

doi: 10.7541/2014.163

## 饲料中添加丝兰提取物对大菱鲆幼鱼生长和生理及水环境的影响

王际英<sup>1</sup> 李培玉<sup>2</sup> 宋志东<sup>1,2</sup> 臧元奇<sup>1</sup> 李宝山<sup>1</sup> 乔洪金<sup>1</sup>  
柳旭东<sup>2</sup> 马晶晶<sup>1</sup> 张利民<sup>1</sup>

(1. 山东省海洋资源与环境研究院, 山东省海洋生态修复重点实验室, 烟台 264006; 2. 山东升索渔用饲料研究中心, 烟台 265500)

**摘要:** 用丝兰提取物添加量为 0.00% (D0)、0.05% (D1)、0.10% (D2)、0.20% (D3)和 0.40% (D4)的实验饲料投喂大菱鲆幼鱼[(42.20±0.06) g] 60d, 研究其对大菱鲆幼鱼生长性能、体组成、血清免疫代谢指标及养殖水质指标的影响。结果显示, 在饲料中添加丝兰提取物对大菱鲆幼鱼增重率(WGR)、特定生长率(SGR)、饲料系数(FCR)、脏体比(VSI)、肝体比(HSI)、肥满度(CF)均无显著影响( $P>0.05$ )。全鱼、肌肉及肝脏中水分、粗蛋白、粗脂肪含量变化无显著性差异( $P>0.05$ )。D3 组幼鱼血清溶菌酶显著高于其他各组( $P<0.05$ ), 而 D4 组各免疫指标明显低于对照组( $P<0.05$ ); D3 和 D4 组幼鱼血清的谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)活力显著低于对照组。除 A1-6h 组外各实验组水体氨氮含量均显著低于对照组( $P<0.05$ ), 各实验组亚硝酸盐含量均显著高于对照组( $P<0.05$ ), 各实验组总氮、总磷、磷酸盐含量均与对照组无显著性差异( $P>0.05$ )。研究证明, 在饲料中适量添加丝兰提取物能够显著增强大菱鲆幼鱼非特异性免疫能力, 并显著降低养殖水体氨氮含量, 对大菱鲆生长及体组成无显著影响。以非特异性免疫及水体氨氮含量为综合评定指标, 大菱鲆幼鱼饲料中丝兰提取物的适宜添加量为 0.20%。

**关键词:** 丝兰提取物; 大菱鲆; 生长; 体组成; 生理指标; 水环境

中图分类号: S965.3 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2014)06-1117-10

丝兰(*Yucca schidigera*)俗名洋菠萝, 是龙舌科丝兰属植物, 主要分布于美国西南和墨西哥沙漠地区, 为多年生常绿灌木<sup>[1, 2]</sup>。目前我国也有种植, 主要用于城市绿化或观赏植物。丝兰属植物种类有许多种, 其提取物(俗称雅可)的主要成分是甾体皂苷、自由基皂苷、糖类复合物等<sup>[3]</sup>。在国外丝兰提取物被广泛应用畜禽养殖, 可减少动物氨气排放, 改善畜禽的饲养环境<sup>[4, 5]</sup>; 增强机体免疫力, 提高动物的生产性能<sup>[4]</sup>; 还具有调节肠道微环境、促进细胞营养等功能<sup>[6]</sup>。

目前有关丝兰提取物在水产养殖中的应用研究还比较少, 仅有少量关于丝兰提取物在对虾及个别淡水鱼类养殖中的应用研究。Tidwell 等 1992 年首

次发现丝兰提取物可明显降低淡水鱼养殖环境中的总氨氮水平<sup>[7]</sup>。Ho 和 Chien 试验表明, 和对照组相比, 丝兰提取物能降低活鱼运输的海水和淡水中总氨氮水平<sup>[8]</sup>。在对虾养殖中, 丝兰提取物也被证实具有明显的降低水体总氨氮的效果<sup>[9-11]</sup>。除降低水环境氨氮含量的作用之外, 丝兰提取物也被证明对养殖动物具有生长促进效果。El-Saidy 和 Gaber 报道在尼罗罗非鱼饲料中添加丝兰提取物, 尤其是在高密度养殖环境中可作为生长促进剂来提高生长性能和饲料利用<sup>[12]</sup>。Gaber 报道在尼罗罗非鱼饲料中补充添加丝兰提取物可增加全鱼蛋白含量<sup>[13]</sup>。

大菱鲆(*Scophthalmus maximus* L.)属鲆科(Bothidae)、菱鲆属(*Scophthalmus*), 生长迅速、肉味

收稿日期: 2013-07-19; 修订日期: 2014-03-12

基金项目: 国家海洋公益性行业科研专项(20120525); 海洋生物产业水生动物营养与饲料创新研发示范平台(201303002); 山东省水生动物营养与饲料泰山学者岗位资助

作者简介: 王际英(1965—), 女, 山东招远人; 研究员; 主要从事水生动物营养与饲料研究。E-mail: ytwjy@126.com

通信作者: 张利民, 研究员; E-mail: zhanglimin@126.com

鲜美、经济价值高<sup>[14, 15]</sup>, 是我国重要的海水养殖品种<sup>[16, 17]</sup>。随着养殖规模的扩大以及养殖密度的增加, 养殖环境恶化, 疾病发生率逐渐增加, 严重影响大菱鲆的生产, 因此如何提高大菱鲆免疫力、维持养殖环境健康友好显得尤为重要。目前有关饲料添加剂在大菱鲆饲料中的应用研究已有诸多报道, 如肽聚糖<sup>[18, 19]</sup>、葡聚糖等<sup>[20, 21]</sup>。作为一种较新的添加物, 丝兰提取物在大菱鲆配合饲料中的研究尚未见报道。本文以大菱鲆幼鱼为研究对象, 通过在配合饲料中添加不同水平的丝兰提取物, 研究其对大菱鲆生长、生理及养殖水环境等的影响, 旨在为丝兰提取物在大菱鲆饲料中的应用提供科学参考和理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验设计及饲料制作

以基础饲料为对照组(D0), 用丝兰提取物(商品名丝兰宝, 由纯丝兰属麟凤蓝植物提取物加工而成, 主要活性成分为多糖、皂角苷及多酚, 上海巨泰实业集团提供, 墨西哥农工公司生产)按不同比例替代基础饲料中 0.05% (D1)、0.10% (D2)、0.20% (D3) 和 0.40% (D4) 的纤维素, 配制五种等氮等能的实验饲料。饲料原料粉碎过 80 目筛, 按比例称重、混匀, 加入鱼油及适量水再次混匀, 经螺旋挤压机加工成粒径 4 mm 的颗粒配合饲料, 烘干, 备用。饲料配方和营养组成见表 1。

