

两种养殖条件下牙鲆的血液生理生化指标比较分析

臧坤^{1,2} 徐永江¹ 柳学周^{1*} 史宝¹ 王妍妍¹

(¹农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 青岛市海水鱼类种子工程与生物技术重点实验室

中国水产科学研究院黄海水产研究所, 266071)

(²上海海洋大学水产与生命学院, 201306)

摘要 对池塘和室内水泥池养殖牙鲆的血液生理生化指标进行了比较研究, 每种养殖条件下分别选取两种不同体重规格的牙鲆, 即池塘小规格牙鲆(PSJF)、池塘大规格牙鲆(PBJF)、室内小规格牙鲆(ISJF)和室内大规格牙鲆(IBJF)作为研究对象。对全部试验鱼5项血液生理指标和13项血清生化成分进行了测定分析, 结果显示, PSJF和PBJF的红细胞数量(RBC)均显著低于ISJF和IBJF($P < 0.05$), 且前者红细胞沉降率(ESR)、红细胞脆性(EOF)、白细胞数量(WBC)及白细胞中淋巴细胞所占比例均显著高于后者($P < 0.05$)。PSJF和PBJF的血清葡萄糖(GLU)、总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、球蛋白(GLO)、肌酐(CREA)、总胆固醇(CHOL)、甘油三酯(TG)浓度及碱性磷酸酶(AKP)活性均显著高于ISJF和IBJF($P < 0.05$), 仅PSJF的乳酸脱氢酶(LDH)活性低于ISJF和IBJF($P < 0.05$)。血清氯离子(Cl^-)、钙离子(Ca^{2+})浓度及谷草转氨酶(AST)、谷丙转氨酶(ALT)活性在各个试验组间均无显著差异($P > 0.05$)。血液生理和生化指标的差异表明, 池塘养殖牙鲆可能在呼吸代谢要求上低于室内水泥池养殖牙鲆, 而在免疫水平和营养物质代谢水平上高于室内水泥池养殖牙鲆。

关键词 牙鲆 池塘养殖 室内水泥池养殖 血液生理指标 血清生化指标

中图分类号 S917.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2013)05-0036-07

Comparative analysis of blood physiological and biochemical characteristics between pond and indoor tank-culture of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*

ZANG Kun^{1, 2} XU Yong-jiang^{1, 2} LIU Xue-zhou^{1, 2*}

SHI Bao^{1, 2} WANG Yan-yan^{1, 2}

(¹ Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Qingdao Key Laboratory for Marine Fish Breeding and Biotechnology, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, 266071)

(² College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, 201306)

ABSTRACT Physiological and biochemical indices of blood from pond- and indoor tank-cultured Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* were analyzed and compared in the present study. Four groups of fish at different body weights from pond-culture (PSJF, pond-cultured small

