

4种免疫相关酶在鲟鱼组织内的分布及活性比较

王 荻 李绍戊 刘红柏 卢彤岩*

(中国水产科学研究院 黑龙江水产研究所 黑龙江 哈尔滨 150070)

摘要:分别对小体鲟、西伯利亚鲟及杂交鲟 I (♂ 西伯利亚鲟 × ♀ 施氏鲟) 和杂交鲟 II (♂ 施氏鲟 × ♀ 达氏鲟) 4 个群体的肝、肾、鳃、肌肉和血液组织中免疫相关的碱性磷酸酶 (AKP)、酸性磷酸酶 (ACP)、过氧化氢酶 (CAT) 及超氧化物歧化酶 (SOD) 的活性分布进行测定。结果表明: 鲟体内 ACP 活性由大到小分布为: 肾脏、肝脏、鳃、血浆、肌肉, 且在肝脏及肾脏组织中, 西伯利亚鲟酶活性最高, 其次为杂交鲟 II; 鲟体内 AKP 活性大小分布依次为: 肾脏、鳃、肝脏、血浆、肌肉, 且肾脏组织中酶活性明显高于另外 4 种组织, 而西伯利亚鲟体内酶活性远远高于其它 3 种鲟; 鲟体内 CAT 活性大小分布依次为: 肝脏、肾脏、鳃、红细胞、肌肉, 且肝脏组织中酶活性明显高于另外 4 种组织, 而杂交鲟 I 略高于西伯利亚鲟, 小体鲟最低; 鲟体内 SOD 活性分布大小依次为: 肝脏、肌肉、肾脏、血浆、鳃、红细胞, 且肝脏组织中酶活性明显高于另外 5 种组织, 而红细胞中酶活性也远远低于其它 5 种组织, 肝脏中活性大小依次为: 杂交鲟 I、杂交鲟 II、西伯利亚鲟、小体鲟, 而肾脏、鳃、肌肉及血浆中 SOD 活性值较接近, 差距不大。了解和掌握各种鲟及杂交品种体内各种酶活力的变化趋势, 对于促进鲟鱼养殖业的健康可持续发展, 及完善并推广鲟鱼全人工繁育、养殖具有重要的指导意义。

关键词: 鲟; ACP; AKP; CAT; SOD; 活性分布

中图分类号: S917; Q956 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2011)06-1195-07

Comparative Studies on the Activities of Four Immune-related Enzymes from Four Kinds of Sturgeons

WANG Di, LI Shao-wu, LIU Hong-bai, LU Tong-yan*

(Heilongjiang River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Harbin 150070, China)

Abstract: In this study, four kinds of immune-related enzymes, including ACP, AKP, CAT and SOD were determined from the liver, kidney, gill, muscle and blood plasma of *A. ruthenus*, *A. baerii*, Hybrid I (♂ *A. ruthenus* × ♀ *A. baerii*) and Hybrid II (♂ *A. schrencki* × ♀ *H. dauricus*). The results indicated that ACP was detectable in the liver, kidney, gill, muscle and blood plasma in four kinds of sturgeons and the distribution pattern of ACP activities suggested ACP in kidney > liver > gill > blood plasma > muscle. Meanwhile, ACP activities in the kidney and liver of the *A. baerii* were the highest, followed by Hybrid II. The distribution pattern of AKP activities was kidney > gill > liver > blood plasma > muscle, and ACP activities in the kidney were significantly higher than that in the other four kinds of tissues ($P < 0.05$), with the

收稿日期: 2011-09-28 修回日期: 2011-10-28

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费(201003055)、中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(201003)和中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(2007HSYZX-YZ-10)

作者简介: 王荻(1980—), 女, 助理研究员, 主要从事鱼类病害及鱼类免疫研究, E-mail: wangdi_12@yahoo.com.cn;

