

文章编号: 1000- 0615(2003)04- 0289- 06

中华绒螯蟹大颚器激素生物合成与性早熟的关系

赵维信, 陆剑锋

(上海水产大学渔业学院, 上海 200090)

摘要: 运用放射化学方法跟踪测定中华绒螯蟹早熟个体和正常发育个体的大颚器合成和分泌的激素—甲基法尼酯(methyl farnesoate, MF), 发现早熟雌、雄蟹当年 9 月的 MF 合成速率约为正常蟹的 2 倍, 早熟蟹的 MF 在当年秋季(10 月或 11 月)均达到峰值, 之后 MF 合成速率显著降低, 而成熟系数继续升高。正常发育的雌、雄幼蟹, 当年至翌年 4 月的 MF 合成速率始终维持较低水平, 翌年 6 月开始, MF 合成速率迅速增大, 至翌年 10 月的 MF 合成速率已超过早熟蟹的峰值, 11 月的 MF 合成速率明显降低, 性腺发育至 IV 期末。研究结果表明: 早熟蟹大颚器的提早发育, 大量合成和分泌促性腺激素—MF, 刺激卵巢或精巢发育成熟是导致性早熟的内分泌因素。

关键词: 中华绒螯蟹; 性早熟; 大颚器; 甲基法尼酯

中图分类号: S917 文献标识码: A

The relationship between hormone biosynthesis of mandibular organ and precociousness in *Eriocheir sinensis*

ZHAO Wei-xin, LU Jian-feng

(Fisheries College, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

Abstract: Methyl farnesoate (MF) biosynthesized and secreted by mandibular organ (MO) in Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*), including precocious and normal crabs, was investigated by using *in vitro* radiochemical method. It was found that MF biosynthesis rates of precocious crabs (female and male) in September were about two times higher normal juvenile crabs, and reached the peak levels in October or November (1st autumn). After that, it decreased significantly, but GSI continued to increase during the winter. In normal crabs, MF biosynthetic rates maintained much lower levels from September (1st year) to April (2nd year) with undeveloped gonads. Since June (2nd year), MF biosynthetic rate increased rapidly. In October (2nd year), MF biosynthetic rates in both female and male were beyond the peak levels of precocious crab. In November, MF decreased significantly, while gonads reached the end of stage IV. The results indicated that MO development in advance in the precocious crabs (female and male), made large amount of MF to be biosynthesized and secreted and then stimulated ovaries and testes development and maturation. That is the endocrine factor for causing precociousness of crab.

Key words: *Eriocheir sinensis*; precociousness; mandibular organ (MO); methyl farnesoate (MF)

中华绒螯蟹 (*Eriocheir sinensis*), 俗称河蟹。目前河蟹大规模人工养殖生产中出现较大比例的性早熟

收稿日期: 2002-04-28

资助项目: 上海市教委重点学科基金资助项目 (B991602)

作者简介: 赵维信 (1937-), 女, 江苏南京人, 教授, 主要从事鱼类和甲壳类内分泌学研究。Tel: 021-65710525, E-mail: wxzhao@

在一定程度上制约了河蟹生产效益的提高^[1],如何控制性早熟已成为广大生产者和科技工作者共同关注的问题。较多的研究集中在盐度、温度和营养,而关于性早熟与内分泌的关系只见吴嘉敏和姜新耀^[2]报道,性早熟雌性扣蟹(1秋龄)血淋巴钙离子浓度和 17β -雌二醇都明显高于正常发育的扣蟹。Laufer等^[3]和赵维信和白桦^[4]研究发现十足目甲壳动物的大颚器(mandibular organ, MO)分泌的激素—甲基法尼酯(methyl farnesoate, MF)对虾、蟹等动物的卵黄发生有明显刺激作用。为了解早熟蟹性腺提早发育的内在机理,本研究对早熟蟹和正常发育蟹生长发育过程中MF的合成速率进行跟踪测定,试图从生殖内分泌方面揭示河蟹性早熟的机理,为进一步制定控制河蟹性早熟的技术措施提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 实验动物

