

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2017.16219

伊乐藻对中华绒螯蟹生长和营养品质的影响

刘庆华, 黄姝, 岳武成, 陈晓雯, 彭智文, 王军, 王成辉

上海海洋大学 农业部淡水水产种质资源重点实验室, 上海 201306

摘要: 本研究分析了有伊乐藻(*Elodea nuttallii*)组和对照组(无伊乐藻)中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)在生长、肌肉氨基酸和脂肪酸组成等方面的差异, 探讨伊乐藻对中华绒螯蟹生长和营养品质的影响。结果显示, 有伊乐藻组中华绒螯蟹体重、壳长和壳宽增长率与肥满度均显著高于无伊乐藻组($P<0.05$), 但肝胰腺指数和性腺指数差异不显著($P>0.05$)。伊乐藻组中华绒螯蟹肌肉的氨基酸总量、必需氨基酸和鲜味氨基酸含量均显著高于无伊乐藻组($P<0.05$); 伊乐藻组的雌蟹肝胰腺中的鲜味氨基酸含量也显著高于无伊乐藻组($P<0.05$), 而伊乐藻组和无伊乐藻组的雄蟹肝胰腺氨基酸含量差异不显著($P>0.05$)。伊乐藻组和无伊乐藻组的中华绒螯蟹肌肉脂肪酸组成和含量差异不显著($P>0.05$), 但伊乐藻组中华绒螯蟹的肝胰腺饱和脂肪酸(SFA)、单不饱和脂肪酸(MUFA)和多不饱和脂肪酸(PUFA)含量均显著高于无伊乐藻组($P<0.05$)。综上所述, 伊乐藻不仅有利于中华绒螯蟹的生长, 而且能改善中华绒螯蟹的营养品质。

关键词: 中华绒螯蟹; 伊乐藻; 生长; 氨基酸; 脂肪酸

中图分类号: S966

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2017)01-0091-09

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)俗称河蟹、大闸蟹, 是一种肉质鲜美的特种水产品, 具有独特的风味和重要的经济价值^[1]。近年来, 水草在中华绒螯蟹养殖中的作用越来越受到人们的重视, 种植水草已成为中华绒螯蟹养殖过程中最关键的技术措施之一。水草不仅含有丰富的营养物质, 是中华绒螯蟹的天然饵料和重要的营养来源, 而且还可以为中华绒螯蟹提供栖息、蜕壳、隐蔽的场所^[2]。同时, 水草还可以净化水质, 提高养蟹产量和改善养成品质^[3]。目前已有水草对中华绒螯蟹生长发育、成活率、摄食等方面影响的相关研究报道, 如史建华等^[4]研究认为在蟹塘中合理种植轮叶黑藻和伊乐藻, 有助于提高大规格蟹的比例; 张强等^[5]报道, 当池塘水草覆盖度在 60%左右时, 有利于中华绒螯蟹的生长发育, 且成活率更高, 规格更大; 温周瑞等^[6]发现, 即使在饵料过剩的情况下, 中华绒螯蟹仍要摄食少量水草, 满足其

多种营养的需要。由此可见, 水草对中华绒螯蟹的养殖具有极为重要的作用。

当前, 中华绒螯蟹养殖已从提高生长规格为主, 发展为生长规格与养成品质并重, 如何提高养成中华绒螯蟹的品质是其未来生态养殖的发展方向。水草作为中华绒螯蟹养殖过程中的一种极为重要的生态因子, 其对养成品质的影响尚未见报道。本研究以水草伊乐藻为例, 分析了中华绒螯蟹在有伊乐藻和无伊乐藻两种试验池塘养殖环境下的生长、氨基酸和脂肪酸组成等方面的差异, 探讨伊乐藻对中华绒螯蟹生长和营养品质的影响, 以期为进一步提高中华绒螯蟹的生态养殖水平和养成品质提供相关的数据支撑和理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料来源与试验设计

试验用蟹来自上海海洋大学中华绒螯蟹良种

收稿日期: 2016-07-21; 修订日期: 2016-09-07.

基金项目: 上海市中华绒螯蟹产业技术体系项目[沪农科(产)字 2017 第 4 号]; 上海市科委崇明科技专项项目(13391912102); 上海市工程技术中心建设项目(13DZ2251800).

作者简介: 刘庆华(1990–), 男, 硕士研究生, 研究方向为水产动物种质资源与种苗工程. E-mail: 1181505255@qq.com

通信作者: 王成辉, 教授. E-mail: wangch@shou.edu.cn

选育系 A 的 2 龄个体, 总数 240 只, 雌雄各半, 雌蟹平均体重为 (40.03 ± 6.77) g, 雄蟹平均体重为 (48.19 ± 6.24) g。随机分为两组: 伊乐藻组(试验组, 有伊乐藻, 预先用地笼种植)和无伊乐藻组(对照组), 每组设 3 个重复, 每重复为面积 9 m^2 的试验水泥池($3 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 1 \text{ m}$, 光滑瓷砖贴面)。每池放养雌雄蟹各 20 只, 共 40 只。伊乐藻组与无伊乐藻组的放养蟹在起始体重上差异不显著($P > 0.05$)。试验地点为上海海洋大学水产动物种质试验站(上海市浦东新区新场镇)。试验日期从 2015 年 8 月 7 日到 2015 年 10 月 20 日, 共 70 d。试验期间, 除伊乐藻组的伊乐藻种植面积保持在 50% 的池塘面积外, 两处理组池塘的饲养管理一致。试验期间, 种植伊乐藻的水泥池平均水温 25.3°C , 溶氧 8.13 mg/L , pH 为 8.57, 氨氮含量为 0.23 mg/L ; 而无水草的水泥池平均水温 26.1°C , 溶氧 7.10 mg/L , pH 为 7.97, 氨氮含量为 0.36 mg/L 。

