

牛磺酸及相关氨基酸对鲈鱼(*Lateolabrax japonicus*) 幼鱼生长及组织氨基酸含量的影响*

柳 茜^{1,2} 王成强^{1,2} 梁萌青^{1,3①} 徐后国¹

(1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071; 2. 上海海洋大学水产与生命学院 上海 201306;
3. 青岛海洋科学与技术国家实验室 海洋渔业科学与食物产出过程功能实验室 青岛 266071)

摘要 以平均体重为(8.13±0.05) g的鲈鱼(*Lateolabrax japonicus*)幼鱼为研究对象,探讨了在低鱼粉饲料中添加牛磺酸、蛋氨酸和半胱氨酸对鲈鱼幼鱼生长及鱼体氨基酸组成的影响。分别在基础饲料中添加 0(对照组 T-0)、1.0%牛磺酸(T-1)、2.0%牛磺酸(T-2)、0.5%蛋氨酸(M-0.5)和 0.5%半胱氨酸(C-0.5)制成 5 种等氮等脂的实验饲料,在室内流水养殖系统中进行为期 70 d 的养殖实验。结果显示, T-1、T-2、M-0.5 和 C-0.5 组鲈鱼幼鱼的终末体重、特定生长率(SGR)、增重率(WGR)和摄食率(FI)均显著高于 T-0 组($P<0.05$);饲料中添加牛磺酸、蛋氨酸和半胱氨酸均可提高鱼体粗蛋白和粗脂肪含量($P<0.05$),鱼体水分含量则呈现出相反的变化趋势;T-1、T-2 组肝脏、肌肉中的牛磺酸含量显著高于 T-0 组($P<0.05$),但 M-0.5、C-0.5 组肝脏、肌肉中牛磺酸含量与 T-0 组无显著差异($P>0.05$);T-1、T-2 和 C-0.5 组肝脏的必需氨基酸及总氨基酸含量均高于 T-0 组($P<0.05$),但 M-0.5 组肝脏必需氨基酸及总氨基酸含量与 T-0 组无显著差异($P>0.05$);T-1、T-2、M-0.5 和 C-0.5 组肌肉的必需氨基酸含量均高于 T-0 组,但只有 M-0.5 组显著高于 T-0 组($P<0.05$);T-1、T-2 和 M-0.5 组肌肉的总氨基酸含量高于 T-0 组($P<0.05$),C-0.5 组与 T-0 组无显著差异($P>0.05$)。研究表明,饲料中添加牛磺酸、蛋氨酸和半胱氨酸均可提高鲈鱼幼鱼的生长,同时可以改善鲈鱼肝脏和肌肉中的氨基酸沉积。

关键词 鲈鱼;牛磺酸;生长;氨基酸组成

中图分类号 S963 文献标识码 A 文章编号 2095-9869(2017)04-0044-09

鱼粉是富含一系列必需营养素及生物活性成分的优质蛋白质原料,其中,许多成分在植物蛋白源中含量极低甚至缺失,如牛磺酸(Taurine),因此,在许多鱼类的高植物蛋白饲料中,牛磺酸常常成为一种限制性因素。近年来,不断有研究显示,以牛磺酸为代表的部分氨基酸和其相关产物是某些鱼类在特定生长阶段的必需氨基酸或条件性必需氨基酸,因此,有必要在高植物蛋白饲料中补充牛磺酸,这对保证养殖鱼类的生长率并实现生产的经济效益非常重要(Gatlin *et al.*, 2007; NRC, 2011)。

牛磺酸在动物体内具有多种功能,包括胆汁结合作用、渗透压调节作用、神经递质功能、抗氧化作用等。此外,牛磺酸还参与蛋白质、脂类和糖类的代谢调节(Marcinkiewicz *et al.*, 2014; Wade *et al.*, 1988; Wu *et al.*, 2010; 解文丽等, 2015)。在哺乳动物体内,蛋氨酸(Methionine)可以通过蛋氨酸-胱硫醚-半胱氨酸-半胱亚磺酸-亚牛磺酸-牛磺酸途径合成牛磺酸,半胱氨酸(Cysteine)经半胱氨酸双加氧酶(Cysteine Dioxygenase, CDO)氧化成半胱亚磺酸,然后在半胱亚磺酸脱羧酶(Cysteine Sulfinic Acid Decarboxylase, CSD)作用下

* 国家自然科学基金项目(31172423)和公益性行业专项(201303053)共同资助 [This work was supported by the National Natural Science Foundation of China (31172423), and the Special Fund in the Public Interest (201303053)]. 柳 茜, E-mail: xixi_liu89@163.com

① 通讯作者: 梁萌青, 研究员, E-mail: liangmq@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2016-03-02, 收修改稿日期: 2016-03-28

脱羧成亚牛磺酸,亚牛磺酸被氧化形成牛磺酸,而CDO与CSD是体内牛磺酸合成的2个限速酶(Stipanuk *et al.*, 2006; Griffith, 1987; Haga *et al.*, 2015)。蛋氨酸作为鱼类的必需氨基酸,可以直接参与机体蛋白质合成,促进生长(王香丽, 2014¹⁾); Ma 等(2013)、贾鹏等(2013)研究表明,在高植物蛋白饲料中补充蛋氨酸,可以提高大菱鲆(*Scophthalmus maximus*)和异育银鲫(*Carassius auratus gibelio*)等多种鱼类的生长性能。半胱氨酸在体内可由蛋氨酸转化而来,当饲料中含有半胱氨酸时,会节约部分蛋氨酸(丁景华等, 2008); 半胱氨酸在体内不仅可以参与蛋白质合成,还能参与牛磺酸与谷胱甘肽代谢(王香丽, 2014)¹⁾。

鲈鱼(*Lateolabrax japonicus*)属于鲈形目(Perciformes)、真鲈科(Percichthyidae)、花鲈属(*Lateolabrax*),俗称花鲈,属于广盐性鱼类,因其生长速度快、肉质鲜美且经济价值较高而成为我国沿海地区的一种重要养殖鱼类。近年来,有关饲料中添加牛磺酸对不同鱼类生长的影响逐渐被报道,但饲料中牛磺酸对鲈鱼生长及组织氨基酸等的影响鲜有研究。因此,本研究以鲈鱼幼鱼为研究对象,探究高植物蛋白饲料中添加牛磺酸和蛋氨酸、半胱氨酸2种含硫氨基酸对鲈鱼幼鱼生长性能及肝脏与肌肉氨基酸组成的影响,旨在完善鲈鱼的牛磺酸营养参数,并为牛磺酸在鲈鱼体内的代谢机制积累数据。