国家鲆鲷类产业技术体系建设项目(CARS-50)资助

* 通讯作者。E-mail: liuxz@ysfri.ac.cn, Tel: (0532)85830506

收稿日期: 2013-03-12; 接受日期: 2013-06-13

作者简介: 臧坤(1990-), 男, 硕士研究生, 主要从事鱼类繁育和养殖技术研究。E-mail: zangkun2007@163.com

Japanese flounder group, and PBJF, pond-cultured big Japanese flounder group) and indoor tank-cultured (ISJF, indoor tank-cultured small Japanese flounder group, and IBJF, indoor tank-cultured big Japanese flounder group) were sampled respectively, then 5 blood physiological indices and 13 serum biochemical indices were determined. Results revealed that the amount of red blood cells (RBC) of PSJF and PBJF were significantly lower than that of ISJF and IBJF ($P < 0.05$), and erythrocyte sedimentation rate (ESR), erythrocyte fragility (EOF), the amount of white blood cells (WBC), and lymphocyte proportion of leukocyte in blood were significantly higher in pond-culture fish ($P < 0.05$). Besides, serum glucose (GLU), total protein (TP), albumin (ALB), globulin (GLO), creatinine (CREA), cholesterol (CHOL), triglyceride (TG) concentrations and alkaline phosphatase (AKP) activity of PSJF and PBJF were significantly higher than those in ISJF and IBJF ($P < 0.05$). However, serum lactate dehydrogenase activity of PSJF was significantly lower than ISJF ($P < 0.05$). Statistical analysis revealed no significant differences in serum chloride (Cl^-) concentration, calcium (Ca^{2+}) concentration, alanine aminotransferase (ALT) activity and aspartate aminotransferase (AST) activity among all the groups ($P > 0.05$). The results showed that pond-cultured Japanese flounder may have lower requirement for the respiratory metabolism than indoor tank-cultured Japanese flounder, whereas serum immunity level and nutrition metabolism level may be higher. These results may provide basic information on management of pond-cultured and indoor tank-cultured Japanese flounder.

KEY WORDS *Paralichthys olivaceus* Pond-culture mode Indoor tank-culture mode
Blood physiological indices Serum biochemical indices

牙鲆 *Paralichthys olivaceus* 俗称牙片、偏口、牙鲷、比目鱼, 属鲽形目 Pleuronectiformes、鲆科 Bothidae、牙鲆属 *Paralichthys*, 是我国重要的海水增养殖经济鱼类之一。血液是动物体内循环系统的重要组成部分, 起着营养物质运输、生理调节及生理防御等重要功能(林浩然 1999)。血液指标被广泛地应用于评价鱼类的健康状况、营养状况及对环境的适应状况, 是良好的生理、病理和毒理学指示器(周 玉等 2001; Rombout *et al.* 2005; 何福林等 2007)。

关于牙鲆血液学的研究已有相关报道, 其中包括牙鲆外周血细胞研究(王宏田等 2001)、溶解氧及养殖密度对牙鲆幼鱼血细胞和血红蛋白浓度的影响(董晓煜等 2008)、病菌攻毒对牙鲆血液指标影响(赵 娜等 2011)及运输胁迫对牙鲆血液指标的影响(赛 娜等 2011)等。目前牙鲆养殖主要模式包括室内水泥池养殖和池塘养殖两种, 前者具有产量高、占地面积小的特点, 而后者则相对成本低、易管理。两种养殖条件下养殖鱼的生长存在差异, 本研究即是通过两种养殖模式下两个体重规格的牙鲆血液生理生化指标进行对比分析, 以期从血液学角度分析室内水泥池养殖和池塘养殖两种养殖模式对牙鲆养殖生长免疫学指标的影响, 同时为该两种养殖模式下牙鲆的健康养成技术研究提供基础生理学资料。

1 材料与方 法

1.1 材 料

本研究于 2012 年 9 月在山东日照取样, 将试验鱼运回实验室进行血液指标分析。池塘养殖牙鲆取自山东省日照市水利养殖场。养殖池塘为方形, 泥沙底质, 面积约 3 000 m^2 , 3 个池塘并排组合, 池壁进行护坡设置, 设置独立的进排水系统, 池塘水深 1.5 m, 日换水率 50%。取样时水温 22~24 $^{\circ}\text{C}$, 溶氧 7.2 mg/L, 盐度 27, pH

8.1, 养殖密度 4 尾/m²。室内水泥池养殖牙鲆取自位于同一地区的日照市东港区海珍品研究所, 养殖池为方形抹角水泥池, 面积为 50m², 养殖水深 50cm, 牙鲆养殖密度 8 尾/m²。取样时水温 22~23℃, 溶氧 6.5mg/L, 盐度 28, pH 7.7。两种养殖条件下, 实验鱼都投喂冰鲜杂鱼, 日饱食投喂 2 次。