1.2 生长性状测定与分析

试验结束时, 分别取每个池内的全部中华绒螯蟹测定其生长性状, 包括体重(精确到 0.1 g)、壳长和壳宽(精确到 0.1 mm)。然后全部解剖, 取出肝胰腺和性腺组织称重, 用于计算其肝胰腺与性腺指数。具体参数分析如下:

$$\begin{aligned} R_{\text{BW}}(\%) &= (\text{BW}_1 - \text{BW}_0) / \text{BW}_0 \times 100 \\ R_{\text{CPL}}(\%) &= (\text{CPL}_1 - \text{CPL}_0) / \text{CPL}_0 \times 100 \\ R_{\text{CPW}}(\%) &= (\text{CPW}_1 - \text{CPW}_0) / \text{CPW}_0 \times 100 \\ K &= \text{BW} / (\text{CPL})^3 \end{aligned}$$

性腺指数(GSI, %) = 性腺质量/体重 $\times 100$

肝脏指数(HIS, %) = 肝脏质量/体重 $\times 100$

式中, R_{BW} 为体重增长率; BW 为体重(g); R_{CPL} 为壳长增长率; CPL 为壳长(mm); R_{CPW} 为壳宽增长率; CPW 为壳宽(mm); K 为肥满度。

1.3 营养品质测定与分析

试验结束时, 分别从每个池中随机挑选雌雄蟹各 5 只, 取出其全部肌肉和肝胰腺, 分别混合均匀后, 装入密封的实袋, 放于 -40°C 冰箱保存, 用于测定其脂肪酸和氨基酸组成与含量。

1.3.1 氨基酸的测定 准确称取 0.5 g 肌肉(或者肝胰腺), 放入 50 mL 烧杯中, 加入 15 mL 5% 的三氯乙酸(TCA)匀浆, 静置 2 h, 取上清液 10 mL , 4°C 离心 10 min , 取上清液 5 mL , 用 6 mol/L 、 1 mol/L

NaOH 溶液和 2 mol/L 浓盐酸调 pH 至 2.0, 蒸馏水定容至 10 mL , $0.45 \mu\text{m}$ 水相滤膜过滤至 2 mL 进样瓶。提取液用 SykamS-433D 氨基酸自动分析仪测定。

1.3.2 脂肪酸的测定 (1) 总脂的提取: 按 Folch 等^[7]的方法提取脂肪, 即用组织体积 20 倍的氯仿: 甲醇 ($V/V=2:1$) 提取脂类。

(2) 脂肪酸分析: 按吴旭干等^[8]的方法分析脂肪酸, 用 14% 的三氟化硼-甲醇溶液对总脂进行甲酯化处理, 脂肪酸检测所用仪器为 Agilent GC-MS 112-8867, 脂肪酸含量计算采用面积百分比法, 即单一的脂肪酸峰面积与总峰面积比算其相对含量。

1.4 数据处理

所有数据采用平均数 $\pm$ 标准差 ($\bar{x} \pm \text{SD}$) 表示, 应用 SPSS 17.0 统计软件进行数据处理和显著性检验, $P < 0.05$ 为显著, $P < 0.01$ 为极显著。

2 结果与分析

2.1 生长性能差异

两组雌雄蟹的生长相关指标存在极显著差异(表 1)。在 70 d 的试验期间, 伊乐藻组的中华绒螯蟹体质量、壳长、壳宽增长率分别比无伊乐藻组提高 75.74%、69.29%、58.08% ($P < 0.01$)。同样, 伊乐藻组的中华绒螯蟹平均肥满度(66.73%)也显著高于无伊乐藻组(62.42%) ($P < 0.05$)。伊乐藻组的雌雄蟹肝胰腺指数和性腺指数略高于无伊乐藻组, 但均不存在显著差异($P > 0.05$)。此外, 伊乐藻组的成蟹存活率为 65.0%, 略高于无伊乐藻组的 61.6%, 差异不显著($P > 0.05$)。

2.2 氨基酸的比较分析

两组中华绒螯蟹肌肉和肝胰腺中均检测出 17 种氨基酸, 色氨酸(Try)在酸性水解过程中被破坏未被检出(表 2 和表 3)。其中必需氨基酸(EAA)有 7 种, 分别为苏氨酸(Thr)、缬氨酸(Val)、蛋氨酸(Met)、异亮氨酸(Ile)、亮氨酸(Leu)、苯丙氨酸(Phe)、赖氨酸(Lys)。

2.2.1 肌肉的氨基酸含量比较 伊乐藻组中华绒螯蟹肌肉氨基酸总量、必需氨基酸(EAA)总量和鲜味氨基酸总量均显著高于无伊乐藻组($P < 0.05$) (表 2)。从单个氨基酸看, 两组的雌蟹肌肉有 11 种

表 1 伊乐藻组和无伊乐藻组的中华绒螯蟹生长相关指标的比较

Tab. 1 Comparison of the growth indexes of *Eriocheir sinensis* reared in the ponds with and without *Elodea nuttallii*

n=152; $\bar{x} \pm \text{SD}$; $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$

生长 指标 growth index	雌 female		雄 male		雌雄总平均 the average of male and female	
	伊乐藻组	无伊乐藻组	伊乐藻组	无伊乐藻组	伊乐藻组	无伊乐藻组
	with <i>Elodea nuttallii</i>	without <i>Elodea nuttallii</i>	with <i>Elodea nuttallii</i>	without <i>Elodea nuttallii</i>	with <i>Elodea nuttallii</i>	without <i>Elodea nuttallii</i>
R_{BW}	95.05±6.86 ^A	53.54±10.36 ^B	119.70±11.35 ^A	68.79±6.51 ^B	108.61±8.45 ^A	61.80±4.56 ^B
R_{CPL}	23.79±2.43 ^A	15.88±2.53 ^B	26.89±4.62 ^A	14.15±5.64 ^B	25.36±3.23 ^A	14.98±3.37 ^B
R_{CPW}	23.94±1.65 ^A	15.49±1.83 ^B	27.45±4.62 ^A	16.93±2.30 ^B	25.72±2.65 ^A	16.27±2.07 ^B
K	65.63±3.23 ^a	59.15±1.73 ^b	67.84±0.70 ^a	65.47±1.31 ^a	66.73±1.71 ^a	62.42±1.53 ^b
HSI	5.85±0.07 ^a	6.16±0.30 ^a	4.79±0.31 ^a	5.00±0.11 ^a	5.32±0.18 ^a	5.48±0.10 ^a
GSI	5.33±0.39 ^a	5.61±0.90 ^a	1.89±0.11 ^a	2.09±0.19 ^a	3.61±0.25 ^a	3.86±0.50 ^a

注: 同行不同小写字母表示差异显著($P<0.05$), 不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$).