中华绒螯蟹于2000年10月—2001年9月购自上海崇明富民农场,暂养在实验室玻璃水族箱中,一般在每个月的下旬取样、解剖和测定。实验蟹逐尾记录体长、体宽和体重;解剖取出性腺和肝胰腺并称重。用Bouin氏液固定一小块性腺,做常规石蜡切片,H-E染色,Olympus显微镜观察。在解剖镜下完整取下左、右侧MO,用作活体培养。按月测定MO激素—MF的合成速率,并计算成熟系数和肝系数。

1.2 甲基法尼酯合成速率的离体测定

按Tobe等^[5]的方法略加修改。在含有一定量³H-甲硫氨酸(³H-Met)的每个培养管中(每管含缺少甲硫氨酸的TC199培养基100 μ L)放入1个MO,30 $^{\circ}$ C闭光培养3h。取出培养管,将MO从培养管中挑出弃去。在培养管中加入300 μ L异辛烷,振荡,3000 $r\cdot\min^{-1}$ 离心10min,取上清液有机相200 μ L于塑料离心管。每个塑料离心管中加入1mL闪烁液,过夜,在Beckman LS6500型闪烁仪读数,计算测定结果。

1.3 数据处理

采用 t 检验,方差分析进行实验数据处理。

2 结果

2.1 性早熟雌蟹大颚器合成甲基法尼酯速率的变化

当年9月的性早熟雌蟹,MF合成速率为 $17.92\pm 5.96\text{ pmol}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ind}^{-1}$,明显高于当年正常发育幼蟹的MF合成水平($P<0.01$),此时性早熟雌蟹卵巢发育已进入初级卵黄发生期。10月MF合成速率迅速升高至 $24.73\pm 10.30\text{ pmol}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ind}^{-1}$,与9月比较差异显著($P<0.05$),卵巢进入次级卵黄发生初期。11月MF合成速率略有升高,并达到峰值,为 $26.71\pm 6.91\text{ pmol}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ind}^{-1}$,卵巢为次级卵黄发生中期。12月MF合成水平极显著下降($P<0.01$),卵巢继续发育进入次级卵黄发生末期。翌年2月的MF合成水平与当年12月相差不大,卵巢仍处于次级卵黄发生末期。成熟系数从当年9月至翌年12月,始终呈上升趋势(表1)。

2.2 正常发育雌蟹大颚器合成甲基法尼酯速率的变化

正常发育幼蟹在当年9—11月,MF合成速率维持在 $10\text{ pmol}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ind}^{-1}$ 左右,明显低于早熟蟹($P<0.01$)。当年12月至翌年2月的MF合成水平下降,之后(翌年4—8月)逐渐升高,翌年9月的MF合成速率为 $27.03\pm 8.75\text{ pmol}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ind}^{-1}$,较8月有显著升高($P<0.05$),卵巢由卵黄发生前期(8月)进入初级卵黄发生期。正常发育蟹在翌年9月的MF合成速率较性早熟蟹在当年9月(同样处于初级卵黄发生期)的MF合成速率明显高($P<0.01$)。翌年10月的MF合成速率较9月明显升高($P<0.05$),并达

到峰值, 为 $34.78 \pm 10.00 \text{ pmol} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ind}^{-1}$, 卵巢已发育至次级卵黄发生中期。11 月 MF 合成速率较 10 月显著下降 ($P < 0.05$), 卵巢继续发育至次级卵黄发生末期, 成熟系数达到 $11.83\% \pm 1.71\%$ (表 2)。