* 通讯作者: 卢彤岩, 研究员, 博士, E-mail: lutongyan@hotmail.com。

highest level in *A. baerii*. The CAT activities were distributed in all five tissues , with the highest level in liver , followed by kidney , gill , red blood cell and muscle. CAT activities in the liver were significantly higher than that in the other four kinds of tissues ($P < 0.05$) , and showed a tendency of the CAT in Hybrid I $> A. baerii > A. ruthenus$. We also found that the SOD activities were distributed in all detected tissues with a pattern of liver $>$ muscle $>$ kidney $>$ blood plasma $>$ gill $>$ red blood cell. The enzyme activities were obviously higher in the liver than in the other five kinds of tissues , and far less in red blood cell than in the other tissues. Additionally , there was difference in the SOD activities in the liver of the four kinds of sturgeons , which showed a tendency of Hybrid I $>$ Hybrid II $> A. baerii > A. ruthenus$; however , there was no obvious difference in SOD in the other tissues , which were detected with a similar level of the SOD activities. This study was aimed to understand the variation tendency of several digestive enzymes in different kinds of sturgeons , which would benefit the healthy and sustainable development of the sturgeon culture industry and provide an important guidance to perfect and spread the artificial breeding and aquaculture of sturgeons.

Key words: sturgeon; ACP; AKP; CAT; SOD; distribution of enzyme activities

鲟形目鱼类(Acipenseriformes) 是硬骨鱼纲(Osteichthyes) 辐鳍亚纲(Actinopterygii) 软骨硬鳞总目(Chondrostei) 鱼类中非常重要的一个组成类群,被认为是最古老的硬骨鱼类之一,素有“活化石”之称^[1-2]。兼之体态优美,肉质鲜嫩,营养丰富,越来越受到广大人民群众喜欢,是一种极具生态、观赏、经济和科研价值及潜力的名优鱼种^[3]。

随着人们需求的增大,鲟人工繁育及养殖技术不断发展完善,鲟养殖业开始进入快速蓬勃发展时期,不仅丰富了人们的餐桌文化和营养需求,给水产动物养殖业带来巨额利润,也为鲟的保护及研究提供了有力保障。我国主养的鲟品种主要包括生长快、体型大、肉质好的西伯利亚鲟(*A. baerii*);我国特有、抗病能力强的施氏鲟(*A. schrencki*);性成熟早的小体鲟(*A. ruthenus*)和具有较好杂交优势的杂交鲟等^[4-5]。

但是,鲟养殖因为受到集约化程度越来越高,养殖密度逐渐增大,水质环境日渐恶化等诸多因素的影响,导致爆发性疾病日趋严重,给其养殖业及科研工作带来了巨大的损失和困扰。酸性磷酸酶(ACP)、碱性磷酸酶(AKP)、超氧化物歧化酶(SOD) 及过氧化氢酶(CAT) 作为重要的免疫相关酶类,是在分子水平上评价外来物对鱼类损伤的重要生物学指标。疾病、药物、污染等因素均会不同程度地影响这些酶类的活性,且因其分类地位处于软骨鱼类和真骨鱼类之间,兼具了许多软骨鱼类和硬骨鱼类的特征^[6],而多数硬骨鱼都具有与高等哺乳动物相似的免疫器官、免疫组织和免疫细胞,能产生多种免疫分子^[7],因此,对鲟鱼免疫相关方面的研究成果对其他高等动物的研究也具有极高的借鉴价值。因而探讨这几种免疫相关酶在养殖鲟体内的组织分布及活性差异,对选择合适的指示组织尤为重要。本文选择近年来在国内养殖较多的4种鲟鱼作为实验动物,旨在探讨几种免疫相关酶的组织分布及活性比较,为鲟鱼这一优良养殖品种的推广及健康养殖提供理论支持。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 实验鱼及分组 实验鱼均购自中国水产科学研究院鲟鱼繁育工程技术中心,均为随机选取的15尾1+龄健康鱼。实验群体详细信息见表1。

1.1.2 实验试剂 考马斯亮兰总蛋白试剂盒、标准蛋白;酸性磷酸酶(ACP)、碱性磷酸酶(AKP)、过氧化氢酶(CAT) 及超氧化物歧化酶(SOD) 测定试剂盒均购自南京建成生物工程研究所;其他试剂为实验室常规分析纯试剂。

表1 实验鱼分组
Tab.1 The list of the experimental fish

群体 Group	鱼种 Species	备注信息 Remark information
I	小体鲟	
II	西伯利亚鲟	
III	杂交鲟 I	父本: 西伯利亚鲟 母本: 施氏鲟
IV	杂交鲟 II	父本: 施氏鲟 母本: 达氏鲟

