

研究报告

Research Report

鮰鱼诺卡氏菌对乌鳢血液指标的影响

孙东雨* 沈理* 金珊** 缪燕萍 赵青松 陈寅儿

宁波大学海洋学院, 宁波, 315211

* 同等贡献第一作者

** 通讯作者, jinshan@nbu.edu.cn

摘要 应用浓度为 10^6 cfu/mL 的鮰鱼诺卡氏菌(*Nocardia serioleae*)菌悬液腹腔注射乌鳢,人工感染诺卡氏菌病。在感染后 3 d、6 d、9 d、12 d、18 d 和 24 d 时抽取乌鳢血液,检测乌鳢的血细胞数、血细胞脆性、溶菌酶、血清总蛋白、碱性磷酸酶、乳酸脱氢酶和尿素氮等指标。结果表明,与对照组相比,感染鮰鱼诺卡氏菌后乌鳢血细胞数呈先升高后降低的趋势,而血细胞脆性在各实验时间点均高于对照组;血清碱性磷酸酶呈先降低后升高趋势,血清溶菌酶、血清总蛋白和血清尿素氮等均呈先降低后增高再降低的趋势,血清乳酸脱氢酶活力显著增加。说明鮰鱼诺卡氏菌感染会引起乌鳢血液指标明显变化。

关键词 鮰鱼诺卡氏菌, 乌鳢, 血液指标

Effect of *Nocardia serioleae* on Blood Indices of *Channa argus*

Sun Dongyu* Shen Li* Jin Shan** Miao Yanping Zhao Qingsong Chen Yin'er

School of Marine Sciences, Ningbo University, Ningbo, 315211

* The authors who contributed equally to this work

** Corresponding author, jinshan@nbu.edu.cn

DOI: 10.3969/gab.031.000289

Abstract This study is to evaluate the influences of *Nocardia seriolae* on the haematological parameters of *Channa argus*. *C. argus* were injected intraperitoneally with 10^6 cfu/mL *N. seriolae* suspension. Blood samples were taken at 3 d, 6 d, 9 d, 12 d, 18 d and 24 d after that injection, then the number of erythrocyte, blood cell fragility, lysozyme, serum total protein, alkaline phosphatase, lactic dehydrogenase, urea nitrogen were tested. The results showed that compared with control group, the number of erythrocyte increased at first and then decreased, while blood cell fragility was higher than control group all the time. Alkaline phosphatase decreased at first and then increased. Lysozyme, serum total protein and urea nitrogen had the same tendency change that they all decreased at first and then increased and decreased again. The activity of lactic dehydrogenase increased significantly. These indicate that tissues of *Channa argus*, such as liver, kidney, heart and spleen, can be damaged seriously and the blood indices may change significantly when it is infected with *N. serioleae*.

Keywords *Nocardia serioleae*, *Channa argus*, Blood indices

鮰鱼诺卡氏菌(*Nocardia seriolae*)在分类学上属于细菌域(Bacteria),厚壁菌门(Firmicutes),放线菌纲(Actinomycetes),放线菌目(Actinomycetales),诺卡氏菌科(Nocardiaceae)。菌体长或短杆状,或细长分枝状,在固体培养基上生长基丝发达,气丝较少,革兰氏染色阳性。

致病性鮰鱼诺卡氏菌(*N. seriolae*)最早于 1968 年

分离自日本养殖五条鮰(*Seriola quinqueradiata*),它曾是日本鮰鱼养殖中最主要的病原菌之一。近年来,致病性鮰鱼诺卡氏菌对我国台湾及大陆水产养殖业影响也较大,曾引起养殖花鲈(*Lateolabrax japonicus*) (Chen et al., 2000)、大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*) (Wang et al., 2005)和乌鳢(*Ophicephalus argus*) (徐益军等, 2007, 中国水产, (3): 62-63)等多种鱼类严重疾病,死亡率高

