

文章编号: 1004-7271(2007)05-0448-06

土池肥水培育的生物饵料与卤虫无节幼体的脂类及脂肪酸组成的比较研究

朱地琴¹, 吴旭干², 潘迎捷¹, 成永旭²

(1. 上海水产大学食品学院, 上海 200090;

2. 上海水产大学农业部水产种质资源与养殖生态重点开放实验室, 上海 200090)

摘要:测定和比较了土池培育的褶皱臂尾轮虫(*Brachionus plicatilis*, 简称轮虫)、背刺胸刺水蚤(*Centropages dorsispinatus*, 简称桡足类)、日本新糠虾(*Neomysis japonica*, 简称糠虾)和渤海品系卤虫(*Artemia* sp.)无节幼体(简称卤幼)的水分、总脂、磷脂及脂肪酸组成。结果表明:(1)轮虫的水分含量显著高于其它3种生物饵料($P < 0.05$),卤幼的总脂/湿重、总脂/干重和磷脂/干重含量最高,轮虫的总脂含量最低($P < 0.05$),桡足类和糠虾的总脂及磷脂含量则介于两者之间。(2)4种生物饵料的脂肪酸组成差异显著($P < 0.05$),无论是中性脂还是极性脂,桡足类的DHA含量最高,糠虾和轮虫次之,卤幼最低($P < 0.05$);糠虾体内的EPA含量最高,卤幼次之,轮虫和桡足类的EPA含量显著低于前两者($P < 0.05$)。(3)4种生物饵料中的 Σ HUFA的含量由高到低依次为糠虾 > 桡足类 > 轮虫 > 卤幼,DHA/EPA值大小依次为桡足类 > 轮虫 > 糠虾 > 卤幼。

关键词:生物饵料;土池肥水培育;脂类含量;脂肪酸组成

中图分类号:S 963.2 文献标识码:A

A comparative study of lipid content and fatty acid composition in live foods from fertilized pond and *Artemia* sp.

ZHU Di-qin¹, WU Xu-gan², PAN Ying-jie¹, CHENG Yong-xu²

(1. College of Food Science, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China;

2. Key Laboratory of Aquatic Genetic Resources and Aquaculture Ecosystem Certificated by the Ministry of Agriculture, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

Abstract: The study was conducted to determine and compare moisture content, total lipid content, phospholipids content and fatty acid composition of *Brachionus plicatilis*, *Centropages dorsispinatus*, *Neomysis japonica* and nauplius of *Artemia* sp.. The results showed that: (1) The moisture content of *B. plicatilis* was significantly higher than the other live foods, the highest total lipid and phospholipids content could be found in the nauplius of *Artemia* sp. (2) There were significant differences on the fatty acid composition of both neutral lipids (NL) and phospholipids (PL). Among the four kinds of live foods, *C. dorsispinatus* had

收稿日期: 2007-02-17

基金项目: 国家自然科学基金(399000112, 30471349); 上海市科技兴农重点攻关项目(沪农科攻字 2005 第 4-2 号; 沪农科攻字 2006 第 10-5 号); 上海市科委重大科技攻关项目(013212002); 上海金沙滩投资发展公司沙滩环境修复项目(技 06-21); 上海市重点学科项目(Y1101)

作者简介: 朱地琴(1978-), 女, 浙江杭州人, 硕士研究生, 专业方向为海洋生物活性物质的研究。Tel: 13917073079, E-mail: dqzhu@stmail.shfu.edu.cn

通讯作者: 成永旭, Tel: 021-65711346, E-mail: yxcheng@shfu.edu.cn

highest DHA content, *N. japonica* and *B. plicatilis* run after it, then nauplius of *Artemia* sp. had the lowest DHA content, while *N. japonica* had the highest EPA content, nauplius of *Artemia* sp. run after it, *B. plicatilis* and *C. dorsispinatus* had significantly lower EPA content than the former live food. (3) According to the Σ HUFA content, it can be ranked in the order of *N. japonica* > *C. dorsispinatus* > *B. plicatilis* > nauplius of *Artemia* sp. . Based on the value of DHA/EPA, it can be ranked in the order of *C. dorsispinatus* > *B. plicatilis* > *N. japonica* > nauplius of *Artemia* sp. .