1.2 实验方法

1.2.1 样品采集 将各分组鲟鱼于淡水鱼水族箱(0.5 m×0.5 m×0.9 m)中暂养,用 3‰肝素钠充分润洗的注射器于鱼尾静脉抽取全血,静置一段时间后 4 ℃ 3 000 r/min 离心 10 min,转移分离到的上层血浆于离心管内。并于冰盘上解剖。取出鱼的鳃、肝脏、肾脏及肌肉组织,用生理盐水冲洗干净并用滤纸吸干,称重,各组织用预冷的生理盐水制备成(1:9)的匀浆液,匀浆过程在冰浴中进行。

1.2.2 酶活测定 蛋白测定:所有组织蛋白浓度均采用考马斯亮兰法测定。

酸性磷酸酶(ACP)单位定义:每克组织蛋白在 37 ℃与基质作用 30 min 产生 1 mg 酚为 1 个活力单位(U/gprot)。

碱性磷酸酶(AKP)单位定义:每克组织蛋白在 37 ℃与基质作用 15 min 产生 1 mg 酚为 1 个单位(U/gprot)。

过氧化氢酶(CAT)单位定义:每克组织蛋白中过氧化氢每秒钟分解吸光度为 0.50~0.55 的底物中的过氧化氢相对量为一个过氧化氢酶的活力单位(U/gprot)。

超氧化物歧化酶(SOD)单位定义:每毫克组织蛋白在 1 mL 反应液中 SOD 抑制率达 50% 时所反应的 SOD 量为一个 SOD 活力单位(U)。

1.2.3 数据处理 用 Microsoft Excel 2003 和 SPSS 17 软件对实验数据进行统计分析,结果以平均数±标准差(mean±SD)表示。

2 结果与分析

2.1 ACP 在 4 种鲟鱼体内的分布及活性

表 2 4 种鲟鱼组织内 ACP 的分布及活性

Tab.2 The distribution and activities of ACP in liver, kidney, gill, muscle and blood plasma of four kind of sturgeons

群体 Group	组织 Tissues				
	肝脏 Liver	肾脏 Kidney	鳃 Gill	肌肉 Muscle	血浆 Plasma
I	32.77 ± 3.44a	46.87 ± 5.40a	12.07 ± 1.53a	7.20 ± 1.55a	10.54 ± 0.66a
II	50.61 ± 2.30c	73.35 ± 4.50c	24.00 ± 2.91c	6.42 ± 1.01a	10.55 ± 0.33c
III	39.18 ± 3.06a	44.71 ± 4.00a	21.74 ± 2.22e	18.06 ± 2.15e	10.79 ± 0.48e
IV	50.50 ± 4.48c	63.24 ± 3.53e	12.42 ± 2.37a	12.19 ± 1.98c	12.10 ± 0.21c
平均	43.27	57.04	17.56	10.97	11.00

同一列数值上标相邻字母表示差异显著(P<0.05);相间字母表示差异极显著(P<0.01)。

Values in the same column with adjacent superscripts are significantly different (P<0.05), with interval superscripts are extremely significantly different (P<0.01).

4 种鲟鱼肝脏、肾脏、鳃、肌肉及血浆中 ACP 活性如表 1 所示。肝脏中群体 I 和 III,群体 II 和 IV;肾脏中群体 I 和 III,群体 II 和 IV;鳃中群体 I 和 IV;肌肉中群体 I 和 II;血浆中群体 II 和 IV 无显著差异,其它相同组织各群体间 ACP 活性各自呈两两极显著差异。

由表 2 中 4 种鲟各组织中 ACP 活性平均值可见,鲟体内 ACP 活性大小分布依次为:肾脏、肝脏、鳃、血浆、肌肉,且肝脏及肾脏组织中酶活性明显高于另外 3 种组织,酶活性最低