表 1 实验饲料配方及营养组成  
Tab. 1 Formulation and nutrient composition of the experimental diets (%)

原料 Ingredient	组别 Group				
	D0	D1	D2	D3	D4
鱼粉 Fish meal	40	40	40	40	40
大豆浓缩蛋白 Soy protein concentrate	8	8	8	8	8
豆粕 Soybean meal	14	14	14	14	14
乌贼粉 Squid meal	3	3	3	3	3
鱼油 Fish oil	10	10	10	10	10
卵磷脂 Lecithin	2	2	2	2	2
$\alpha$ 淀粉 $\alpha$ Starch	14	14	14	14	14
纤维素 Cellulose	6.5	6.45	6.4	6.3	6.1
矿物质预混料 <sup>a</sup> Mineral premix	1	1	1	1	1
维生素预混料 <sup>b</sup> Vitamin premix	1	1	1	1	1
三氧化二铬 Gr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
抗氧化剂 Antioxidant	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
丝兰提取物 Yuccas extract	0	0.05	0.1	0.2	0.4
合计 Total	100	100	100	100	100
营养组成 Composition					
粗蛋白 Crude protein (%DM)	43.12	43.69	42.94	42.99	42.42
粗脂肪 Crude lipid (%DM)	15.59	15.31	15.07	15.11	15.20
粗灰分 Crude ash (%DM)	10.27	10.32	10.22	10.15	10.43
总能 Gross energy (kJ/g)	20.19	20.32	20.22	19.94	19.73
蛋能比 Protein/energy ratio (mg/kJ)	21.36	21.50	21.24	21.56	21.50

注: a. 矿物质预混料(mg/kg 饲料): MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 3000; NaHCO<sub>3</sub>, 2000; FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 600; ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 350; MnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 180; KI, 10; Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>, 10; CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, 50; CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O, 10; b. 维生素预混料(mg/kg 饲料): 硫胺素, 15; 核黄素, 15; 烟酸, 100; 吡哆醇, 20; 氰钴胺, 4; 泛酸, 50; 生物素, 1; 肌醇, 200; 叶酸, 5; 氯化胆碱, 1000; 抗坏血酸, 240; 维生素 A, 20; 维生素 D, 8; 维生素 E, 150; 维生素 K, 10

Note: a. Mineral mixture (mg/kg diet): MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 3000; NaHCO<sub>3</sub>, 2000; FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 600; ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 350; MnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 180; KI, 10; Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>, 10; CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, 50; CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O, 10. b. Vitamin mixture (mg/kg diet): thiamin, 15; riboflavin, 15; niacin acid, 100; pyridoxine, 20; cyanocobalamin, 4; pantothenic acid, 50; biotin, 1; inositol, 200; folic acid, 5; Choline chloride, 1000; ascorbic acid, 240; retinol acetate, 20; cholecalciferol, 8; alpha-tocopherol, 150; vitamine K 10

## 1.2 饲养管理

养殖实验在山东省海洋资源与环境研究院海水循环系统内进行。大菱鲆幼鱼[(42.20±0.06) g]在养殖系统中驯养 2 周后随机分至 15 个圆形养殖桶(80 cm×70 cm)中, 每桶 30 尾鱼, 进行为期 60d 的养殖实验。在养殖期间, 定期进行水质检测, 确保水质符合以下条件: 水温(18.0±0.5)°C, 溶氧>7.0 mg/L, 氨氮浓度<0.05 mg/L。实验期间每天投喂两次(08:00, 16:00), 日投喂量占鱼体重 1.5%左右, 并根据摄食情况作适当调整。投喂 30min 后从排水口将残饵排出, 数颗粒, 记录残饵数量。

## 1.3 样品采集

**全鱼、组织样品采集** 采样前禁食 24h, 称每桶鱼总重。每桶随机取 12 尾鱼, 其中 3 尾用作全鱼。剩余 9 尾经 MS-222 麻醉后, 称体重、量体长, 尾静脉处取血, 室温静置 4h 后分离血清(4°C, 4000 r/min, 10min)。取血后分离内脏、肝胰脏并称重, 取背部肌肉。采样结束后将样品超低温冻存(-78°C), 用于生理指标测定。

**水质样品采集** 在养殖实验结束后, 更换各养殖桶海水并保持容积相等, 每桶 20 尾鱼进行 18h 封闭实验, 分别于投饵后 6h、12h、18h 取各养殖桶水样 500 mL, 取样后立即进行水质测定。

## 1.4 测定指标与方法

**生长性能** 增重率( $WGR, \%$ ) =  $(W_t - W_0) / W_0 \times 100$ ;

特定生长率( $SGR, \%/d$ ) =  $(\ln W_t - \ln W_0) / d \times 100$ ;

饲料系数( $FCR$ ) =  $F / (W_t - W_0)$ ;

脏体比( $VSI, \%$ ) =  $W_v / W_t \times 100$ ;

肝体比( $HSI, \%$ ) =  $W_h / W_t \times 100$ ;

肥满度( $CF, \%$ ) =  $W_t / \text{体长}^3 \times 100$ ;

存活率( $SR, \%$ ) = 存活尾数/总尾数×100。

式中,  $W_0$  为实验开始时鱼体重量(g),  $W_t$  为实验结束时鱼体重量(g),  $W_v$  为内脏重量(g),  $W_h$  为肝脏重量(g),  $F$  为摄食量(g),  $d$  为养殖周期(d)。

**常规成分** 全鱼、肌肉及肝脏中常规成分的分析均采用 AOAC(2000)方法。水分采用 105°C 烘干恒重法; 粗蛋白采用 FOSS 半自动凯式定氮仪(KjeltecTM2100); 粗脂肪采用索氏抽提器; 粗灰分采用 550°C 灼烧恒重法; 能量采用氧弹仪(PARR 6100)。

**肠道消化酶指标** 肠道脂肪酶(Lipase)采用比色法测定, 淀粉酶(Amylase)采用淀粉-碘比色法

测定, 胰蛋白酶(Trypsin)采用紫外比色法测定, 以上试剂盒均购自南京建成生物工程研究所。

**血清免疫指标** 血清溶菌酶(LZM)采用空白对照法比色法测定, 一氧化氮(NO)、一氧化氮合酶(NOS)、超氧化物歧化酶(SOD)和总抗氧化能力(T-AOC)采用比色法测定, 以上测定试剂盒购自南京建成生物工程研究所。谷丙转氨酶(ALT)采用丙氨酸底物法测定, 谷草转氨酶(AST)采用 IFCC 速率法测定, 试剂购于北京利德曼生化股份有限公司, 应用生化分析仪(7020 型, Hitachi)测定。

