

文章编号: 1000- 0615(2003)03- 0219- 06

中华绒螯蟹蜕皮过程中肌肉、肝胰脏 和甲壳中钙和磷含量的变动

王顺昌¹, 魏亦军¹, 申德林²

(1. 淮南师范学院化学生物系, 安徽 淮南 232001;

2. 安徽省水产技术推广总站, 安徽 合肥 230001)

摘要:对中华绒螯蟹蜕皮间期和蜕皮后 24h、48h 和 96h 肌肉、肝胰脏及甲壳中钙和磷的含量进行了测定。蜕皮后肌肉中钙的含量较间期低,但从 24h 到 48h 有所增加。肝胰脏中钙的含量在蜕皮后各时间内无显著变化,甲壳中钙的含量在蜕皮后 24h 到 96h 呈增加趋势。甲壳的矿化作用在蜕皮后 96h 已接近完成。蜕皮后肌肉中磷的含量较间期高,以后变化不明显。蜕皮后肝胰脏中磷的含量高于间期,甲壳中含量较间期低。蜕皮后肌肉中钙磷比迅速降低,肝胰脏中钙磷比在蜕皮后 24h 无明显变化,但在蜕皮后 24h 至 96h 迅速降低。中华绒螯蟹蜕皮后外表皮对钙的矿化速度显著快于磷的矿化速度。

关键词:中华绒螯蟹; 蜕皮; 钙; 磷; 肌肉; 肝胰脏; 甲壳

中图分类号: S917.4 文献标识码: A

Calcium and phosphorus levels in the muscle, hepatopancreas and carapace of *Eriocheir sinensis* in different stages of moulting cycle

WANG Shun chang¹, WEI Yi jun¹, SHEN De lin²

(1. Faculty of Chemistry and Biology, The Normal College of Huainan, Huainan 231001, China;

2. Anhui Fisheries Technology Extension Station, Hfei 230039, China)

Abstract: The levels of calcium and phosphorus in the muscles, hepatopancreas, carapace and cast exuviae of Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*, were determined during the intermoult and 24h, 48h and 96h of postmoult respectively. The concentrations of calcium in the muscle in postmoult were lower than that of intermoult, but showed slight increase from 24h to 48h in postmoult. No significant changes of calcium levels were found in the hepatopancreas while the levels of calcium in the carapace increased from 24h to 96h in postmoult. The calcification of the carapace was almost finished after 96h of moulting. The levels of muscle phosphorus in postmoult were higher than that of intermoult, but there were no changes in the later times. The content of phosphorus increased in the hepatopancreas and decreased in the carapace in postmoult stages. The muscle calcium and phosphorus ratio decreased sharply in postmoult as compared with that of the intermoult, while it showed no changes in intermoult and 24 h of postmoult in hepatopancreas, but decreased from 24 h to 96 h of postmoult. The carapace calcium and phosphorus ratio was low in intermoult and 24 h of postmoult, but increased from 24 h of postmoult to 96 h. The carapace mineralization rates of calcium of Chinese mitten crab were found

收稿日期: 2002-07-16

资助项目: 安徽省教育厅自然科学基金(2002kj582)

作者简介: 王顺昌(1964-), 男, 安徽霍丘人, 讲师, 硕士, 主要从事甲壳类养殖生理的研究。Tel: 0554-6672650; E-mail: scwang@

faster than that of phosphorus.

Key words: *Eriocheir sinensis*; moult; calcium; phosphorus; muscle; hepatopancreas; carapace