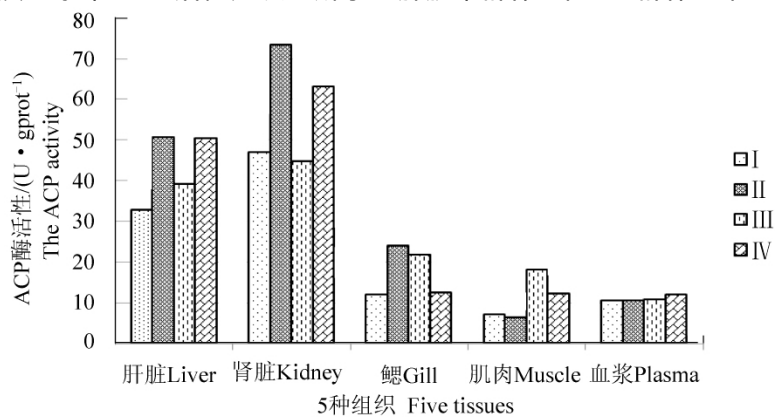


图 1 4 种鲟 ACP 活性分布

Fig.1 The distribution of ACP activity in the four kinds of sturgeon

的肌肉和血浆中基本相同。

将所得4种鲟的5种组织内ACP活性分布作图可见(图1)在酶活性较高的肝脏及肾脏组织中,西伯利亚鲟体内酶活性均为最高,其次为杂交鲟II。在肝脏、肾脏、鳃及肌肉组织中4种鲟ACP活性均有高低变化,但是血浆中酶活性基本持平。

2.2 AKP在4种鲟鱼体内的分布及活性

AKP在4种鲟肝脏、肾脏、鳃、肌肉及血浆中的活性见表3。由表3中数据可见,肝脏中群体I和II,群体III和IV,肾脏中群体I和IV;鳃中群体I,II和III,肌肉中群体I,III和IV无显著差异,其它相同组织各群体间AKP活性各自呈两两极显著差异。

表3 4种鲟鱼组织内AKP的分布及活性

Tab.3 The distribution and activities of AKP in liver, kidney, gill, muscle and blood plasma of four kind of sturgeons

群体 Group	组织 Tissues				
	肝脏 Liver	肾脏 Kidney	鳃 Gill	肌肉 Muscle	血浆 Plasma
I	93.53 ± 9.48a	498.50 ± 8.17a	175.97 ± 4.450a	19.39 ± 2.42c	6.55 ± 0.72a
II	80.28 ± 5.48a	1 169.63 ± 22.26e	163.12 ± 11.94a	12.59 ± 0.96a	45.08 ± 0.73c
III	128.03 ± 8.66c	630.00 ± 5.37c	172.17 ± 6.58a	19.14 ± 1.13c	38.04 ± 0.35e
IV	108.78 ± 8.98c	512.24 ± 3.34a	268.42 ± 14.28c	17.04 ± 1.48c	23.97 ± 0.49g
平均值	102.66	702.59	194.92	17.04	28.41

同一列数值上标相邻字母表示差异显著(P < 0.05);相间字母表示差异极显著(P < 0.01)。

Values in the same column with adjacent superscripts are significantly different (P < 0.05), with interval superscripts are extremely significantly different (P < 0.01).

由表3中4种鲟各组织中AKP活性平均值可见,鲟体内AKP活性大小分布依次为:肾脏、鳃、肝脏、血浆、肌肉,且肾脏组织中酶活性明显高于另外4种组织,与ACP酶活性分布相似,肌肉及血浆中酶活性最低。

将所得4种鲟的5种组织内AKP活性分布作图可见(图2),在酶活性最高的肾脏组织中,西伯利亚鲟体内酶活性远远高于其它3种鲟。而4种鲟肾脏组织中AKP酶活性也远远高于肝脏、鳃、肌肉及血浆组织。

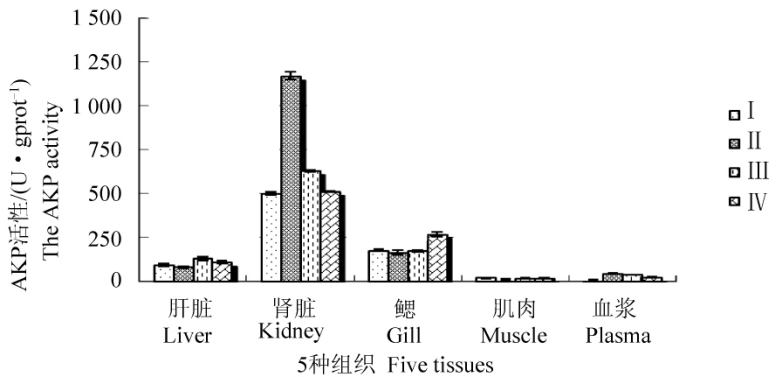


图2 4种鲟 AKP活性分布

Fig.2 The distribution of AKP activity in the four kinds of sturgeon

表4 4种鲟鱼体内CAT的分布及活性

Tab.4 The distribution and activities of CAT in liver, kidney, gill, muscle and red blood cell of four kinds of sturgeon

