

# 水体中铬暴露对斑点叉尾鲷血液生理生化指标的影响\*

程卫东, 唐婉琴, 张江惠, 袁伦强

(西南大学 淡水鱼类资源与生殖发育教育部重点实验室, 重庆 400715)

**摘要:**【目的】研究铬对斑点叉尾鲷(*Ictalurus punctatus*)幼鱼血液生理生化的影响。【方法】将100尾实验鱼随机分为处理组和对照组。以曝气自来水为水体,在水温为(27.5±0.5)℃的条件下,通过检测斑点叉尾鲷在含有不同质量浓度六价铬(0, 9.196, 19.196, 29.196, 39.196 mg·L<sup>-1</sup>)的水体中暴露28 d后红细胞数量、血红蛋白含量、血浆总蛋白含量以及血浆碱性磷酸酶活性的变化,研究铬对斑点叉尾鲷血液成分的致毒效应。【结果】斑点叉尾鲷血液中红细胞数目、血红蛋白含量和血浆总蛋白含量在各实验处理组之间均没有统计学意义上的差异;碱性磷酸酶活性随六价铬质量浓度的增加呈现先增加后降低的趋势,质量浓度为9.196 mg·L<sup>-1</sup>的六价铬处理组中碱性磷酸酶活性最高,与对照组和其他质量浓度的六价铬处理组的酶活性相比差异具有统计学意义( $p < 0.05$ ),而质量浓度为19.196 mg·L<sup>-1</sup>的六价铬处理组中碱性磷酸酶活性最低,与对照组和质量浓度为9.196 mg·L<sup>-1</sup>的六价铬处理组的酶活性相比差异具有统计学意义( $p < 0.05$ )。【结论】斑点叉尾鲷对一定质量浓度范围的铬污染具有一定的适应性和补偿能力,它的血液生理生化指标对铬污染的敏感性不同,其中碱性磷酸酶对铬污染相对更敏感。

**关键词:**斑点叉尾鲷;铬;红细胞;血红蛋白;血浆总蛋白;碱性磷酸酶

**中图分类号:**Q494

**文献标志码:**A

**文章编号:**1672-6693(2017)03-0033-05

斑点叉尾鲷(*Ictalurus punctatus*)又称钳鱼,原产美洲,杂食性,具有适应能力强、生长迅速、抗性强、肉细味美、营养丰富、经济价值高等特点。中国学者结合国内的水质和气候特点对该物种进行了驯化和养殖,是中国重要淡水养殖种类之一<sup>[1]</sup>。随着斑点叉尾鲷在中国养殖规模的逐渐增大,在相关养殖技术、常见多发病的预防控制与治疗等方面已有大量的研究<sup>[2]</sup>。血液是动物体内流动性最强的组成成分,在机体内环境稳态的维持中具有重要作用。动物的生理状况可以通过血液的多项指标反映出来。已有研究表明,鱼类的红细胞数、血红蛋白含量、血糖含量、血浆蛋白含量等存在种间差异<sup>[3-5]</sup>;当鱼体受到外界不利环境影响时,会发生一系列生理生化反应,这也会在血液指标中反映出来<sup>[6]</sup>。随着工业化、城镇化的加速发展,大量重金属随着各类废水流入江河湖泊,使水环境受到严重污染,对水生生物的生存造成极大威胁<sup>[7]</sup>。鉴于目前关于重金属铬对斑点叉尾鲷血液生理生化指标的影响尚未见报道,笔者为此开展了相关研究,以便为进一步探讨重金属铬对该物种血液的影响提供参考资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

实验用斑点叉尾鲷购自广东省淡水鱼养殖场。选择健康活泼、雌雄兼有、体质量为25.0~30.0 g的斑点叉尾鲷100尾,放入实验室水族箱内进行驯化饲养。

### 1.2 实验方法

1.2.1 实验条件 实验鱼驯化时采用曝气自来水,每日16:00换1/2体积水。水温(27.5±0.5)℃,溶氧量大于6 mg·L<sup>-1</sup>,光照周期为14 h光照:10 h黑暗,瞬时开断开关。驯化期间每日投喂两次白鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)肌肉小块,达饱足。实验用重铬酸钾(K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)为分析纯,实验前先配成六价铬质量浓度为200 mg·L<sup>-1</sup>的母液,在进行预实验和正式实验时把母液稀释到相应的质量浓度。实验在容积为60 L的水族箱中进行,每组实