**水质指标** 水体氨氮含量采用次溴酸盐氧化法测定, 亚硝酸盐含量采用奈乙二胺分光光度法, 总氮含量采用过硫酸钾氧化法, 磷酸盐含量测定采用抗坏血酸-磷钼蓝法, 总磷含量测定采用 Aspila 法<sup>[22]</sup>。

## 1.5 数据统计分析

采用 SPSS 18.0 软件进行单因素方差分析(One-Way ANOVA), 差异显著( $P < 0.05$ )时用 Duncan's 检验进行多重比较分析。统计数据以平均值±标准差(Means±SD)或平均值±标准误(Means±SE)的形式表示。

## 2 结果

### 2.1 丝兰提取物对大菱鲆幼鱼生长性能的影响

丝兰提取物对大菱鲆幼鱼生长性能的影响见表 2。饲料中添加丝兰提取物对大菱鲆幼鱼  $WGR$ 、 $SGR$ 、 $FCR$ 、 $HIS$ 、 $VSI$  及  $CF$  均没有显著性影响( $P > 0.05$ )。

### 2.2 丝兰提取物对大菱鲆幼鱼体组成的影响

从表 3 可以看出, 饲料中添加丝兰提取物并不能改变大菱鲆幼鱼全鱼、肌肉及肝脏的基本营养组成( $P > 0.05$ )。

### 2.3 丝兰提取物对大菱鲆幼鱼肠道消化酶活力的影响

由表 4 可知, 饲料中添加丝兰提取物对大菱鲆幼鱼脂肪酶活力无显著影响( $P > 0.05$ ), 而对淀粉酶、蛋白酶活力影响显著( $P < 0.05$ )。随着丝兰提取物浓度的增加, 淀粉酶、蛋白酶活力逐渐升高, 并均于 D3 组达到最高活力, 而后随着丝兰提取物浓度继续升高, 酶活力迅速降至各实验组最低( $P < 0.05$ )。

### 2.4 丝兰提取物对大菱鲆幼鱼血清免疫、代谢指标的影响

由表 5 可知, 饲料中添加丝兰提取物对大菱鲆幼鱼血清免疫酶、代谢酶活力影响显著 ( $P < 0.05$ )。

LZM、NO、NOS、T-AOC 均在 D4 组出现最小值, 且与对照组及其他实验组差异显著( $P<0.05$ ); D3 组 LZM 最高且与对照组及其他实验组差异显著( $P<0.05$ ), NO、NOS、T-AOC 活力 D1-D3 组均与对

照组无显著差异, 但在 D3 组出现最大值( $P>0.05$ )。SOD 活力在 D3 组出现最大值, D4 组出现最小值, 但均与对照组无显著性差异( $P>0.05$ )。ALT、AST 随丝兰提取物的增加活力逐渐降低, 在 D3、D4 组显

表 2 丝兰提取物对大菱鲆幼鱼生长性能和饲料利用效率的影响  
Tab. 2 Effects of dietary Yucca extract on growth performance and feed utilization of juvenile turbot

生长性能 Growth performance	组别 Group				
	D0	D1	D2	D3	D4
增重率 <i>WGR</i> (%)	71.93±1.26	73.56±3.50	70.90±2.51	72.43±1.16	72.79±2.66
特定生长率 <i>SGR</i> (%/d)	0.90±0.12	0.92±0.03	0.86±0.07	0.88±0.06	0.85±0.08
饲料系数 <i>FCR</i>	1.02±0.00	1.02±0.00	1.02±0.00	1.02±0.00	1.02±0.00
脏体比 <i>VSI</i> (%)	4.79±0.23	5.06±0.05	4.91±0.15	5.05±0.07	5.07±0.21
肝体比 <i>HSI</i> (%)	1.38±0.06	1.41±0.07	1.30±0.05	1.39±0.10	1.38±0.03
肥满度 <i>CF</i> (%)	3.65±0.16	3.79±0.14	3.59±0.02	3.67±0.07	3.65±0.13
存活率 <i>SR</i> (%)	100	100	100	100	100

注: 表中数据以平均值±标准差表示( $n=3$ ), 同行数值后不同上标英文字母表示差异显著( $P<0.05$ ); 下同

Note: Data are expressed as Mean ± SD( $n=3$ ), values with different superscripts in the same row are significantly different ( $P<0.05$ ); the same applies below

表 3 丝兰提取物对大菱鲆幼鱼常规成分的影响  
Tab. 3 Effects of dietary Yucca extract on proximate composition of juvenile turbot (%)

常规成分 Proximate composition	组别 Group				
	D0	D1	D2	D3	D4
全鱼 Whole body					
水分 Moisture	75.94±0.70	75.15±0.36	75.59±0.52	76.06±0.23	75.40±0.22
粗蛋白 Crude protein	65.54±0.92	64.77±0.91	65.01±0.11	66.23±0.96	64.86±0.74
粗脂肪 Crude lipid	18.18±2.39	21.24±0.55	18.86±1.61	18.36±1.15	20.87±1.77
灰分 Ash	14.63±1.01	13.46±1.00	14.47±0.74	13.73±2.37	14.07±1.09
肌肉 Dorsal muscle					
水分 Moisture	78.59±0.11	77.43±0.67	76.55±2.76	75.55±0.87	77.89±1.32
粗蛋白 Crude protein	87.94±2.10	85.22±3.38	87.90±0.77	85.31±1.69	88.12±1.04
粗脂肪 Crude lipid	4.31±0.47	4.56±0.26	4.63±0.09	4.51±0.47	4.30±0.36
肝脏 Liver					
水分 Moisture	73.13±1.65	72.81±0.82	73.39±2.13	73.57±3.20	72.20±2.61
粗蛋白 Crude protein	37.36±3.01	36.75±3.21	37.70±3.17	38.97±2.51	34.75±2.24
粗脂肪 Crude lipid	39.97±3.98	44.04±2.53	42.38±2.93	44.64±2.34	45.16±1.45

表 4 丝兰提取物对大菱鲆幼鱼肠道消化酶活力的影响  
Tab. 4 Effects of dietary Yucca extract on intestinal digestive enzyme activities of juvenile turbot