Note: Different small letters in the same row denote significant difference ($P<0.05$). Different capital letters in the same row denote extremely significant difference ($P<0.01$).

表 2 伊乐藻组和无伊乐藻组中华绒螯蟹肌肉氨基酸组成与含量

Tab. 2 The composition and content of amino acids in the muscle of *Eriocheir sinensis* reared in the ponds with and without *Elodea nuttallii*

n=12; $\bar{x} \pm \text{SD}$; $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$

氨基酸 amino acid	雌 female		雄 male		雌雄总平均 the average of male and female	
	伊乐藻组	无伊乐藻组	伊乐藻组	无伊乐藻组	伊乐藻组	无伊乐藻组
	with <i>Elodea nuttallii</i>	without <i>Elodea nuttallii</i>	with <i>Elodea nuttallii</i>	without <i>Elodea nuttallii</i>	with <i>Elodea nuttallii</i>	without <i>Elodea nuttallii</i>
Thr	2.37±0.26	2.42±0.06	2.78±0.46	2.08±0.26	2.41±0.18	2.25±0.43
Val	1.75±0.04 ^A	1.14±0.00 ^B	1.38±0.10	1.14±0.01	1.49±0.02 ^a	1.14±0.01 ^b
Met	1.68±0.45 ^a	1.11±0.00 ^b	1.59±0.24	1.22±0.02	1.67±0.33 ^a	1.15±0.00 ^b
Ile	1.71±0.02 ^A	1.16±0.00 ^B	1.75±0.34	1.25±0.01	1.72±0.10 ^A	1.20±0.00 ^B
Leu	1.23±0.04 ^a	1.13±0.00 ^b	1.33±0.15	1.11±0.03	1.26±0.02 ^a	1.12±0.01 ^b
Phe	0.86±0.05 ^a	0.71±0.01 ^b	0.79±0.19	0.52±0.04	0.86±0.04 ^a	0.67±0.06 ^b
Lys	1.31±0.03 ^a	1.18±0.00 ^b	1.48±0.18	1.06±0.27	1.38±0.04	1.17±0.15
必需氨基酸总量 TEAA	10.91±0.19 ^A	7.35±0.21 ^B	11.01±0.61 ^{a1}	8.38±0.51 ^b	10.79±0.33 ^a	8.70±0.66 ^b
Asp	0.62±0.00	0.62±0.00	0.62±0.00	0.62±0.00	0.62±0.00	0.62±0.00
Ser	0.63±0.15	0.45±0.05	0.38±0.13	0.33±0.06	0.55±0.13	0.40±0.06
Glu	0.90±0.03	0.85±0.01	0.95±0.07 ^a	0.81±0.04 ^b	0.93±0.03	0.83±0.06
Gly	3.97±0.78	2.97±0.04	4.50±0.04 ^a	3.59±0.53 ^b	4.24±0.40	3.28±0.46
Ala	3.88±0.24 ^a	2.91±0.10 ^b	3.64±0.13 ^a	2.84±0.31 ^b	3.74±0.07 ^a	2.87±0.16 ^b
Cys	0.07±0.01 ^a	0.04±0.00 ^b	0.07±0.01 ^a	0.04±0.00 ^b	0.07±0.00 ^a	0.04±0.00 ^b
Tyr	0.17±0.01	0.16±0.00	0.16±0.05	0.13±0.01	0.18±0.00	0.15±0.02
His	0.37±0.04 ^a	0.22±0.01 ^b	0.35±0.09	0.22±0.02	0.39±0.03 ^a	0.22±0.03 ^b
Arg	3.00±0.21 ^A	1.50±0.10 ^B	1.44±0.40	1.41±0.56	1.81±0.28	1.46±0.36
Pro	3.33±0.23 ^a	1.38±0.08 ^b	3.17±0.80 ^a	1.35±0.64 ^b	3.25±0.33 ^a	1.36±0.70 ^b
氨基酸总量 TAA	27.85±0.60 ^a	18.40±4.12 ^b	27.38±1.96 ^a	20.72±2.15 ^b	26.57±1.50 ^a	19.93±3.01 ^b
TEAA/TAA	0.39	0.40	0.40	0.40	0.41	0.43
鲜味氨基酸 umami amino acid	9.37±1.15 ^a	7.35±0.15 ^b	9.71±0.09 ^a	7.86±0.81 ^b	9.53±0.50 ^a	7.60±0.38 ^b

注: 同行不同小写字母表示差异显著($P<0.05$), 不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$).

Note: Different small letters in the same row denote significant difference ($P<0.05$). Different capital letters in the same row denote extremely significant difference ($P<0.01$).

氨基酸含量存在显著差异($P<0.05$),即丙氨酸(Ala)、胱氨酸、(Cys)、缬氨酸(Val)、蛋氨酸(Met)、异亮氨酸(Ile)、亮氨酸(Leu)、苯丙氨酸(Phe)、组氨酸(His)、精氨酸(Arg)与脯氨酸(Pro)。

2.2.2 肝胰腺的氨基酸含量比较 伊乐藻组的中华绒螯蟹肝胰腺中必需氨基酸含量和氨基酸总量稍高于无伊乐藻组,但差异不显著($P>0.05$) (表 3)。伊乐藻组雌蟹肌肉鲜味氨基酸总量显著高于无伊乐藻组($P<0.05$),但两组雌雄总量差异不显著($P>0.05$)。从单个氨基酸看,两组雌蟹的肌肉甘氨酸含量差异极显著($P<0.01$),组氨酸差异显著($P<0.05$);而两组雄蟹的肌肉苏氨酸含量差异极

显著($P<0.01$),丝氨酸和异亮氨酸含量差异显著($P<0.05$);雌雄蟹在其余氨基酸含量均表现为伊乐藻组稍高于无伊乐藻组,但两组间差异均不显著($P>0.05$)。