1 材料与方法

1.1 实验用鱼

鲈鱼幼鱼为当年的同一批苗种,于2016年7月5日购自山东莱州市。养殖实验在山东烟台天源水产有限公司进行。正式实验前,将鲈鱼幼鱼置于500 L的圆形玻璃缸养殖桶中,用对照组饲料暂养14 d,使之逐渐适应实验饲料和养殖环境。实验开始前,将实验鱼饥饿24 h,挑选出规格一致、体格健壮且体表无病、平均体重为(8.13±0.05) g的鲈鱼幼鱼375尾,随机分配到(5×3)个500 L的圆形玻璃缸养殖桶中,每桶25尾。

1.2 实验饲料

基础饲料以鱼粉、豆粕、玉米蛋白粉和谷朊粉为主要蛋白质来源,以鱼油为主要脂肪来源。以添加0(T-0)为对照组,分别添加1.0%牛磺酸(T-1)、2.0%牛

磺酸(T-2)、0.5%蛋氨酸(M-0.5)、0.5%半胱氨酸(C-0.5)制作5种等氮等脂的实验饲料,实验饲料配方及营养成分见表1。

饲料配制前,所有原料经粉碎后过80目筛网,按照配方以逐级扩大法充分混合后,制成粒径为3 mm的饲料,然后在55℃烘箱中烘干12 h后,在-20℃保存备用。各组实验饲料的氨基酸组成见表2。

1.3 饲养管理

养殖实验采用自然海水流水养殖系统,连续充氧,整个养殖周期水温维持在23.2~28.8℃,溶氧>7 mg/L。实验期间,每天饱食投喂2次(06:30和16:30),投喂后0.5 h统计残饵数量,然后换水以排除残饵及粪便,养殖实验持续70 d。

1.4 样品采集与分析

1.4.1 样品采集 在实验鱼分组之前,随机选取20尾鲈鱼作为初始样品,-20℃保存,用于常规与生化分析;实验结束后,饥饿24 h,称每桶鱼总重;然后每桶取3尾鱼,分别测量其体重、体长、内脏团重及肝脏重,用于计算形体指标;无菌条件下取肝脏及背部肌肉组织样品,立即于液氮中保存,用于后续分析;每桶随机取3尾鱼,-20℃保存,用于常规及生化分析。

1.4.2 常规及生化分析 饲料和全鱼样品在105℃烘干至恒重;采用凯氏定氮法(VELP, UDK142 automatic distillation unit, 意大利)测定粗蛋白含量;粗脂肪含量采用索氏抽提法测定(FOSS 脂肪测定仪 SOXTEC 2050, 瑞典);样品在马福炉中灼烧5 h(550℃),失重法测定灰分含量。使用日立 L-8900 型氨基酸分析仪(Hitachi L-8900 automatic amino acid analyzer, 日本)测定饲料及肝脏、肌肉组织中牛磺酸及氨基酸组成。

1.5 计算公式及统计分析

特定生长率(Specific growth rate, SGR, %/d)= $100 \times [\ln(\text{终末体重}) - \ln(\text{初始体重})] / \text{实验天数}$

增重率(Weight gain rate, WGR, %)= $100 \times (\text{终末体重} - \text{初始体重}) / \text{初始体重}$

成活率(Survival rate, SR, %)= $100 \times \text{实验结束每桶鱼尾数} / \text{实验开始每桶鱼尾数}$

1) Wang XL. Effects of dietary methionine on growth performance and methionine metabolism of juvenile darkbarbel catfish (*Pelteobagrus vachelli*). Master's Thesis of Ocean University of China, 2014 [王香丽. 蛋氨酸对瓦氏黄颡鱼幼鱼生长和代谢的影响. 中国海洋大学硕士研究生学位论文, 2014]

表1 实验饲料组成及营养成分分析
Tab.1 Formulation and proximate compositions of experimental diets (%)

原料 Ingredients	组别 Groups				
	T-0	T-1	T-2	M-0.5	C-0.5
鱼粉 Fish meal	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
豆粕 Soybean meal	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
玉米蛋白粉 Corn gluten meal	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00
谷朊粉 Wheat gluten	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
牛磺酸 Taurine	0	1.00	2.00	0	0
蛋氨酸 Met	0	0	0	0.50	0
半胱氨酸 Cys	0	0	0	0	0.50
谷氨酸 Glu	2.00	1.00	0	1.50	1.50
赖氨酸 Lys	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
精氨酸 Arg	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
小麦粉 Wheat meal	11.40	11.40	11.40	11.40	11.40
鱼油 Fish oil	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50
大豆卵磷脂 Soybean lecithin	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
维生素混合物 Vitamin mix ¹	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
矿物质混合物 Mineral mix ²	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
氯化胆碱 Choline chloride	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
磷酸二氢钙 Monocalcium phosphate	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
营养成分 Proximate composition(% , DM)					
粗蛋白 Crude protein	50.46	50.80	51.17	51.29	51.27
粗脂肪 Crude lipid	11.45	11.48	11.32	11.58	10.91
灰分 Ash	8.20	8.16	8.08	8.11	8.14
牛磺酸 Taurine	0.22	1.05	1.91	0.26	0.22
蛋氨酸 Met	0.79	0.76	0.73	1.10	0.75
半胱氨酸 Cys	0.65	0.61	0.66	0.62	1.19

注: ¹ 维生素混合料(IU/kg 或 mg/kg 饲料): 维生素 A 75000 IU; 维生素 D₃ 15000 IU; 维生素 E 600 mg; 维生素 K₃ 187.5 mg; 维生素 B₁ 120 mg; 维生素 B₂ 120 mg; 维生素 B₆ 120 mg; 维生素 B₁₂ 0.75 mg; D-泛酸钙 480 mg; 烟酰胺 900 mg; 叶酸 37.5 mg; D-生物素 1.5 mg; 肌醇 600 mg; 维生素 C 2100 mg