分别取两种养殖条件下两个体重规格的牙鲆各 6 尾, 形成 4 个实验组, 即池塘小规格牙鲆(PSJF)组、池塘大规格牙鲆(PBJF)组、室内小规格牙鲆(ISJF)组和室内大规格牙鲆(IBJF)组。取样的小规格牙鲆平均体重为 376.1±42.67g, 大规格牙鲆平均体重为 586.5±54.32g, 均为健康活泼个体, 摄食积极。

1.2 实验方法

1.2.1 血样制备

采血前停喂 12h, 用 180mg/L 的 MS-222 快速麻醉, 用 5ml 注射器于鱼尾柄静脉采血 5 ml。采得血液样品分为两部分: 一部分血液加入抗凝管中以制备抗凝血, 用于测定血液生理指标; 另一部分非抗凝血放置于 4℃ 冰箱 4h 后, 4 000 r/min 离心 15 min 制备血清, 用于测定血清生化指标。

1.2.2 血液生理指标测定

红细胞脆性(EOB): 抗凝血滴入用浓度 1% NaCl 溶液稀释成的 0.4%~0.8%(梯度为 0.05%)浓度梯度低渗液, 室温下静置 2 h, 观察溶血结果。

红细胞沉降率(ESR): 采用魏氏沉降管测定法。

红细胞计数(RBC): 用 Dacie 液将血液稀释 200 倍后, 用血球计数板在显微镜下计数。

白细胞计数(WBC): 通过高倍镜下血涂片计数白细胞和红细胞数量比例, 根据红细胞数量进行换算; 血涂片使用 Giemsa 和 Wright 染液染色, 常规方法制备。

白细胞分类计数(DLC): 在高倍镜下血涂片中随机观察 100 个白细胞, 进行分类计数。

1.2.3 血清生化指标测定

使用生化指标试剂盒(南京建成生物工程研究院)和 JENWAY-6715AP 型紫外分光光度计测定 13 项血清生化指标。

各生化指标的测定方法: 总蛋白(TP)测定采用双缩脲法; 白蛋白(ALB)测定采用溴甲酚绿法; 球蛋白(GLO)测定采用总蛋白除去白蛋白; 钙离子(Ca)测定采用甲基百里香酚蓝(MTB)法; 氯离子(Cl)测定采用硫氰酸汞法; 胆固醇(CHOL)测定采用 GPO-POP 法; 甘油三酯(TG)测定采用 GPO-POP 法; 葡萄糖(GLU)测定采用氧化酶-过氧化物酶法; 肌酐(CREA)测定采用改良的 JAFF 法; 谷丙转氨酶(ALT)测定采用赖氏法; 谷草转氨酶(AST)测定采用赖氏法; 碱性磷酸酶(AKP)测定采用磷酸苯二钠基质动力学法; 乳酸脱氢酶(LDH)测定采用乳酸基质动力学法。

1.3 数据统计分析

数据处理和图表制作使用 Excel 2003, 数据均用平均值±标准差表示。利用单因素方差分析(ANOVA)统计分析差异显著性, $P < 0.05$ 视为差异显著。统计分析使用 SPSS(16.0 版本)软件进行。

2 结果

2.1 血液生理指标测定结果

由表 1 可看出, 池塘养殖牙鲆(PSJF 和 PBJF)的血液红细胞数量(RBC)显著低于室内水泥池养殖牙鲆(ISJF 和 IBJF)($P < 0.05$), 而白细胞数量(WBC)显著高于后者($P < 0.05$); PSJF 和 PBJF 的红细胞沉降率(ESR)和红细胞脆性(EOF)均显著高于 ISJF 和 IBJF($P < 0.05$)。

表 2 显示了牙鲆血液中 4 种类型的白细胞分类计数(DLC)结果, 4 种白细胞所占比例均为淋巴细胞 > 血栓细胞 > 单核细胞 > 嗜中性细胞, 其中仅有 PSJF 和 PBJF 血液中淋巴细胞所占比例均显著高于 ISJF 和 IBJF($P < 0.05$)。

表 1 两种养殖条件下牙鲆的血液生理指标分析对比

Table 1 Comparison of blood physiological indices in Japanese flounder from two culture modes

