物体都会造成伤害，引起水体环境中生物体的各种短期和长期毒性效应。

中国林蛙是一种广泛分布于我国北方地区(东北、华北等地区)的无尾两栖动物，较长时期以来由于人类的滥捕和生态环境的破坏，它们幼体生存的水体环境不断受到重金属离子污染物的排入，给野生中国林蛙造成了不同程度的危害，引起其野生种群数量不断下降[1]-[7]。本文综述了5种常见污水中重金属离子的毒理作用及其对中国林蛙蝌蚪造成的危害，为中国林蛙蝌蚪的生态毒理学等相关领域提供研究资料，并为自然水体环境的综合评价和重金属离子的污水治理提供一定的理论和实践依据。

2. 水域重金属离子的种类及其毒性机理

迄今为止，人们研究水域环境中对中国林蛙蝌蚪伤害较大的重金属离子种类主要有铜离子(Cu^{2+})、铅离子(Pb^{2+})、镉离子(Cd^{2+})、铬离子(Cr^{6+})、汞离子(Hg^{2+}) [1]。

铜是中国林蛙蝌蚪生长发育所必需的微量元素，通常作为生物化学反应的氧化还原催化剂或氧的载体参与蝌蚪体内多种蛋白酶的组成。水体环境中 Cu^{2+} 超过一定浓度就会对中国林蛙蝌蚪产生不同程度的伤害，水体环境中的 Cu^{2+} 一旦被中国林蛙蝌蚪的呼吸器官和皮肤截留，将进入其循环系统，并随血液迅速转移到其他身体器官中，并主要积累在肝部，当中国林蛙蝌蚪体内 Cu^{2+} 含量超过一定浓度后，可以使其血液中的血红蛋白等蛋白质变性、乳酸脱氢酶等巯基酶的活性受到抑制，从而对中国林蛙蝌蚪产生一定的毒性作用[1]。

铅是中国林蛙蝌蚪体内许多蛋白酶的抑制剂，水体环境中的 Pb^{2+} 通过中国林蛙蝌蚪的皮肤、消化道、呼吸道进入体内，与蝌蚪身体中的多种器官蛋白质结合，可以抑制血红素的合成和神经递质的代谢，从而对循环系统和神经系统造成一定的毒害作用[2]。

镉可以和中国林蛙蝌蚪体内含羧基、氨基和巯基的各种蛋白酶结合，造成蛋白酶构象的改变或结构的破坏。水体环境中的 Cd^{2+} 通过中国林蛙蝌蚪的皮肤和呼吸道进入体内，与蝌蚪身体中的多种蛋白质亲和，从而影响体内酶的活性、元素的代谢、激素的分泌等，影响中国林蛙蝌蚪的正常生长发育，造成一定数量的突变个体、畸形个体或癌症个体[2]。

铬是中国林蛙蝌蚪生长发育所必需的微量元素。 Cr^{3+} 是对中国林蛙蝌蚪生长发育有益的元素，而 Cr^{6+}

对中国林蛙蝌蚪是有毒的。水体环境中的 Cr^{3+} 通过中国林蛙蝌蚪的皮肤和呼吸道进入体内，与其它控制代谢的物质一起配合起作用，影响中国林蛙蝌蚪体内的新陈代谢等生命活动，参与蝌蚪体内的糖、脂肪和蛋白质的代谢，如果中国林蛙蝌蚪身体中 Cr^{3+} 的含量过高，就会在蝌蚪体内被氧化为 Cr^{6+} 而成为致癌物质[2]。

汞一般沉积在环境水体的底质中，逐渐通过中国林蛙蝌蚪的皮肤系统和呼吸道进入体内。 Hg^{2+} 能与蛋白质、酶类或谷胱甘肽等生物大分子中所含的-SH 发生配位化学反应，形成牢固的硫醇基配位化合物，从而改变酶的结构，使这些酶类的生物活性受到抑制，破坏细胞的基本功能和代谢。因此， Hg^{2+} 对中国林蛙蝌蚪产生非常严重的毒性效应[2]。