² 矿物质混合料(mg/kg 饲料): 锌 52.5 mg; 锰 31.5 mg; 铜 12.3 mg; 铁 34.5 mg; 钴 1.5 mg; 碘 1.5 mg; 硒 0.45 mg; 钠 180 mg; 钾 390 mg; 镁 109.5 mg

Note: ¹ Vitamin premix (IU/kg or mg/kg or g/kg diet): Vitamin A 75000 IU; Vitamin D₃ 15000 IU; Vitamin E 600 mg; Vitamin K₃ 187.5mg; Vitamin B₁ 120 mg; Vitamin B₂ 120 mg; Vitamin B₆ 120 mg; Vitamin B₁₂ 0.75 mg; D-calcium pantothenate 480 mg; Nicotinamide 900 mg; Folic acid 37.5 mg; D-biotin 1.5 mg; Inositol 600 mg; Vitamin C 2100 mg

² Mineral premix (mg/kg diet): Zn 52.5 mg; Mn 31.5 mg; Cu 12.3 mg; Fe 34.5 mg; Co 1.5 mg; I 1.5 mg; Se 0.45 mg; Na 180 mg; K 390 mg; Mg 109.5 mg

摄食率(Feed intake, FI, %/d)=100×每尾鱼摄食的饲料干物质重/[(实验结束时鱼体重+实验开始时鱼体重)/2×养殖实验天数]

饲料效率(Feed efficiency, FE)=(实验结束时鱼体重-实验开始时鱼体重)/每尾鱼摄食的饲料干物质重

蛋白效率比(Protein efficiency ratio, PER)=(终末体重-初始体重)/蛋白摄入量

蛋白质沉积率(Protein productive value, PPV, %)=100×鱼体蛋白质贮存量/蛋白摄入量

肥满度(Condition factor, CF)=100×实验终体重(g)/(鱼体长度)³(cm³)

肝体比(Hepatosomatic index, HSI, %)=100×肝脏重(g)/鱼体重(g)

脏体比(Viscerosomatic index, VSI, %)=100×内脏团重(g)/鱼体重(g)

所有实验数据均用平均值±标准误(Mean ± SE)表示, 数据采用 SPSS 17.0 进行单因素方差分析(One-way ANOVA), P<0.05 为差异性显著, 进行 Tukey 多重比较。

表 2 实验饲料的氨基酸组成(%干物质)

Tab.2 The amino acid composition of experimental diets (% dry matter)

氨基酸 Amino acids	组别 Groups				
	T-0	T-1	T-2	M-0.5	C-0.5
牛磺酸 Tau	0.22	1.05	1.91	0.26	0.22
天门冬氨酸 Asp	3.25	3.27	3.17	3.27	3.11
苏氨酸 Thr	1.56	1.59	1.53	1.58	1.51
丝氨酸 Ser	2.06	2.09	1.99	2.06	1.96
谷氨酸 Glu	11.86	10.94	9.81	11.46	10.88
甘氨酸 Gly	1.77	1.80	1.73	1.78	1.79
丙氨酸 Ala	2.17	2.22	2.15	2.23	2.14
半胱氨酸 Cys	0.70	0.58	0.66	0.62	1.19
缬氨酸 Val	1.91	1.88	1.90	1.95	1.87
蛋氨酸 Met	0.79	0.76	0.73	1.10	0.75
异亮氨酸 Ile	1.70	1.68	1.70	1.75	1.70
亮氨酸 Leu	3.79	3.74	3.73	3.82	3.67
酪氨酸 Tyr	1.57	1.60	1.60	1.60	1.63
苯丙氨酸 Phe	2.30	2.28	2.35	2.37	2.30
赖氨酸 Lys	2.61	2.57	2.55	2.63	2.44
组氨酸 His	1.02	1.01	0.99	1.02	0.97
精氨酸 Arg	2.79	2.76	2.73	2.80	2.66
必需氨基酸 EAA	18.47	18.27	18.20	19.02	17.87
总氨基酸 TAA	42.08	41.82	41.23	42.29	40.79

2 结果

2.1 牛磺酸及相关氨基酸对鲈鱼幼鱼生长的影响

牛磺酸及相关氨基酸对鲈鱼幼鱼生长的影响见表 3。从表 3 可以看出, 经过 70 d 的养殖实验, 5 个组的鲈鱼幼鱼的 SR 无显著差异($P>0.05$); T-1、T-2、M-0.5 及 C-0.5 组的终末体重、SGR 及 WGR 均显著高于 T-0(对照组)($P<0.05$); T-1、T-2、M-0.5 及 C-0.5 组的 FI 无显著差异($P>0.05$), 但均显著高于 T-0 组($P<0.05$); 5 个实验组的 FE 之间无显著差异

($P>0.05$); T-1、M-0.5 组的 PER 显著低于 T-0 组($P<0.05$), T-2、C-0.5 组的 PER 与 T-0 组无显著差异($P>0.05$); 5 个实验组的 PPV 之间无显著差异($P>0.05$)。

2.2 牛磺酸及相关氨基酸对鲈鱼幼鱼形体指标与鱼体化学组成的影响

牛磺酸及相关氨基酸对鲈鱼幼鱼形体指标的影响见表 4。从表 4 可以看出, T-2、M-0.5、C-0.5 组的 HSI 显著低于 T-0 组($P<0.05$), T-1 与 T-0 组 HSI 无显著差异($P>0.05$); 5 个实验组的 VSI 之间无显著差异($P>0.05$); T-1、T-2、M-0.5、C-0.5 组 CF 与 T-0 组无显著差异($P>0.05$)。

T-0 组鲈鱼鱼体的水分含量最高, 与 T-1 组差异不显著($P>0.05$), 但显著高于 T-2、M-0.5、C-0.5 组($P<0.05$); T-0 组鱼体粗蛋白与粗脂肪含量显著低于其他 4 个实验组($P<0.05$); M-0.5、C-0.5 组的鱼体灰分含量显著高于 T-1 组($P<0.05$), 但与 T-0、T-2 组差异不显著($P>0.05$)。