表 1 性早熟雌性中华绒螯蟹各种生物学参数

Tab. 1 The biological parameters of the female precocious *E. sinensis*

月份 month	体重范围(g) range of weight	HSI (%)	GSI (%)	MF 合成速率 ($\text{pmol} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ind}^{-1}$) MF biosynthetic rate	卵巢发育分期 stage of ovary
当年 9 月 1st year, Sep.	15.00~ 43.41 (18)	9.46±1.23 (18)	1.49±0.77 (18)	17.92±5.96 (13)	初级卵黄发生期 primary vitellogenesis
10 月 Oct.	16.77~ 33.80 (9)	6.56±1.71 (9)	5.85±0.82 (9)	24.73±10.30 (8)	次级卵黄发生期 (IV初) early of second vitellogenesis
11 月 Nov.	17.84~ 35.52 (10)	6.43±1.15 (10)	7.72±0.61 (10)	26.71±6.91 (7)	次级卵黄发生期 (IV中) middle of second vitellogenesis
12 月 Dec.	18.84~ 40.37 (15)	4.88±1.03 (15)	11.11±0.61 (16)	14.90±4.44 (12)	次级卵黄发生期 (IV末) end of second vitellogenesis
翌年 2 月 2nd year, Feb.	14.29~ 30.48 (18)	3.61±1.09 (18)	12.61±1.29 (18)	15.40±3.54 (12)	次级卵黄发生期 (IV末) end of second vitellogenesis

注: HSI 为肝系数; GSI 为成熟系数; MF 生物合成速率 10 月与 9 月比较差异显著 ($P < 0.05$); MF 生物合成速率 12 月与 11 月比较差异极显著 ($P < 0.01$)

Notes: HSI means hepato-somatic index; GSI means gonad-somatic index; MF biosynthetic rate, comparison of October and September showed significant difference ($P < 0.05$); MF biosynthetic rate, comparison of December and November showed highly significant difference ($P < 0.01$)

表 2 正常发育雌性中华绒螯蟹各种生物学参数

Tab. 2 The biological parameters of the normal female *E. sinensis*

月份 month	体重范围(g) range of weight	HSI (%)	GSI (%)	MF 合成速率 ($\text{pmol} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ind}^{-1}$) MF biosynthetic rate	卵巢发育分期 stage of ovary
当年 9 月 1st year, Sep.	2.49~ 5.63 (17)	9.74±0.79 (17)	—	9.82±2.96 (14)	—
10 月 Oct.	2.89~ 6.26 (8)	8.48±0.82 (8)	—	9.86±3.15 (8)	—
11 月 Nov.	2.08~ 6.54 (9)	8.31±0.97 (9)	—	11.09±4.85 (9)	—
12 月 Dec.	2.54~ 8.35 (24)	8.41±0.66 (24)	—	6.82±2.61 (24)	—
翌年 2 月 2nd year, Feb.	1.94~ 8.38 (17)	7.45±0.86 (17)	—	5.47±1.92 (16)	—
4 月 April	6.96~ 15.23 (18)	9.42±1.18 (18)	—	8.28±2.45 (14)	—
6 月 June	3.31~ 13.83 (18)	8.67±1.39 (18)	—	14.26±8.86 (16)	—
7 月 July	10.15~ 22.41 (18)	8.48±1.05 (18)	—	18.18±7.60 (7)	—
8 月 Aug.	15.42~ 62.71 (14)	7.69±0.81 (14)	0.14±0.01 (8)	21.71±7.36 (18)	卵黄发生前期 previtellogenesis
9 月 Sep.	57.06~ 82.44 (18)	9.31±1.00 (18)	2.04±1.18 (18)	27.03±8.75 (22)	初级卵黄发生期 primary vitellogenesis
10 月 Oct.	81.41~ 117.49 (9)	8.18±0.91 (9)	7.37±1.11 (9)	34.78±10.00 (8)	次级卵黄发生期 (IV中) middle of second vitellogenesis
11 月 Nov.	127.01~ 173.72 (8)	4.58±0.74 (8)	11.83±1.71 (8)	24.85±7.50 (8)	次级卵黄发生期 (IV末) end of second vitellogenesis

注: MF 生物合成速率 10 月与 9 月比较差异显著 ($P < 0.05$); MF 生物合成速率 11 月与 10 月比较差异显著 ($P < 0.05$)

Notes: MF biosynthetic rate, comparison of October and September showed significant difference ($P < 0.05$); MF biosynthetic rate, comparison of November and October showed significant difference ($P < 0.05$)