3. 重金属离子对中国林蛙蝌蚪的急、慢性毒性效应

石戈等人[3]研究了不同水体中 Cu^{2+} 浓度对中国林蛙蝌蚪所造成的毒性效应。研究表明：在适合中国林蛙蝌蚪生长发育的水体温度下，暴露在 Cu^{2+} 环境下的中国林蛙蝌蚪 1、2 和 3 d 的半致死浓度(LC50)和安全浓度(SC)分别为 0.13、0.11、0.04 和 0.02 mg/L，其半致死浓度随 Cu^{2+} 暴露时间的延长而下降；随着 Cu^{2+} 浓度的增大和暴露在 Cu^{2+} 环境下时间的延长，中国林蛙蝌蚪的存活率逐渐下降。将中国林蛙蝌蚪暴露在 Cu^{2+} 的安全浓度下，其生长发育依然受到不同程度的抑制，并会产生一定数量的畸形个体。

王建鑫等人[4]研究了不同水体中 Pb^{2+} 浓度对中国林蛙蝌蚪所造成的急性和亚急性毒性效应。急性毒的研究结果表明：在适合中国林蛙蝌蚪生长发育的水体温度下，暴露在 Pb^{2+} 环境下的中国林蛙蝌蚪 1、2 和 3 d 的半致死浓度和安全浓度分别为 3.3、1.66、1.41 和 0.13 mg/L，其半致死浓度随 Pb^{2+} 暴露时间的延长而下降；随着 Pb^{2+} 浓度的增大和暴露在 Pb^{2+} 环境下时间的延长，中国林蛙蝌蚪的存活率逐渐下降。亚急性毒的研究结果表明：中国林蛙蝌蚪的全长和体重随着暴露水体中 Pb^{2+} 浓度的增加而逐渐减小；其存活率逐渐下降；而中国林蛙蝌蚪的畸形率逐渐提高；中国林蛙蝌蚪血细胞微核及核异常的随着暴露水体中 Pb^{2+} 浓度的增大而明显增加；将中国林蛙蝌蚪暴露在 Pb^{2+} 的安全浓度下，其生长发育依然受到不同程度的抑制，并会产生一定数量的畸形个体。

黄敏毅等人[5]研究了不同水体中 Cd^{2+} 浓度对中国林蛙蝌蚪所造成的急性和慢性毒性效应。急性毒的研究结果表明：暴露在 Cd^{2+} 环境下的中国林蛙蝌蚪 1、2、3 和 4 d 的半致死浓度、全致死浓度和零致死浓度全都随 Cd^{2+} 暴露时间的延长而逐渐下降；随着水体 Cd^{2+} 浓度的增大和暴露在 Cd^{2+} 环境下时间的延长，中国林蛙蝌蚪的存活率逐渐下降；并且去离子水中 Cd^{2+} 对中国林蛙蝌蚪的影响比在自来水中的 Cd^{2+} 大。此外，慢性毒的研究结果表明：中国林蛙蝌蚪的体重和长度的增长率随着水体中 Cd^{2+} 浓度的升高而降低，其蝌蚪变态的发育历期逐渐增长；将中国林蛙蝌蚪暴露在 Cd^{2+} 的安全浓度下，其生长发育依然受到不同程度的抑制，发育历期增长，并会产生一定数量的畸形个体。

石戈等人[6]研究了不同水体中 Cr^{6+} 浓度对中国林蛙蝌蚪所造成的急性和亚急性毒性效应。急性毒的研究结果表明：在适合中国林蛙蝌蚪生长发育的水体温度下，暴露在 Cr^{6+} 环境下的中国林蛙蝌蚪 1、2 和 3 d 的半致死浓度和安全浓度分别为 4.16、4.48、4.57 和 1.55 mg/L，其半致死浓度随 Cr^{6+} 暴露时间的延长而增加；随着 Cr^{6+} 浓度的增大和暴露在 Cr^{6+} 环境下时间的延长，中国林蛙蝌蚪的存活率逐渐下降。亚急性毒的研究结果表明：中国林蛙蝌蚪的平均尾长、全长和体重的日增长值随着水体中 Cr^{6+} 浓度的增加而逐渐减小；其存活率和成蛙率逐渐下降；将中国林蛙蝌蚪暴露在 Cr^{6+} 的安全浓度下，其生长发育依然受到不同程度的抑制，并会产生一定数量的畸形个体。

徐纪芸等人[7]研究了不同水体中 Hg^{2+} 浓度对中国林蛙蝌蚪所造成急性和慢性的致毒作用及其机理。急性毒的实验结果表明：暴露在 Hg^{2+} 环境下的中国林蛙蝌蚪 1、2、3 和 4 d 的半致死浓度和安全浓度分别为 1.05、0.85、0.61、0.49 和 0.17 mg/L，其半致死浓度随 Hg^{2+} 暴露时间的延长而增加；随着 Hg^{2+} 浓度