消化酶活性 Digestive enzyme activities (U/g prot)	组别 Group				
	D0	D1	D2	D3	D4
脂肪酶 Lipase	6.14±0.61	5.71±0.43	6.78±0.52	6.58±0.64	5.31±0.48
淀粉酶 Amylase	5.42±0.16 <sup>b</sup>	5.53±0.27 <sup>b</sup>	6.22±0.34 <sup>c</sup>	7.28±0.16 <sup>d</sup>	4.21±0.40 <sup>a</sup>
蛋白酶 Pepsin	37.22±1.31 <sup>b</sup>	37.57±0.99 <sup>b</sup>	40.21±1.28 <sup>c</sup>	42.83±1.27 <sup>d</sup>	25.08±1.05 <sup>a</sup>

著低于对照组( $P<0.05$ )。

## 2.5 丝兰提取物对养殖水环境水质指标的影响

饲料中添加丝兰提取物对养殖水质氨氮、亚硝酸盐影响显著( $P<0.05$ ), 对总氮、磷酸盐、总磷无显著影响( $P>0.05$ )。在同一取样时间下, 氨氮含量随丝

兰添加物增加而呈现降低趋势; 亚硝氮含量则呈现升高趋势, 但最高值均出现在 D3 组。在同一添加浓度下, 氨氮、亚硝氮均基本呈现随时间延长含量增加的趋势。水环境中总氮、总磷、磷酸盐含量保持稳定, 均与对照组无显著性差异。

表 5 丝兰提取物对大菱鲂幼鱼血清免疫、代谢指标的影响  
Tab. 5 Effects of dietary Yucca extract on serum immunity and metabolic indices of juvenile turbot

免疫和代谢指标 Immunity and metabolic index	组别 Group				
	D0	D1	D2	D3	D4
溶菌酶 LZM (U/mL)	958.43±16.10 <sup>b</sup>	983.53±23.21 <sup>b</sup>	940.78±15.04 <sup>b</sup>	1202.35±24.94 <sup>c</sup>	817.25±28.38 <sup>a</sup>
一氧化氮 NO (U/mL)	1.62±0.02 <sup>b</sup>	1.60±0.08 <sup>b</sup>	1.58±0.03 <sup>b</sup>	1.62±0.04 <sup>b</sup>	1.47±0.01 <sup>a</sup>
一氧化氮合酶 NOS (U/mL)	8.74±0.42 <sup>b</sup>	8.97±0.36 <sup>b</sup>	9.08±0.59 <sup>b</sup>	9.35±0.13 <sup>b</sup>	7.27±0.35 <sup>a</sup>
超氧化物歧化酶 SOD (U/mL)	79.84±1.17 <sup>ab</sup>	80.36±2.54 <sup>ab</sup>	77.46±1.97 <sup>a</sup>	85.83±1.66 <sup>b</sup>	77.37±3.44 <sup>a</sup>
总抗氧化能力 T-AOC (U/mL)	10.11±0.50 <sup>b</sup>	10.28±0.60 <sup>b</sup>	10.63±0.53 <sup>b</sup>	10.71±0.75 <sup>b</sup>	7.20±0.68 <sup>a</sup>
谷丙转氨酶 ALT (U/L)	12.67±0.67 <sup>b</sup>	13.33±0.88 <sup>b</sup>	11.67±0.33 <sup>b</sup>	9.00±0.00 <sup>a</sup>	9.67±0.50 <sup>a</sup>
谷草转氨酶 AST (U/L)	24.00±1.00 <sup>b</sup>	20.67±3.28 <sup>ab</sup>	20.33±2.33 <sup>ab</sup>	14.33±0.67 <sup>a</sup>	16.00±1.00 <sup>a</sup>

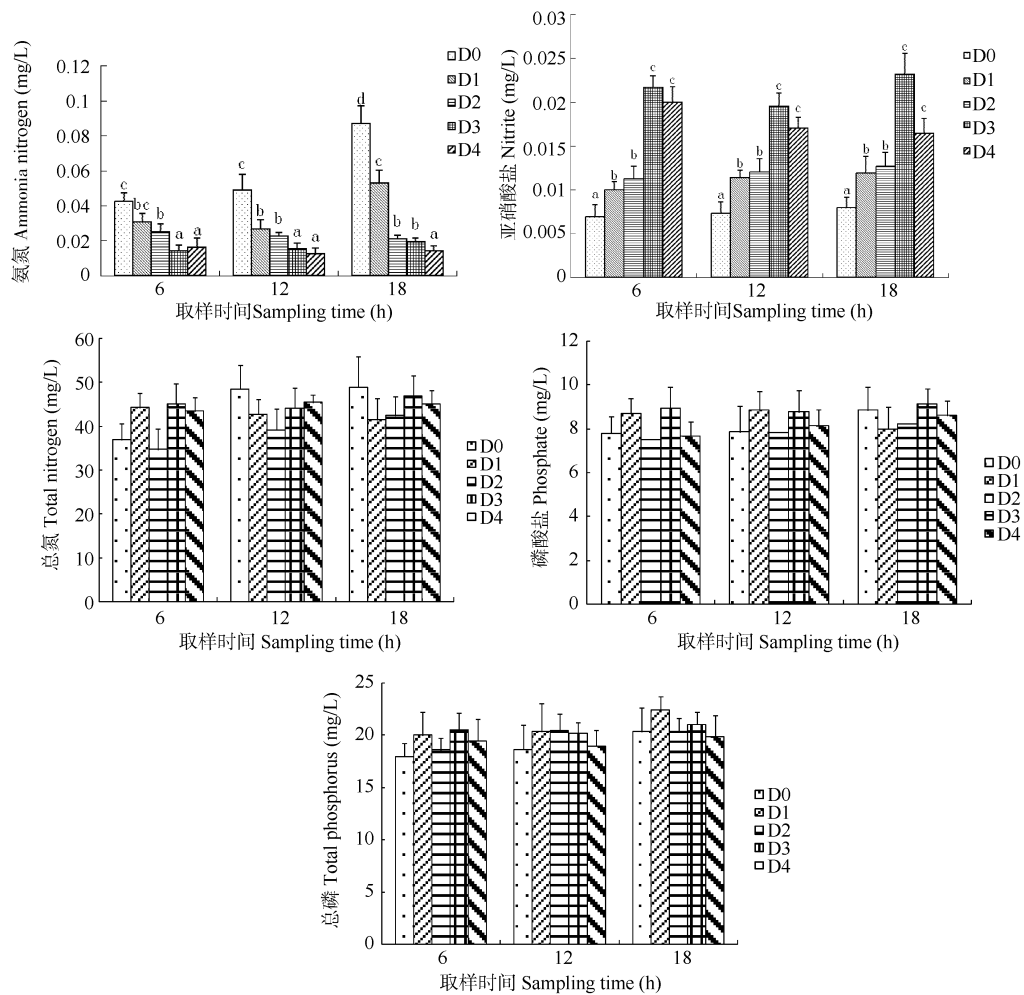


图 1 丝兰提取物对养殖水环境水质指标的影响

Fig. 1 Effects of dietary Yucca extract on environmental water-quality index of juvenile turbot  
图中不同上标英文字母表示差异显著( $P<0.05$ )