2.3 性早熟雄蟹大颚器合成甲基法尼酯的速率变化

当年 9 月, 性早熟蟹的 MF 合成速率为 $16.22 \pm 4.36 \text{ pmol} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ind}^{-1}$, 约为正常发育幼蟹的 2 倍 ($P < 0.01$); 10 月 MF 合成速率显著上升 ($P < 0.01$) 并达到峰值, 为 $27.39 \pm 8.02 \text{ pmol} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ind}^{-1}$, 此时的精巢处于精子期, 精小囊内充满精子; 11 月 MF 显著下降 ($P < 0.01$), 此时的精巢仍为精子期, 全部精小囊

内充满精子; 12月MF合成水平较11月显著降低($P < 0.05$), 此时精小囊内仅残留少量的精子, 大部分精子已进入储精囊, 解剖时可见明显膨大的储精囊; 翌年2月MF合成水平与12月相差不大。GSI(精巢重/体重 $\times 100$)研究表明, 当年9月性早熟的GSI为 $0.45\% \pm 0.07\%$, 此时精小囊内以精细胞为主, 尚未出现精子; 之后GSI逐渐降低, 11月为 $0.26\% \pm 0.10\%$, 至翌年2月的GSI降至 $0.23\% \pm 0.06\%$ 。而整个雄性生殖系统(精巢+输精管+储精囊+副性腺)与体重比值的百分比(雄性生殖系统/体重 $\times 100$)则11月明显高于9月(表3)。

表3 性早熟雄性中华绒螯蟹各种生物学参数
Tab. 3 The biological parameters of the male precocious *E. sinensis*

月份 month	体重范围(g) range of weight	HSI (%)	GSI (%)	MF合成速率 ($\text{pmol}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ind}^{-1}$) MF biosynthetic rate	精巢发育分期 stage of testis
当年9月 1st year, Sep.	15.31~34.26 (18)	—	$0.45 \pm 0.07(18)^*$ $1.32 \pm 0.31(18)^{**}$	16.22 ± 4.36 (17)	精细胞期 spermatocytes
10月 Oct.	27.03~38.63 (8)	7.47 ± 1.02 (8)	0.36 ± 0.13 (8)	27.39 ± 8.02 (8)	精子期 sperms
11月 Nov.	14.65~47.25 (18)	6.28 ± 0.79 (18)	$0.26 \pm 0.10(18)^*$ $3.89 \pm 0.64(18)^{**}$	19.50 ± 5.51 (18)	精子期 sperms
12月 Dec.	15.50~34.31 (15)	6.32 ± 0.99 (15)	0.28 ± 0.11 (14)	15.36 ± 5.60 (13)	少量精子 a few of sperms
翌年2月 2nd year, Feb.	14.73~34.84 (18)	4.41 ± 0.71 (18)	0.23 ± 0.06 (18)	15.92 ± 5.63 (12)	—

注: MF生物合成速率10月与9月比较差异极显著($P < 0.01$); MF生物合成速率11月与10月比较差异极显著($P < 0.01$); *指精巢与体重比值的百分比; **指整个雄性生殖系统(精巢+输精管+储精囊+副性腺)与体重比值的百分比

Notes: MF biosynthetic rate, comparison of October and September showed highly significant difference ($P < 0.01$); MF biosynthetic rate, comparison of November and October showed highly significant difference ($P < 0.01$); * indicates percentage of testes in the body weight; ** indicates percentage of the whole male reproductive system (testes + spermduct + spermreservoir + accessory sex gland) in the body weight

2.4 正常发育雄蟹的大颚器合成甲基法尼酯的速率变化

当年雄蟹的MF合成速率与当年雌性幼蟹相似, 维持较低水平。翌年2月至4月MF合成水平下降, 翌年6月出现极大升高($P < 0.01$)约为4月的3倍, 达到 $24.38 \pm 8.52 \text{ pmol}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ind}^{-1}$, 之后(7-9月)MF合成速率逐渐升高, 9月达到 $34.51 \pm 8.90 \text{ pmol}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ind}^{-1}$, 此时精小囊内充满精子; 10月MF合成速率达到峰值, 为 $48.32 \pm 8.83 \text{ pmol}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ind}^{-1}$, 与9月相比较有极显著升高($P < 0.01$), 此时所有精小囊内均充满精子。11月的MF合成速率较10月极显著降低($P < 0.01$)。正常发育雄蟹的成熟系数, 在翌年9月为 $0.42\% \pm 0.15\%$, 10月为 $0.37\% \pm 0.12\%$, 11月为 $0.25\% \pm 0.06\%$, 呈逐渐降低趋势; 而整个雄性生殖系统与体重比值的百分比则呈上升势态(表4)。