\* 收稿日期:2016-08-16 修回日期:2017-02-17 网络出版时间:2017-05-02 17:25

资助项目:国家重点基础研究发展计划资助项目(No.2012CB723205);重庆市科委重点实验室专项经费项目(No.cstc2013)

第一作者简介:程卫东,男,研究方向为鱼类生理生态学,E-mail:cwcdwd110@email.swu.edu.cn;通信作者:袁伦强,副教授,E-mail:yuanlq@swu.edu.cn

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20170502.1725.036.html>

际用水 50 L,水质、温度、溶氧、光照等条件与驯化期相同。每日投喂 1 次,喂食 1 h 后吸出残饵及粪便。

1.2.2 实验处理及样品采集 根据预实验测得六价铬对斑点叉尾鲷幼鱼 96 h 半致死质量浓度为  $91.96 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,安全质量浓度为  $9.196 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,按照等差法设计 4 个水体中六价铬质量浓度分别为  $9.196, 19.196, 29.196, 39.196 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的暴露组和 1 个水体中不含六价铬的对照组。选择 100 尾驯化后体质量为  $(26 \pm 1) \text{ g}$  的斑点叉尾鲷,随机分至上述 5 组中,每组 2 个重复作为平行,每个重复 10 尾鱼,铬暴露时间为 28 d。在取样前采用含  $0.04 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  氟化钠和  $0.12 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  草酸钾的混合液作为抗凝剂,在取样用注射器和离心管中各加入 0.1 mL,使之分散于内壁,70 °C 烘干备用。在暴露后的第 28 d 从 5 组水箱中分别随机取 6 尾鱼,经 MS-222 麻醉,用去离子水将斑点叉尾鲷体表冲洗干净,使用 1 mL 注射器于尾部静脉采血,血液置于 1.5 mL 抗凝的离心管中,整个采血过程控制在 1 min 以内。将血液分为两部分,一部分用于测量红细胞数量和血红蛋白含量,另一部分快速放入 TGL-16M 高速冷冻离心机,以  $6000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$  离心 10 min,用移液枪将上清液转入离心管中,于 -80 °C 低温保存。

### 1.3 生理生化指标的测量

红细胞的计数采用细胞板计数法。将取好的血液 20  $\mu\text{L}$  加入预先盛有 4 mL 稀释液的试管中,反复吸洗,将吸管中的血液全部洗净,充分混匀,使之稀释 200 倍。血液稀释液滴入纽鲍尔(Neubauer)计数板的计数室,静置 2~3 min 后在显微镜下计数。血红蛋白含量采用碱化比色法测定:用血红蛋白吸管吸取血液 20  $\mu\text{L}$ ,放入预先盛有 4 mL 浓度为  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaOH 的离心管中,吸洗数次,将吸管内的血液全部洗净,充分混合,静置 15 min;然后通过光电比色,根据颜色的深浅与吸光度成正比的关系,把待测样品的吸光度与标准溶液相比,即可求出血红蛋白含量。血浆总蛋白含量的测定和碱性磷酸酶活性的测定采用试剂盒(均购自南京建成生物工程研究所)所提供的方法和步骤,在 27.5 °C 条件下测定。

### 1.4 数据处理方法

采用 Excel 2007 和 SPSS 17.0 软件进行数据整理及分析,统计结果以“平均值 $\pm$ 标准误”表示。采用单因素方差分析及最小显著差数法比较各组间的差异,当  $p < 0.05$  时,统计结果具有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 对红细胞数量、血红蛋白含量和血浆总蛋白含量的影响