中华绒螯蟹 (*Eriocheir sinensis*) 是我国重要的淡水食用蟹类, 其生长发育伴随着蜕皮过程^[1]。一般认为, 中华绒螯蟹从大眼幼体起, 一生要蜕皮 15 次左右^[2]。中华绒螯蟹的蜕皮过程包括许多重要的生理变化^[3]。一般可把甲壳类的蜕皮周期分为蜕壳期(A 期, 包括正在蜕壳的 E 期)、矿化期(B 期)、组织增生期(C 期)和蜕壳前准备期(D 期)4 个阶段, C 期亦可称为蜕皮间期。在蜕皮后身体迅速吸收水分, 并迅速进行体壁的矿化作用。钙和磷是甲壳类外骨骼的重要组成成分, 对维持其体壁结构起重要作用。随着个体生长发育的进行, 其不同组织中钙和磷的含量也会发生变化^[4]。关于中华绒螯蟹的蜕皮过程, 目前的研究多偏于生长性能和蜕壳现象方面^[5]。有关中华绒螯蟹蜕皮过程中不同组织中的钙和磷水平的变化, 目前尚缺乏了解, 本文分别对中华绒螯蟹蜕皮后 24h、48h、和 96h 的肌肉、肝胰脏及甲壳中的钙和磷的含量进行了测定, 并与蜕皮间期进行比较。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验用蟹取自淮南市窑河渔场, 为长江水系人工繁殖的越冬个体, 平均规格(10.2 ± 1.5) g, 体质健壮。试验从 2002 年 4 月 23 日开始, 将新取回的幼蟹养于室内玻璃水槽中, 自然水温, 自然光节律, 人工充氧, 水槽中投放少量水草以供蟹隐蔽, 饵料为螺肉, 每日傍晚投喂, 次日上午换水并清除粪便和残饵。

1.2 蜕壳蟹取样

中华绒螯蟹在蜕皮前身体有较明显的变化, 壳色素变少, 颜色变淡, 背甲后缘微微张开。试验时, 将具有明显蜕皮特征的个体挑出置于玻璃水槽中单养, 并进行不间断观察。发现有蜕皮个体即将蜕下的甲壳取出保存。在蜕皮后 24h、48h 和 96h 分别将蟹取出, 用解剖针破坏腹神经节, 解剖出甲壳、肌肉和肝胰脏冷冻保存。另取不具明显蜕皮特征的个体作为蜕皮间期样本, 各实验组样本数均为 5~7 只。

1.3 样品测定

样品的消化采用湿法消化法。磷的测定采用钼蓝比色法, 在 S22pc 分光光度计上进行; 钙的测定采用原子吸收分光光度法, 在 WFX-110 原子吸收分光光度计上进行, 测定前, 消化好的样品用含有 1% LaCl₃ 的 1% HNO₃ 定容稀释。测定波长 422.7nm, 空气-乙炔火焰。磷标准液为 AR 试剂, Ca 标准液为环境标准样配制。

1.4 数据处理

所有数据均采用平均值 ± 标准差表示, 数据处理采用 t- 检验, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

取回的样品蟹经 1 周室内驯化后, 已完全适应室内养殖条件, 摄食活动正常, 试验取样持续到 5 月中旬, 平均蜕皮率达 90% 以上, 平均成活率达 85%, 未发现蜕皮困难的个体。

2.1 不同组织中钙含量的变化

在蜕皮后的不同阶段, 不同组织中 Ca 的含量有显著变化, 但在不同组织中, 其含量的变动有所不同(表 1)。肌肉 Ca 在蜕皮间期含量达 $11.6 \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$, 在蜕皮后迅速下降, 如蜕皮后 24 h 仅有 $2.21 \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$, 但在蜕皮后 48h 又有所恢复。肝胰脏中 Ca 的含量在蜕皮过程中保持在比较稳定的状态, 在蜕皮间期和

蜕皮后各时间段无显著变化($P > 0.05$)。比较发现,肝胰脏中Ca的含量在蜕皮后显著高于肌肉的同期水平($P < 0.05$),但在蜕皮间期,二者并无差异($P > 0.05$)。甲壳中Ca的变化较大,蜕皮后24h,甲壳Ca的含量为 $212.4 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,已达蜕皮间期的 $2/3$ 的水平,但在此后的24h内,甲壳中的含量无显著变化($P > 0.05$),此后,甲壳中的Ca迅速上升,在蜕皮后96h时,甲壳Ca的含量为 $296.4 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,已基本达到蜕皮间期的水平。这表明在蜕皮后24h,甲壳的矿化已完成 $2/3$,而蜕皮后96h,已基本完成甲壳对Ca的矿化作用。蜕下的甲壳中有较多的Ca含量,同蜕皮间期无显著差异,但高于蜕皮后24h和48h,表明在中华绒螯蟹在蜕皮周期中,每次蜕皮都伴有大量的Ca流失于环境中。