Key words: live foods; fertilized pond-reared; lipid content; fatty acid composition

轮虫、桡足类和糠虾是海水育苗中常用的生物饵料,近年来许多种类已开始室外土池中进行大规模的粗放式培养(主要依靠施肥培育天然饵料,一般不进行人工投饵),并应用于海水育苗生产中替代部分卤虫,以降低育苗成本^[1-3]。褶皱臂尾轮虫(*Brachionus plicatilis*,以下简称轮虫)、背刺胸刺水蚤(*Centropages dorsispinatus*,以下简称桡足类)和日本新糠虾(*Neomysis japonica*,以下简称糠虾)具有对盐度和温度适应性强、繁殖快、易培育、大小适宜等优点,因而成为我国海水土池培育的主要生物饵料,在海水育苗中得到了较广泛的应用^[2,4-5]。另一方面,生物饵料的脂肪酸组成及含量是评价其营养价值的最重要指标之一,脂肪酸组成通常与其食物条件有关^[6-7],然而土池肥水培育的轮虫、桡足类和糠虾主要依赖施肥后培育的天然饵料,其组成较为复杂,主要包括单细胞藻类、有机碎屑、细菌、微生物团絮和小型浮游动物等^[3,8-9],但是迄今为止尚未见有关土池培育轮虫、桡足类和糠虾的脂肪酸组成的报道。鉴于此,本文测定和比较了土池肥水培育轮虫、桡足类、糠虾和卤虫无节幼体(以下简称卤幼)的脂类含量及脂肪酸组成,为生物饵料的脂类营养评价提供基础资料,进而为海水育苗中生物饵料的科学使用提供参考。

1 材料和方法

1.1 试验材料

渤海湾品系卤虫(*Artemia* sp.)休眠卵购自上海融丰科技发展有限公司,水温(26±1)℃、盐度15条件下充气孵化36h后,收集足量卤幼用于生化分析。土池培育的轮虫、桡足类和糠虾于2003年4月15-25日取自上海瀛生实业有限公司育苗基地的不同生物饵料培育池,每种生物饵料均单独培养于不同的池塘中,培育过程中不投喂人工饵料,主要依靠施肥后接种相应的饵料生物然后规模化培养,肥水中的优势藻种为金藻(*Isochrysis* sp.),密度为20~15×10⁵ mL。筛绢袋采收三种活饵料后(剔除杂质)用于实验。每种样品各收集3份,每份湿重5~6g,吸干体表水分于-20℃冰箱中保存用于脂类和脂肪酸分析。

1.2 脂类和脂肪酸分析

总脂测定参照Folch法^[10],按照参考文献^[11]的方法分离中性脂(NL)和极性脂(PL)。氢氧化钾-甲醇法对脂肪酸进行甲酯化,采用Agilent-6890气相色谱仪进行脂肪酸分析,毛细管柱型号为Agilent 19091J-413(30.0m×0.25mm,USA),混合标准脂(Cat. No. 47085-U,购自Supelco公司)作为脂肪酸定性的依据,脂肪酸的定量分析采用面积百分比法。另取1g左右的样品在60℃烘干到恒重测定水分含量,所有样品均重复测定3次。

1.3 数据处理

利用STAT5.5软件对实验数据进行统计分析,所有数据均采用平均值±标准差表示,用Levene's法进行齐性方差检验,当不满足齐性方差时,对脂肪酸百分比数据反正弦或者平方根转换,采用Duncance'方法进行单因子多重比较, $P < 0.05$ 为差异显著。

2 结果与分析

2.1 土池培育不同生物饵料的水分、总脂和磷脂含量比较

由表1可知,土池培育轮虫的水分含量高达 $88.50\% \pm 1.04\%$,显著高于其它3种饵料,桡足类的水分次之,糠虾和卤幼的水分含量比较接近,均在80%左右;无论总脂/湿重还是总脂/干重,卤幼的脂肪含量均显著高于其它饵料,糠虾和桡足类的脂肪含量次之,轮虫的脂肪含量最低;就磷脂含量而言,尽管糠虾和桡足类总脂中的磷脂比例显著高于卤幼和轮虫,但是卤幼体内的磷脂/干重绝对含量最高,轮虫体内的磷脂/干重仅为 $3.88\% \pm 0.48\%$ 。