2.3 脂肪酸的比较分析

2.3.1 肌肉的脂肪酸组成与含量比较 幼蟹肌肉中共检测出 16 种脂肪酸,其中饱和脂肪酸(SFA)6 种,单不饱和脂肪酸(MUFA)4 种,多不饱和脂肪酸(PUFA)6 种(表 4)。伊乐藻组的中华绒螯蟹肌肉单个脂肪酸含量均稍高于无伊乐藻组,但均差异不显著($P>0.05$)。同样,两组的中华绒螯蟹肌肉 SFA、MUFA 和 PUFA 总量也均无显著差异($P>0.05$)。

表 3 伊乐藻组和无伊乐藻组的中华绒螯蟹的肝胰腺氨基酸组成与含量
Tab. 3 The composition and content of amino acids in the hepatopancreas of *Eriocheir sinensis* reared in the ponds with and without *Elodea nuttallii*

氨基酸 amino acid	雌 female		雄 male		雌雄总平均 the average of male and female	
	伊乐藻组 with <i>Elodea nuttallii</i>	无伊乐藻组 without <i>Elodea nuttallii</i>	伊乐藻组 with <i>Elodea nuttallii</i>	无伊乐藻组 without <i>Elodea nuttallii</i>	伊乐藻组 with <i>Elodea nuttallii</i>	无伊乐藻组 without <i>Elodea nuttallii</i>
Thr	1.23±0.36	0.87±0.15	0.87±0.03 ^A	0.67±0.04 ^B	0.95±0.19	0.87±0.09
Vla	0.80±0.18	0.72±0.18	0.64±0.10	0.49±0.10	0.65±0.06	0.68±0.17
Met	0.66±0.22	0.31±0.09	0.34±0.02	0.39±0.10	0.52±0.12	0.33±0.04
Ile	0.66±0.20	0.45±0.11	0.48±0.03 ^a	0.36±0.05 ^b	0.51±0.12	0.46±0.06
Leu	1.82±0.59	1.03±0.25	1.07±0.05	0.96±0.11	1.39±0.31	1.05±0.13
Phe	1.45±0.56	0.94±0.13	0.82±0.08	0.86±0.04	1.16±0.26	0.88±0.05
Lys	2.04±0.67	1.03±0.20	1.14±0.05	1.15±0.15	1.60±0.31	1.09±0.15
必需氨基酸总量 TEAA	8.66±2.41	5.35±1.20	5.36±0.10	4.88±0.26	6.78±1.37	5.36±0.69
Asp	0.29±0.12	0.13±0.05	0.19±0.04	0.15±0.04	0.22±0.06	0.16±0.02
Ser	0.93±0.25	0.63±0.11	0.64±0.01 ^a	0.53±0.06 ^b	0.72±0.12	0.64±0.07
Glu	0.83±0.18	0.62±0.07	0.65±0.10	0.59±0.08	0.71±0.07	0.61±0.08
Gly	0.95±0.09 ^A	0.65±0.01 ^B	0.67±0.11	0.68±0.23	0.81±0.16	0.66±0.08
Ala	1.83±0.31	1.34±0.10	1.45±0.12	1.32±0.15	1.57±0.14	1.39±0.10
Cys	0.40±0.11	0.22±0.05	0.22±0.03	0.24±0.01	0.32±0.06	0.22±0.04
Tyr	1.06±0.39	0.65±0.13	0.61±0.03	0.62±0.07	0.84±0.20	0.63±0.06
His	1.04±0.29 ^a	0.50±0.09 ^b	0.55±0.05	0.77±0.14	0.91±0.16 ^a	0.53±0.05 ^b
Arg	2.88±0.90	1.37±0.47	1.15±0.14	1.42±0.28	2.10±0.31	1.40±0.38
Pro	1.08±0.31	0.90±0.18	0.64±0.03	0.60±0.05	0.84±0.14	0.77±0.13
氨基酸总量 TAA	19.94±5.39	12.37±2.07	12.13±0.35	11.80±1.13	16.87±2.79	12.23±1.70
TEAA/TAA	0.43	0.43	0.44	0.41	0.41	0.41
鲜味氨基酸 umami amino acid	3.89±0.59 ^a	2.74±0.23 ^b	2.74±0.47	2.95±0.44	3.31±0.43	2.82±0.28

注: 同行不同小写字母表示差异显著($P<0.05$), 不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)。
Note: Different small letters in the same row denote significant difference ($P<0.05$). Different capital letters in the same row denote extremely significant difference ($P<0.01$).

表 4 伊乐藻组和无伊乐藻组的中华绒螯蟹肌肉脂肪酸组成与含量

Tab. 4 The composition and content of fatty acids in the muscle of *Eriocheir sinensis* reared in the ponds with and without *Elodea nuttallii*