群体 Group	组织 Tissues				
	肝脏 Liver	肾脏 Kidney	鳃 Gill	肌肉 Muscle	红细胞 Red blood cell
I	591.73 ± 48.40a	61.35 ± 4.22a	32.79 ± 2.68e	12.31 ± 0.57a	42.58 ± 1.35c
II	1 324.89 ± 62.31c	89.32 ± 6.47c	11.38 ± 1.70a	28.71 ± 3.03c	19.14 ± 1.54a
III	1 427.52 ± 131.39c	65.89 ± 3.62a	23.52 ± 1.20c	27.59 ± 2.37c	29.60 ± 5.66e
IV	1 123.21 ± 88.35c	76.25 ± 4.60b	104.07 ± 5.24g	27.89 ± 1.53c	59.77 ± 2.20g
平均值	1 116.84	73.20	42.94	24.13	37.77

同一列数值上标相邻字母表示差异显著(P < 0.05);相间字母表示差异极显著(P < 0.01)。

Values in the same column with adjacent superscripts are significantly different (P < 0.05), with interval superscripts are extremely significantly different (P < 0.01).

2.3 CAT 在鲟鱼体内的分布及活性

4 种鲟肝脏、肾脏、鳃、肌肉及红细胞中的 CAT 酶活性见表 4。由表 4 中数据可见, 肝脏中群体 II, III 和 IV; 肾脏中群体 I 和 III 无显著差异; 肾脏中群体 I/II 与群体 IV, 群体 II 与群体 IV 之间为显著差异, 其它相同组织各群体间 CAT 活性各自呈两两极显著差异。

由表 4 中 4 种鲟各组织中 CAT 活性平均值可见, 鲟体内 CAT 活性大小分布依次为: 肝脏、肾脏、鳃、红细胞、肌肉, 且肝脏组织中酶活性明显高于另外 4 种组织。

将所得 4 种鲟 5 种组织内 CAT 活性分布作图可见(图 3), 在酶活性最高的肝脏组织中, 杂交鲟 I 略高于西伯利亚鲟, 而小体鲟肝脏中 CAT 活性最低。

2.4 SOD 在鲟鱼体内的分布及活性

4 种鲟肝脏、肾脏、鳃、肌肉、红细胞及血浆中的 SOD 酶活性见表 5。由表 5 中数据可见, 肾脏中群体 III 和 IV, 肌肉中群体 II 和 III, 红细胞中群体 I 和 II, 血浆中的群体 II 和 IV 无显著差异; 肌肉中群体 II/III 与群体 I, 血浆中群体 II/IV 与群体 III 之间为显著差异, 其它相同组织各群体间 SOD 活性各自呈两两极显著差异。

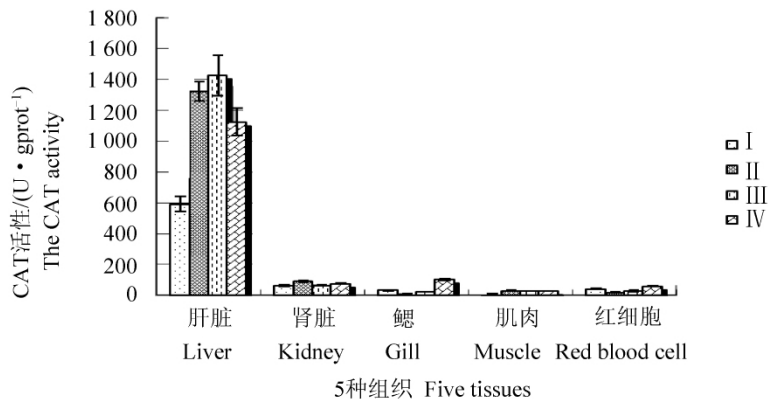


图 3 4 种鲟 CAT 活性分布

Fig.3 The distribution of CAT activity in the four kinds of sturgeon

表 5 4 种鲟鱼体内 SOD 分布及活性

Tab.5 The distribution and activities of SOD in liver, kidney, gill, muscle, red blood cell and plasma of four kinds of sturgeon