表1 不同生物饵料的水分、总脂和磷脂含量
Tab.1 Moisture, total lipid and phospholipid content of different live foods (% , n=3)

项目	卤幼	轮虫	桡足类	糠虾
水分含量	80.83 ± 0.18^b	88.50 ± 1.04^d	84.39 ± 0.79^c	79.39 ± 0.95^a
总脂/湿重	3.03 ± 0.08^d	1.12 ± 0.20^a	1.80 ± 0.20^b	2.48 ± 0.10^c
总脂/干重	15.79 ± 0.56^c	9.72 ± 0.55^a	11.53 ± 0.74^{ab}	12.09 ± 0.99^b
磷脂/总脂	36.46 ± 2.94^a	39.83 ± 2.75^a	44.11 ± 1.56^b	42.37 ± 2.01^b
磷脂/干重	5.76 ± 0.47^c	3.88 ± 0.48^a	5.09 ± 0.44^b	5.13 ± 0.64^{bc}

注:(1)表中数据为平均值 \pm 标准差,n代表重复数;(2)同行数据肩标中不含有相同的字母代表差异显著($P < 0.05$)。

2.2 不同生物饵料的脂肪酸组成比较

不同生物饵料中性脂(NL)的脂肪酸组成见表2,可见不同生物饵料中性脂的脂肪酸组成差异显著。就饱和脂肪酸(SFA)而言,卤幼体内的C16:0和C14:0显著低于其它3种生物饵料($P < 0.05$),故 Σ SFA含量最低,糠虾中性脂中的C16:0和C18:0含量显著高于其它饵料;就单不饱和脂肪酸(MUFA)而言,卤幼中性脂的C16:1n7、C18:1n9和C18:1n7含量显著高于其它饵料($P < 0.05$),其 Σ MUFA高达 $59.11\% \pm 4.41\%$,轮虫中的 Σ MUFA含量次之为 $40.64\% \pm 2.81\%$,而桡足类和糠虾中性脂的 Σ MUFA仅为25%~30%;而中性脂中的 Σ PUFA和 Σ HUFA的含量由小到大依次为卤幼<轮虫<桡足类<糠虾,轮虫和桡足类中性脂的C18:2n6和C18:3n3含量高于卤幼和糠虾,而后两者的C20:5n3含量是前两者的两倍以上,桡足类中性脂的C22:6n3含量高达 $16.83\% \pm 1.51\%$,糠虾次之为 $12.19\% \pm 1.55\%$,轮虫为 $7.23\% \pm 1.22\%$,而卤幼仅为 $0.25\% \pm 0.04\%$,轮虫和桡足类中性脂的C22:6n3含量大于C20:5n3,而糠虾则相反。

表3为不同生物饵料磷脂中的脂肪酸组成。就SFA而言,四种饵料磷脂的C16:0和C14:0含量差异显著($P < 0.05$),轮虫和桡足类磷脂中的C14:0含量显著高于其它各组($P < 0.05$),而桡足类和糠虾的C16:0显著高于卤幼和轮虫($P < 0.05$);就MUFA而言,卤幼体内磷脂中的C16:1n7、C18:1n9和C18:1n7均显著高于其他3种生物饵料($P < 0.05$),故 Σ MUFA含量高达 $54.03\% \pm 0.76\%$,而后依次为轮虫>糠虾>桡足类;4种生物饵料磷脂中的PUFA和HUFA组成规律类似于其中性脂,但轮虫、桡足类和糠虾磷脂中的 Σ HUFA的含量显著高于其中性脂($P < 0.05$)。

3 讨论

褶皱臂尾轮虫是目前海水育苗重要的开口饵料,国内外学者对其室内高密度培育技术、营养强化和品种选育等进行了大量的研究,已经建立了较稳定的室内培养工艺^[3-4,12],但是其室内培育成本高,而且通常需要营养强化才能提高其HUFA含量^[7],因此,20世纪90年代以来轮虫土池培育技术在我国沿海地区迅速发展起来,有力推动了海水育苗业的发展^[9,13]。本研究结果表明,土池培育褶皱臂尾轮虫的AA、DHA和 Σ HUFA含量显著高于酵母或单一微藻培育的轮虫^[7,14],其原因为土池培育轮虫摄食的饵料种类较多,各种饵料脂肪酸营养具有互补性,从而提高了土池培育轮虫的脂肪酸营养价值。吴旭干