指标 Indices	ISJF	IBJF	PSJF	PBJF
红细胞数 Red blood cell($10^6/\text{mm}^3$)	4.11±0.25 ^a	4.85±0.31 ^b	3.23±0.49 ^c	3.47±0.35 ^c
白细胞数 White blood cell($10^4/\text{mm}^3$)	4.43±0.44 ^a	6.31±0.84 ^a	18.42±2.90 ^b	15.94±0.67 ^b
红细胞沉降率 Erythrocyte sedimentation rate(mm/h)	0.12±0.004 ^a	0.10±0.034 ^a	0.26±0.06 ^b	0.31±0.09 ^b
红细胞脆性 Erythrocyte fragility (开始溶血浓度×完全溶血浓度)/(%)	(0.58±0.035) ^a × (0.45±0.00) ^a	(0.58±0.035) ^a × (0.43±0.04) ^a	(0.75±0.05) ^b × (0.53±0.08) ^b	(0.76±0.03) ^b × (0.62±0.03) ^c

注:同一行中具不同字母表示差异显著($P<0.05$), $n=6$,下表同

Note: Different superscript letters in the same column indicate significant difference ($P<0.05$), $n=6$, same in the following tables

表 2 两种养殖条件下牙鲆的白细胞分类计数比较

Table 2 Comparison of differential leukocyte counts of Japanese flounder from two culture modes

白细胞类型 Leukocyte types(%)	ISJF	IBJF	PSJF	PBJF
血栓细胞 Thrombocyte	30.0±8.4 ^a	32.0±3.6 ^a	19.5±10.6 ^a	28.4±5.8 ^a
淋巴细胞 Lymphocyte	51.8±2.5 ^a	55.8±4.2 ^a	72.9±5.6 ^b	63.4±3.2 ^b
单核细胞 Monocyte	15.0±2.8 ^a	7.7±1.4 ^b	6.6±4.4 ^b	6.6±3.3 ^b
嗜中性细胞 Neutrophil	3.2±3.1 ^a	4.5±2.0 ^{ab}	1.0±1.2 ^{ab}	1.6±1.3 ^b

2.2 血液生化指标测定结果

血清中离子和物质成分含量指标见表 3。其中血清氯离子(Cl^-)浓度、钙离子(Ca^{2+})浓度在两种养殖条件下同种体重规格的牙鲆中均未表现出显著性差异($P>0.05$),而 PSJF 和 PBJF 血清中肌酐(CREA)、总胆固醇(CHOL)、甘油三酯(TG)、葡萄糖(GLU)浓度、总蛋白(TP)浓度、白蛋白(ALB)浓度以及球蛋白(GLO)浓度均显著高于 ISJF 和 IBJF($P<0.05$)。

表 3 两种养殖条件下牙鲆血清成分含量分析对比

Table 3 Comparison of serum components content of Japanese flounder from two culture modes

指标 Indices	ISJF	IBJF	PSJF	PBJF
氯离子浓度 Chloride concentration (mmol/L)	111.58±2.11 ^a	109.32±6.78 ^a	118.11±7.71 ^a	116.58±8.06 ^a
钙离子浓度 Calcium concentration (mmol/L)	2.77±0.15 ^a	3.08±0.31 ^{ab}	3.50±0.21 ^{ab}	3.35±0.41 ^b
肌酐浓度 Creatinine concentration ($\mu\text{mol/L}$)	10.52±3.34 ^a	16.15±5.67 ^a	47.45±0.68 ^b	49.74±11.78 ^b
葡萄糖浓度 Glucose concentration(mmol/L)	2.32±0.78 ^a	2.52±0.41 ^a	5.09±1.62 ^b	4.86±1.67 ^b
总胆固醇浓度 Cholesterol concentration(mmol/L)	8.94±3.14 ^a	10.72±2.39 ^a	15.69±1.02 ^b	15.70±0.51 ^b
甘油三酯浓度 Triglyceride concentration(mmol/L)	1.21±1.06 ^a	2.50±1.26 ^a	15.14±3.66 ^b	14.04±5.23 ^b
总蛋白浓度 Total protein concentration(g/L)	38.70±3.14 ^a	26.68±1.87 ^b	60.45±8.92 ^c	49.94±4.93 ^d
白蛋白浓度 Albumin concentration(g/L)	10.77±3.64 ^a	10.49±2.50 ^a	16.48±2.01 ^b	17.72±1.91 ^b
球蛋白浓度 Globulin concentration(g/L)	27.62±4.44 ^a	14.51±3.61 ^b	32.22±2.21 ^c	43.98±9.42 ^d