n=12; $\bar{x} \pm SD$; mg·g⁻¹

脂肪酸 fatty acid	雌 female		雄 male		雌雄总平均 the average of male and female	
	伊乐藻组 with <i>Elodea nuttallii</i>	无伊乐藻组 without <i>Elodea nuttallii</i>	伊乐藻组 with <i>Elodea nuttallii</i>	无伊乐藻组 without <i>Elodea nuttallii</i>	伊乐藻组 with <i>Elodea nuttallii</i>	无伊乐藻组 without <i>Elodea nuttallii</i>
C _{14:0}	0.02±0.01	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.02±0.00	0.01±0.00
C _{15:0}	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.01	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00
C _{16:0}	0.99±0.30	0.85±0.13	0.91±0.35	0.71±0.01	0.95±0.30	0.78±0.17
C _{17:0}	0.04±0.02	0.04±0.00	0.06±0.03	0.03±0.00	0.05±0.02	0.03±0.00
C _{18:0}	0.60±0.21	0.55±0.05	0.81±0.52	0.44±0.01	0.70±0.35	0.49±0.07
C _{20:0}	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00
ΣSFA	1.67±0.54	1.47±0.19	1.82±0.92	1.20±0.32	1.75±0.68	1.33±0.25
C _{16:1n9}	0.17±0.05	0.13±0.03	0.12±0.05	0.06±0.02	0.14±0.04	0.10±0.02
C _{17:1n7}	0.03±0.01	0.02±0.00	0.03±0.01	0.01±0.00	0.03±0.01	0.01±0.00
C _{18:1n9}	1.83±0.65	1.83±0.25	1.51±0.45	1.34±0.27	1.67±0.54	1.58±0.25
C _{20:1}	0.06±0.03	0.07±0.01	0.08±0.02	0.05±0.01	0.07±0.02	0.06±0.01
ΣMUFA	2.08±0.73	2.06±0.30	1.73±0.54	1.46±0.29	1.91±0.60	1.76±0.29
C _{18:2n6}	0.87±0.34	0.80±0.09	0.83±0.19	0.53±0.10	0.85±0.25	0.67±0.09
C _{18:3n3}	0.12±0.04	0.08±0.02	0.13±0.08	0.04±0.01	0.12±0.06	0.06±0.01
C _{20:2n6}	0.10±0.05	0.09±0.03	0.12±0.05	0.08±0.01	0.11±0.05	0.09±0.01
C _{20:4n6}	0.21±0.09	0.20±0.03	0.20±0.08	0.16±0.01	0.21±0.08	0.18±0.02
C _{20:5n3}	1.49±0.71	1.35±0.17	1.57±0.72	1.07±0.14	1.53±0.71	1.21±0.15
C _{22:6n3}	1.40±0.57	1.36±0.15	1.52±0.67	1.01±0.19	1.46±0.62	1.18±0.16
ΣPUFA	4.18±1.79	3.32±0.09	4.36±1.77	2.88±0.45	4.27±1.76	3.10±0.18
ΣHUFA	6.26±2.52	5.38±0.39	6.09±2.31	4.34±0.74	6.18±2.36	4.86±0.47
n3ΣPUFA	3.00±1.31	2.79±0.32	3.21±1.46	2.12±0.33	3.11±1.39	2.45±0.32
n6ΣPUFA	1.11±0.18	1.10±0.08	1.15±0.31	0.76±0.10	1.17±0.38	0.94±0.12
n3/n6	2.70	2.54	2.79	2.78	2.66	2.61
EPA+DHA	2.88±1.27	2.71±0.31	3.08±1.38	2.08±0.32	2.99±1.33	2.39±0.31

注: 同行不同小写字母表示差异显著($P<0.05$), 不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$).

Note: Different small letters in the same row denote significant difference ($P<0.05$). Different capital letters in the same row denote extremely significant difference ($P<0.01$).

2.3.2 肝胰腺的脂肪酸组成与含量比较 肝胰腺中共检测出 22 种脂肪酸, 其中饱和脂肪酸(SFA)10 种, 单不饱和脂肪酸(MUFA)6 种, 多不饱和脂肪酸(PUFA) 6 种(表 5)。伊乐藻组的中华绒螯蟹肝胰腺的 SFA、MUFA 和 PUFA 总量均极显著高于无伊乐藻组($P<0.01$), 其中 SFA 高 44.70%, MUFA 高 26.01%, PUFA 高 58.26%。从单个脂肪酸含量看, 伊乐藻组的雌蟹有 11 种脂肪酸, 雄蟹有 12 种脂肪酸含量均显著高于无伊乐藻组($P<0.05$)。从性别看, 伊乐藻组的雌蟹 SFA、

MUFA、PUFA 总量分别比无伊乐藻组的高 50.72%、25.64%、54.48%; 伊乐藻组的雄蟹 SFA、MUFA、PUFA 总量分别比无伊乐藻组的高 36.74%、27.52%、62.96%。伊乐藻组的雌蟹、雄蟹的 EPA+DHA 含量分别比无伊乐藻组的高 76.86%、76.10%, 雌雄蟹平均高 76.62%, 差异极显著($P<0.01$)。

3 讨论

3.1 伊乐藻对中华绒螯蟹生长的影响

饲养环境对中华绒螯蟹生长发育有直接影响,

表 5 伊乐藻组和无伊乐藻组的中华绒螯蟹肝胰腺脂肪酸组成与含量
Tab. 5 The composition and content of amino acids in the hepatopancreas of *Eriocheir sinensis* reared in the ponds with and without *Elodea nuttallii*

n=12; $\bar{X} \pm \text{SD}$; $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$