等^[15]发现土池轮虫对于河蟹早期幼体具有较高的营养价值,可以提高其成活率和幼体质量。但是,土池培育轮虫的总脂和磷脂含量与其它培育条件下的轮虫组成基本一致^[6-7],这说明轮虫体内的总脂和磷脂含量具有保守性,不易受外界条件改变^[12]。

表 2 不同生物饵料中性脂的脂肪酸组成

Tab.2 Fatty acid composition of neutral lipids (NL) in different live foods (% , n=3)

脂肪酸种类	卤幼	轮虫	桡足类	糠虾
C14:0	1.47 ± 0.03 ^a	6.63 ± 1.15 ^c	6.24 ± 0.30 ^c	3.03 ± 0.43 ^b
C16:0	12.06 ± 0.24 ^a	15.77 ± 1.54 ^b	19.52 ± 0.57 ^c	23.00 ± 1.52 ^d
C16:1n7	23.19 ± 2.24 ^d	12.02 ± 0.58 ^c	5.92 ± 0.21 ^a	8.63 ± 0.91 ^b
C17:0	0.52 ± 0.10 ^a	0.68 ± 0.05 ^b	1.05 ± 0.02 ^c	1.16 ± 0.06 ^d
C18:0	3.96 ± 0.12 ^a	4.48 ± 0.75 ^{ab}	4.75 ± 0.10 ^b	5.50 ± 0.47 ^c
C18:1n9	28.06 ± 1.43 ^c	22.73 ± 1.76 ^b	20.92 ± 0.65 ^b	12.04 ± 1.05 ^a
C18:1n7	7.86 ± 0.58 ^d	5.89 ± 0.83 ^c	2.54 ± 0.12 ^a	3.87 ± 0.52 ^b
C18:2n6(LA)	2.78 ± 0.51 ^a	6.02 ± 0.43 ^c	7.56 ± 0.21 ^d	3.73 ± 0.22 ^b
C18:3n3(LNA)	1.87 ± 0.34 ^a	3.24 ± 0.17 ^c	3.07 ± 0.13 ^c	2.55 ± 0.38 ^b
C20:4n6(AA)	1.32 ± 0.39 ^a	3.43 ± 0.27 ^c	1.85 ± 0.16 ^a	2.93 ± 0.49 ^b
C20:5n3(EPA)	14.61 ± 2.08 ^b	6.46 ± 1.47 ^a	7.38 ± 0.50 ^a	19.04 ± 1.03 ^c
C22:6n3(DHA)	0.25 ± 0.04 ^a	7.23 ± 1.22 ^b	16.83 ± 1.51 ^d	12.19 ± 1.55 ^c
未知脂肪酸	2.05 ± 0.14 ^b	5.42 ± 0.32 ^c	2.37 ± 0.21 ^a	2.33 ± 0.25 ^{ab}
ΣSFA	18.01 ± 0.10 ^a	27.78 ± 2.43 ^b	31.51 ± 1.03 ^c	32.69 ± 1.28 ^c
ΣMUFA	59.11 ± 4.41 ^d	40.64 ± 2.81 ^c	29.56 ± 0.81 ^b	24.54 ± 1.93 ^a
ΣPUFA(≥ 18:2n)	20.83 ± 1.38 ^a	26.38 ± 2.05 ^b	36.69 ± 2.42 ^c	40.44 ± 3.16 ^d
Σn3PUFA	16.73 ± 1.52 ^a	16.63 ± 1.78 ^b	27.28 ± 2.35 ^c	33.78 ± 2.49 ^d
Σn6PUFA	4.10 ± 0.37 ^a	9.45 ± 0.18 ^c	9.41 ± 0.14 ^c	6.66 ± 0.77 ^b
n3/n6	4.08	1.76	2.90	5.07
DHA/EPA	0.02	1.12	2.28	0.64
ΣHUFA(≥ 20:3n)	16.18 ± 1.87 ^a	17.12 ± 2.32 ^a	26.06 ± 2.06 ^b	34.16 ± 3.41 ^c