时可达 60%以上。

诺卡氏菌在水域中含量不高,是一种机会致病菌。当养殖鱼类体质虚弱、免疫力低下时,通过口腔(Isik et al., 1999)、鳃或创伤(Bransden et al., 2000)而感染。感染诺卡氏菌的病鱼起初体表无明显症状,仅反应迟钝、食欲下降、上浮水面,随着病情加重,部分鱼体表变黑、腹部膨大、鳍条充血,心、脾、肾、肝等内脏器官出现直径 1~5 mm 的乳白色结节,有些伴有眼球突出、肛门红肿和腹水等现象。由于该病病程长,发病前期无症状或症状不明显,后期治愈率低,发病率和死亡率都较高,迄今尚缺乏相应的防范措施,因此一旦发病损失均极为惨重。

关于鱼类诺卡氏菌病的研究资料并不多见,已有的研究主要集中在对病症的描述、流行病学(Chen et al., 2000; 王国良等, 2006; 徐益军等, 2007, 中国水产, (3): 62-63)、组织病理学(Bransden et al., 2000; 徐益军, 2008)、病原分类学(Chen et al., 2000; Wang et al., 2005; 徐益军, 2008)和药物防治(王家沛, 2010, 现代农业科技, 13: 387, 390; 王玉群等, 2010, 科学养鱼, 11: 79)等方面。

为了更加明确鳊鱼诺卡氏菌的致病机理,本实验采用人工感染的方式研究了鳊鱼诺卡氏菌对乌鳢主要血液指标的影响,以期为鱼类诺卡氏菌病的防治提供依据。

1 结果和分析

1.1 鳊鱼诺卡氏菌感染后乌鳢血细胞数的变化

乌鳢在感染诺卡氏菌后,血细胞数量呈先升高后降低的变化趋势(图 1),感染 3 d 和 18 d 时血细胞数与对照组相比差异性显著($p < 0.05$),其它各实验时间点差异不显著($p > 0.05$)。

1.2 鳊鱼诺卡氏菌感染后乌鳢血细胞脆性的变化

乌鳢在感染诺卡氏菌后其血细胞脆性呈增大趋势(图 2)。感染 3 d 和 12 d 时与对照组相比有显著差异($p < 0.05$),其它各实验时间点差异不显著($p > 0.05$)。

1.3 鳊鱼诺卡氏菌感染后乌鳢血清溶菌酶活力的变化

感染诺卡氏菌后,乌鳢血清溶菌酶活力呈先降低后逐渐增强再减弱的趋势(图 3)。感染 3 d 时实验组溶菌酶活力低于对照组,但差异不显著($p > 0.05$);感染 6~24 d 时实验组溶菌酶活力均高于对照组,其中感染 9 d、12 d 和 18 d 时实验组溶菌酶活力与对照组存在显著性差异($p < 0.05$);其它各实验时间点差异不显著($p > 0.05$)。

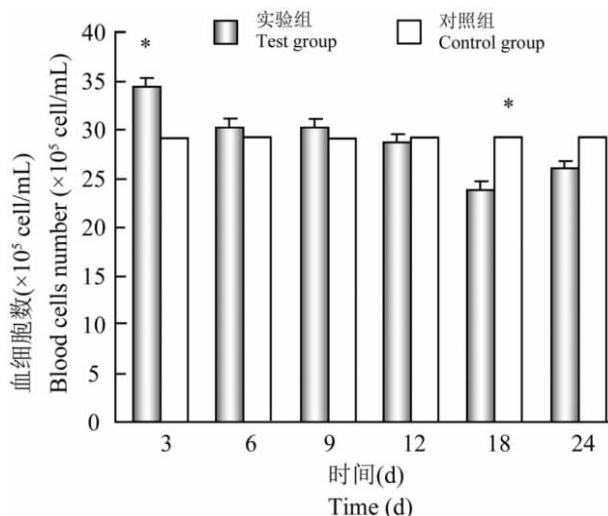


图 1 鳊鱼诺卡氏菌感染后不同时间乌鳢的血细胞数

注: * 表示该实验组与对照组存在显著性差异($p < 0.05$)

Figure 1 The variation of the number of blood cells of *Channa argus* after injection of *Nocardia seriolae*

Note: * show significant difference between experimental group and control group ($p < 0.05$)