2.3 牛磺酸及相关氨基酸对鲈鱼幼鱼肝脏、肌肉氨基酸组成的影响

牛磺酸及相关氨基酸对鲈鱼幼鱼肝脏氨基酸组成的影响见表 5。从表 5 可以看出, T-1、T-2 组的牛磺酸含量显著高于其他 3 组($P<0.05$), 而 M-0.5、C-0.5 组牛磺酸含量与 T-0 组无显著差异($P>0.05$); T-1、T-2 组的半胱氨酸含量显著高于 T-0 组($P<0.05$), 而 M-0.5、C-0.5 组半胱氨酸含量与 T-0 组无显著差异($P>0.05$); T-1 组蛋氨酸含量显著高于 T-0 组($P<0.05$), 而 T-2、M-0.5、C-0.5 组蛋氨酸含量与 T-0 组无显著差异($P>0.05$); T-1、T-2、C-0.5 组的必需氨基酸及总氨基酸含量显著

表 3 牛磺酸及相关氨基酸对鲈鱼幼鱼生长的影响(平均值±标准误)

Tab.3 Effects of taurine and related amino acids on growth of juvenile Japanese seabass (Mean±SE)

指标 Parameters	组别 Groups				
	T-0	T-1	T-2	M-0.5	C-0.5
初始鱼重 Initial body weight(g)	8.13±0.03	8.10±0.05	8.15±0.01	8.13±0.02	8.12±0.02
终末体重 Final body weight(g)	60.57±0.46 ^c	75.52±0.67 ^a	76.05±0.51 ^a	71.31±0.58 ^b	75.92±0.93 ^a
特定生长率 SGR (%/d)	2.87±0.01 ^c	3.19±0.02 ^a	3.19±0.01 ^a	3.10±0.01 ^b	3.19±0.02 ^a
增重率 WGR (%)	644.78±3.72 ^c	832.89±12.36 ^a	832.71±5.89 ^a	776.90±6.28 ^b	834.53±10.07 ^a
成活率 SR (%)	97.33±2.67	97.33±2.67	100.00±0.00	98.67±1.33	94.67±1.33
摄食率 FI (%)	1.79±0.04 ^b	2.06±0.04 ^a	2.03±0.01 ^a	2.02±0.05 ^a	2.03±0.04 ^a
饲料效率 FE	1.22±0.03	1.12±0.02	1.14±0.02	1.12±0.02	1.13±0.02
蛋白效率比 PER	2.36±0.01 ^a	2.20±0.04 ^b	2.22±0.03 ^{ab}	2.19±0.03 ^b	2.21±0.04 ^{ab}
蛋白质沉积率 PPV (%)	40.79±0.96	37.89±0.53	38.67±0.46	38.03±0.61	38.57±0.87

注: 同行数据中不同字母表示差异性显著($P<0.05$), 表 4、表 5、表 6 下同

Note: The data in the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$), The same as in Tab.4, Tab.5 and Tab.6

表4 牛磺酸及相关氨基酸对鲈鱼幼鱼形体指标与鱼体化学组成的影响(平均值±标准误)(湿重)
Tab.4 Effects of taurine and related amino acids on physical indicators and body chemical compositions of juvenile Japanese seabass (Mean±SE) (Wet weight)

项目 Items	组别 Groups				
	T-0	T-1	T-2	M-0.5	C-0.5
肝体比 HSI (%)	1.64±0.05 ^a	1.49±0.04 ^{ab}	1.34±0.04 ^{bc}	1.26±0.03 ^c	1.27±0.01 ^c
脏体比 VSI (%)	11.12±0.38	10.91±0.26	10.01±0.29	10.28±0.50	10.58±0.20
肥满度 CF	1.06±0.01 ^{ab}	1.12±0.02 ^a	1.04±0.02 ^b	1.07±0.02 ^{ab}	1.07±0.01 ^{ab}
水分 Moisture (%)	71.57±0.16 ^a	70.33±0.32 ^{ab}	70.21±0.14 ^b	70.28±0.22 ^b	69.53±0.41 ^b
粗蛋白 Crude protein (%)	16.53±0.06 ^b	16.88±0.07 ^a	17.08±0.05 ^a	16.96±0.04 ^a	17.09±0.03 ^a
粗脂肪 Crude lipid (%)	7.36±0.08 ^c	8.27±0.10 ^b	8.24±0.07 ^b	8.13±0.04 ^b	8.94±0.04 ^a
灰分 Ash (%)	3.98±0.04 ^{ab}	3.87±0.06 ^b	3.94±0.04 ^{ab}	4.10±0.05 ^a	4.10±0.02 ^a

表5 鲈鱼幼鱼肝脏氨基酸组成(平均值±标准误)(%干物质)

Tab.5 Amino acid composition of liver of juvenile Japanese seabass (Mean±SE) (% dry matter)

氨基酸 Amino acids	组别 Groups				
	T-0	T-1	T-2	M-0.5	C-0.5
牛磺酸 Tau	0.55±0.02 ^b	1.45±0.02 ^a	1.50±0.04 ^a	0.48±0.02 ^b	0.56±0.02 ^b
天门冬氨酸 Asp	2.97±0.04 ^d	3.13±0.02 ^{bc}	3.23±0.02 ^{ab}	3.08±0.03 ^{cd}	3.32±0.03 ^a
苏氨酸 Thr	1.69±0.03 ^b	1.78±0.06 ^{ab}	1.83±0.02 ^{ab}	1.72±0.01 ^b	1.89±0.03 ^a
丝氨酸 Ser	1.58±0.04 ^b	1.63±0.03 ^{ab}	1.66±0.03 ^{ab}	1.57±0.04 ^b	1.76±0.04 ^a
谷氨酸 Glu	4.50±0.02 ^d	4.69±0.01 ^c	4.90±0.03 ^b	4.75±0.07 ^{bc}	5.23±0.04 ^a
甘氨酸 Gly	1.63±0.01 ^d	1.82±0.03 ^c	2.16±0.04 ^a	1.77±0.02 ^c	2.01±0.03 ^b
丙氨酸 Ala	1.73±0.02 ^c	2.03±0.03 ^{ab}	2.14±0.02 ^a	1.94±0.02 ^b	2.06±0.03 ^{ab}
半胱氨酸 Cys	1.26±0.03 ^c	1.63±0.03 ^a	1.46±0.04 ^b	1.36±0.03 ^{bc}	1.26±0.03 ^c
缬氨酸 Val	2.31±0.03 ^c	2.45±0.01 ^a	2.48±0.03 ^a	2.33±0.03 ^{bc}	2.43±0.02 ^{ab}
蛋氨酸 Met	1.55±0.02 ^b	1.73±0.02 ^a	1.57±0.05 ^{ab}	1.50±0.04 ^b	1.54±0.06 ^b
异亮氨酸 Ile	1.83±0.02 ^c	2.00±0.02 ^a	1.98±0.01 ^a	1.87±0.02 ^{bc}	1.95±0.03 ^{ab}
亮氨酸 Leu	3.06±0.03 ^c	3.32±0.02 ^a	3.36±0.02 ^a	3.17±0.02 ^b	3.35±0.01 ^a
酪氨酸 Tyr	1.52±0.02 ^b	1.63±0.02 ^{ab}	1.59±0.02 ^{ab}	1.54±0.03 ^b	1.67±0.03 ^a
苯丙氨酸 Phe	1.99±0.03 ^c	2.17±0.02 ^b	2.16±0.02 ^b	2.14±0.00 ^b	2.50±0.02 ^a
赖氨酸 Lys	2.61±0.03 ^c	2.80±0.02 ^b	2.92±0.03 ^a	2.70±0.01 ^{bc}	2.94±0.02 ^a
组氨酸 His	0.93±0.01 ^b	1.04±0.03 ^a	1.07±0.04 ^a	0.98±0.01 ^{ab}	1.02±0.02 ^{ab}
精氨酸 Arg	1.99±0.02 ^c	2.06±0.02 ^{bc}	2.10±0.01 ^b	1.88±0.03 ^d	2.23±0.02 ^a
必需氨基酸 EAA	17.95±0.13 ^b	19.35±0.27 ^a	19.47±0.19 ^a	18.30±0.08 ^b	19.86±0.12 ^a
总氨基酸 TAA	33.72±0.41 ^b	37.35±0.17 ^a	38.11±0.53 ^a	34.78±0.28 ^b	37.74±0.27 ^a