表 4 显示了血清中 4 种酶的活力水平,其中谷丙转氨酶(ALT)和谷草转氨酶(AST)活性在两种养殖条件下同种体重规格的牙鲆中无显著性差异($P>0.05$),PSJF 和 PBJF 的碱性磷酸酶(AKP)活性显著高于 ISJF 和

IBJF($P < 0.05$), 而仅 PSJF 的乳酸脱氢酶(LDH)活性显著高于 ISJF($P < 0.05$)。

表4 两种养殖条件下牙鲆血清中酶活力分析对比

Table 4 Comparison of serum enzyme activities of Japanese flounder from two culture modes

指标 Indices	ISJF	IBJF	PSJF	PBJF
碱性磷酸酶(U/L) Alkaline phosphatase activity	69.5±14.1 ^a	94.4±17.2 ^a	179.0±9.9 ^b	170.5±34.0 ^b
乳酸脱氢酶(U/L) Lactate dehydrogenase activity	2 352.89±201.47 ^a	2 231.47±247.07 ^{ab}	1 755.96±434.15 ^b	1 884.75±137.27 ^{ab}
谷草转氨酶(U/L) Aspartate aminotransferase activity	4.37±2.12 ^a	6.51±0.56 ^a	4.61±2.08 ^a	4.13±0.66 ^a
谷丙转氨酶(U/L) Alanine aminotransferase activity	6.55±0.95 ^a	6.18±0.74 ^a	6.58±0.77 ^a	4.80±1.67 ^a

3 讨论

3.1 两种养殖条件下牙鲆的血液生理指标比较分析

血液中某种血细胞的含量通常与其生理功能密切相关(白东清等 2010)。红细胞含量可以反映出生物体对氧气的摄取、运输以及消耗能力。Collazos 等(1998)认为影响鱼类血液中红细胞数量的因素很多,季节变化、健康状况、溶解氧、运动强度、性腺发育的成熟度及饵料质量等都会使红细胞数量发生变化。国内学者对于鱼类红细胞研究说明,红细胞数量与鱼类运动能力存在正相关关系(林浩然 1999),与水环境中溶氧量和鱼类耐低氧能力有关(龙华等 2005),而且在一定范围内随着水温升高而升高(刘伟等 1996)。本研究中室内水泥池养殖的牙鲆红细胞数显著高于池塘养殖牙鲆,结合两种养殖条件,其可能原因:1)室内水泥池养殖的养殖密度相对较高,空气充氧的条件下水体中溶氧量可能不能满足牙鲆呼吸代谢的需求,导致红细胞数量升高;2)室内水泥池养殖中存在频繁的清底、倒池等人为操作的影响,长期胁迫会相对增加牙鲆活动量,也可能引起红细胞数量的增加。此外,本研究中同种养殖条件下大规格牙鲆红细胞数都高于小规格牙鲆,这与孟繁伊等(2009)对花羔红点鲑 *Salvelinus malma* 研究结果相一致,其可能的原因在于鱼类呼吸代谢需要运输的氧气和二氧化碳随着体长和体质量增加而增加,则红细胞数目可能会随之升高。