表1 肌肉、肝胰脏、甲壳和蜕壳中钙和磷含量的变化

Tab.1 Levels of calcium and phosphorus in muscle, hepatopancreas, carapace and cast exuviae

组 织 tissue		蜕皮后时间 time after moulting			蜕皮间期 intermoult
		24h	48h	96h	
肌 肉 muscle	Ca	2.21 ± 0.25^a	3.60 ± 0.29^b	2.38 ± 0.25^a	11.65 ± 3.56^c
	P	1.50 ± 0.56^a	2.10 ± 0.28^a	2.13 ± 0.04^a	0.69 ± 0.06^b
肝胰脏 hepatopancreas	Ca	6.43 ± 0.83^a	5.77 ± 0.56^a	5.71 ± 1.39^a	8.72 ± 3.23^a
	P	0.32 ± 0.01^a	0.40 ± 0.02^b	0.76 ± 0.16^c	0.41 ± 0.02^b
甲 壳 carapace	Ca	212.40 ± 38.50^a	223.40 ± 33.87^a	296.40 ± 42.96^b	319.47 ± 27.38^b
	P	1.72 ± 0.14^a	1.09 ± 0.03^b	1.03 ± 0.19^b	2.92 ± 0.34^c
蜕 壳 exuviae	Ca	303.53 ± 54.12			
	P	2.48 ± 0.23			

注: 1. 每行中不同字母代表显著差异($P < 0.05$); 2. 除甲壳为干重外,其余样品均为湿重; 3. 所有数据均为平均值 \pm 标准差

Notes: 1. The different letters in the same line show significant difference ($P < 0.05$); 2. All samples are wet weight except the carapace and the exuvia; 3. All values are expressed as means \pm standard deviation

2.2 不同组织中磷含量的变化

P的含量在蜕皮过程中变化较大,但与Ca相比具有不同的特征(表1)。蜕皮间期肌肉中的P含量是 $0.69 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。在蜕皮后24h、48h和96h,肌肉中P的含量分别为 $1.50 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 、 $2.10 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $2.13 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,无显著差异($P > 0.05$),但均高于蜕皮间期的水平。肝胰脏中P的含量在蜕皮后变化明显,并且随着蜕皮后时段的延长,P的含量呈上升的趋势,在96h达到蜕皮后24h的1倍的水平。这说明在蜕皮后,肝胰脏中进行着活跃的P的代谢活动,P的含量也逐渐升高。蜕皮后24h甲壳中P的含量低于蜕皮间期,但高于蜕皮后48h,从蜕皮后24h到96h,甲壳中的P的含量一直保持在较低的水平,并具有缓慢下降的趋势,因此,甲壳对P的矿化和吸收比较缓慢。蜕下的甲壳中有较多的P($2.48 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$),与蜕皮间期甲壳中P的含量($2.92 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)无明显差异($P > 0.05$),与甲壳中Ca在蜕皮后的变化类似,P在蜕皮过程中也存在大量失去的现象。

2.3 不同组织中的Ca/P

根据所测定的不同组织中的Ca和P的含量,将计算出的各组织Ca/P列于表2,它们在蜕皮后也有一定的变化。肌肉中Ca/P在蜕皮后无显著变化,但均远低于蜕皮间期的水平,此后,肌肉中Ca/P保持相对的稳定。肝胰脏中的Ca/P在蜕皮间期和蜕皮后24h较高,且无明显差异($P > 0.05$),但在蜕皮后24h至96h的时间段内持续降低,表明在蜕皮后一段时间内,肝胰脏中P的含量是不断增加的,蜕皮间期和蜕皮后24h,甲壳中Ca/P有明显差异,但蜕皮后24h的Ca/P只略高于蜕皮间期。以后迅速上升,其中在蜕皮后96h时约为24h的1倍。蜕下的甲壳中Ca/P水平同蜕皮间期无明显差异($P > 0.05$),表明在中华绒螯蟹甲壳的组成成分中,Ca和P是作为稳定的结构成分而存在,并在蜕皮过程中伴随在一起遗弃。