高于 T-0、M-0.5 组($P<0.05$), 而 M-0.5 组必需氨基酸及总氨基酸含量略高于 T-0 组, 但无显著差异($P>0.05$)。

鲈鱼幼鱼肌肉氨基酸组成见表 6。从表 6 可以看出, T-1、T-2 组的肌肉牛磺酸含量显著高于 T-0 组($P<0.05$), 且随着饲料中牛磺酸含量的增加, 鲈鱼肌肉中牛磺酸含量显著升高($P<0.05$), 而 M-0.5、C-0.5 组牛磺酸含量与 T-0 组无显著差异($P>0.05$); C-0.5 组肌肉的半胱氨酸含量显著低于 T-0 组($P<0.05$), 而 T-1、T-2

和 M-0.5 组肌肉半胱氨酸含量与 T-0 组无显著差异($P>0.05$); T-1 组的蛋氨酸含量显著高于 T-0 组($P<0.05$), 而 T-2、M-0.5、C-0.5 组的蛋氨酸含量与 T-0 组无显著差异($P>0.05$); M-0.5 组的肌肉必需氨基酸含量显著高于 T-0 组($P<0.05$), T-1、T-2、C-0.5 组的必需氨基酸含量略高于 T-0 组, 但无显著差异($P>0.05$); T-1、T-2、M-0.5 组的总氨基酸含量显著高于 T-0、C-0.5 组($P<0.05$), 而 C-0.5 组必需氨基酸含量略高于 T-0 组, 但无显著差异($P>0.05$)。

表 6 鲈鱼幼鱼肌肉氨基酸组成(平均值±标准误)(%干物质)

Tab.6 Amino acid composition of muscle of juvenile Japanese seabass (Mean±SE) (% dry matter)

氨基酸 Amino acids	组别 Groups				
	T-0	T-1	T-2	M-0.5	C-0.5
牛磺酸 Tau	0.43±0.02 ^{cd}	2.42±0.03 ^b	2.54±0.02 ^a	0.46±0.02 ^c	0.35±0.01 ^d
天门冬氨酸 Asp	8.39±0.02 ^c	8.82±0.03 ^a	8.45±0.03 ^c	8.62±0.03 ^b	8.49±0.03 ^{bc}
苏氨酸 Thr	3.91±0.02 ^c	4.09±0.01 ^a	3.95±0.02 ^{bc}	4.03±0.03 ^{ab}	3.94±0.03 ^{bc}
丝氨酸 Ser	3.41±0.03 ^b	3.58±0.04 ^a	3.42±0.02 ^b	3.53±0.02 ^{ab}	3.49±0.04 ^{ab}
谷氨酸 Glu	13.44±0.02	13.96±0.09	13.54±0.23	13.90±0.28	13.60±0.21
甘氨酸 Gly	4.37±0.08 ^a	4.06±0.03 ^{bc}	4.02±0.01 ^c	4.22±0.03 ^{ab}	4.27±0.04 ^a
丙氨酸 Ala	4.70±0.02 ^c	4.87±0.02 ^{ab}	4.85±0.04 ^b	4.99±0.03 ^a	4.90±0.02 ^{ab}
半胱氨酸 Cys	1.44±0.02 ^a	1.44±0.02 ^a	1.54±0.02 ^a	1.49±0.03 ^a	1.27±0.02 ^b
缬氨酸 Val	4.10±0.02 ^{bc}	4.21±0.03 ^{ab}	4.22±0.03 ^a	4.25±0.02 ^a	4.06±0.02 ^c
蛋氨酸 Met	2.63±0.02 ^{bc}	2.81±0.03 ^a	2.60±0.03 ^c	2.64±0.02 ^{bc}	2.74±0.03 ^{ab}
异亮氨酸 Ile	3.73±0.03 ^{bc}	3.85±0.02 ^a	3.84±0.03 ^{ab}	3.86±0.01 ^a	3.72±0.03 ^c
亮氨酸 Leu	6.76±0.01 ^d	7.02±0.04 ^{ab}	6.92±0.01 ^{bc}	7.04±0.02 ^a	6.83±0.03 ^{cd}
酪氨酸 Tyr	2.74±0.01 ^b	2.89±0.02 ^a	2.91±0.05 ^a	2.92±0.01 ^a	2.82±0.02 ^{ab}
苯丙氨酸 Phe	3.67±0.01 ^c	3.78±0.04 ^{bc}	3.91±0.03 ^b	4.15±0.04 ^a	3.88±0.04 ^b
赖氨酸 Lys	7.86±0.03 ^d	8.15±0.03 ^{ab}	8.01±0.04 ^{bc}	8.21±0.03 ^a	7.94±0.04 ^{cd}
组氨酸 His	2.14±0.03 ^b	2.15±0.01 ^b	2.14±0.02 ^b	2.25±0.03 ^a	2.19±0.02 ^{ab}
精氨酸 Arg	5.16±0.03	5.25±0.04	5.21±0.02	5.29±0.04	5.16±0.03
必需氨基酸 EAA	35.86±0.30 ^b	37.11±0.28 ^{ab}	36.57±0.37 ^{ab}	37.47±0.14 ^a	36.40±0.34 ^{ab}
总氨基酸 TAA	78.88±0.19 ^c	83.36±0.35 ^a	82.06±0.22 ^b	81.85±0.17 ^b	79.63±0.34 ^c