群体 Group	组织 Tissues					
	肝脏 Liver	肾脏 Kidney	鳃 Gill	肌肉 Muscle	红细胞 Red blood cell	血浆 Plasma
I	275.78 ± 12.53a	143.29 ± 6.63c	63.76 ± 4.83c	116.71 ± 2.10b	14.17 ± 1.51c	135.76 ± 2.26d
II	303.36 ± 4.66c	123.37 ± 3.69e	40.12 ± 3.10a	107.89 ± 6.88a	13.24 ± 1.34c	83.63 ± 1.38a
III	397.12 ± 12.18e	86.59 ± 4.12a	82.78 ± 2.96e	105.58 ± 6.84a	19.12 ± 2.85e	95.17 ± 2.12b
IV	345.62 ± 7.53g	83.04 ± 4.89a	183.94 ± 6.73g	124.82 ± 1.14d	9.45 ± 1.26a	74.73 ± 1.61a
平均值	330.47	109.07	92.65	113.75	14.00	97.32

同一列数值上标相邻字母表示差异显著 ($P < 0.05$); 相间字母表示差异极显著 ($P < 0.01$)。

Values in the same column with adjacent superscripts are significantly different ($P < 0.05$), with interval superscripts are extremely significantly different ($P < 0.01$).

由表 5 中 4 种鲟各组织中 SOD 活性平均值可见, 鲟体内 SOD 活性大小分布依次为: 肝脏、肌肉、肾脏、血浆、鳃、红细胞, 且肝脏组织中酶活性明显高于另外 5 种组织, 而红细胞中酶活性也远远低于其它 5 种组织。

将所得 4 种鲟 6 种组织内 SOD 活性分布作图可见(图 4), 在酶活性最高的肝脏组织中, 杂交鲟 I、杂交鲟 II、西伯利亚鲟、小体鲟, 而肾脏、鳃、肌肉及血浆中 SOD 活性值较接近, 差距不大。

3 讨论

小体鲟、西伯利亚鲟以及 2 种不同父母亲本的杂交鲟肝脏、肾脏、鳃、肌肉、血液中与免疫相关的 AKP、ACP、CAT 及 SOD 4 种酶的活力分布表现出一定的相似趋势, 但其活性大小变化情况也呈现多样化。由此表明, 不同种鲟体内各组织中不同类型免疫相关酶的活性分布有一定差异, 可能会对其相应免疫应答反映有一定影响。

3.1 4 种鲟 5 种组织中 AKP 及 ACP 活性分布

磷酸酶是磷代谢过程中的重要酶类,在营养物质的消化、吸收和运转过程中起重要作用,也是动物体内重要的解毒体系^[8],探讨磷酸酶活性有助于了解鱼类对营养物质消化、吸收和运转等情况^[9]。也有报道指出,ACP 和 AKP 在蛋白(酶)的磷酸化和去磷酸化过程中起着十分重要的作用^[10],可能共同参与了细胞的增殖启动^[11]。

3.1.1 两群体三组织中 ACP 活力差异 ACP 是溶酶体的标志酶之一,是细胞内消化过程进行的地方^[22]。4 种鲟鱼体内 ACP 酶活性分布表现为一致的变化趋势大小依次为:肝脏、肾脏、鳃、肌肉、血浆。这样的酶活性分布表明:肝脏及肾脏组织是鲟鱼体内磷、钙代谢的主要器官,而鳃、肌肉和血浆组织中酶活性较低。肝肾组织中,西伯利亚鲟体内的 ACP 活性均为最高,杂交鲟 II 次之,小体鲟与杂交鲟 I 差距不大。这样的结果与西伯利亚鲟生长迅速、繁殖力强的特征相符;而杂交鲟在杂交优势的前提下,也表现出良好的生长特性。

3.1.2 4 群体 5 种组织中 AKP 活力差异 4 种鲟体内 AKP 活性大小表现为较一致的总体趋势大小依次为:肾脏、鳃、肝脏、血浆、肌肉,与已报道的长丝鲈及草鱼研究结果:肝 > 肌肉相一致^[12-13],且肝及肌肉组织中 AKP 活力均低于长丝鲈及草鱼相应组织。AKP 主要存在于动物骨骼、肝脏和肠黏膜细胞中,是一种重要的调控酶,直接参与磷酸基团的转移,在免疫反应中发挥作用^[14],其活性在机体的代谢中起到了非常重要的作用^[15-17],被作为预测临床疾病诊断及环境污染程度的重要指标而进行监测。鲟鱼各组织中 AKP 活性较低,这种现象可能导致该鱼消化吸收能力较弱,对氨基酸等大分子物质吸收较困难,这可能是导致鲟鱼生长速度较缓慢的原因之一。而在 AKP 酶活性较高的肾脏组织中,西伯利亚鲟体内酶活性远远高于其他 3 种鲟,而小体鲟最低。这样的结果表明,在 4 种鲟中,西伯利亚鲟有较强的消化吸收及解毒能力,而杂交鲟也因其杂交优势而略高于小体鲟。