表 3 不同饵料磷脂的脂肪酸组成

Tab.3 Fatty acid composition of phospholipids (PL) in different live foods (% , n=3)

脂肪酸种类	卤幼	轮虫	桡足类	糠虾
C14:0	0.95 ± 0.20 ^a	5.63 ± 0.86 ^b	8.70 ± 1.55 ^c	0.98 ± 0.08 ^a
C16:0	11.29 ± 0.27 ^a	12.65 ± 1.72 ^a	28.95 ± 5.12 ^b	28.70 ± 1.75 ^b
C16:1n7	17.55 ± 2.58 ^c	8.45 ± 1.21 ^b	2.53 ± 0.51 ^a	2.67 ± 0.36 ^a
C17:0	0.64 ± 0.06 ^a	0.54 ± 0.13 ^a	1.36 ± 0.21 ^b	1.41 ± 0.04 ^b
C18:0	6.02 ± 1.01 ^c	3.61 ± 0.55 ^a	5.75 ± 1.06 ^{bc}	4.94 ± 0.36 ^b
C18:1n9	26.21 ± 1.42 ^d	17.47 ± 1.37 ^c	9.04 ± 1.35 ^a	11.65 ± 0.31 ^b
C18:1n7	10.27 ± 1.88 ^d	4.82 ± 0.37 ^c	2.18 ± 0.38 ^a	3.14 ± 0.18 ^b
C18:2n6(LA)	3.02 ± 0.43 ^a	5.45 ± 0.35 ^b	5.73 ± 0.25 ^b	2.89 ± 0.07 ^a
C18:3n3(LNA)	3.19 ± 0.17 ^b	3.24 ± 0.24 ^b	1.32 ± 0.36 ^a	0.92 ± 0.06 ^a
C20:4n6(AA)	0.62 ± 0.14 ^a	4.43 ± 0.76 ^d	1.29 ± 0.33 ^b	2.42 ± 0.19 ^c
C20:5n3(EPA)	15.59 ± 1.33 ^c	10.46 ± 2.21 ^b	8.88 ± 2.28 ^a	21.51 ± 3.25 ^d
C22:6n3(DHA)	0.48 ± 0.16 ^a	9.98 ± 1.16 ^b	23.30 ± 4.17 ^d	16.98 ± 2.18 ^c
未知脂肪酸	4.17 ± 0.34 ^c	13.28 ± 1.59 ^d	0.97 ± 0.12 ^a	1.79 ± 0.22 ^b
ΣSFA	18.90 ± 0.70 ^a	22.42 ± 2.43 ^b	44.76 ± 4.64 ^d	36.03 ± 0.78 ^c
ΣMUFA	54.03 ± 0.76 ^d	30.74 ± 2.81 ^c	13.75 ± 3.23 ^a	17.46 ± 0.45 ^b
ΣPUFA(≥ 18:2n)	22.90 ± 2.15 ^a	33.56 ± 1.52 ^b	40.52 ± 3.16 ^c	44.72 ± 2.89 ^c
Σn3PUFA	19.26 ± 1.39 ^a	23.68 ± 1.92 ^b	33.51 ± 4.85 ^c	39.41 ± 2.21 ^c
Σn6PUFA	3.24 ± 0.27 ^a	9.88 ± 0.32 ^c	7.02 ± 0.57 ^d	5.31 ± 0.20 ^b
n3/n6	5.28	2.40	4.77	7.42
DHA/EPA	0.03	0.95	2.62	0.79
ΣHUFA(≥ 20:3n)	16.69 ± 2.04 ^a	24.87 ± 1.73 ^b	33.47 ± 5.45 ^c	40.91 ± 1.41 ^d