的增大和暴露在 Hg^{2+} 环境下时间的延长, 中国林蛙蝌蚪的存活率逐渐下降。此外, 慢性毒的研究结果表明: 将 26~27 期中国林蛙蝌蚪饲养在 Hg^{2+} 质量浓度分别为 10、20、30 和 40 $\mu\text{g/L}$ 的曝气自来水中, 染毒 40 d, 分两时段测定其体内汞的含量, 24 h 蝌蚪体内的汞含量表现为染毒初期出现多个富集高峰, 10 h 后逐渐下降并稳定; 中国林蛙蝌蚪体内总汞含量随着在水体中 Hg^{2+} 暴露时间的延长而下降; 染毒 30 d 后, 各染毒组蝌蚪体内总汞含量基本稳定, 且各染毒组蝌蚪体内总汞的平衡含量接近。中国林蛙蝌蚪急、慢性汞中毒研究结果表明, 汞污染对中国林蛙种群的正常生长有极大的负面影响。

4. 中国林蛙蝌蚪在重金属离子环境监测中的应用

综上所述, 当环境水中重金属离子达到一定浓度(如中国林蛙蝌蚪的 SC 、 LC_{50} 和 LC_{100} 等)时, 都会影响中国林蛙蝌蚪的身体形态、种群死亡率和个体畸形率, 并对中国林蛙蝌蚪的正常活动行为、生长发育、组织器官系统和遗传物质(DNA)等造成一定的毒性效应, 从而引起一系列的行为上和形态上的变化, 便于人们的观察和判断。因此, 中国林蛙蝌蚪可以作为环境水体的监测动物, 并和其他生物种类相比, 具有一定的优势。例如一些浓度非常低甚至只是达到痕量标准的重金属离子污染物进入水体环境后, 在能直接检测或人类直接感受到以前, 这些重金属离子污染物就会对中国林蛙蝌蚪造成伤害, 从而显示出一些可辨识的行为上或形态上的症状。

现在, 人们对水体环境中的重金属离子污染问题关注度越来越高, 因此中国林蛙蝌蚪作为一种对水体环境重金属离子污染响应最敏感的物种之一, 其环境监测作用越来越受到水体环境工作者的重视, 中国林蛙蝌蚪作为水体环境监测物种研究的相关方法和手段也相继被报道。但现在的研究表明, 许多重金属离子对中国林蛙蝌蚪产生的急、慢性毒性效应的致毒作用及其机理还有待于进一步研究。今后, 在行为和形态等宏观研究的基础上, 应加强从基因和蛋白等微观方面对中国林蛙蝌蚪重金属离子毒性效应的相关研究。

基金项目

陕西省自然科学基金项目(2017JZ005); 陕西省教育厅自然科学基金项目(14JK2135)。

参考文献

- [1] 刘鹏, 陈辉, 赵文阁. 重金属对无尾两栖类蝌蚪的毒性效应研究进展[J]. 中国农学通报, 2011, 27(17): 273-276.
- [2] 张传永, 刘庆, 陈燕妮. 重金属对水生生物毒性作用研究进展[J]. 生命科学仪器, 2008, 6(11): 3-7.
- [3] 石戈, 王健鑫, 王日昕. Cu^{2+} 对中国林蛙蝌蚪生长发育的毒性效应[J]. 吉林大学学报(自然科学版), 2007, 28(3): 71-73.
- [4] 王健鑫, 王日昕. Pd^{2+} 对中国林蛙蝌蚪生长发育的毒性效应[J]. 浙江农业学报, 2008, 20(3): 203-207.
- [5] 黄敏毅, 张育辉. 镉对中国林蛙蝌蚪生长发育的毒性效应[J]. 生态学杂志, 2006, 25(5): 535-540.
- [6] 石戈, 王建鑫, 王日昕. Cr^{6+} 对中国林蛙蝌蚪生长发育的毒性效应[J]. 浙江农业学报, 2007, 19(3): 220-224.
- [7] 徐纪芸, 潘奕陶, 池振新, 王宁. 汞对中国林蛙蝌蚪的毒性效应[J]. 东北师大学报(自然科学版), 2010, 42(4): 138-143.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2164-5485，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：aep@hanspub.org