Values with different superscripts are significantly different ( $P<0.05$ )

### 3 讨论

#### 3.1 丝兰提取物对生长和饲料利用的影响

本实验研究结果表明,在饲料中添加丝兰提取物对大菱鲃幼鱼生长、饲料系数等生长性能无显著影响,这与黄腊鲳 *Trachinotus blochii*<sup>[23]</sup>、对虾 *Marsupenaeus japonicus*<sup>[24]</sup>、尼罗罗非鱼 *Oreochromis niloticus* × *O. niloticus*<sup>[25]</sup> 的研究结果一致。目前关于丝兰提取物在水生动物生长及饲料利用的报道不尽相同, Kelly 和 Kohler 研究结果表明饲料中添加丝兰提取物可以显著提高斑点叉尾鲷 *Ictalurus punctatus* 幼鱼的生长速度<sup>[24]</sup>, El-Saidy 和 Gaber 报道集约化养殖条件下以 750 mg/kg 添加丝兰提取物可以刺激罗非鱼 *Oreochromis niloticus* (L.) 提高生长及饲料利用率<sup>[12]</sup>。丁永敏等在饲料中添加一定量丝兰提取物,显著提高了肉鸡体质量。皇康康等研究表明,饲料中添加丝兰提取物对牛蛙 (*Rana catesbeiana*) 的质量增加率、特定增长率无显著影响,但显著降低饲料效率和蛋白质效率。Tidwell 等研究认为丝兰提取物可用于养殖用水前处理,但不应与鱼类直接接触,且高浓度下对鱼类生长具有明显的抑制作用<sup>[7]</sup>。在本研究中,不同处理组及对照组之间饲料系数无显著性差异,这与生长结果相一致,表明在本实验条件下添加丝兰提取物对大菱鲃幼鱼不具有促生长作用。Kelly 和 Kohler 报道了在饲料中添加丝兰提取物饲养两种不同规格的斑点叉尾鲷,在 8 周内不同添加处理组之间均无显著性差异<sup>[24]</sup>,这与本研究结果相似,而在第 12 周处理组之间差异显著。在饲料中添加丝兰提取物在不同的养殖实验中,对养殖鱼类的生长性能影响不同,可能是由于丝兰提取工艺的不同或者养殖周期不同所致。丝兰提取物包含三种以上皂苷<sup>[28]</sup>,但是不同提取过程会造成终产品中活性化合物明显不同,尤其是某些皂苷成分会在不降低产品氨氮处理能力的条件下被除去<sup>[7]</sup>。

#### 3.2 丝兰提取物对大菱鲃幼鱼体组成的影响

一些研究显示一定量的植物提取物添加到饲料中并没有改变罗非鱼<sup>[29]</sup>、异育银鲫 *Carassius auratus gibelio*<sup>[30]</sup> 等鱼类的体组成,但在饲料中添加黄芪多糖能改变齐口裂腹鱼 *Schizothorax prenanti* 体粗蛋白以及粗脂肪含量<sup>[31]</sup>。在沟鲈和杂交罗非鱼的饲料中添加 0.05%—1% 的丝兰提取物改变了其体成分组成<sup>[25]</sup>; 另有研究显示以鱼粉为主要蛋白源的

饲料中添加 0.075% 的丝兰提取物能显著提高全鱼中蛋白和灰分的含量,显著降低脂肪的含量<sup>[3]</sup>。在本实验中,饲料中添加丝兰提取物并不影响全鱼、肌肉及肝脏的体成分组成。导致这些实验产生不同的结论可能与实验所选用的鱼类以及饲料的组成有关,需要进一步的实验来对丝兰的营养学角色进行研究,以阐明其对机体组成的影响机理。

#### 3.3 丝兰提取物对大菱鲃幼鱼消化酶活力的影响

目前还未见丝兰对鱼类的消化酶影响的相关报道,但是一些研究发现添加丝兰能够提高肠绒毛的高度和黏膜的厚度,增加成熟上皮细胞的数量<sup>[32, 33]</sup>,而小肠上皮细胞是分泌蛋白酶的重要部位<sup>[34]</sup>。另外丝兰的提取物可以影响到肠道微生物的组成,从而可能提高产蛋白酶和淀粉酶的有益菌的数量,起到增加外源酶的效果<sup>[35]</sup>。本实验的结果显示,添加 0.1% 和 0.2% 的丝兰能提高蛋白酶和淀粉酶的活力,然而高水平的添加(0.4%)却降低了蛋白酶和淀粉酶活力,过高的丝兰提取物可能反而干扰了肠道菌群,对肠道的正常功能也产生影响。要弄清丝兰影响鱼体消化酶的机制,需要进行更为深入和具体的研究。

#### 3.4 丝兰提取物对大菱鲃幼鱼血清免疫、代谢指标的影响

就鱼类非特异性免疫机制而言,溶菌酶在疾病防御中行使着广泛的非特异性免疫功能,是重要的水解酶类<sup>[36, 37]</sup>, NO 亦具有杀菌和抑菌作用,在 NOS 的催化下能增强机体对真菌、病原菌及原生动物的杀伤力<sup>[38]</sup>。SOD 在清除氧自由基,防止自由基对生物分子损伤方面具有十分重要的作用,其活性的变化反映了机体抵制自由基损伤的能力<sup>[39, 40]</sup>。总抗氧化能力(T-AOC)是用于衡量机体抗氧化系统功能状况的综合性指标,其大小可代表和反映机体抗氧化酶系统和非酶促系统对外来刺激的代偿能力以及机体自由基代谢的状态<sup>[41]</sup>。本研究选取以上指标来反映丝兰提取物对大菱鲃幼鱼免疫状态影响。在丝兰提取物添加浓度为 0.1%—0.2%,随添加水平的增加血清免疫指标呈现不同程度的增强;而当 0.4% 添加水平时,各免疫指标呈现较低水平。研究表明在饲料中添加适当的丝兰提取物不仅可以提高大菱鲃幼鱼水解系统功能,同时对抗氧化系统也具有明显增强的效果,因而对大菱鲃幼鱼具有免疫增强的作用;而当添加水平为 0.4%,机体免疫水平较低,不利于