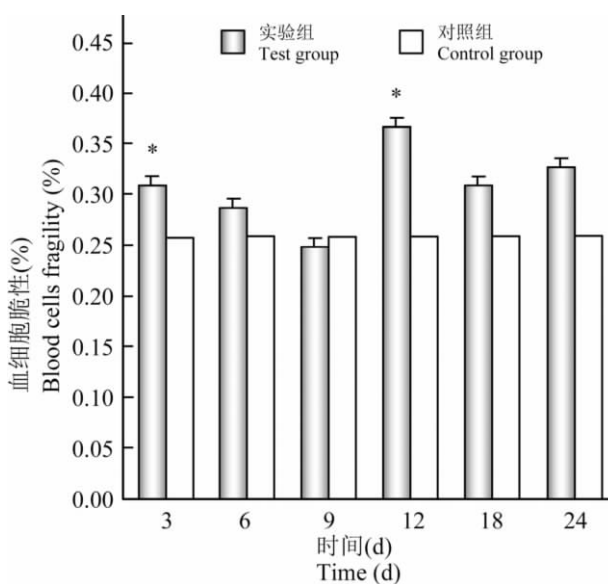


图 2 诺卡氏菌感染后不同时间乌鳢的血细胞脆性

注: * 表示该实验组与对照组存在显著性差异($p < 0.05$)

Figure 2 The variation of fragility of blood cells of *Channa argus* after injection of *Nocardia seriolae*

Note: * show significant difference between experimental group and control group ($p < 0.05$)

1.4 鳊鱼诺卡氏菌感染后乌鳢血清总蛋白的变化

感染诺卡氏菌后,乌鳢血清总蛋白的变化呈先降低后逐渐增强再降低的趋势(图 4)。感染 3 d 时实验组血清总蛋白低于对照组,但差异不显著($p > 0.05$);感染 6 d、9 d 和 12 d 时实验组血清总蛋白呈增长趋势

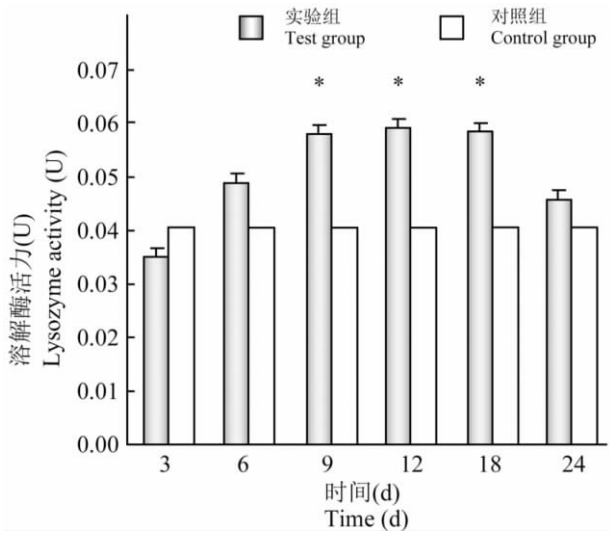


图3 诺卡氏菌感染后不同时间乌鳢血清溶菌酶的活力
注: * 表示该实验组与对照组存在显著性差异($p < 0.05$)
Figure 3 The variation of lysozyme activity of *Channa argus* after injection of *Nocardia seriolae*
Note: * show significant difference between experimental group and control group ($p < 0.05$)

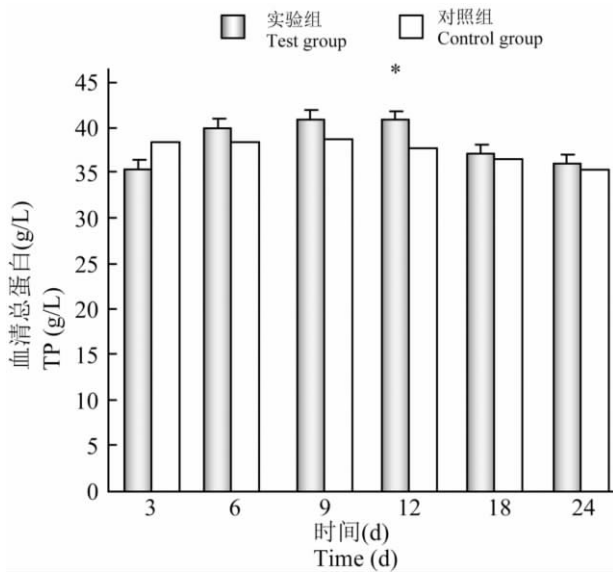


图4 诺卡氏菌感染后不同时间乌鳢血清总蛋白的含量
注: * 表示该实验组与对照组存在显著性差异($p < 0.05$)
Figure 4 The variation of TP of *Channa argus* after injection of *Nocardia seriolae*
Note: * show significant difference between experimental group and control group ($p < 0.05$)