从表 1 可以看出,实验鱼血液中红细胞数目、血红蛋白含量和血浆总蛋白含量在对照组和实验处理组之间均不具有统计学意义上的差异。

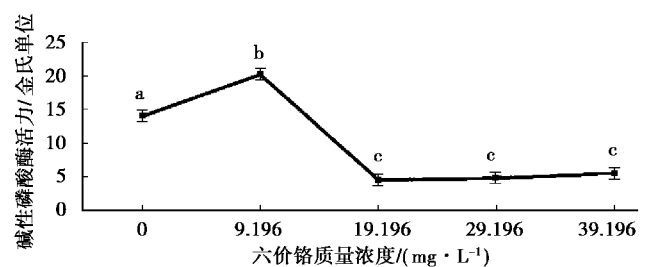
表 1 斑点叉尾鲷在不同铬质量浓度水体中的红细胞数量、血红蛋白含量和血浆总蛋白含量

Tab. 1 Number of red blood cells, hemoglobin content, and plasma total protein content of *I. punctatus* exposed to different water chromium concentrations

指标	样本量/尾	方差分析结果	六价铬质量浓度/( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )				
			0	9.196	19.196	29.196	39.196
红细胞数目/( $10^{12}$ 个 $\cdot\text{L}^{-1}$ )	5	$F=1.045, p=0.409$	$3.03 \pm 0.20$	$2.60 \pm 0.13$	$2.35 \pm 0.12$	$2.91 \pm 0.41$	$2.60 \pm 0.27$
血红蛋白含量/( $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ )	5	$F=0.135, p=0.968$	$78.27 \pm 14.70$	$71.03 \pm 3.09$	$72.41 \pm 6.12$	$69.02 \pm 14.23$	$75.52 \pm 8.88$
血浆总蛋白含量/( $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ )	5	$F=1.785, p=0.170$	$36.55 \pm 1.35$	$31.92 \pm 1.49$	$36.17 \pm 1.99$	$36.67 \pm 2.51$	$31.85 \pm 1.87$

### 2.2 对血液碱性磷酸酶活性的影响

从图 1 可知,随着六价铬质量浓度的增加,碱性磷酸酶活性先升高后降低。在六价铬质量浓度为  $9.196 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的处理组中碱性磷酸酶活性最高,为  $(20.27 \pm 1.17)$  金氏单位,与对照组和其他处理组的酶活性相比差异具有统计学意义( $p < 0.05$ )。在六价铬质量浓度为  $19.196 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的处理组中碱性磷酸酶活性最低,为  $(4.48 \pm 0.77)$  金氏单位,与对照组和六价铬质量浓度为  $9.196 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的处理组酶活性相比差异均具有统计学意义( $p < 0.05$ )。在六价铬质量浓度为  $29.196 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的处理组中碱性磷酸酶活性为  $(4.82 \pm 0.32)$  金氏单位,与对照组和六价铬质



注:不同字母表示数据差异具有统计学意义( $p < 0.05$ )。

图 1 铬对斑点叉尾鲷血液中碱性磷酸酶活性的影响

Fig. 1 Effect of chromium on alkaline phosphatase activity in blood of *I. punctatus*

量浓度为  $9.196 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的处理组酶活性相比差异均具有统计学意义 ( $p < 0.05$ ), 与其他处理组的酶活性相比差异均无统计学意义。六价铬质量浓度为  $39.196 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的处理组碱性磷酸酶活性为  $(5.47 \pm 0.47)$  金氏单位, 与对照组和六价铬质量浓度为  $9.196 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的处理组酶活性相比差异具有统计学意义 ( $p < 0.05$ ), 与其他处理组的酶活性相比差异均无统计学意义。