抵御病原入侵以及机体氧化修复。

ALT、AST 主要参与体内的转氨基作用。在正常情况下, 血浆 ALT、AST 的活性较低, 而当组织细胞受损或通透性增加时, 大量的 AST、ALT 进入血液, 造成活性升高, 因此血液中这两种酶可反映肝脏损伤情况<sup>[42]</sup>。目前大菱鲆血清生化指标含量范围尚无标准, 研究结论大多依据实验结果与对照的差异进行比较而得出。在本实验中, 添加丝兰提取物各处理组 ALT、AST 活力均低于或与对照组无显著差异, 说明了添加丝兰提取物的实验组大菱鲆肝脏比较正常。

### 3.5 丝兰提取物对大菱鲆幼鱼养殖水环境的影响

在饲料中添加丝兰提取物对水环境氨氮含量具有显著的影响, 本研究证实氨氮浓度不仅与丝兰提取物添加水平有关, 也与取样时间有关。低水平的添加即可对氨氮含量产生明显的降低效果, 并能够维持较长时间, 这与 Santacruz-Reyes 和 Chien 的研究结果一致<sup>[9-11]</sup>。这可能是由于丝兰提取物中的某些成分可以结合氨氮, 或者参与其转化为亚硝酸盐及硝酸盐。除此之外, 研究证实丝兰提取物中的皂苷成分及糖蛋白均具有减少动物胃肠道产生氨氮的作用<sup>[43, 44]</sup>。但是, 丝兰提取物中参与除氨过程的确切成分及参与程度目前仍有待进一步研究阐明。在水体氨氮含量降低的同时, 亚硝酸盐的含量则呈现随添加丝兰提取物水平升高的趋势, 这与对黄腊鲳的研究结果一致<sup>[23]</sup>, 可能是由于丝兰提取物参与转化氨氮为亚硝酸盐, 并可能引发亚硝化作用<sup>[23]</sup>。氨氮对养殖水环境具有重要影响, 目前对水环境中降低氨氮的研究主要集中于化学途径, 在淡水养殖系统中采用沸石可以降低氨氮含量, 但在海水中存在大量的阳离子(比如  $\text{Na}^+$ )使得  $\text{NH}_4^+$  的交换效率降低<sup>[45]</sup>; 另外采用福尔马林降低海水养殖系统的氨氮含量, 但其对养殖动物具有一定毒性<sup>[46]</sup>。因而, 本研究证实丝兰提取物可以有效降低大菱鲆养殖水体氨氮含量, 这在大菱鲆工厂化养殖生产中具有重要的应用前景。

## 4 结论

本实验研究证明, 饲料中适量添加丝兰提取物能够显著增强大菱鲆幼鱼非特异性免疫能力, 并显著降低养殖水体氨氮含量, 且对大菱鲆生长及体组成无显著影响。以非特异性免疫及水体氨氮含量为

综合评定指标, 大菱鲆幼鱼饲料中丝兰提取物的适宜添加量为 0.20%。

### 参考文献:

- [1] Lu B, Wa E G. Application of *Yucca schkdigera* extract in shrimp feed [J]. *Guangdong Feed*, 2002, 11(1): 32—34 [鲁滨, 瓦尔格. 阿丝兰提取物添加剂在虾饲料中的应用. 广东饲料, 2002, 11(1): 32—34]
- [2] Santacruz-Reyes R A, Chien Y H. Efficacy of *Yucca schidigera* extract for ammonia reduction in freshwater: Effectiveness analysis and empirical modeling approach [J]. *Aquaculture*, 2009, 297: 106—111
- [3] Gaber M M. The effects of plant-protein-based diets supplemented with *Yucca* on growth, digestibility, and chemical composition of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*, L) fingerlings [J]. *Journal of the World Aquaculture Society*, 2006, 37(1): 74—81
- [4] Su Z F, Zhang H B, Fan Y Y. Effects of yucca extracts and *Bacillus subtilis* feed additive on broiler growth performance and odour control in broiler house [J]. *Feed Review*, 2012, 1: 1—6 [苏子峰, 张红兵, 樊月圆. 丝兰提取物与枯草芽孢杆菌对肉鸡生长性能及鸡舍有害气体的影响. 饲料博览, 2012, 1: 1—6]
- [5] Liang G Q, Wang X P, Wang X M. Effects of camphor familial plant extract and yucca extracts on emission of  $\text{NH}_3$  and  $\text{H}_2\text{S}$  in slurry of weaned pigs [J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 2009, 45(13): 22—26 [梁国旗, 王旭平, 王现盟. 樟科、丝兰属植物提取物对仔猪排泄物中氨和硫化氢散发的影响. 中国畜牧杂志, 2009, 45(13): 22—26]
- [6] Cheng Z B, Fan Y Y, Zhang H B. Effects of *Yucca* extracts and *Bacillus subtilis* feed additive on utilization of broiler feed protein [J]. *Feed Research*, 2012, 12: 1—3 [程志斌, 樊月圆, 张红兵. 丝兰提取物与枯草芽孢杆菌对肉鸡饲料蛋白利用的影响. 饲料研究, 2012, 12: 1—3]
- [7] Tidwell J H, Carl D, Webster Julia A, et al. Effects of *Yucca schidigera* extract on water quality and fish growth in recirculating-water aquaculture systems [J]. *The Progressive Fish-Culturist*, 1992, 54(3): 196—201
- [8] Ho P C, Chien Y H. Effect of *Yucca schidigera* extract addition on ammonia concentration in water for live transport of milkfish (*Chanos chanos*) juvenile. Book of Abstracts. Fisheries Society of Taiwan, Annual Conference, 59
- [9] Santacruz-Reyes R A, Chien Y H. Ammonia reduction in seawater by *Yucca schidigera* extract: efficacy analysis and empirical modeling [J]. *Aquaculture Research*, 2010a, 41: 1221—1228
- [10] Santacruz-Reyes R A, Chien Y H. *Yucca schidigera* extract-A bioresource for the reduction of ammonia from mariculture [J]. *Bioresource Technology*, 2010b, 101: 5652—5657