表 2 肌肉、肝胰脏、甲壳和蜕壳中钙磷比的变化
 Tab. 2 The Ca/P ratio in muscle, hepatopancreas, carapace and cast exuviae (N=5)

组 织 tissue	蜕皮后时间 time after moulting			蜕皮间期 intermoult
	24h	48h	96h	
肌 肉 muscle	1.58±0.43 ^a	1.72±0.10 ^a	1.12±0.13 ^a	16.11±1.09 ^b
肝胰脏 hepatopancreas	20.47±1.30 ^a	15.25±0.97 ^b	7.67±0.33 ^c	21.54±0.38 ^a
甲壳 (carapace)	123.11±13.39 ^a	195.84±10.93 ^b	288.12±11.03 ^c	103.90±3.86 ^b
蜕壳 (exuviae)	107.92±3.47			

注: 1. 同行中上标带有不同字母者代表具显著差异 ($P < 0.05$); 2. 所有数据均为平均值±标准差

Notes: 1. The different letters in the same line show significant difference ($P < 0.05$); 2. All values are expressed as means ± standard deviation

3 讨论

甲壳类的蜕皮周期是一个复杂的过程, 在 Passano^[4]的分期中, 每期还可分为几个亚期, 由于本次试验所用的样品来自越冬的个体, 蜕皮间期个体均可看作处于 C 期。作为甲壳类甲壳的重要无机成分, Ca 在蜕皮周期中有比较复杂的吸收和分泌机制^[6]。而 P 是甲壳类营养的必需无机元素之一, 具有重要的生理功能。在甲壳类壳的无机成分中, Ca 通常是以碳酸盐和磷酸盐的方式存在^[7]。P 在甲壳中常常伴随着 Ca 而存在^[8]。

3.1 Ca 在蜕皮间期和蜕皮后的变化

肌肉和甲壳中 Ca 在蜕皮间期都保持在较高水平, 蜕皮后都有所降低, 而肝胰脏中 Ca 的含量在整个过程中保持在较稳定的范围。其中新壳中 Ca 的矿化在蜕皮后 24h 已完成 60% 以上, 96h 后已接近完成。甲壳类蜕皮后 Ca 的矿化速度依种类不同而有所差别, 其中有的种类在蜕皮后 5min 即开始进行, 有些种类如龙虾 (*Orconectes virilis*) 在蜕皮后 2d 方开始进行^[9]。甲壳类在蜕皮后, 新表皮矿化作用的 Ca 有两种主要来源: 一是在蜕皮前, 机体从旧壳中重吸收 Ca, 贮存在身体各组织中, 蜕皮后先利用贮存的 Ca, 进行新壳的快速矿化^[10]; 另一途径是通过鳃和消化腺从环境中直接吸收, 其中以鳃部的吸收为主。Onken 等的研究证明, 中华绒螯蟹的鳃部具 Na^+/K^+ ATPase 活性^[11], 主要用于转运各种无机离子。中华绒螯蟹蜕皮后 Ca 的变化与上述途径类似, 在蜕皮后 24h, 由于外表皮快速吸收贮存 Ca, 使甲壳中 Ca 含量迅速上升, 在蜕皮后 24h 到 48h, 机体贮存的 Ca 已基本被利用, 甲壳中 Ca 的沉积有短暂的停滞, 从蜕皮后 48h 到 96h, 机体开始从环境中直接吸收 Ca, 甲壳中 Ca 含量上升, 直至完成 Ca 的沉积。同印度对虾 (*Penaeus indicus*) 蜕皮后肌肉中 Ca 的变化相似^[12], 中华绒螯蟹肌肉中 Ca 在蜕皮后也存在迅速下降的现象, 可能有两种原因: 第一, 蜕皮后进行快速的矿化作用中, 先从包括肌肉组织在内的各种组织中吸收 Ca, 再从外界吸收 Ca, 完成表皮的矿化作用。第二, 蜕皮后身体大量吸收水分, 使肌肉的含水量上升, 钙的含量相对下降。肝胰脏中 Ca 在蜕皮过程中无显著变化, 同日本对虾 (*Penaeus japonicus*) 的蜕皮周期类似^[13], 原因是肝胰脏不作为 Ca 的主要贮存场所, 在其矿化过程中不起主要作用。但岸蟹 (*Carcinus maenas*) 在蜕皮过程中, 肝胰脏有大量贮存 Ca 的现象^[14]。蜕下的甲壳中也含有大量的 Ca, 估计是由于 Ca 在环境中含量丰富, 机体没有必要大量贮存, 而依赖从环境中大量吸收^[15]。此外, 由于蜕下的甲壳中有机物含量很少, 其 Ca 的含量也会相对升高, 这可能是其 Ca 含量同间期无显著差异的主要原因。