红细胞沉降率表示红细胞悬浮稳定性的大小,是一项非特异的免疫反应,其会随红细胞浓度的升高而降低(尾崎久雄 1982),此外也可反映养殖生物疾病的发生及严重程度,养殖生物发生炎症时,红细胞血沉会明显加快(Dexsauer *et al.* 1970; 陈晓耘等 2000)。本研究中池塘养殖牙鲆红细胞沉降率显著高于室内水泥池养殖牙鲆,可能与后者红细胞数量较多有关。红细胞脆性反映红细胞对低渗溶液的抵抗力,红细胞脆性越小,说明对低渗溶液的抵抗力越大(程超等 2008)。本研究中池塘养殖牙鲆的红细胞脆性显著高于室内水泥池养殖牙鲆,表明前者的红细胞对低渗溶液的抵抗力相对小于后者,池塘中海水盐度会因大量降水等原因出现明显下降,养殖牙鲆为适应这种情况其红细胞脆性可能就会出现明显高于室内水泥池养殖牙鲆的情况。

白细胞的主要作用是保护机体抵御病原菌侵袭,鱼类患病或者受到有毒物质感染时,其白细胞数量就会明显变化(杨四秀等 2007)。本研究中池塘养殖牙鲆白细胞数量显著高于室内水泥池养殖牙鲆,其中仅有淋巴细胞比例表现出显著性差异,说明淋巴细胞是造成这一结果的主要原因。作者认为由于池塘属于相对开放的养殖环境,牙鲆为保护机体抵御潜在的外来有害物质侵袭,血液中白细胞数量,特别是起主要免疫作用的淋巴细胞数量会显著高于养殖条件相对封闭的室内水泥池养殖牙鲆。

3.2 两种养殖条件下牙鲆血清物质成分含量的比较分析

血清离子是维持细胞新陈代谢、调节体液渗透压和维持酸碱平衡的重要因子(冀德伟等 2009)。本研究中牙鲆的氯离子、钙离子均未表现出显著性差异。在正常情况下,鱼类体内有机成分的分解代谢与合成代谢保持动态平衡,故其指标值也相对稳定。

血清葡萄糖浓度和甘油三酯浓度是反映体内碳水化合物代谢和脂肪代谢水平的重要生化指标(孟繁伊等 2009)。血浆白蛋白由肝脏合成,可用于修补组织和提供能量;血清的总蛋白包含白蛋白和球蛋白,球蛋白是源于B淋巴细胞转化为浆细胞后分泌而成,能反映机体的抵抗力。本研究中,血清葡萄糖(GLU)、总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、球蛋白(GLO)、肌酐(CREA)、总胆固醇(CHOL)、甘油三酯(TG)含量等7项指标,都表现出池塘养殖牙鲆高于同种体重规格室内水泥池养殖牙鲆的结果,可能说明池塘养殖牙鲆在碳水化合物及脂肪代谢水平上均显著高于室内水泥池养殖牙鲆,同时表明,池塘养殖牙鲆除蛋白质代谢水平较高之外,其抗病能力可能相对也较高,这与本研究中白细胞数量结果相符。

总胆固醇(CHOL)可为新的细胞膜或细胞内细胞器膜的生成提供脂类反应代谢水平(骆作勇等 2007),本研究结果表明,池塘养殖牙鲆代谢水平较高,此外总胆固醇(CHOL)可以为皮质类激素和性激素的合成提供前体(沈 同等 1996),池塘养殖牙鲆含量较高可能是因为其生活环境较室内水泥池养殖更为复杂多变,需要合成相对较多的激素来参与机体调节。肌酐是肌酸的代谢产物,与鱼体肌肉组织分解和肾脏功能有关(尾崎久雄 1982)。本研究中血清氯离子、钙离子浓度未出现显著差异,提示肾脏功能正常,说明池塘养殖牙鲆血清肌酐含量显著高于室内水泥池养殖牙鲆的结果可能由于肌肉组织分解或其他原因造成,具体的机制有待于深入探究。