### 3 讨论与结论

近些年来, 有关动物血液生理生化指标的研究逐渐增多。鱼类血液生理生化指标的变动范围相对较大, 其中主要原因是有关生理生化指标受环境因子的影响较大, 且个体差异明显; 而这些问题在稳定的池养条件下基本可以得到解决。许多研究表明鱼类血液状况与生理或环境因子有关<sup>[8-11]</sup>。由于红细胞和血红蛋白可以在很大程度上决定氧的运输能力, 因而红细胞数量和形态的变化影响了机体的代谢<sup>[12-14]</sup>。张华<sup>[15]</sup>认为杂交鲟(欧洲鳊 *Huso huso* ♀ × 小体鲟 *Acipenser ruthenus* ♂) 暴露于不同剂量铬离子水体中, 血液中的红细胞数目和血红蛋白含量在 24, 48 h 时随着铬剂量的增加而显著增多, 但随着时间的延长(72 h) 则有下降的趋势。本研究中斑点叉尾鲷在不同质量浓度的六价铬暴露 28 d 后, 血液中的红细胞数目、血红蛋白含量和对照组相比均无统计学意义上的差异。随着六价铬质量浓度的加大和时间的逐渐延长以及六价铬对斑点叉尾鲷毒性的增加, 斑点叉尾鲷对六价铬产生了一定的适应性; 加上鱼类器官具有较强的补偿能力, 因而在血液的运氧能力受到较大影响时, 可以通过产生更多的红细胞来满足自身的生理需要, 短时间内可能有一定程度的波动, 但是在比较长的时间后处于相对稳定的状态。血液的运氧能力与红细胞数量及血红蛋白的含量密切相关, 因而血红蛋白含量和红细胞数量的变化趋势较为一致<sup>[16]</sup>。血浆总蛋白是反映肝脏功能的重要指标, 肝脏功能出现障碍时, 往往会引起血浆总蛋白的变化, 当肝脏损害达到一定程度时就会引起血浆总蛋白的波动<sup>[17]</sup>。章龙珍等人<sup>[18]</sup>发现水体中不同剂量铜暴露对中华鲟(*Acipenser sinensis*) 幼鱼血浆总蛋白含量没有统计学意义上的影响, 本研究结果与之相一致。

碱性磷酸酶是生物体磷代谢的关键酶之一, 该酶结构的维持和活性的充分发挥需要  $\text{Mg}^{2+}$  和  $\text{Zn}^{2+}$ <sup>[19]</sup>, 研究表明碱性磷酸酶对于调节体内钙、磷代谢, 维持钙磷平衡和骨骼的钙化等有着重要的作用<sup>[20-21]</sup>。此外, 碱性磷酸酶也可用来指示肝功能和骨损伤<sup>[22-23]</sup>。已有研究表明, 鱼类处于不利环境条件下如金属污染时, 碱性磷酸酶活性会受到影响<sup>[24]</sup>。沈沈等人<sup>[25]</sup>研究发现, 当水中  $\text{Cu}^{2+}$  浓度为  $0.78 \sim 3.91 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  时, 鲫(*Carassius auratus*) 血清中碱性磷酸酶活性升高, 这与本研究发现的斑点叉尾鲷幼鱼在水中六价铬质量浓度为  $0 \sim 9.196 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时血液中的碱性磷酸酶活性升高相似。也有研究发现不同剂量汞离子处理下的草鱼(*Ctenopharyngodon idella*) 血清中碱性磷酸酶活性存在较大差异: 低质量浓度汞离子处理组(分别含  $0.05, 0.10, 0.15 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  汞离子)的血清碱性磷酸酶活性与对照组相比无统计学意义上的差异, 高质量浓度汞离子处理组(分别含  $0.20, 0.25 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  汞离子)的血清碱性磷酸酶活性与对照组相比则有统计学意义上的降低( $p < 0.05$ )<sup>[26]</sup>。本研究中斑点叉尾鲷幼鱼在六价铬质量浓度为  $9.196 \sim 39.196 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时血液中的碱性磷酸酶活性出现降低, 这与王丽<sup>[27]</sup>对鲤(*Cyprinus carpio*) 的研究结果相一致; 在  $\text{Cu}^{2+}$  的作用下, 鲤血液中碱性磷酸酶活性呈下降趋势。何海琪和孙凤<sup>[28]</sup>提纯了中国对虾(*Penaeus chinensis*) 体内的碱性磷酸酶并对该酶特性进行了研究, 证实  $\text{Co}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$  等离子均是碱性磷酸酶的抑制剂。本研究中所用的六价铬具有强氧化性, 在还原酶的作用下可能还原成  $\text{Cr}^{2+}$ , 并和碱性磷酸酶结构中心的  $\text{Zn}^{2+}$  和  $\text{Mg}^{2+}$  具有竞争作用; 颜思旭<sup>[29]</sup>对文昌鱼(*Branchiostoma belcheri*) 碱性磷酸酶功能基团进行了研究, 结果表明该酶经光氧化后活力迅速丧失, 失活过程按一级反应进行。陈清西<sup>[30]</sup>对文昌鱼碱性磷酸酶的化学修饰研究结果表明, 二硫键、赖氨酸残基和色氨酸残基与酶活性有关。六价铬的强氧化性可能破坏碱性磷酸酶的二硫键进而影响该酶的一级结构, 对于生物体内的总还原系统有一定的损伤。在低剂量的六价铬暴露下, 鱼体为了维持钙磷平衡可能会产生更多的碱性磷酸酶; 而在高剂量六价铬暴露下, 由于六价铬的持续毒害作用, 导致碱性磷酸酶活性迅速降低。