3 讨论

众多研究中,低鱼粉配方饲料对鱼类所造成的不良影响,通常是因为某些营养素的缺乏、饲料中可利用营养成分的差异以及适口性的变化导致摄食量下降,而植物蛋白源替代鱼粉时,通常需要补充必需氨基酸、必需脂肪酸和矿物质元素等必需营养素和生长因子,以满足鱼类的需要(骆艺文等, 2013; Jirsa *et al.*, 2013)。本研究饲料中添加牛磺酸、蛋氨酸和半胱氨酸均显著提高鲈鱼幼鱼的终末体重、SGR、WGR 与 FI,而各组之间 FE 无显著差异($P>0.05$),说明实验组之间的生长差异可能是由 FI 的变化引起的。饲料中添加牛磺酸、蛋氨酸和半胱氨酸不仅提高了饲料的营养价值,同时还提高了饲料适口性,改善了动物的摄食状况,从而提高 FI;牛磺酸具有诱食作用,在高植物蛋白饲料中添加牛磺酸可以提高 FI,进而改善生长,这在牙鲆(*Paralichthys olivaceus*) (Park *et al.*, 2002)、真鲷(*Pagrus major*) (Matsunari *et al.*, 2008)、细点牙鲷(*Dentex dentex*) (Chatzifotis *et al.*, 2008)等鱼

类中已被证实。高植物蛋白饲料中牛磺酸缺乏是引起生长下降及其他营养性疾病的重要原因,而本研究补充牛磺酸后弥补了这一缺陷,这可能也是添加牛磺酸的 2 组鲈鱼生长显著提高的主要原因。蛋氨酸具有某种特殊的味道,能改善饲料的风味,称为风味氨基酸。研究表明, 10^{-4} mol/L 蛋氨酸的刺激就能使大西洋庸鲽(*Hippoglossus hippoglossus*)嗅觉产生反应,可起到诱食作用(Yacoub *et al.*, 2007),这与本研究中添加蛋氨酸提高 FI 结果一致。饲料中添加蛋氨酸,弥补了高植物蛋白饲料中蛋氨酸不足的缺点,保证饲料氨基酸平衡,从而促进生长,这在大菱鲆(Ma *et al.*, 2013)、大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*) (Mai *et al.*, 2006)、大西洋鲑(*Salmon salar*) (Sveier *et al.*, 2001)等鱼类中已有报道。本研究饲料中添加半胱氨酸对鲈鱼幼鱼的生长与 FI 有显著促进作用,这与半胱氨酸不能促进大菱鲆(齐国山, 2012)¹⁾和白鲈(*Atractoscion nobilis*) (Jirsa *et al.*, 2014)的生长性能结果相反,这可能与饲料组成鱼的种类及养殖条件等差异有关,具体机制有待进一步研究。

1) Qi GS. Effects of dietary taurine, methionine, cystine, serine and cysteamine on growth performance and metabolism of taurine synthesis in turbot. Doctoral Dissertation of Ocean University of China, 2012 [齐国山. 饲料中牛磺酸、蛋氨酸、胱氨酸、丝氨酸和半胱胺对大菱鲆生长性能及牛磺酸合成代谢的影响. 中国海洋大学博士研究生学位论文, 2012]

饲料中添加牛磺酸、蛋氨酸和半胱氨酸降低了鲈鱼幼鱼的鱼体水分含量,同时提高了鱼体的蛋白质和脂肪含量,这与在罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)、大菱鲂、军曹鱼(*Rachycentron canadum*)和异育银鲫的研究结果一致(周铭文等, 2015; 齐国山, 2012¹⁾; 骆艺文等, 2013; 贾鹏等, 2013)。鱼体蛋白质和脂肪含量的变化与鱼体的生长表现一致,说明补充牛磺酸、蛋氨酸和半胱氨酸可以改善鲈鱼幼鱼对植物蛋白源饲料的利用率。邱小琮等(2006)研究发现,牛磺酸可以提高甲状腺激素水平,进而促进蛋白质合成。牛磺酸一方面可以与游离胆汁酸结合形成牛磺胆酸,促进脂类的消化吸收;另一方面,可以提高肝脏和幽门盲囊中胆汁酸依赖型酶活性,而这也可能是鱼体脂肪含量升高的原因之一(骆艺文等, 2013)。

本研究经过对鱼体肝脏、肌肉氨基酸分析发现,5个组中所测得的肝脏所有氨基酸均有差异,且牛磺酸、蛋氨酸和半胱氨酸添加组的总必需氨基酸与总氨基酸含量均高于对照组(表5);在各组测得的肌肉氨基酸中,除谷氨酸、精氨酸之外,其他氨基酸均有差异,且牛磺酸、蛋氨酸和半胱氨酸添加组的总必需氨基酸与总氨基酸含量均高于对照组(表6),表明高植物蛋白饲料中补充牛磺酸、蛋氨酸和半胱氨酸可以改善养殖鲈鱼的氨基酸组成,有效促进鱼体内氨基酸沉积,当饲料牛磺酸水平适宜时,可提高大西洋鲑鱼肝脏和肌肉中所有游离氨基酸含量(Espe *et al.*, 2012);同样的,牛磺酸对罗非鱼肝脏和肌肉中大部分游离氨基酸含量均产生影响(周铭文等, 2015);补充DL-蛋氨酸也可以有效促进其他必需氨基酸在异育银鲫幼鱼体内的沉积(贾鹏等, 2013)。