本研究中血清葡萄糖浓度、甘油三酯浓度、白蛋白浓度及胆固醇浓度均反映池塘养殖牙鲆代谢水平高于室内水泥池养殖牙鲆,结合本研究中血液生理指标显示的结果,认为可能存在以下两个原因:1)池塘养殖牙鲆红细胞数量少,可能造成其红细胞更新周期短,相应需要消耗物质较多;2)池塘牙鲆白细胞数量和球蛋白数量相对较高说明其较高的免疫水平,而机体要维持这种较高的免疫水平,可能需要较多物质成分参与免疫物质的合成。养殖模式与鱼类代谢的相关研究较少,具体的机制尚有待进一步探究。

3.3 两种养殖条件下牙鲆血清酶活力的比较分析

血清酶绝大部分来自动物的各种组织器官中,其活性高低与相应组织器官的代谢水平和功能有关(刘 波等 2011)。谷丙转氨酶(ALT)和谷草转氨酶(AST)是广泛存在于动物线粒体中的重要氨基酸转氨酶,在机体蛋白质代谢中起重要作用(白东清等 2010)。在正常情况下,血清中正常转氨酶活性值较小(陈寅儿等 2006)。Celik等(2006)研究发现,当鱼体肝脏受损会影响血清中AST和ALT的活性。研究中两种酶活性未表现出显著性差异,且其值都较低,表明实验所取养殖牙鲆处于健康生长状态。

鱼类体内碱性磷酸酶是鱼类溶酶体酶的重要组成部分,在免疫反应中发挥作用(乔伟亮等 2010)。本研究中池塘养殖牙鲆碱性磷酸酶活性显著高于室内水泥池养殖牙鲆,说明前者的免疫力水平要高于后者,这与本研究中血液白细胞数量及血清球蛋白浓度表现的结果相符。

乳酸脱氢酶通过参与细胞质中的糖酵解过程而参加机体的能量代谢(沈 同等 1996),血清中的LDH来源于细胞内部(陈寅儿等 2006)。本研究中中小体重规格的室内水泥池养殖牙鲆血清LDH活性显著高于池塘养殖牙鲆,而大体重规格牙鲆则未显示出显著性差异,说明牙鲆的能量代谢水平不仅与养殖模式相关,不同的生长阶段对其也存在显著影响。

本研究通过血细胞数量特性和血清生化指标两个方面对池塘养殖和室内水泥池养殖牙鲆进行了对比分析,反映了两种养殖条件下的牙鲆在呼吸代谢、营养代谢及免疫水平方面存在显著差异,揭示了池塘养殖牙鲆可能在呼吸代谢要求上低于室内水泥池养殖牙鲆,而在免疫水平和营养物质代谢水平上高于室内水泥池养殖牙鲆,为牙鲆养殖技术工艺研究提供了基础资料。