脂肪酸 fatty acid	雌 female		雄 male		雌雄总平均 the average of male and female	
	伊乐藻组 with <i>Elodea nuttallii</i>	无伊乐藻组 without <i>Elodea nuttallii</i>	伊乐藻组 with <i>Elodea nuttallii</i>	无伊乐藻组 without <i>Elodea nuttallii</i>	伊乐藻组 with <i>Elodea nuttallii</i>	无伊乐藻组 without <i>Elodea nuttallii</i>
C _{14:0}	1.93±0.20 ^A	1.09±0.21 ^B	1.39±0.27	0.96±0.23	1.66±0.12 ^A	1.02±0.03 ^B
C _{15:0}	0.94±0.10 ^A	0.50±0.09 ^B	0.87±0.15 ^a	0.53±0.04 ^b	0.90±0.04 ^A	0.51±0.05 ^B
C _{16:0}	44.10±2.60 ^A	29.74±0.33 ^B	29.03±4.45	21.67±2.80	36.56±1.92 ^A	25.70±1.32 ^B
C _{17:0}	1.37±0.22 ^a	0.60±0.28 ^b	1.27±0.20 ^a	0.88±0.04 ^b	1.32±0.13 ^A	0.74±0.15 ^B
C _{18:0}	4.78±0.75 ^a	3.27±0.27 ^b	3.27±0.62	2.56±0.20	4.03±0.68	2.91±0.20
C _{20:0}	0.29±0.04 ^a	0.19±0.03 ^b	0.29±0.07	0.18±0.03	0.29±0.02 ^A	0.18±0.02 ^B
C _{21:0}	0.17±0.02 ^a	0.10±0.03 ^b	0.18±0.04 ^a	0.10±0.01 ^b	0.17±0.02 ^A	0.10±0.02 ^B
C _{22:0}	0.24±0.03	0.20±0.03	0.54±0.26	0.18±0.02	0.39±0.14	0.19±0.02
C _{23:0}	0.14±0.01	0.13±0.00	0.21±0.03 ^a	0.10±0.03 ^b	0.17±0.02 ^A	0.11±0.02 ^B
C _{24:0}	0.14±0.04	0.12±0.00	0.16±0.03 ^a	0.10±0.02 ^b	0.15±0.02 ^a	0.12±0.01 ^b
ΣSFA	54.17±3.00 ^A	35.94±0.63 ^B	37.25±5.31 ^a	27.24±3.04 ^b	45.71±1.70 ^A	31.59±1.21 ^B
C _{16:1n9}	13.83±2.75 ^a	8.42±0.13 ^b	7.75±1.14 ^a	5.18±0.31 ^b	10.79±2.67 ^a	6.80±0.22 ^b
C _{17:1n7}	0.77±0.16	0.61±0.09	0.73±0.11 ^a	0.46±0.03 ^b	0.75±0.03 ^a	0.53±0.06 ^b
C _{18:1n9}	89.59±2.90 ^A	74.04±3.79 ^B	60.51±9.18	49.15±5.36	75.05±4.56 ^a	61.60±3.69 ^b
C _{20:1}	4.22±0.84	3.47±0.15	2.91±0.44	2.36±0.39	3.56±0.21 ^a	2.91±0.26 ^b
C _{22:1n9}	2.10±0.77	1.40±0.44	2.21±0.38	1.46±0.52	2.15±0.19 ^a	1.43±.19 ^b
C _{24:1n9}	0.17±0.05	0.13±0.02	0.19±0.03 ^a	0.11±0.03 ^b	0.18±0.03 ^a	0.12±0.01 ^b
ΣMUFA	110.67±2.98 ^A	88.08±3.63 ^B	74.31±11.02	58.72±5.66	92.49±4.68 ^A	73.40±3.98 ^B
C _{18:2n6}	37.69±1.90 ^A	25.06±1.31 ^B	31.95±2.77 ^a	19.73±4.19 ^b	34.82±4.27 ^A	22.40±2.00 ^B
C _{18:3n3}	4.72±1.56	2.57±0.23	3.62±0.39 ^A	2.03±0.32 ^B	4.17±0.73 ^a	2.30±0.23 ^b
C _{20:2n6}	2.42±0.36	2.38±0.17	1.90±0.27	1.59±0.09	2.16±0.22	1.99±0.04
C _{20:4n6}	1.80±0.59	1.28±0.24	1.69±0.60	1.22±0.15	1.74±0.50	1.25±0.17
C _{20:5n3}	3.75±1.57	2.24±0.19	2.78±0.58 ^a	1.70±0.17 ^b	3.26±0.74 ^a	1.97±0.03 ^b
C _{22:6n3}	9.76±2.67 ^a	5.39±0.07 ^b	8.79±0.38 ^a	4.86±1.71 ^b	9.28±0.68 ^A	5.13±0.88 ^B
ΣPUFA	60.14±3.74 ^A	38.93±0.70 ^B	50.73±8.37 ^a	31.13±6.33 ^b	55.44±3.09 ^A	35.03±3.10 ^B
ΣHUFA	170.81±6.72 ^A	127.01±4.33 ^B	125.04±11.39 ^A	89.85±9.99 ^B	147.93±7.77 ^A	108.43±7.08 ^B
n3ΣPUFA	18.23±4.11 ^A	10.21±0.34 ^B	15.19±1.42 ^a	8.60±2.08 ^b	16.71±2.15 ^A	9.40±1.14 ^B
n6ΣPUFA	41.10±0.99 ^A	28.72±1.05 ^B	21.10±7.00	22.54±4.25	38.72±4.99 ^A	25.64±2.21 ^B
n3/n6	0.44	0.36	0.72	0.38	0.43	0.37
EPA+DHA	13.51±3.33 ^A	7.64±0.19 ^B	11.57±1.03 ^A	6.57±1.79 ^B	12.54±1.42 ^A	7.10±0.91 ^B

注：同行不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)，不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)。
Note: Different small letters in the same row denote significant difference ($P<0.05$). Different capital letters in the same row denote extremely significant difference ($P<0.01$).

不同的饲养环境中，中华绒螯蟹的生长速度存在显著差异^[9-10]。中华绒螯蟹为杂食性动物^[11]，在自然环境下，其胃内容物组成常以植物性的食物为主^[12]，说明对水草有很强的摄食能力。已广泛应用于中华绒螯蟹养殖生产中的伊乐藻，其含有少量的粗蛋白、粗脂肪、粗纤维等物质，可以在一定程度上提高中华绒螯蟹的消化酶活力，有助于蛋白质等营养物质的吸收^[13]。本研究发现，生长于有伊乐藻池塘的中华绒螯蟹，其相关生长指标与肥满度均显著高于生长于无伊乐藻池塘的中

华绒螯蟹, 表明有伊乐藻的环境更有利于中华绒螯蟹的生长, 这与黄姝^[14]的研究结果相似。两种环境下饲养的中华绒螯蟹肝胰腺指数和性腺指数差异不显著, 表明伊乐藻对中华绒螯蟹肝胰腺以及性腺发育的影响相对较小。

3.2 伊乐藻对中华绒螯蟹营养品质的影响

伊乐藻对中华绒螯蟹的养成品质具有重要影响^[3], 其富含多种营养物质, 而且其茎叶和根须中富含维生素 C、维生素 E 和维生素 B₁₂ 等, 这可以为中华绒螯蟹提供多种所需的营养物质以及能量来源, 促进体内营养物质的合成。B 类维生素可以保证机体内的营养物质的正常代谢, 而维生素 B₁₂ 参与脂肪和蛋白质的代谢。中华绒螯蟹摄食伊乐藻, 能够补充适量的维生素 B₁₂, 提高中华绒螯蟹对饲料中蛋白质的利用率^[15]。

中华绒螯蟹的风味与游离氨基酸和脂肪酸的含量有关, 其中鲜味氨基酸与不饱和脂肪酸含量越高, 中华绒螯蟹的风味越好^[16]。同时, 氨基酸含量(TAA)和必需氨基酸含量(EAA)也是水产品营养价值的重要指标^[8]。由表 2、表 3 可知, 两种池塘的中华绒螯蟹 EAA/TAA 值均在 0.4 左右, 这与 FAO/WHO^[17]提出的理想比值一致。有伊乐藻环境下的中华绒螯蟹, 其肌肉和肝胰腺的 TAA 和 EAA 含量均显著高于无伊乐藻的环境, 说明伊乐藻有改善和提升中华绒螯蟹营养价值的作用。中华绒螯蟹的鲜味氨基酸主要有天冬氨酸(Asp)、谷氨酸(Glu)、甘氨酸(Gly)和丙氨酸(Ala)4 种氨基酸, 鲜味氨基酸含量对水产动物风味有重要影响^[18-19]。中华绒螯蟹味鲜美, 这与其体内的鲜味氨基酸含量具有密不可分的关系。本试验发现, 有伊乐藻池塘养殖的中华绒螯蟹肌肉和肝胰腺中鲜味氨基酸含量显著高于无伊乐藻池塘, 表明伊乐藻确实能够改善中华绒螯蟹的风味。张彤晴等^[20]研究发现湖泊放流和围网养殖的中华绒螯蟹风味要好于池塘养殖, 这可能与湖泊和围网里水生植物丰富、水质较好有关, 反映出水草对中华绒螯蟹营养品质的重要影响。