牛磺酸在虹鳟和其他一些鱼类体内可由蛋氨酸和半胱氨酸在肝脏中合成(Gaylord *et al.*, 2007)。鱼类的牛磺酸合成能力存在明显的种间差异,如在罗非鱼、虹鳟这些淡水鱼类中,牛磺酸合成能力相对较高,而海水鱼类如黄尾鲷(*Seriola quinqueradiata*)、日本牙鲆和真鲷的牛磺酸合成能力非常低甚至可忽略不计(Kim *et al.*, 2008; Goto *et al.*, 2001; Yokoyama *et al.*, 2001; Takagi *et al.*, 2006; Takagi *et al.*, 2011),研究认为,半胱氨酸亚磺酸通路是硬骨鱼类牛磺酸合成的主要途径,而该通路中的半胱氨酸亚磺酸脱羧酶(CSD)被认为是牛磺酸合成的限速酶。本研究虽未测定鲈鱼肝脏中CSD活性,但M-0.5与C-0.5组肝脏与肌肉中牛磺酸含量与T-0组相比并无显著升高,而且肝脏与肌肉中蛋氨

酸和半胱氨酸的含量也并未有显著升高,C-0.5组肌肉的半胱氨酸含量甚至显著低于T-0组,这可能说明鲈鱼不能利用蛋氨酸与半胱氨酸在体内合成牛磺酸,但这推测需要进一步测定CSD活性或CSD基因表达来提供证据支持。Haga等(2015)研究发现,虽然牛磺酸合成主要在肝脏进行,但CSD基因在鲈鱼的肝脏、幽门盲囊、胃、肾脏中均有表达,在真鲷的脑、鳃、心脏、胃、幽门盲囊、肝脏、脾脏和肾脏均有表达,与此相似。有研究发现,牛磺酸合成酶在肝脏、脑、肾脏和心脏均有活性,因此,有关牛磺酸合成的CSD基因对CSD酶活性的调节、CSD酶活性对具体牛磺酸合成的调节仍有待深入研究。

综上所述,在本研究条件下,饲料中添加牛磺酸、蛋氨酸和半胱氨酸均可显著提高鲈鱼幼鱼的生长;饲料中添加牛磺酸、蛋氨酸和半胱氨酸均可改善鲈鱼肝脏、肌肉组织中的氨基酸沉积状况。

参 考 文 献

- Chatzifotis S, Polemitou I, Divanach P, *et al.* Effect of dietary taurine supplementation on growth performance and bile salt activated lipase activity of common dentex, *Dentex dentex*, fed a fish meal/soy protein concentrate-based diet. *Aquaculture*, 2008, 275: 201–208
- Ding JH, Zhang YL. Methionine and cystine interaction relationship: A review. *Guangdong Feed*, 2008, 17(1): 32–34 [丁景华, 张永亮. 蛋氨酸和胱氨酸互作关系研究进展. *广东饲料*, 2008, 17(1): 32–34]
- Espe M, Ruohonen K, EI-Mowafi A. Effect of taurine supplementation on the metabolism and body lipid-to-protein ratio in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture Research*, 2012, 43(3): 349–360
- Gatlin DM, Barrows FT, Brown P, *et al.* Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: A review. *Aquaculture Research*, 2007, 38(6): 551–579
- Gaylord TG, Barrows FT, Teague AM, *et al.* Supplementation of taurine and methionine to all-plant protein diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 2007, 269(1): 514–524
- Goto T, Takagi S, Ichiki T, *et al.* Studies on the green liver in cultured red sea bream fed low level and non-fish meal diets: Relationship between hepatic taurine and biliverdin levels. *Fisheries Science*, 2001, 67(1): 58–63
- Griffith OW. Mammalian sulfur amino acid metabolism: An overview. *Methods in Enzymology*, 1987, 143(1): 366–376

1) Qi GS. Effects of dietary taurine, methionine, cystine, serine and cysteamine on growth performance and metabolism of taurine synthesis in turbot. Doctoral Dissertation of Ocean University of China, 2012 [齐国山. 饲料中牛磺酸、蛋氨酸、胱氨酸、丝氨酸和半胱胺对大菱鲂生长性能及牛磺酸合成代谢的影响. 中国海洋大学博士研究生学位论文, 2012]