大量研究表明海洋桡足类的必需氨基酸、游离氨基酸、DHA 和 Σ HUFA 含量均高于轮虫和卤虫,无论何种培养条件下 DHA/EPA 始终大于 2^[3,12],是绝大多数海水鱼幼体的优质饵料^[16-17]。目前大多数桡足类的室内集约化培养技术并不成熟,育苗中所需的桡足类主要捕于天然海区,冷冻保存后用于育苗生产^[3],但是这种冷冻品解冻后不仅营养损失大,而且极易败坏育苗水质^[18],因此,完善和发展桡足类的土池培育技术显得十分迫切。背刺胸刺水蚤是我国江浙沿海地区常见的桡足类,其无节幼体长 0.5 mm 左右(与卤幼体长 0.4~0.5 mm 接近),成体 1.5~2.5 mm,在土池中相对容易培育^[3],已被成功用于河蟹(*Eriocheir sinensis*)育苗生产中^[5,19],但是迄今为止尚见有关其脂类和脂肪酸组成的报道。本研究首次报道了背刺胸刺水蚤的脂类含量和脂肪酸组成,结果表明其 DHA 和 Σ HUFA 含量均显著高于卤幼和轮虫,DHA/EPA 值在 2.2~2.6 之间,其总脂和磷脂含量均显著高于轮虫,这说明其脂类营养价值较高,因此在海水鱼育苗中具有广阔的应用前景^[20]。

日本新糠虾是我国沿海地区常见的糠虾种类,其无节幼体长 2 mm 左右,成体 8~10 mm,通常被用于河蟹和海马(*Hippocampus kuda*)等海水鱼的育苗生产中^[21-22],然而迄今为止尚未见有关其脂肪酸组成的报道。本研究表明土池培育的日本新糠虾 EPA 和 Σ HUFA 含量极显著高于其它三种饵料,而且总脂和磷脂含量也高于土池培育的褶皱臂尾轮虫和背刺胸刺水蚤,因此具有较高的脂类营养价值。与桡足类不同,日本新糠虾脂肪酸中的 DHA/EPA 值在 0.64~0.79 之间,这与糠虾(*Paramysis nouwelli*)的脂肪酸组成基本一致^[23]。糠虾的脂类营养组成非常适合海马类(*Hippocampus spp.*)^[24]、乌贼(*Sepia officinalis*)^[23]和河蟹大眼幼体等的需求^[19],可以显著提高这些种类的成活率和生长速度。

4 小结

土池培育褶皱臂尾轮虫的 Σ MUFA 含量高, HUFA 含量低于土池培育背刺胸刺水蚤和日本新糠虾, DHA/EPA 值为 1 左右,总脂和磷脂含量较低,可作为大多数海水鱼及虾蟹类的早期饵料;土池培育背刺胸刺水蚤体长 0.5~2.5 mm,其 DHA 和 Σ HUFA 含量均显著高于卤幼和轮虫, DHA/EPA 值在 2.2~2.6 之间,脂类营养价值较高,是绝大多数海水鱼幼体的优质活饵料;土池培育日本新糠虾的 EPA 和 Σ HUFA 含量较高, DHA/EPA 值在 0.64~0.79 之间,但是其个体较大(体长为 2~10 mm),是一些海产动物后期幼体或成体的优质饵料。

东海水产研究所陈亚瞿教授和徐兆礼研究员帮助鉴定桡足类和糠虾种类,上海藻生实业有限公司为本次实验提供实验池塘,在此表示感谢!

参考文献:

- [1] 赵青松,金珊.海水土池育苗适口饵料生物培育技术[J].海洋渔业,2002,24(4):185-186.
- [2] 陈金佳.人工培养糠虾技术[J].科学养鱼,2003,(7):53.
- [3] 成永旭.生物饵料培养学[M].北京:中国农业出版社,2005:133-240.
- [4] 张学成,谭桂英.耐低温轮虫的大规模培养[J].海洋科学,1993,5(3):1-3.
- [5] 肖国华,宫春光,李孟田,等.枝角类和桡足类在河蟹育苗中的应用试验[J].水利渔业,2004,24(1):35.
- [6] Rodriguez C, Perez J A, Izquierdo M S, et al. Improvement of the nutritional value of rotifers by varying the type and concentration of oil and the enrichment period [J]. Aquaculture, 1996, 147:93-105.
- [7] 成永旭,王武,吴嘉敏,等.不同脂肪源对褶皱臂尾轮虫脂类和脂肪酸组成的影响[J].中国水产科学,2001,8(4):52-57.
- [8] 李永函,刘青,赵艳.褶皱臂尾轮虫的敞池增殖[J].水产科学,1993,12(8):1-5.
- [9] 刘青,李晓东,刘胥,等.轮虫培育池浮游生物种类组成及生物量的研究[J].大连水产学院学报,2000,15(3):186-192.
- [10] Folch J, Lees M, Sloane Stanley G. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues [J]. Journal of Biological Chemistry, 1957, 226:497-509.
- [11] 成永旭,堵南山,赖伟.不同阶段中华绒螯蟹肝胰腺的脂类及脂肪酸组成[J].动物学报,1998,44(4):420-429.
- [12] Stotttrup J G, McEvoy L A. Live feeds in Marine Aquaculture [M]. Oxford: Blackwell Science Ltd, 2003:17-195.
- [13] 王建钢,夏连军,陆建学.褶皱臂尾轮虫土池大面积培养技术[J].现代渔业信息,2003,18(12):31-33.
- [14] 周光正.饵料对培养轮虫脂肪酸组成的影响[J].海洋科学,1996,(5):27-28.