通过以上讨论, 本研究得出以下结论: 斑点叉尾鲷对一定剂量范围的铬污染具有一定的适应性和补偿能力, 它的各项血液生理生化指标对铬污染的敏感性不同, 其中碱性磷酸酶对铬的影响相对更敏感。铬暴露可能会对斑点叉尾鲷的肝脏造成一定程度的损伤, 从而影响到碱性磷酸酶的活性。

#### 参考文献:

- [1] 陈林, 潭爱萍, 邹为民. 斑点叉尾鲷致病菌株的鉴定及特性[J]. 大连水产学院学报, 2009, 24(3): 200-205.  
CHEN L, TAN A P, ZOU W M. Identification and charac-

- teristics of a pathogenic bacterial stain from channel catfish *Ictalurus punctatus* [J]. Journal of Dalian Fisheries University, 2009, 24(3): 200-205.

- [2] 郑桂红,朱丰城,孙建梅,等.饥饿胁迫对斑点叉尾鲷血液生理生化指标的影响[J].江苏农业科学,2012,40(5):1991-201. ZHENG G H, ZHU F C, SUN J M, et al. Effect of starvation *Ictalurus punctatus* blood physiological and biochemical parameters[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2012, 40(5): 1991-201.
- [3] 尾崎久雄.鱼类血液与循环生理[M].上海:上海科学技术出版社,1982. OZAKI K. Fish blood circulation and physiology[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1982.
- [4] 杨严鸥,余文斌,姚峰,等.5种鲤科鱼类血细胞数量大小,及血清生化成分的比较[J].长江大学学报(自然科学版),2006,3(2):159-160. YANG Y O, YU W B, YAO F, et al. Comparative studies on number and size of blood cells and serum biochemistry composition of 5 Cyprinidae strains[J]. Journal of Yangtze University(Natural Science Edition), 2006, 3(2): 159-160.
- [5] 许品诚,曹萃禾.湖泊围养鱼类血液学指标的初步研究[J].水产学报,1989,13(4):346-352. XU P C, CAO C H. Preliminary study on hematology of the blood of fishes cultured in the lake pen[J]. Journal of Fisheries of China, 1989, 13(4): 346-352.
- [6] 朱心玲,贾丽珠,张明瑛.草鱼血液学的研究 I:九项血液常数的周年变化[J].水生生物学报,1985,9(3):248-257. ZHU X L, JIA L Z, ZHANG M Y. Haematological studies on the grass carp I, year-round changes in nine haematological parameters[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 1985, 9(3): 248-257.
- [7] 黎莉莉,张展,刘景红,等.三峡库区消落区土壤重金属污染调查与评价[J].水土保持学报,2005,19(4):127-130. LI L L, ZHANG Z, LIU J H, et al. Investigation and evaluation on heavy metal pollution of water-level-fluctuating zone in Three Gorge reservoir area[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2005, 19(4): 127-130.
- [8] 孙松山.低水温对鲈鱼活力的影响[J].齐鲁渔业,1997,14(4):15-17. SUN S S. Effects of low temperature on bass activity[J]. Qilu Fisheries, 1997, 14(4): 15-17.
- [9] 张贤刚.水温对尼罗罗非鱼几种血液学指标影响的初步研究[J].淡水渔业,1991(2):15-17. ZHANG X G. Preliminary study on water temperature indicators of the impact of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* several hematological parameters[J]. Freshwater Fisheries, 1991(2): 15-17.
- [10] 李晨虹,李思发.不同品系尼罗罗非鱼致死低温的研究[J].水产科技情报,1996,23(5):195-203. LI C H, LI S F. Study on low lethal temperature of different strains of Nile tilapia[J]. Fisheries Science and Technology information, 1996, 23(5): 195-203.