并于 12 d 时达到最大值, 与对照组存在显著性差异 ($p < 0.05$) 然后其血清总蛋白再逐渐减少。

1.5 鲮鱼诺卡氏菌感染后乌鳢血清碱性磷酸酶活力的变化

感染诺卡氏菌后, 乌鳢血清碱性磷酸酶活力的

变化呈先降低后升高趋势(图 5)。感染 3 d、6 d 和 9 d 时实验组碱性磷酸酶均低于对照组, 但差异不显著 ($p > 0.05$); 而感染 12 d、18 d 和 24 d 时实验组均高于对照组, 24 d 时与对照组差异显著 ($p < 0.05$)。

1.6 鲮鱼诺卡氏菌感染后乌鳢血清尿素氮的变化

乌鳢在感染诺卡氏菌后其血清尿素氮含量呈先降低后增高再降低的趋势(图 6)。感染 9 d 时实验组尿

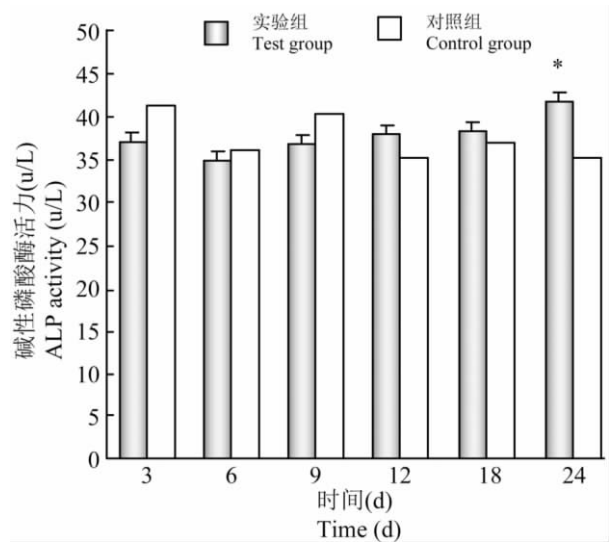


图5 诺卡氏菌感染后不同时间乌鳢血清碱性磷酸酶的活力
注: * 表示该实验组与对照组存在显著性差异($p < 0.05$)
Figure 5 The variation of ALP of *Channa argus* after injection of *Nocardia seriolae*
Note: * show significant difference between experimental group and control group ($p < 0.05$)

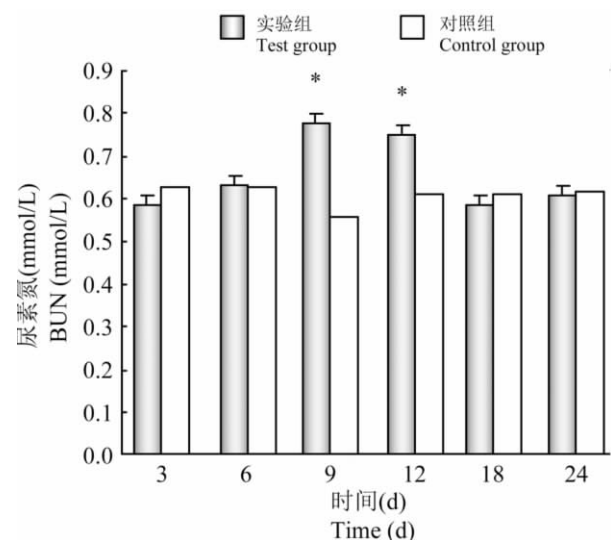


图6 诺卡氏菌感染后不同时间乌鳢血清尿素氮的含量
注: * 表示该实验组与对照组存在显著性差异($p < 0.05$)
Figure 6 The variation of BUN of *Channa argus* after injection of *Nocardia seriolae*
Note: * show significant difference between experimental group and control group ($p < 0.05$)

素氮达到最大值为(0.77±0.02) mmol/L,感染 9 d、12 d 时与对照组存在显著性差异($p < 0.05$);其它各实验时间点差异不显著($p > 0.05$)。