3.2 磷在蜕皮间期和蜕皮后的变化

蜕皮后肌肉中 P 显著高于蜕皮间期, 但在蜕皮后 96h 内无显著改变, 说明在蜕皮前, 机体 P 进行了重吸收, 贮存在包括肌肉组织在内的各种组织中, 由于外表皮对 P 的矿化速度较慢, 使肌肉在蜕皮后相

当长的时间内一直维持较高的 P 的水平。蜕皮间期和蜕皮后 24h 甲壳中的 P 含量较高, 肝胰腺中 P 在蜕皮间期和蜕皮后 24h 没有变化, 甲壳中 P 在蜕皮后持续降低, 印度对虾在蜕皮后 P 的变动也有类似现象^[10]。蜕皮间期的 P 是作为甲壳的结构成分而存在, 机体在蜕皮前期从甲壳中吸收一部分 P, 贮存在肝胰腺和血淋巴中, 并在蜕皮后逐渐沉积于外表皮上^[4], 但本试验并未发现肝胰腺存在 P 的贮存现象, 但在蜕皮后 48h, 肝胰腺中 P 已迅速上升, 这与蜕皮后的摄食有关。而甲壳中磷在蜕皮后逐渐降低的原因可能是由于甲壳中 Ca 的迅速上升, 使 P 的含量相对下降。由于 P 是甲壳类营养必需元素, 其生活的环境中含量很低, 机体必须通过吸收饲料中的 P 方可满足其营养需求^[16]。中华绒螯蟹在蜕皮 24h 后已开始旺盛摄食, 肝胰腺中的 P 的含量在蜕皮后的升高, 应该是从食物中大量吸收而获得的。

3.3 Ca/P 的变化

在中华绒螯蟹蜕皮过程中, 不同组织的 Ca 和 P 相互关系有所差别。肌肉中 Ca/P 在蜕皮间期较蜕皮后高 10 倍左右, 而在蜕皮后保持在稳定的水平, 可能由于 P 在肌肉中的贮存和蜕皮后肌肉中 Ca 的相对下降, 使蜕皮后肌肉中 Ca/P 的比值下降。肝胰腺中 Ca/P 蜕皮后迅速降低, 其原因是, 甲壳类对 Ca 的吸收主要依靠鳃部^[10, 11, 17], 而对 P 的吸收是通过食物的消化而获得的, 这样, 肝胰腺作为中华绒螯蟹主要贮存器官^[18], 由于在蜕皮后加强了对 P 的吸收, Ca/P 便相对降低。甲壳中 Ca/P 在蜕皮后上升的主要原因是, 在蜕皮后较早时期, 机体利用体内贮存的 P 进行矿化作用, 使甲壳中的 Ca/P 保持在与蜕皮间期相同的水平, 但随着矿化作用的加快, 机体可通过鳃部从外界方便地获得 Ca, 而对 P 的利用, 存在着消化吸收的过程, 使甲壳中 Ca 的沉积快于 P 的沉积。因此, 在蜕皮后 96h, 中华绒螯蟹已完成对 Ca 的矿化作用, 但 P 的矿化尚未完成。另外, 从蜕下的甲壳中 Ca/P 同蜕皮间期甲壳无明显差异的情况来看, P 在甲壳中同 Ca 具有互相依存的关系, 在蜕皮过程中, 有较多的 P 伴随着 Ca 随蜕下的甲壳而丢失于环境中, 这些失去的 P 必须通过摄食进行补充。