本试验发现, 在有、无伊乐藻两种养殖环境中, 中华绒螯蟹的肌肉脂肪酸含量差异不显著, 这可能是由于中华绒螯蟹肌肉组织中的脂肪含量

较低而受到的影响较小。有伊乐藻池塘的蟹肝胰腺中的饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸均明显高于无伊乐藻池塘的。肝胰腺组织是中华绒螯蟹蟹黄的重要组成部分, 其口味的优劣是衡量河蟹品质的重要指标。Kimata 等^[21]研究发现棕榈油酸(C_{16:1})含量和口味之间存在着较高的正相关关系, 硬脂酸(C_{18:0})含量和口味之间则为负相关关系。本研究中, 有伊乐藻池塘的中华绒螯蟹蟹黄中与口味呈正相关的棕榈油酸(C_{16:1})含量显著高于无伊乐藻池塘, 而与口味呈负相关的硬脂酸(C_{18:0})仅在雌性河蟹中差异显著, 雄性则无明显差异, 说明伊乐藻能够提高河蟹蟹黄中棕榈油酸(C_{16:1})的含量使其品质更佳。此外, 有伊乐藻池塘的中华绒螯蟹肝胰腺中 C_{20:5}(EPA)、C_{22:6}(DHA)、油酸(C_{18:1})的含量显著高于无伊乐藻池塘。C_{20:5}(EPA)、C_{22:6}(DHA)为两种非常重要的高不饱和脂肪酸, 其对癌症具有一定的治疗作用^[22], 同时还可以防止动脉硬化, 增强人体的免疫力。而油酸(C_{18:1})可以降低人体血液的有害胆固醇, 其含量多少, 可作为评定食品品质的重要标志。以上结果均说明有伊乐藻环境的中华绒螯蟹肝胰腺营养更加丰富, 有益于人体健康。根据 FAO/WHO^[17]建议, 饮食中 n3/n6 的比例至少为 0.1~0.2, 比值越高对人健康越有利。本研究中, 有伊乐藻池塘的中华绒螯蟹雌雄群体的肌肉和肝胰腺 n3/n6 值均大于无伊乐藻池塘, 且 n3/n6 值高于 0.2。因此, 本研究进一步表明养殖环境中的伊乐藻确实能够使中华绒螯蟹具有更高的营养价值。

综上所述, 本研究通过分析在有、无伊乐藻两种池塘中的中华绒螯蟹的相关生长指标和营养指标, 表明养殖环境中的伊乐藻不仅有利于中华绒螯蟹的生长, 而且能较好改善中华绒螯蟹的品质与风味, 提高其营养价值。研究结果为中华绒螯蟹养殖过程中伊乐藻的合理应用提供了理论基础。

参考文献:

- [1] Wang W, Wang C H, Ma X Z. Ecological Culture of Crab[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2013: 343. [王武, 王成辉, 马旭洲. 河蟹生态养殖[M]. 北京: 中国农业出版社, 2013: 343.]
- [2] Li X H. The application of aquatic plants in shrimp and crab