1.7 鳊鱼诺卡氏菌感染后乌鳢血清乳酸脱氢酶活力的变化

感染诺卡氏菌后,乌鳢血清乳酸脱氢酶的变化情况呈现感染组乌鳢血清 LDH 在各实验时间点均显著高于对照组(图 7),其中感染 9 d、12 d 和 18 d 时实验组较对照组极显著($p < 0.01$)增加,感染 12 d 时达到最大值(395.0±12.34) u/L。

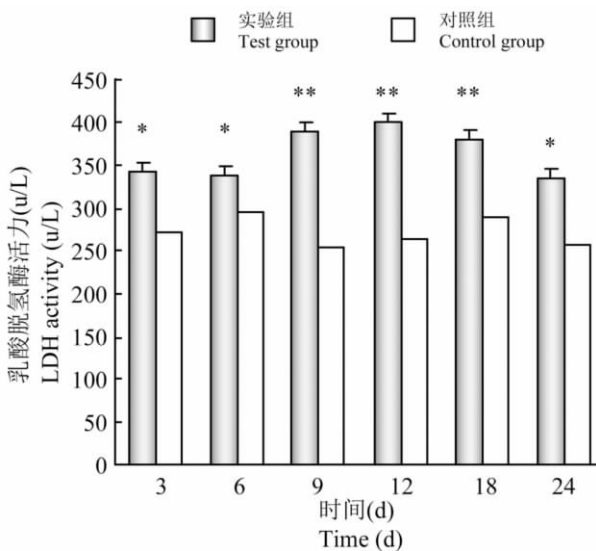


图 7 诺卡氏菌感染后不同时间乌鳢血清乳酸脱氢酶的活力
注: * 表示该实验组与对照组存在显著差异($p < 0.05$); ** 表示该实验组与对照组存在极显著差异($p < 0.01$)

Figure 7 The variation of LDH of *Channa argus* after injection of *Nocardia seriolae*

Note: * show significant difference between experimental group and control group ($p < 0.05$); ** show highly significant difference between experimental group and control group ($p < 0.01$)

2 讨论

众多的研究表明,疾病会引起机体代谢稳定态的改变。血液中的某些指标变化与机体组织损害和疾病有着密切的联系,可作为临床诊断的指标。据报道,鱼类的血细胞具有吞噬异物、分泌活性物质、参与机体的伤口修复及防御等生理功能。环境条件或机体生理状态的变化均能造成鱼类血细胞数量和脆性的改变(蒋秉坤和范钦信, 1998, 人民卫生出版社, pp. 104-143)。本实验结果显示,感染诺卡氏菌后,短时间内乌鳢血细胞数显著升高,但随着感染时间的延长血细胞数逐渐下降,而血细胞脆性均显著增大。作者认

为受致病菌刺激后,鱼体产生应激反应,使得造血组织和肾、脾脏等贮血器官释放出大量血细胞,因此,感染初期使得血液中的血细胞数量激增,而随着感染的延续,鱼体造血机能受到抑制以及肾、脾等贮血组织遭到破坏,血液中新红细胞比率减少,血细胞趋于老化,从而导致了鱼类血细胞数量显著下降、血细胞脆性上升,这与鄢庆彬等(2007)和张伟妮等(2011)研究结果基本一致,而与 Benli 和 Yavuzcan (2004)、苏时萍和李延璐(2007)、徐晓津等(2010)的研究结果略有差异,原因可能是与病原菌感染的时间有关。

血清溶菌酶主要由肝脏合成,是鱼类的主要非特异性免疫物质。马骞等(2010)研究认为致病菌感染可使鱼体血清溶菌酶活力升高,但幅度较小,与正常组无显著性差异。而本实验显示感染诺卡氏菌 3 d 时乌鳢血清溶菌酶活力低于对照组,其后逐渐升高并显著高于对照组,这与孙峰等(2005)、王文博和李爱华(2002)的研究结果相同,他们认为这可能是由于鱼体在应激的条件下,其溶菌酶活力暂时受到了抑制,其后溶菌酶活力显著升高则可能是鱼体在经历了一段应激状态之后而产生的一种保护机制,借此维持机体的自身平衡来克服外界刺激。