- Haga Y, Kondo H, Kumagai A, *et al.* Isolation, molecular characterization of cysteine sulfinic acid decarboxylase (CSD) of red sea bream *Pagrus major* and yellowtail *Seriola quinqueradiata* and expression analysis of CSD from several marine fish species. *Aquaculture*, 2015, 449: 8–17
- Jia P, Xue M, Zhu X, *et al.* Effects of dietary methionine levels on the growth performance of juvenile Gibel Carp (*Carassius auratus* Gibelio). *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2013, 37(2): 217–226 [贾鹏, 薛敏, 朱选, 等. 饲料蛋氨酸水平对异育银鲫幼鱼生长性能影响的研究. *水生生物学报*, 2013, 37(2): 217–226]
- Jirsa D, Salze GP, Barrows FT, *et al.* First-limiting amino acids in soybean-based diets for white seabass *Atractoscion nobilis*. *Aquaculture*, 2013, 414–415: 167–172
- Jirsa D, Davis DA, Salze GP, *et al.* Taurine requirement for juvenile white seabass (*Atractoscion nobilis*) fed soy-based diets. *Aquaculture*, 2014, 422–423(1): 36–41
- Kim SK, Matsunari H, Takeuchi T, *et al.* Comparison of taurine biosynthesis ability between juveniles of Japanese flounder and common carp. *Amino Acids*, 2008, 35(1): 161–168
- Luo YW, Ai QH, Mai KS, *et al.* Effects of dietary taurine and cholesterol on growth performance, body composition and plasma metabolites in diets of cobia (*Rachycentron canadum* L.). *Periodical of Ocean University of China*, 2013, 43(8): 31–36 [骆艺文, 艾庆辉, 麦康森, 等. 饲料中添加牛磺酸和胆固醇对军曹鱼生长、体组成和血液指标的影响. *中国海洋大学学报*, 2013, 43(8): 31–36]
- Ma R, Hou HP, Mai KS, *et al.* Comparative study on the effects of L-methionine or 2-hydroxy-4-(methylthio) butanoic acid as dietary methionine source on growth performance and anti-oxidative responses of turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*, 2013, 412–413: 136–143
- Mai KS, Wan JL, Ai QH, *et al.* Dietary methionine requirement of juvenile yellow croaker, *Pseudosciaena crocea* R.. *Aquaculture*, 2006, 253: 564–572
- Marcinkiewicz J, Kontny E. Taurine and inflammatory diseases. *Amino Acids*, 2014, 46(1): 7–20
- Matsunari H, Furuita H, Yamamoto T, *et al.* Effect of dietary taurine and cystine on growth performance of juvenile red sea bream *Pagrus major*. *Aquaculture*, 2008, 274(1): 142–147
- NRC. Nutrient requirements of fish and shrimp. Washington, DC: National Academy Press, 2011, 360
- Park GS, Takeuchi T, Yokoyama M, *et al.* Optimal dietary taurine level for growth of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Fisheries Science*, 2002, 68(4): 824–829
- Qiu XC, Zhao HX. Effects of taurine on the growth and the contents of serum Triiodo-L-thyronine and thyroxine of Carp. *Freshwater Fisheries*, 2006, 36(1): 22–24 [邱小琼, 赵红雪. 牛磺酸对鲤生长及血清 T3、T4 含量的影响. *淡水渔业*, 2006, 36(1): 22–24]
- Stipanuk MH, Dominy JE. Surprising insights that aren't so surprising in the modeling of sulfur amino acid metabolism. *Amino Acids*, 2006, 30(3): 251–256
- Sveier H, Nordas H, Berge GE, *et al.* Dietary inclusion of crystalline D- and L-methionine: Effects on growth, feed and protein utilization, and digestibility in small and large Atlantic salmon (*Salmon salar* L.). *Aquaculture Nutrition*, 2001, 7(3): 169–181
- Takagi S, Mutara H, Goto T, *et al.* Hemolytic suppression roles of taurine in yellowtail *Seriola quinqueradiata* fed non-fishmeal diet based on soybean protein. *Fisheries Science*, 2006, 72(3): 546–555
- Takagi S, Murata H, Goto T, *et al.* Role of taurine deficiency in inducing green liver symptom and effect of dietary taurine supplementation in improving growth in juvenile red sea bream *Pagrus major* fed non-fishmeal diets based on soy protein concentrate. *Fisheries Science*, 2011, 77(2): 235–244
- Wade JV, Olson JP, Samson TE, *et al.* A possible role for taurine in osmoregulation within the brain. *Journal of Neurochemistry*, 1988, 51(3): 740–745
- Wu JY, Prentice H. Role of taurine in the central nervous system. *Journal of Biomedical Science*, 2010, 17(1): 1–6
- Xie WL, Guan YY, Ai CX. Physiological functions of taurine and its application in the fish formulated diet. *Feed Industry*, 2015, 36(14): 28–35 [解文丽, 关燕云, 艾春香. 牛磺酸的生理功能及其在鱼类配合饲料中的应用. *饲料工业*, 2015, 36(14): 28–35]
- Yacoub SY, Browman HI. Olfactory and gustatory sensitivity to some feed-related chemicals in the Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Aquaculture*, 2007, 263(1–4): 303–309
- Yokoyama M, Takeuchi T, Park GS, *et al.* Hepatic cysteinesulphinatase decarboxylase activity in fish. *Aquaculture Research*, 2001, 32(S1): 216–220
- Zhou MW, Wang HW, Ye JD. Effects of taurine supplementation on the growth, body composition and tissue free amino acid concentrations in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Fisheries of China*, 2015, 39(2): 213–223 [周铭文, 王和伟, 叶继丹. 饲料牛磺酸对尼罗罗非鱼生长、体成分及组织游离氨基酸含量的影响. *水产学报*, 2015, 39(2): 213–223]

Effects of Dietary Taurine and Related Amino Acids on Growth and Amino Acid Composition of Japanese Seabass (*Lateolabrax japonicus*)

LIU Xi^{1,2}, WANG Chengqiang^{1,2}, LIANG Mengqing^{1,3}①, XU Houguo¹

(1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071; 2. College of Fisheries and Life Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306; 3. Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266071)

Abstract A 10-week feeding experiment in indoor flowing-through water system was conducted to investigate the effects of dietary taurine, methionine and cysteine on growth and amino acid composition of Japanese seabass [mean initial weight (8.13±0.05) g]. A basal diet (as control) was formulated with 15% fish meal, 30% soybean meal, 13% corn gluten meal and 12% wheat gluten. The four experimental diets were supplemented with 1.0%, 2.0% taurine, 0.5% methionine and 0.5% cysteine (named as T-1, T-2, M-0.5 and C-0.5, respectively) to the basal diet to formulate isonitrogenous and isolipidic diets. Triplicate groups of 25 fish were fed to apparent satiation twice daily. During the experimental period, water temperature ranged in 23.2–28.8°C, and the dissolved oxygen content was approximately 7 mg/L. The results showed that the final body weight (FBW), specific growth rate (SGR), weight gain (WGR) and feed intake (FI) of T-1, T-2, M-0.5 and C-0.5 groups were significantly higher than those in the control group ($P<0.05$). Fish fed the diets with taurine, methionine and cysteine supplementation had significantly higher whole-body crude protein and crude lipid contents ($P<0.05$), while the whole-body moisture followed the opposite pattern. The taurine contents of liver and muscle in T-1 and T-2 groups were significantly higher than that in T-0 group ($P<0.05$), however, the taurine contents of liver and muscle in M-0.5 and C-0.5 groups showed no significant difference with T-0 group ($P>0.05$). Compared to the control, fish in T-1, T-2 and C-0.5 groups had higher liver essential amino acids and total amino acids contents ($P<0.05$), while these values were not significantly different in the M-0.5 group ($P>0.05$). The muscle essential amino acids content of the M-0.5 group was significantly higher than that of T-0 group ($P<0.05$), while fish in T-1, T-2 and M-0.5 groups had significantly higher muscle total amino acids contents than T-0 group ($P<0.05$). It is concluded that dietary taurine, methionine and cysteine could promote the growth of juvenile Japanese seabass under the experimental conditions, it can also improve the amino acids deposition in liver and muscle.

Key words *Lateolabrax japonicus*; Taurine; Growth; Amino acid composition

① Corresponding author: LIANG Mengqing, E-mail: liangmq@ysfri.ac.cn