参考文献:

- [1] Zhao N G, Du N S, Bao X S. The reproduction and cultivation of Chinese crab [M]. Hefei: Anhui Science and Technology Press, 1988. 75-77. [赵乃刚, 堵南山, 包祥生. 中华绒螯蟹的人工繁殖与增养殖[M]. 合肥: 安徽科技出版社, 1988. 75-77.]
- [2] Zhang L S, Lu J T. Advance of the research on the moulting and growth of Chinese crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. Fisheries Science & Technology Information, 2001, 28(6): 246-250. [张列士, 陆锦天. 中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*) 蜕壳和生长的研究进展[J]. 水产科技情报, 2001, 28(6): 246-250.]
- [3] Jiang R L, Zhu D B. The moulting and growth of shrimps and crabs [J]. Fisheries Science & Technology Information, 1993, 20(1): 55-57. [姜仁良, 朱大白. 虾、蟹类的蜕壳和生长[J]. 水产科技情报, 1993, 20(1): 55-57.]
- [4] Passano L M. The physiology of crustacea [M]. Academic Press, New York, 1960. 473-491.
- [5] Yang P Y, Li C H. Moulting and growth of Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*, raised in plastics cage [J]. J Shanghai Fish Univ, 1998, 7(2): 158-161. [杨培银, 李晨虹. 笼养中华绒螯蟹的蜕壳与生长[J]. 上海水产大学学报, 1998, 7(2): 158-161.]
- [6] Wheatly M G. Calcium recognition: mechanisms and control in crustaceans and lower vertebrates [J]. Physiol Zool, 1994, 69: 351-382.
- [7] Brannon A C, Rao K R. Barium, strontium and calcium levels in the exoskeleton, hepatopancreas and abdominal muscle of the grass shrimp, *Palaemonetes pugio*: relation to molting and exposure to barite [J]. Comp Biol Physiol, 1979, 63A: 261-274.
- [8] Deshimaru O, Yone Y. Requirement of prawn for dietary minerals [J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1978, 40: 413-419.
- [9] Travis D F. The moulting cycle of the spiny lobster, *Panulirus argus* Latreille IV. Postecdysial histological and histochemical changes in the hepatopancreas and the integumental tissues [J]. Biol Bull, 1957, 451-479.
- [10] Wheatly M G. Crustacean models for studying calcium transport: the journey from whole organisms to molecular mechanisms [J]. J Mar Biol Assoc U K, 1997, 77: 107-125.
- [11] Onken H, Putzenlechner M. A V-ATPase drives active, electrogenic and Na⁺-independent Cl⁻ absorption across the gills of *Eriocheir sinensis* [J]. J Exp Biol, 1995, 198: 767-774.
- [12] Vijayan K K, Diwan, A D. Fluctuations in Ca, Mg and P levels in the hemolymph, muscle, midgut gland and exoskeleton during the moult cycle of the Indian white prawn, *Penaeus indicus* (Decapoda: Penaeidae) [J]. Comp Biochem Physiol, 1996, 114A: 91-97.
- [13] Hashem H O, El-Hamid N F A. Studies on the ionic and alkaline phosphatase changes associated with the moult cycle and eyestalk ablation of *Penaeus japonicus* [J]. Bull Natl Inst Oceanogr Fish, 1993, 19: 329-341.