血清总蛋白是多种蛋白质的总和,如载体蛋白质、抗体和凝血因子等,它们来源于各组织细胞,执行着许多功能,很多疾病可引起它的变化,血清碱性磷酸酶主要来源于肝脏和骨骼,是生物体内的一种重要的代谢调控酶,也是溶酶体酶的重要组成部分,与肝、骨疾病密切相关;乳酸脱氢酶是重要的糖酵解酶,主要分布于肾、心、肝、脾等组织,血清中含量很低,血清尿素氮浓度可以较准确地反映动物体内蛋白质代谢和氨基酸之间的平衡状况,血清中尿素氮浓度的降低,意味着蛋白质分解速度降低,合成速度增大(丁立云等, 2010; 乔伟亮等, 2010; 吴莉芳等, 2010),因此,以上这些指标均可用来诊断鱼类健康、营养和疾病等状况(蒋秉坤和范钦信, 1998, 人民卫生出版社, pp.104-143)。本实验结果显示,与对照组相比,感染组乌鳢血清总蛋白、血清尿素氮等含量及血清碱性磷酸酶、血清乳酸脱氢酶等酶活力均发生了显著的变化,说明鳊鱼诺卡氏菌感染已造成乌鳢肝、肾、心、脾等主要组织细胞严重损伤,营养物质代谢、抗病力和排泄等方面的生理功能受到了严重损害。

3 材料与方法

3.1 实验菌种及实验用鱼

鳊鱼诺卡氏菌(*N. seriolae*)分离自养殖乌鳢体内,

由宁波大学海洋学院水产动物病害防控实验室提供,溶壁微球菌(*Micrococcus lysodeikticus*)购自南京建成生物工程公司。

乌鳢购自宁波水产市场,体重 300~400 g,共 80 尾。养于室内大塑料水簇箱中并用遮阳布适当遮盖。根据水质情况每天及时吸出粪便并用曝气自来水换水 1~2 次,每次换水 1/3,试验期间连续充氧,投喂小杂鱼。

3.2 药品和试剂

0.067 mol/mL 磷酸缓冲液 PBS (pH 6.4);血清总蛋白(TP)、碱性磷酸酶(ALP)、尿素氮(BUN)和乳酸脱氢酶(LDH)等试剂盒购自美康生物科技有限公司; TSA 培养基和普通营养琼脂培养基等购自杭州天和微生物试剂有限公司。

3.3 菌悬液的制备

将溶壁微球菌接种于普通营养琼脂平板上, 28℃培养 24 h,用 0.067 mol/L PBS (pH 6.4)将菌苔洗脱下来制成 0.2 mg/mL 的菌悬液(在 570 nm 时吸光值 $A=0.400$) (简纪常和吴灶和, 2002),备用。将鳊鱼诺卡氏菌接种于 TSA 斜面上, 28℃培养 5~7 d 后,用 0.7% 无菌生理盐水将菌苔洗脱下来制成浓度约为 10^6 cfu/mL 的菌悬液,备用。

3.4 人工感染实验

实验分为感染组和对照组,以腹腔注射的方式使乌鳢感染鳊鱼诺卡氏菌。感染组每尾注射 10^6 cfu/mL 的菌悬液 0.3 mL,对照组每尾鱼注射 0.3 mL 0.7% 的无菌生理盐水,分别在注射后 3 d、6 d、9 d、12 d、18 d 和 24 d 时每组各取 5 尾鱼抽取血液,用以各项血液指标的测定。

3.5 乌鳢血细胞和血清的收集

将乌鳢侧置于解剖盘中,用 5 mL 针筒尾静脉取血加至离心管中,4℃静置过夜后,经 3 000 r/min 离心 10 min 后收集血清,用于溶菌酶和其它生化指标的测定;另取肝素钠抗凝血,用于血细胞计数及血细胞脆性的测定。

3.6 血细胞计数及血细胞脆性测定

血细胞计数按 Neubuer 氏改良方法进行。血细胞脆性测定参照解景田和赵静(2002, 高等教育出版社, pp.62)的方法,取 10 支小试管,用 1% NaCl 溶液配制出 0.15%~0.45% 级差为 0.02% 的 16 级 NaCl 系列浓度,用细口吸管吸取新鲜血液,在各浓度试管中