- [11] Santacruz-Reyes R A, Chien Y H. The potential of *Yucca schidigera* extract to reduce the ammonia pollution from shrimp farming [J]. *Bioresource Technology*, 2012, **13**: 311—314
- [12] El-Saidy, Gaber M M A. Use of cottonseed meal supplemented with iron for detoxication of gossypol as a total replacement of fishmeal in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) diets [J]. *Aquaculture Research*, 2004, **34**(13): 1119—1127
- [13] Gaber M M. The effects of plant-protein-based diets supplemented with *Yucca* on growth, digestibility, and chemical composition of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*, L) fingerlings [J]. *Journal of the World Aquaculture Society*, 2006, **37**(1): 74—81
- [14] Lei Q L. Overview of turbot farming in Britain [J]. *Fisheries Science & Technology Information*, 1983, **2**: 26—27 [雷霖霖. 英国大菱鲆养殖概况. 水产科技情报, 1983, **2**: 26—27]
- [15] Nie Q, Miao H J, Miao S Y, et al. Effects of dietary carbohydrate sources and levels on the activities of carbohydrate metabolic enzymes in turbot [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2013, **37**(3): 425—433 [聂琴, 苗惠君, 苗淑彦, 等. 不同糖源及糖水平对大菱鲆糖代谢酶活性的影响. 水生生物学报, 2013, **37**(3): 425—433]
- [16] Lei Q L. Turbot Farming Techniques [M]. Shanghai: Shanghai science and Technology Press. 2003, 8 [雷霖霖. 大菱鲆养殖技术. 上海: 上海科学技术出版社. 2003. 8]
- [17] Ma A J, Lei Q L, Chen S Q, et al. Genetic parameterization for Turbot *Scophthalmus maximus*: implication to breeding strategy [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2002, **33**(1): 75—82 [马爱军, 雷霖霖, 陈四清, 等. 大菱鲆不同产卵季节对卵子的生物学及生化特征的影响. 海洋与湖沼, 2002, **33**(1): 75—82]
- [18] Zhou J, Song X L, Huang J, et al. Effects of dietary supplementation of A3 alpha-Peptidoglycan on innate immune responses and defense activity of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) [J]. *Aquaculture*, 2006, **251**(2-4): 172—181
- [19] Zhou J, Song X L, Huang J, et al. The optimal oral strategy of A3a-peptidoglycan on Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* [J]. *Marine Fisheries Research*, 2005, **26**(4): 19—25 [周进, 宋晓玲, 黄捷, 等. 牙鲆口服A3a-肽聚糖最佳投喂方案的选择. 海洋水产研究, 2005, **26**(4): 19—25]
- [20] Wang Y J. Effect and mechanism of several non-nutritional and non-pollution additives on Turbot (*Scophthalmus maximus* L.) [D]. Thesis for Master of Science. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao. 2006 [王优军. 几种非营养无公害添加剂对大菱鲆的效应和机理研究. 硕士学位论文, 中国科学院海洋研究所, 青岛. 2006]
- [21] Santarem M, Novoa B, Figueras A. Effects of beta-glucans on the non-specific immune responses of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) [J]. *Fish & Shellfish Immunology*, 1997, **7**(6): 429—443
- [22] Aspila K L, Agemian H, Chau A S Y. A semi-automated method for the determination of inorganic and total phosphate in sediments [J]. *Analyst*, 1976, **101**: 187—197
- [23] Xu H Y. Effects of dietary cactus extracts on growth performance, protein efficiency, oxygen consumption and ammonia excretion of *Trachinotus blochii* fry [D]. Thesis for Master of Science. Taiwan Ocean University, Taiwan, China. 2008 [许纮瑜. 饲料添加仙人掌萃取物对黄腊鲷鱼苗成长、蛋白质效率、耗氧与排氨之影响. 硕士学位论文, 中国台湾海洋大学, 台湾. 2008]
- [24] Roberto Adrián Santacruz-Reyes. The application of *Yucca schidigera* extract in shrimp culture [D]. Thesis for Master of Science. Taiwan Ocean University, Taiwan China. 2010 [尚瑞柏. 丝兰萃取物在虾养殖的应用. 硕士学位论文, 台湾海洋大学, 中国台湾. 2010]
- [25] Kelly A M, Kohle C C. Effects of *Yucca schidigera* extract on growth, nitrogen retention, ammonia excretion, and toxicity in channel catfish *Ictalurus punctatus* and hybrid tilapia *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus* [J]. *Journal of the World Aquaculture Society*, 2003, **34**(2): 156—161
- [26] Huang K K, Zhang C X, Wang L, et al. Effects of dietary probiotic-A and *Yucca schidigera* extract on growth performance in bullfrog *Rana catesbeiana* [J]. *Fisheries Science*, 2013, **32**(5): 267—273 [黄康康, 张春晓, 王玲, 等. 乳源性益生元和丝兰提取物对牛蛙生长的影响. 水产科学, 2013, **32**(5): 267—273]
- [27] Ding Y M, Yang Z B, Yang W R, et al. Effects of different level biopowder on growth performance, and biochemical parameters of blood in broilers [J]. *Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science)*. 2011, **42**(1): 70—74 [丁永敏, 杨在宾, 杨维仁, 等. 不同水平丝兰提取物对肉鸡生产性能和血液生化指标影响的研究. 山东农业大学学报(自然科学版), 2011, **42**(1): 70—74]
- [28] Kaneda N H, Nakanishi, E J Staba. Steroidal constituents of *Yucca schidigera* plants and tissue cultures [J]. *Phytochemistry*, 1987, **26**: 1425—1429
- [29] Yang Z G, Xin C, Zheng J W. Application test of Panax Notoginseng Saponins in the feed for Tilapia nilotica [J]. *Feed Research*, 2008, (10): 51—52 [杨志刚, 忻晨, 郑剑伟. 三七总皂苷在罗非鱼饲料中的应用试验. 饲料研究, 2008, (10): 51—52]
- [30] Chen A Q, Liu Z W, Huang Q. Effect of Panax Notoginseng Saponins on growth performance and body composition of gibel carp (*Carassius auratus gibelio*) [J]. *Feed Research*, 2011, **1**: 63—65 [陈阿琴, 刘志伟, 黄庆. 三七总皂苷对异育银鲫生长及体成分的影响. 饲料研究, 2011, **1**: 63—65]
- [31] Xiang X, Chen J, Zhou X H, et al. Effect of astragalus polysaccharides on growth, body composition and immune index in *schizothorax prenanti* [J]. *Acta Hydrobiologica*