- [11] 邹曙明,楼允东,沈俊宝,等.鱼类低温适应机制及抗寒育种[J].上海水产大学学报,1998,7(3):231-232. ZOU S M, LOU Y D, SHEN J B, et al. The mechanisms of cold acclimatization and cold-tolerance breeding in fish[J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 1998, 7(3): 231-232.
- [12] EVEREST F H, CHAPMNA D W. Habitat selection and spatial interaction by juvenile Chinook salmon and steelhead trout in two Idaho streams[J]. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 1972, 29(1): 91-100.
- [13] EDMUNDSON W F, DAVIES J E, HULL W. Dieldrin levels in neeropsy adipose tissue from a south Florida population[J]. Pesticides Monitoring Journal, 1968, 2(2): 86-89.
- [14] BJORN T C. Trout and salmon movements in two Idaho stream related to temperature, food, stream flow, cover and population density. transaction of the regarding population homeostasis[J]. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 1976, 33: 63-75.
- [15] 张华.四种重金属离子对杂交鲟行为及生理指标的影响[D].石家庄:河北农业大学,2014. ZHANG H. Effect of four kinds of heavy metal ions on the behavioral and physiological index of hybrid sturgeon[D]. Shijiazhuang: Agricultural University of Hebei, 2014.
- [16] 南旭阳.铜离子对鲫鱼红细胞,白细胞和血红蛋白量的影响[J].江西科学,2002,20(1):38-41. NAN X Y. Effect of copper ion on the erythrocyte(RBC) and leucocyte(WBC) and hemoglobin(HB) in the blood of *Carassius auratus*[J]. Jiangxi Science, 2002, 20(1): 38-41.
- [17] LOSTE A, MARCA M C. Study of the effect of total serum protein and albumin concentrations on canine fructosamine concentration[J]. Canadian Journal of Veterinary Research, 1999, 63(2): 138-141.
- [18] 章龙珍,姚志峰,庄平,等.水体中铜对中华鲟幼鱼血液生化指标的影响[J].生态学杂志,2011,30(11):2516-2522. ZHANG L Z, YAO Z F, ZHUANG P, et al. Effects of dissolved copper in water body on serum biochemical indices of juvenile Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*)[J]. Chinese Journal Ecology, 2011, 30(11): 2516-2522.
- [19] 林秋眠.锯缘青蟹池塘养殖及其生物学的初步研究[J].福建水产,1986(1):20-26. LIN Q M. The preliminary study of its biological ponds *Mangrove crab*[J]. Fujian Fisheries, 1986(1): 20-26.
- [20] 张洪渊,刘克武,龚由彬,等.金属离子和脲对背角无齿蚌碱性磷酸酶的影响[J].四川大学学报(自然科学版),1996,33(2):100-105. ZHANG H Y, LIU K W, GONG Y B, et al. Effects of metal ions and urea on the alkaline phosphatase from *Anodonta woodiana*[J]. Journal of Science University(Natural Science Edition), 1996, 33(2): 100-105.
- [21] 王维娜,王安利,孙儒泳.水环境中的铜锌铁钴离子对日本沼虾消化酶和碱性磷酸酶的影响[J].动物学报,2001,47(S1):72-77. WANG W N, WANG A L, SUN R Y. Effects of  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  and  $\text{Co}^{2+}$  in freshwater on digestive enzyme and alkaline phosphatase activity of *Macrobrachium nipponense*[J].