各加一滴,轻轻摇匀,静置 2 h 后观察溶血现象。

3.7 溶菌酶活力和血液生化指标的测定

溶菌酶活力参考简纪常和吴灶和(2002)的方法进行测定。血清总蛋白(TP)、碱性磷酸酶(ALP)、尿素氮(BUN)和乳酸脱氢酶(LDH)等生化指标的测定在日立 7020 全自动生化仪上完成。

3.8 数据统计分析

所得结果均以 5 个平行组数据的平均值±标准差 (Means±SE)表示;所有数据分析均采用 SPSS 13.0 (statistical package for the social science)统计软件进行单因素方差分析(one-factor analysis of variance)和均值多重比较分析(LSD 法)。

作者贡献

孙东雨和沈理为同等贡献第一作者,负责本研究的具体实施及论文撰写;缪燕萍参与了实验研究;赵青松和陈寅儿负责实验指导及实验材料购买;金珊为通讯作者,负责实验设计、指导及论文修改。

致谢

本研究获得浙江省自然科学基金项目(No.Y310-0511, Y304078)资助。

参考文献

- Benli A.C.K., and Yavuzcan H.Y., 2004, Blood parameters in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) spontaneously infected with *Edwardsiella tarda*, *Aquac. Res.*, 35(14): 1388-1390
- Bransden M.P., Carson J., and Munday B.L., Handlinger J.H., Carter C.G., and Nowak B.F., 2000, Nocardiosis in tank-reared Atlantic salmon, *Salmo salar* L., *Journal of Fish Diseases*, 23(1): 83-85
- Chen S.C., Lee J.L., Lai C.C., Gu Y.W., Wang C.T., Chang H.Y., and Tsai K.H., 2000, Nocardiosis in sea bass, *Lateolabrax japonicus*, in Taiwan, *J. Fish Dis.*, 23(5): 299-307
- Ding L.Y., Zhang L.M., Wang J.Y., Sun L.H., Shuai J.X., Cui L.J., and Sun Y.Z., 2010, Effects of dietary protein level on growth performance, body composition and plasma biochemistry indices of juvenile starry flounder, *Platichthys stellatus*, *Zhongguo Shuichan Kexue (Journal of Fishery Sciences of China)*, 17(6): 1285-1292 (丁立云, 张利民, 王际英, 孙丽慧, 帅继祥, 崔立娇, 孙永智, 2010, 饲料蛋白水平对星斑川鲈幼鱼生长、体组成及血浆生化指标的影响, *中国水产科学*, 17(6): 1285-1292)
- Isik K., Chun J., Hah Y.C., and Goodfellow M., 1999, *Nocardia*