- Sinica*, 2011, **35**(2): 291—299 [向泉, 陈建, 周兴华, 等. 黄芪多糖对齐口裂腹鱼生长、体组成和免疫指标的影响. 水生生物学报, 2011, **35**(2): 291—299]
- [32] Wang M C, Yu R P, Xiao F Q, *et al.* Effects of *Yucca* extracts on the morphology of broiler mucosa [J]. *Feed Industry*, 2007, **28**(11): 43—44 [王勉超, 余锐萍, 肖发沂, 等. 丝兰属植物提取物对肉鸡肠黏膜形态结构的影响. 饲料工业, 2007, **28**(11): 43—44]
- [33] Tang J, Zhu Y W, Hou S S, *et al.* Effect of feeding diets containing *Yucca schidigera* extract and *Quillaja saponaria* extract on growth performance and intestinal villus morphology of Beijing ducks [J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 2012, **7**: 51—54 [唐静, 朱勇文, 侯水生, 等. 丝兰属麟凤兰和皂皮树提取物对北京鸭生产性能、小肠绒毛形态的影响. 中国畜牧杂志, 2012, **7**: 51—54]
- [34] Koshikawa N, Hasegawa S, Nagashima Y, *et al.* Expression of trypsin by epithelial cells of various tissues, leukocytes, and neurons in human and mouse [J]. *American Journal of Pathology*, 1998, **153**(3): 937—944
- [35] Li G X, Zhu X H, Wang M Z, *et al.* Effect of *Yucca schidigera* Extract on rumen microbial composition and methane production [J]. *China Feed*, 2008, **7**: 33—36 [李国祥, 朱小惠, 王梦芝, 等. 丝兰提取物对瘤胃微生物组成及甲烷生成的影响. 中国饲料, 2008, **7**: 33—36]
- [36] Callewaert L, Michels C W. Lysozymes in the animal kingdom [J]. *Journal of Biosciences*, 2010, **35**(1): 127—160
- [37] Van Herreweghe J M, Vanderkelen L, Callewaert L. Lysozymes inhibitor conferring bacterial tolerance to invertebrate type lysozyme [J]. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 2010, **67**: 1177—1188
- [38] Carmelo N J, Bobbi L H. A unique perspective biomed pharmacother [J]. *Arginine and Immunity*, 2002, **56**(10): 471—482
- [39] Fridovich I. Superoxide dismutases: An adaptation to a paramagnetic gas [J]. *Journal of Biological Chemistry*, 1989, **264**: 7761—7764
- [40] Zhou J, Song X L, Huang J, *et al.* Effect of A3 $\alpha$  peptidoglycan (PG) on SOD, ACP, and AKP activities in different tissues of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2004, **11**(4): 296—301 [周进, 宋晓玲, 黄健, 等. A3 $\alpha$  肽聚糖对牙鲆不同组织中超氧化物歧化酶及磷酸酶活性的影响. 中国水产科学, 2004, **11**(4): 296—301]
- [41] Zang Y Q, Tian X L, Dong S L, *et al.* Growth, metabolism and immune responses to evisceration and regeneration of viscera in sea cucumber, *Apostichopus japonicus* [J]. *Aquaculture*, 2012, (358—359): 50—60
- [42] Maita M, Shiomitsu K, Ikeda Y. Health assessment by the climogram of hemochemical constituents in cultured yellow-tail [J]. *Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish*, 1984, **51**: 205—211
- [43] Yang Q H, Tan B P, Dong X H, *et al.* Effect of diets with different levels of BioAqua on growth, non-specific immunity and water quality in *Litopenaeus vannamei* [C]. China Society of Fisheries Abstracts of the Annual Meeting 2010. 2011 [杨奇慧, 谭北平, 董晓慧, 等. 饲料中不同水平丝兰宝对凡纳滨对虾生长、非特异免疫指标及水质参数的影响. 2010 年中国水产学会学术年会论文摘要集. 2011]
- [44] Selcuk Z, Tuncer S D. The effects of different levels of *yucca schidigera* added to the lamb's diets containing urea on growth performance, carcass characteristics, some rumen and blood parameters [J]. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 2010, **9**(4): 654—660
- [45] Boyd C E, Tucker C S. Pond Aquaculture Water Quality Management [M]. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, USA. 1998, 700
- [46] Chiayvareesajja S, Boyd C E. Effects of zeolite, formalin, bacterial augmentation, and aeration on total ammonia nitrogen concentrations [J]. *Aquaculture*, 1993, **116**: 33—45

## EFFECTS OF DIETARY *YUCCA SCHIDIGERA* EXTRACT ON THE GROWTH PERFORMANCE, BLOOD PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL INDICES OF TURBOT (*SCOPHTHALMUS MAXIMUS*) AND WATER ENVIRONMENT

WANG Ji-Ying<sup>1</sup>, LI Pei-Yu<sup>2</sup>, SONG Zhi-Dong<sup>1,2</sup>, ZANG Yuan-Qi<sup>1</sup>, LI Bao-Shan<sup>1</sup>, QIAO Hong-Jin<sup>1</sup>,  
LIU Xu-Dong<sup>2</sup>, MA Jing-Jing<sup>1</sup> and ZHANG Li-Min<sup>1</sup>

(1. Shandong Provincial Key Laboratory of Restoration for Marine Ecology, Shandong Marine Fisheries Institute, Yantai 264006, China; 2. Shengsuo Fishery Feed Research Centre of Shandong Province, Yantai 265500, China)

**Abstract:** In order to assess the effect of Yucca extract on growth performance, nutritional composition, serum immune of juveniles and aquaculture water environment, five formula feeds contained Yucca Extract at levels of 0.00% (D0), 0.05% (D1), 0.10% (D2), 0.20% (D3) and 0.40% (D4) were fed with juvenile Turbot (*Scophthalmus maximus*). The result showed that, no significant difference occurred in weight gain, specific growth rate, feed conversion ratio, viscerosomatic index, hepatosomatic index and condition factor of fish among all dietary treatments ( $P>0.05$ ). Water, crude protein and crude lipid content of whole fish, muscle and liver exhibited no significant difference among groups ( $P<0.05$ ). Serum lysozyme was enhanced in fish fed diet D3 significantly, while all immune indices were reduced in fish fed diet D4. The activities of alanine transaminase and aspartate aminotransferase of fish fed diet D3 and D4 were lower than that of the control dietary treatment ( $P<0.05$ ). Except D1-6h, Ammonia content of all dietary treatments were significantly lower than that of the control treatment ( $P<0.05$ ). Nitrite content of all dietary treatments were higher than that of the control treatment ( $P<0.05$ ), while total nitrogen, total phosphorus and phosphate content showed no significant difference to the control treatment ( $P>0.05$ ). The optimum content of Yucca Extract for juvenile turbot was 0.20% of weight based on the consideration of non-specific immunity and ammonia nitrogen content in aquaculture water.

**Key words:** Yucca extract; *Scophthalmus maximus*; Growth performance; Body composition; Physiological index Water environment