- 2001, 47(S1):72-77.
- [22] BURTIS C A, ASHWOOD E R, BRUNS D E. Tietz fundamentals of clinical chemistry[M]. New York: W.B. Saunders Company, 2008.
- [23] MCDONALD D G, MILLIGAN C L. Chemical properties of the blood[J]. Fish Physiology, 1992, 12:55-133.
- [24] ANAN Y, KUNITO T, IKEMOTO T, et al. Elevated concentrations of trace elements in caspian seals (*Phoca caspica*) found stranded during the mass mortality events in 2000[J]. Archives of Environment Contamination and Toxicology, 2002, 42(3):354-362.
- [25] 沈竑, 徐韧, 彭立功, 等. 铜对鲫鱼血清生化成分的影响, 海洋湖沼通报, 1994(1):55-61.  
SHEN H, XU R, PENG L G, et al. Effects of copper on biochemical components in serum of crucian carp (*Carassius auratus*)[J]. Transaction of Oceanology and Limnology, 1994(1):55-61.
- [26] 孔祥会, 刘占才, 郭彦玲, 等. 汞暴露对草鱼器官组织中碱性磷酸酶活性的影响[J]. 中国水产科学, 2007, 14(2):270-274.  
KONG X H, LIU Z C, GUO Y L, et al. Effects of  $Hg^{2+}$  on alkaline phosphatase activity in different organs and tissues of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*)[J]. Journal of Fishery Science of China, 2007, 14(2):270-274.
- [27] 王丽. 鲤鱼实验性铜中毒的病理学研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2003.  
WANG L. Pathological studies on copper poisoning experimentally in carp[D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2003.
- [28] 何海琪, 孙凤. 中国对虾酸性磷酸酶和碱性磷酸酶的特性研究[J]. 海洋与湖沼, 1992, 23(5):555-560.  
HE H Q, SUN F. Studies on the characteristics of acid and alkaline phosphatases in Chinese shrimp, *penaeus chinensis*[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1992, 23(5):555-560.
- [29] 颜思旭, 陈素丽, 陈璇璇, 等. 文昌鱼碱性磷酸酶功能基团的修饰与酶活力变化关系[J]. 厦门大学学报, 1980, 19(4):85-91.  
YAN S X, CHEN S L, CHEN X X, et al. Relation between function groups and activity of alkaline phosphatase from amphioxus[J]. Journal of Xiamen University(Natural Science Edition), 1980, 19(4):85-91.
- [30] 陈清西, 颜思旭. 文昌鱼碱性磷酸酶的必须基团研究[J]. 厦门大学学报, 1986, 25(5):568-572.  
CHEN Q X, YAN S X. Studies on the essential groups of the amphioxus alkaline phosphatase[J]. Journal of Xiamen University(Natural Science Edition), 1986, 25(5):568-572.

## Animal Sciences

### Effects of Exposure to Chromium in Water on Physiological and Biochemical Indices in Blood of *Ictalurus punctatus*

CHENG Weidong, TANG Wanqin, ZHANG Jianghui, YUAN Lunqiang  
(Key Laboratory of Freshwater Fish Reproduction and Development of Ministry of Education,  
Southwest University, Chongqing 400715, China)

**Abstract:** [Purposes] It aims to study the effects of chromium on blood physiology and biochemistry of juvenile *Ictalurus punctatus*. [Methods] 50 fish were randomly divided into either treatment group or control group. Under water temperature ( $27.5 \pm 0.5$ ) °C conditions, detections were made on the number of red blood cells(RBC), hemoglobin (Hb) content, plasma total protein (TP) content and the change of serum alkaline phosphatase (AKP) activity in blood of juvenile *I. punctatus* after exposed to the water body added with different concentration chromium (0, 9.169, 19.169, 20.169, 30.169  $mg \cdot L^{-1}$ ) for 28 days, aimed to understand the toxic effect of chromium on the blood's components of the *I. punctatus*. [Findings] The number of red blood cells, hemoglobin content, and plasma total protein content were no significantly different among the experiment groups. With increasing chromium ion concentration alkaline phosphatase activity increases first and then decreased. At 9.169  $mg \cdot L^{-1}$  treatment group AKP gained the highest activity and was significantly higher than other concentration groups ( $p < 0.05$ ), whereas at 19.169  $mg \cdot L^{-1}$  treatment group AKP activity was lowest and significantly lower than the control group and 9.169  $mg \cdot L^{-1}$  treatment group ( $p < 0.05$ ). [Conclusions] *I. punctatus* has certain flexibility and ability to compensate their different physiological and biochemical indicators which had different sensitivity to chromium pollution at a range of concentrations of chromium pollution, the alkaline phosphatase was relatively more sensitive to the effects of chromium.

**Keywords:** *Ictalurus punctatus*; chromium; red blood cell; hemoglobin; total plasma protein; alkaline phosphatase

(责任编辑 方兴)