参 考 文 献

- 王宏田, 张培军, 姜 明. 2001. 牙鲆外周血细胞的超显微结构观察研究. 海洋科学集刊, 43(6):166-172
- 白东清, 魏 东, 马树敏, 齐红莉, 金 晔. 2010. 长丝鲈血液部分生理生化指标测定. 安徽农业科学, 38(2):755-757
- 龙 华, 刘 薇, 赵 刚. 2005. 3种鲆形目鱼的解剖学与血液学比较. 水利渔业, 25(3):6-7
- 乔伟亮, 魏 东, 刘 颖, 齐红莉, 于彦博. 2010. 真鲷血液生理生化指标的研究. 畜牧与饲料科学, 31(5):62-64
- 刘 伟, 李佐锋. 1996. 温度对鲢鱼生理生化指标的影响. 东北师大学报(自然科学版), 2:110-119
- 刘 波, 王美焱, 谢 骏, 徐 跑, 戈贤平, 何义进, 缪凌涛, 潘良坤. 2011. 低温应激对吉富罗非鱼血清生化指标及肝脏 HSP70 基因表达的影响. 生态学报, 31(17):4866-4873
- 何福林, 向建国, 李常健, 李治章, 陈开健. 2007. 水温对虹鳟血液学指标影响的初步研究. 水生生物学报, 31(3):363-369
- 尾崎久雄. 1982. 鱼类血液与循环生理. 上海: 上海科学技术出版社, 151-154
- 杨四秀, 谢新民, 蒋艾青, 郑陶生. 2007. 斑鳢与乌鳢血液生理生化指标的比较分析. 河北渔业, 9:21-3
- 沈 同, 王镜岩. 1996. 生物化学. 北京: 高等教育出版社, 200
- 陈晓耘. 2000. 鱼类的血液. 重庆师专学报, 19(3):70-73
- 陈寅儿, 金 珊, 王国良. 2005. 鲈鱼溶藻弧菌病的血液生理生化指标研究. 台湾海峡, 24(1):104-108
- 周 玉, 郭文场, 杨振国, 张 凯. 2001. 鱼类血液学指标研究的进展. 上海水产大学学报, 10(2):163-165
- 周雪莹, 崔龙波, 刘 冬, 杨 松, 张新林, 马家好. 2007. 养殖大菱鲆血细胞形态和相关生理指标的测定. 鲁东大学学报(自然科学版), 23(4):366-370
- 孟繁伊, 黄 权, 郝凤奇. 2009. 不同年龄花羔红点鲑肌肉成分和血液指标的比较研究. 中国水产科学, 16(1):113-119
- 林光华, 张丰旺, 洪一江, 胡成钰. 1998. 二龄鲢和鳙血液的比较研究. 水生生物学报, 22(1):9-16
- 林浩然. 1999. 鱼类生理学. 广州: 广东高等教育出版社, 82-108
- 赵 娜, 唐小千, 绳秀珍, 战文斌. 2012. 海豚链球菌 3 种免疫原对牙鲆血细胞吞噬及 SOD、POD 和 ACP 活力的影响. 中国海洋大学学报, 42(4):33-40
- 骆作勇, 王 雷, 王宝杰, 刘 梅, 蒋克勇, 张 明, 朱延雄. 2007. 奥利亚罗非鱼饥饿后补偿生长对血液理化指标的影响. 海洋科学进展, 25(3):340-345
- 程 超, 施光美. 2008. 饥饿对鲫鱼血液生理生化指标和流变学性质的影响. 中国农学通报, 24(1):516-519
- 董晓煜, 张秀梅, 张沛东. 2008. 溶解氧与养殖密度对褐牙鲆幼鱼血细胞数量及血红蛋白含量影响的研究. 海洋水产研究, 29(6):40-46
- 赛 娜, 宋 凯. 2011. 运输胁迫对牙鲆血液生化指标的影响. 黑龙江畜牧兽医, 13:151-152
- 冀德伟, 李多云, 王天柱, 张呈念, 徐 镇, 徐万土. 2009. 不同低温胁迫时间对大黄花鱼血清生化指标的影响. 水产科学, 28(1):2-4
- Celik ES, Aydin S. 2006. Effect of *Trachelobdella lubrica* (Hirudinea: Piscicolidae) on biochemical and haematological characteristics of black scorpion fish (*Scorpaena porcus*, Linnaeus 1758). Fish Physiology and Biochemistry 32(3): 255-260
- Collazos ME, Ortega E, Barriga C, Rodriguez AB. 1998. Seasonal variation in haematological parameters in male and female *Tinca tinca*. Molecular and Cellular Biochemistry 183(1-2): 165-168
- Dessauer C, Herbert B. 1970. Blood Chemistry of Reptiles: Physiological and Evolutionary Aspects. In: C Gans, TS Parsons. Biology of the Reptilia. Vol. 3. New York: Academic Press 1-71
- Rombout JH, Huttenhuis HB, Picchiatti S, Scapigliati G. 2005. Phylogeny and ontogeny of fish leucocytes. Fish Shell fish Immunol 19(5):441-455