- breeding[J]. Journal of Aquaculture, 2010(3): 20–22. [李兴辉. 水草在虾蟹养殖中的利用[J]. 水产养殖, 2010(3): 20–22.]
- [3] Wen X F, Zhang Y J, Ma H F, et al. Effects of different densities of the *Elodea nuttallii* on the water quality and quality of the Chinese mitten crab[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2012, 40(9): 214–217. [文晓峰, 张饮江, 马海峰, 等. 不同密度伊乐藻对中华绒螯蟹养殖水质及品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(9): 214–217.]
- [4] Shi J H, Liu Z J, Lu J T, et al. Effects of different planting patterns of aquatic plants on water quality and yield of crab pond[J]. Fisheries Science & Technology Information, 2014, 41(5): 5. [史建华, 刘智俊, 陆锦天, 等. 水草不同种植模式对蟹塘水质及产量的影响[J]. 水产科技情报, 2014, 41(5): 5.]
- [5] Zhang Q, Wang Z B, Yang X B, et al. Effects of the coverage of waterweed in pond on the growth of *Eriocheir sinensis*[J]. Animal Husbandry and Feed Science, 2014, 35(12): 66–67. [张强, 王志斌, 杨显斌, 等. 池塘中水草覆盖度对中华绒螯蟹生长的影响[J]. 畜牧与饲料科学, 2014, 35(12): 66–67.]
- [6] Wen Z R, Liu H J, Wu L H, et al. Study on crab about the selectivity and food consumption of different species of aquatic weeds[J]. Reservoir Fisheries, 2000, 20(1): 16–17. [温周瑞, 刘慧集, 吴琅虎, 等. 河蟹对几种水草的选择性与摄食量的研究[J]. 水利渔业, 2000, 20(1): 16–17.]
- [7] Folch J, Less M, Sloanestanley G H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues[J]. Biol Chem, 1957, 226: 497–509.
- [8] Wu X G, Wang Q, Lou B, et al. Effects of fattening period on ovarian development and nutritional quality of female swimming crab (*Portunus trituberculatus*)[J]. Journal of Fisheries of China, 2014, 38(2): 170–182. [吴旭干, 汪倩, 楼宝, 等. 育肥时间对三疣梭子蟹卵巢发育和营养品质的影响[J]. 水产学报, 2014, 38(2): 170–182.]
- [9] Cheng J X, Song X H, Wu L K, et al. Effects of feeding models on water quality for Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*)[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2008, 32(5): 657–668. [程建新, 宋学宏, 吴林坤, 等. 养殖水环境对中华绒螯蟹不同营养供给模式的响应[J]. 水生生物学报, 2008, 32(5): 657–668.]
- [10] Xu J R, Shen S D, Zhang J M, et al. Influence of environment on molting and growth of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*)[J]. Fisheries Science, 2006, 25(10): 505–508. [徐建荣, 沈颂东, 张加梅, 等. 环境条件对中华绒螯蟹大眼幼体蜕壳生长的影响[J]. 水产科学, 2006, 25(10): 505–508.]
- [11] Chen B L, Du N S, Ye H F. Analysis on the feeding habit of the mitten carb *Eriocheir sinensis*[J]. Fisheries Science & Technology Information, 1989(1): 2–5. [陈炳良, 堵南山, 叶鸿发. 中华绒螯蟹的食性分析[J]. 水产科技情报, 1989(1): 2–5.]
- [12] Rudnick D A, Halat K M, Resh V H. Distribution, ecology and potential impacts of the Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) in San Francisco Bay[D]. California: Univ Calif Water Resour Cent, 2000.
- [13] Sun L P. Assessment of common submerged macrophytes in East Taihu Lake as feed resources for *Eriocheir sinensis*[D]. Suzhou: Suzhou University, 2011: 25–30. [孙丽萍. 东太湖常见沉水植物作为中华绒螯蟹饲料源的可行性研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2011: 25–30.]
- [14] Huang S. Observation on molting and growth, molecular cloning and expression of ecdysone receptor (EcR) gene in adult Chinese mitten crab in the laboratory condition[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2014: 13–21. [黄姝. 试验室条件下中华绒螯蟹成蟹的蜕壳、生长观察与蜕皮激素受体基因的克隆、表达分析[D]. 上海: 上海海洋大学, 2014: 13–21.]
- [15] Wei J J. Requirement and physiological roles of dietary folic acid in juvenile Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis*[D]. Shanghai: East China Normal University, 2015: 38–52. [魏建军. 中华绒螯蟹幼蟹的叶酸营养生理研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2015: 38–52.]
- [16] Zheng H B. Analysis and comparison of the quality of Chinese mitten crab[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2008: 28–33. [郑海波. 中华绒螯蟹品质分析与比较[D]. 无锡: 江南大学, 2008: 28–33.]
- [17] Nations FAOO, Organization W H. Fats and Oils in Human Nutrition: Report of a Joint Expert Consultation, Organized by the Food and Agricultural Organization of the United Nations and the World Health Organization Rome, 19–26 October 1993[R]. World Health Organ, 1994.
- [18] Cai W J, Ye Y T, Qiu X H, et al. Analysis of amino acids in different growth stages of *Erythroculter ilishaeformis* in muscle[J]. Feed China, 2009(14): 40–41. [蔡卫俊, 叶元土, 邱晓寒, 等. 不同生长阶段翘嘴红鲌肌肉中的氨基酸分析[J]. 饲料广角, 2009(14): 40–41.]
- [19] Liu C J, Zhang J T. Handbook of Food Additives[M]. Beijing: China Expectation Press, 1988: 157–160. [刘纯洁, 张娟婷. 食品添加剂手册[M]. 北京: 中国展望出版社, 1988: 157–160.]
- [20] Zhang T Q. Nutrient parameter comparision and analysis on Chinese-mitten handed crab from different proliferation and culturing water[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University,

- 2005: 19–37. [张彤晴. 不同养殖水体长江水系中华绒螯蟹营养指标比较分析[D]. 南京: 南京农业大学, 2005: 19–37.]
- [21] Kimata M, Ishibashi T, Kamada T. Studies on relationship between sensory evaluation and chemical composition in various breeds of pork[J]. Jpn J Swine Sci, 2001, 38(2): 45–51.
- [22] Arrington J L, Chapkin R S, Switzer K C, et al. Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids modulate purified murine T-cell subset activation[J]. Clin Exp Immunol, 2001, 125(3): 499–507.

Effects of *Elodea nuttallii* on growth and nutritional quality of Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*

LIU Qinghua, HUANG Shu, YUE Wucheng, CHEN Xiaowen, PENG Zhiwen, WANG Jun, WANG Chenghui

Key Laboratory of Freshwater Fisheries Germplasm Resources, Ministry of Agriculture; Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

Abstract: Aquatic plants are one of the most important ecological factors in Chinese mitten crab culture. However, the effects of aquatic plants on growth of Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis* have not been quantitatively evaluated, and their effects on nutritional quality remain vague. In this study, we investigated the influence of an aquatic plant (*Elodea nuttallii*) on growth and nutritional quality of Chinese mitten crab, and compared growth and amino acid and fatty acid composition of adult Chinese mitten crab reared in concrete ponds with and without *E. nuttallii*. The results showed significant differences ($P < 0.05$) in body weight, carapace length, carapace width, and condition factor between Chinese mitten crabs reared with and without *E. nuttallii*, but no differences ($P > 0.05$) in the hepatopancreas or gonado somatic indices were observed between crabs in the two rearing environments. Amino acid, essential amino acid, and flavored amino acid contents in the muscle of Chinese mitten crabs reared in ponds with *E. nuttallii* were significantly higher than those in crabs reared in ponds without *E. nuttallii* ($P < 0.05$). The flavored amino acid contents in the hepatopancreas of female crabs reared with *E. nuttallii* were significantly higher than those in crabs reared without *E. nuttallii* ($P < 0.05$), but no differences were detected in males ($P > 0.05$). Muscle fatty acid composition and content were not different in crabs reared in the ponds with and without plants. However, saturated fatty acid, monounsaturated fatty acid, and polyunsaturated fatty acid contents in the hepatopancreas were significantly higher in crabs reared in the *E. nuttallii* ponds than in crabs reared in ponds without *E. nuttallii* ($P < 0.05$). These results indicate that *E. nuttallii* enhances growth of Chinese mitten crab and should help improve the nutritional quality of Chinese mitten crab.

Key words: *Eriocheir sinensis*; *Elodea nuttallii*; growth; amino acid; fatty acid

Corresponding author: WANG Chenghui. E-mail: wangch@shou.edu.cn