3.2 4 种鲟 5 种组织中 CAT 活性分布

CAT 广泛分布于生物体内,它辅基铁卟啉,具有催化作用,可使 H₂O₂ 分解,从而清除细胞内的自由基,防止自由基毒害,维持正常生理活动^[18-19]。

4 种鲟 5 种组织中,肝脏 CAT 活性远远高于肾脏、鳃、肌肉及红细胞组织中,表明 CAT 主要在肝等功能器官清除有害自由基,而排泄、呼吸及运动器官中相对较少。而 4 种鲟肝脏组织中 CAT 活性大小分布依次为:杂交鲟 I、西伯利亚鲟、杂交鲟 II、小体鲟,且小体鲟体内酶活性远小于其他 3 种鲟。这样的结果表明,小体鲟在清除细胞内自由基方面的能力较弱,易发生自由基过量引起的毒害。

3.3 4 种鲟 6 种组织中 SOD 活性分布

SOD 是生物体内普遍存在的一种酶类,也是唯一一种以自由基为底物的抗氧化酶^[20]。该酶能有效清除生物氧化产生的 O²⁻,并有终止自由基连锁反应的作用^[21],其活力高低可间接反映鱼体活力氧的水平 and 细胞受氧化损伤的程度^[22-24]。SOD 酶在 4 种鲟 6 种组织中均有一定的活性分布,其分布规律因鱼种差异有一定的差别,但是平均看来表现大小依次为:肝脏、肌肉、肾脏、血浆、鳃、红细胞,而在酶活性最高点肝脏组织中,其活性大小依次为杂交鲟 I、杂交鲟 II、西伯利亚鲟、小体鲟。表明杂交鲟比小体鲟和西伯利亚鲟有更强的清除生物氧化及抵御细胞受氧化损伤能力。而在肌肉组织中,4 种鲟 SOD 活性极其相近,差别较小。

综上所述,小体鲟、西伯利亚鲟及 2 种不同亲本的杂交鲟体内肝脏、肾脏、鳃、肌肉及血液组织中,ACP、AKP、CAT 及 SOD 4 种免疫相关酶类活性的差异,间接反映了这 4 种鲟体内相关免疫水平及其在

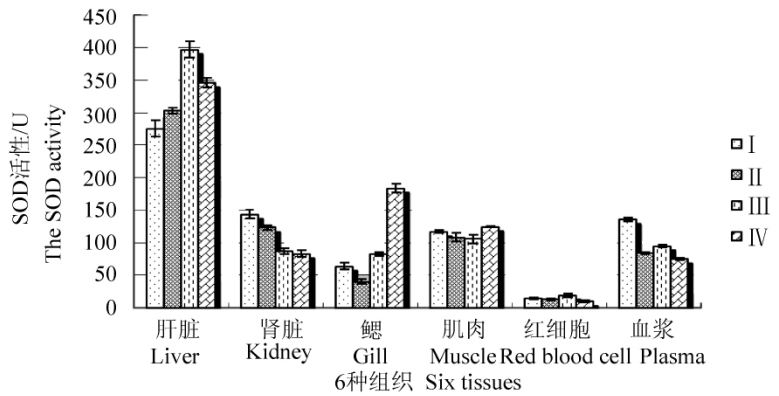


图 4 4 种鲟 SOD 活性分布
Fig. 4 The distribution of SOD activity in the four kinds of sturgeon

不同组织中的差异。杂交鲟在某些方面显示出了一定的杂交优势,而西伯利亚鲟体内各种免疫相关酶的活性值都较高,只有小体鲟相比较而言,各种酶活性都相对低下,可能会影响其相应的免疫应答反映。密切关注并深入检测、探讨各种鲟及杂交品种体内各种酶活力的变化趋势,对于促进鲟鱼养殖业的健康可持续发展,完善并推广鲟鱼全人工繁育、养殖具有重要的指导意义。