- salmonicida* nom. rev., a fish pathogen, *Int. J. Syst. Bacteriol.*, 49: 833-837
- Jian J.C., and Wu Z.H., 2002, Effect of Chinese herbal medicine on non-specific immunity of *Cyprinus var. Jian*, *Dalian Shuichan Xueyuan Xuebao* (Journal of Dalian Fisheries University), 17(2): 114-119 (简纪常, 吴灶和, 2002, 中草药对建鲤非特异性免疫功能的影响, *大连水产学院学报*, 17(2): 114-119)
- Ma Q., Hong J.N., Jiang Q.F., Su Y.Q., and Wang J., 2010, Effects of *Vibrio harveyi* on the activities of four enzymes in *Chiloscyllium plagiosum*, *Taiwan Haixia* (Journal of Oceanography In Taiwan Strait), 29(2): 196-204 (马騫, 洪婧妮, 蒋秋芬, 苏永全, 王军, 2010, 哈维氏弧菌对条纹斑竹鲨 4 种酶活性的影响, *台湾海峡*, 29(2): 196-204)
- Qiao W.L., Wei D., Liu Y., Qi H.L., and Yu Y.B., 2010, Determination of blood physiological and biochemical indexes of red porgy, *Xumu Yu Siliao Kexue* (Animal Husbandry and Feed Science), 31(5): 62-64 (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)
- Sun F., Zhang Y., Li L.D., and Liu Y., 2005, Effect of *Aeromonas hydrophila* infection on the non-specific immunity of Crucian carp (*Carassius auratus*), *Zhongguo Haiyang Daxue Xuebao* (Ziranhexue Ban) (Periodical of Ocean University of China), 35(5): 815-818, 822 (孙峰, 张煜, 李立德, 刘云, 2005, 感染嗜水气单胞菌对鲫鱼非特异性免疫功能的影响, *中国海洋大学学报*, 35(5): 815-818, 822)
- Su S.P., and Li Y.L., 2007, The influence of *Pseudomonas. spon* blood indices of *Siniperca chuatsi*, *Shengwuxue Zazhi* (Journal of Biology), 24(3): 36-38 (苏时萍, 李延璐, 2007, 假单胞菌对鳊鱼血液指标的影响, *生物学杂志*, 24(3): 36-38)
- Wang G.L., Yuan S.P., and Jin S., 2005, Nocardiosis in large yellow croaker, *Larimichthys crocea* (Richardson), *J. Fish Dis.*, 28(6): 339-345
- Wang G.L., Yuan S.P., and Jin S., 2006, Preliminary study on nocardiosis in cage-reared large croaker, *Pseudosciaena crocea* (Richardson), *Shuichan Xuebao* (Journal of Fisheries of China), (1): 103-107 (王国良, 袁思平, 金珊, 2006, 网箱养殖大黄鱼诺卡氏菌病的初步研究, *水产学报*, (1): 103-107)
- Wang W.B., and Li A.H., 2002, The effect of environmental stress to fish immune system, *Shuichan Xuebao* (Journal of Fisheries of China), (4): 368-373 (王文博, 李爱华, 2002, 环境胁迫对鱼类免疫系统影响的研究概况, *水产学报*, (4): 368-373)
- Wu L.F., Wang H.H., Qin G.X., Zhang D.M., Sun Z.W., Zhu D., and Sun L., 2010, Effects of soybean protein on intestinal morphology and main blood biochemical parameters of *Ctenopharyngodon idellus*, *Xibei Nonglin Keji Daxue Xuebao* (Ziranhexue Ban) (Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition)), 38(2): 25-30 (吴莉芳, 王洪鹤, 秦贵信, 张东鸣, 孙泽威, 朱丹, 孙玲, 2010, 大豆蛋白对草鱼肠道组织及血液主要生化指标的影响, *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 38(2): 25-30)
- Xu X.J., Xu B., Wang J., Su Y.Q., Zhang Z.W., and Chen X., 2010, Studies on blood chemistry indices and histopathology of *Pseudosciaena crocea* artificially challenged with *Vibrio harveyi*, *Shuichan Xuebao* (Journal of Fisheries of China), (4): 618-625 (徐晓津, 徐斌, 王军, 苏永全, 张之文, 陈心, 2010, 大黄鱼感染哈维氏弧菌后血液生化指标的变化及组织病理学观察, *水产学报*, (4): 618-625)
- Xu Y.J., 2008, Research on the pathology of nocardiosis in reared snakehead, *Ophiocephalus argus cantor*, Thesis for M.S., Ningbo University, Supervisors: Jin S., and Wang G. L., pp.36-53 (徐益军, 2008, 养殖乌鳢诺卡氏菌病的病原与致病机理研究, 硕士学位论文, 宁波大学, 导师: 金珊, 王国良, pp.36-53)
- Yan Q.P., Zang J.J., Zou W.Z., Chen Q., Zhuang Z.X., and Wang X.R., 2007, Effects of experimental infection with *Vibrio alginolyticus* on immune parameters of *Pseudosciaena crocea*, *Shuichan Xuebao* (Journal of Fisheries of China), 31(2): 250-256 (鄢庆彬, 张俊杰, 邹文政, 陈强, 庄峙厦, 王小如, 2007, 人工感染溶藻弧菌对大黄鱼免疫功能的影响, *水产学报*, 31(2): 250-256)
- Zhang W.N., Liu Q.H., Chen Q.S., Jiang W., Wang S.K., Wang Q.X., and Lin X., 2011, Effects of *Aeromonas hydrophila* on nonspecific immunity of *Anguilla japonica* in a challenge experimentation, *Fujian Nongye Xuebao* (Fujian Journal of Agricultural Sciences), 26(1): 19-23 (张伟妮, 刘巧红, 陈其世, 姜玮, 王寿昆, 王全溪, 林旋, 2011, 人工感染嗜水气单胞菌对日本鳗鲡非特异性免疫功能的影响, *福建农业学报*, 26(1): 19-23)