- [14] Scott Fordsmand J J, Depledge, M H. Changes in tissue concentrations and contents of calcium, copper and zinc in the shore crab *Carcinus maenas* (L.) (Crustacea: Decapoda) during the moult cycle and following copper exposure during ecdysis[J]. Mar Environ Res, 1998, 44: 397-414.
- [15] Dall W, Smith D M. Ionic regulation of four species of penaeid prawn[J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1981, 55: 219-232.
- [16] Zhang D B, Ma L, Ma S. Study on the dietary phosphorus requirements of post larvae of *Penaeus chinensis*[J]. J Ocean Univ Qingdao, 2000, 30(1): 63-67. [张道波, 马琳, 马. 中国对虾仔虾对磷需要量的研究[J]. 青岛海洋大学学报, 2000, 30(1): 63-67.]
- [17] Get F, Pieter M, Verboost W A. Calcium transport in gill plasma membranes of the crab *Carcinus maenas*: evidence for carriers driven by ATP and a Na⁺ gradient[J]. J Exp Biol, 1994, 195: 109-122.
- [18] Cheng Y X, Du N S, Lai W. Ultrastructure of the hepatopancreatic R and F cells and lipid storage in the Chinese crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. Acta Zool Sin, 2000, 46(1): 8-13. [成永旭, 堵南山, 赖伟. 中华绒螯蟹肝胰腺R和F细胞及其脂类储存的电镜研究[J]. 动物学报, 2000, 46(1): 8-13.]

《水产学报》征稿简则(2003年6月)

一、来稿注意事项

1. 来稿应为可以公开发表的内容, 不接受在国内外正式发表过的文章。引用他人成果时应注明出处, 协作关系等亦应写明。
2. 文章要简明扼要, 文字简练(包括图、表和文献的运用)。着重撰述作者的新方法、新观点和新成果等。材料方法、基本原理及公式推导等应从简。
3. 论文不超过 6000 字; 综述不超过 7000 字; 研究简报不超过 4000 字; 其他文稿最多为 1500 字。
4. 本刊向作者收取审稿费 100 元。来稿文责自负, 必要时寄返作者修改或精简清稿。
5. 文章一经刊用, 作者要向本刊支付版面费。本刊将致稿酬, 并赠送若干册当期的本刊。
6. 来稿备一式两份, 挂号邮寄上海市军工路 334 号 48 信箱《水产学报》编辑部。邮编: 200090, 电话: 021-65710232 或 65680965, E-mail: scxuebao@online.sh.cn, JFC@shfu.edu.cn, 传真: 021-65680965。
7. 来稿在 3 个月内请勿他投, 编辑部会及时与作者沟通稿件处理信息。

二、对稿件的编辑出版要求

1. 论文稿书写的顺序: 中文题名, 作者署名, 作者单位(写至二级)及所在省、市和邮编, 中文摘要(300 字左右), 关键词(3~8 个), 中图分类号, 英文题名、作者署名[汉语拼音或英译名采用 WANG Geng xing(王更兴)拼写法]、作者单位(写至二级)及所在城市和邮编, 所在国度, **Abstract**(应扼要反映全文面貌, 不少于约 250 个实词), **Key words**(与中文关键词相对应), 正文, 参考文献。首页角注处请注明: (1) 收稿日期; (2) 基金项目: 资助者(编号), 并附立项或得奖批文的复印件; (3) 作者简介: 第一作者姓名(出生年-), 性别(民族-汉族可省略), 籍贯, 职称, 学位, 研究方向。电话, 电子信箱。稿件联系人另注明联系地址、邮编、电话、电子信箱等。
2. 文中统一采用国家审定的学术名词、名称或术语。
3. 插图和照片要求清晰, 插图或图版中的照片编号用软铅笔写在各自反面。表力求简明, 其内容不应与图及文字表述重复。图表不单列, 在文稿的相应页面内均应留有适当部位并写明图、表题, 其题目须汉英对照。
4. 参考文献只列确引的、最主要的、国内外公开发表的文献[待刊稿等需列出者, 标注在相应地页脚处, 并以(1)、(2)、(3)连续编号]。每条文献中, 作者姓名不超过三人者, 照录; 超过者, 则第三人之后从略, 加“等”或“et al.”之类的相应文种的外文缩写, “参考文献:”列于正文后, 独占一行。所列文献一律采用标准化的顺序编码制, 即把序号置于方括号内, 并视引文的具体情况将序号作为上角标, 或作为引文的组成部分。每条文献应按类型注明其标识(对于专著、论文集中的析出文献, 其文献类型标识建议采用单字母“A”; 对其他未说明的文献, 建议采用单字母“Z”), 具体如下:

参考文献类型	期刊文章	专著	论文集	学位论文	报告	报纸文章	标准	专利
文献类型标识	J	M	C	D	R	N	S	P