参考文献:

- [1] Gardiner B G. Sturgeons as living fossils In: Eldredge N, Stanley S M. Editors, Living Fossils [M]. New York: Springer Verlag Press, 1984: 148-152.
- [2] Krieger J, Fuerst P A. Evidence for a slowed rate of molecular evolution in the order Acipenseriformes [J]. Molecular Biology and Evolution, 2002, 19(6): 891-897.
- [3] Bemis W E, Kynard B. An introduction to Acipenseriformer biogeography and life history [J]. Environmental Biology of Fishes, 1997, 48(1-4): 167-183.
- [4] 曲秋芝, 高艳丽. 西伯利亚鲟的人工繁殖 [J]. 中国水产科学, 2005, 12(4): 492-495.
- [5] 崔禾, 何建湘, 郑维中. 我国鲟鱼产业现状分析及发展建议 [J]. 中国水产, 2006 (6/7): 8-9, 14-15.
- [6] 王荻, 刘洪柏. 5种鲟鱼免疫球蛋白重链恒定区序列研究 [J]. 遗传, 2006, 28(10): 1247-1253.
- [7] 张颖, 曲秋芝, 霍堂斌, 等. 三种鲟科鱼类和两种鲑科鱼类卵黄免疫球蛋白性质的比较 [J]. 动物学报, 2007, 53(2): 264-269.
- [8] 田海军, 陈建国, 龙勇, 等. 复方中草药对鲤肝脏转氨酶的影响 [J]. 水产科学, 2007, 26(11): 625-627.
- [9] 张辉, 张海莲. 碱性磷酸酶在水产动物中的作用 [J]. 河北渔业, 2003(5): 12-13.
- [10] Millar J B A, Russe P, Dixon J E. Negative regulation of mitosis by two functionally overlapping PTPase in fission yeast [J]. EMBO, 1992, 11(13): 4943-4952.
- [11] 封青川, 卢爱灵, 李庚午, 等. 连续4次(每次间隔36h)部分肝切除对大鼠肝 ACP、AKP、HSC70/HSP68 和 PCNA 的影响 [J]. 动物学报, 2001, 47(专刊): 190-198.
- [12] 魏东, 董少杰, 孙向军, 等. 长丝鲈5种组织中相关酶的测定 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37(18): 8535-8537, 8540.
- [13] 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.
- [14] 艾春香, 陈立侨, 高露姣, 等. VC 对河蟹血清和组织中超氧化物歧化酶及磷酸酶活性的影响 [J]. 台湾海峡, 2002, 21(4): 431-435.
- [15] 王吉桥, 徐银. 对虾的主要疾病及其诊断方法 [J]. 水产科学, 2002, 21(5): 23-28.
- [16] 刘燕强. 碱性磷酸酶及其在兽医诊断中的价值 [J]. 内蒙古畜牧科学, 1994(2): 23-26.
- [17] 廖金花, 陈巧, 林丽蓉, 等. 鲍鱼碱性磷酸酶的分离纯化和性质研究 [J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2005, 44(2): 272-275.
- [18] 贲长恩, 李叔庚. 组织化学 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2001.
- [19] Schlenk D, Martinez P G, Livingstone D R. Studies on myeloperoxidase activity in the common mussel *Mytilus edulis* L [J]. Comparative Biochemistry and Physiology, 1991, 99(1/2): 63-68.
- [20] 韩杰, 叶行, 许人骥. 阿特拉津与氯氰菊酯联合染毒对鲫鱼 SOD 活力的影响 [J]. 贵州农业科学, 2010, 38(9): 136-137.
- [21] 栾新红, 丁鉴峰, 孙长勉, 等. 除草剂阿特拉津影响大鼠脏器功能的毒理学研究 [J]. 沈阳农业大学学报, 2003, 34(6): 441-445.
- [22] 刘慧, 王晓蓉, 王为木, 等. 低浓度锌及其 EDTA 配合物长期暴露对鲫鱼肝脏锌富集及抗氧化系统的影响 [J]. 环境科学, 2005, 26(1): 173-176.
- [23] McKellar Q R, Benchaoui H I. Avermectins and milbemycins [J]. Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics, 1996, 19(5): 331-351.
- [24] Jencic V, Cerne M, Erzen N K, et al. Abamectin effects on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Ecotoxicology, 2006, 15(3): 249-257.