- [15] 吴旭干,成永旭,南天佐,等. 土池低盐度水体河蟹生态育苗实验[J]. 淡水渔业,2006,36(6):49-53.
- [16] Sargent J R, McEvoy L A, Bell J G. Requirement, presentation and sources of PUFA in marine larval feeds[J]. Aquaculture,1997,155:117-127.
- [17] Næss T, Lieø. A sensitive period during the first feeding for the determination of pigmentation pattern in Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* L., juveniles; the role of diet[J]. Aquaculture Research,1998,29:925-934.
- [18] 张列士,李 军. 中华绒螯蟹增殖技术[M]. 北京:金盾出版社,2002:172-192.
- [19] 贺诗水. 中华绒螯蟹幼体的脂类营养研究[D]. 上海:上海水产大学生命科学与技术学院,2003:44-57.
- [20] Payne M F, Ripplingale R J, Cleary J J. Cultured copepods as food for west Australian dhufish (*Glaucosoma hebraicum*) and pink snapper (*Pagrus auratus*) larvae[J]. Aquaculture,2001,194:137-150.
- [21] 毕加宁,陈伯林. 糠虾作为河蟹人工育苗饵料的应用[J]. 河北渔业,2001,(5):27-28.
- [22] Lin Q, Gao Y L, Sheng J Q, et al. The effects of food and the sum of effective temperature on the embryonic development of the seahorse, *Hippocampus kuda* Bleeker[J]. Aquaculture,2007,262:481-492.
- [23] Domingues P M, Sykes A, Sommerfield A, et al. Growth and survival of cuttlefish (*Sepia officinalis*) of different ages fed crustaceans and fish. Effects of frozen and live prey [J]. Aquaculture,2004,229:239-254.
- [24] Woods C M C, Valentino F. Frozen mysids as an alternative to live *Artemia* in culturing seahorses *Hippocampus abdominalis* [J]. Aquaculture Research,2003,34(9):757-763.

欢迎订阅 2008 年《中国水产科学》

《中国水产科学》是中国水产科学研究院主办的国家级学术期刊,主要报道水产生物学基础研究、水产生物病害及其防治、水产生物营养及饲料、渔业生态保护及渔业水域环境保护、水产品保鲜与加工综合利用、水产资源、海淡水捕捞、水产养殖与增殖以及渔船、渔业机械与仪器等方面的最新进展、最新成果、最新技术和方法。主要服务对象是科研、教学、科技管理人员以及大专院校师生。是反映水产科研创新成果的窗口和培养人才的园地。它面向水产业,为水产业的持续发展和水产经济建设服务。

本刊为双月刊,A4开本,每期176页,单月出版,国内外公开发行。国内定价20元/期,全年120元(含邮费)。邮发代号:18-250,国内统一刊号:CN11-3446/S,国际标准刊号:ISSN1005-8737,国外代号4639Q。全国各地邮电局(所)办理订阅手续(可破季订阅)。漏订或补订当年和过期期刊,请直接向编辑部订阅。

《中国水产科学》1994-2006年光盘(ISBN 7-89995-232-8/S·004)已经出版发行,每套定价150元。需要购买光盘的读者,请将款通过邮局直接寄到编辑部,款到寄盘,同时开正式报销发票。欢迎广大读者与编辑部直接联系购买事宜。

编辑部地址:北京市丰台区青塔村150号

邮政编码:100039

联系电话:010-68673921

传 真:010-68673931

E-mail: jfishok@publica.bj.cninfo.net