3 讨论

中华绒螯蟹的MO位于大颚几丁质腱前端基部, 能合成和分泌MF; 中华绒螯蟹MO的MF合成速率较克氏原螯虾(*Procambarus clarkii*)高, 同样是次级卵黄发生期, 前者MF合成速率($34.78 \pm 10.00 \text{ pmol}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ind}^{-1}$)是后者($7.79 \pm 3.81 \text{ pmol}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ind}^{-1}$)的4倍^[4]。

研究发现, 克氏原螯虾MO粗提物对离体卵母细胞直径增大和卵巢总RNA含量增多有明显刺激作用^[6]; MO细胞直径随着卵母细胞直径增大而增大; 在次级卵黄发生期达到最大^[7]; 次级卵黄发生期的MF合成速率在卵巢发育周期中最高, 成熟期的MF合成速率下降^[4]; Laufer等^[3]也发现雌性蜘蛛蟹(*Libinia emarginata*)的MO在卵黄发生期合成MF最盛, 并在卵巢发育完成时降低。这些研究结果表明MF的合成与分泌活动与卵黄发生相关。

表 4 正常发育雄性中华绒螯蟹各种生物学参数
Tab. 4 The biological parameters of the normal male *E. sinensis*

月份 month	体重范围(g) range of weight	HSI (%)	GSI (%)	MF 合成速率 ($\text{pmol}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ind}^{-1}$) MF biosynthetic rate	精巢发育分期 stage of testis
当年 9 月 1st year, Sep.	2.75~ 6.69 (18)	—	—	8.19±4.40 (16)	—
10 月 Oct.	—	—	—	—	—
11 月 Nov.	3.12~ 8.69 (10)	—	—	10.21±2.75 (8)	—
12 月 Dec.	—	—	—	—	—
翌年 2 月 2nd year, Feb.	2.31~ 7.45 (17)	7.97±0.78 (17)	—	6.45±2.45 (16)	—
4 月 April	6.35~ 18.10 (18)	9.50±1.01 (18)	—	7.59±2.91 (17)	—
6 月 June	3.58~ 12.93 (13)	8.16±1.28 (16)	—	24.32±8.52 (13)	—
7 月 July	8.66~ 23.41 (18)	7.74±0.86 (18)	—	26.15±3.99 (7)	—
8 月 Aug.	14.34~ 50.70 (13)	7.01±0.75 (13)	0.32±0.11 (8)	28.41±7.19 (11)	—
9 月 Sep.	51.01~ 103.08 (18)	—	0.42±0.15(18)* 1.23±0.38(18)**	34.51±8.90 (16)	精细胞期已出现少量精子 spermatocytes a few of sperms
10 月 Oct.	142.07~ 194.47 (8)	6.90±1.78 (8)	0.37±0.12 (8)	48.32±8.83 (8)	精子期 sperms
11 月 Nov.	149.37~ 218.72 (11)	4.74±0.72 (11)	0.25±0.06(8)* 3.44±0.67(10)**	33.43±7.44 (8)	—

注: MF 生物合成速率 10 月与 9 月比较差异显著 ($P < 0.05$); MF 生物合成速率 11 月与 10 月比较差异显著 ($P < 0.05$); * 同表 3;

** 同表 3

Notes: MF biosynthetic rate, comparison of October and September showed significant difference ($P < 0.05$); MF biosynthetic rate, comparison of November and October showed significant difference ($P < 0.05$); * indicates the same as Tab. 3; ** indicates the same as Tab. 3

本研究结果表明,在当年 9 月的早熟雌蟹, MF 合成速率明显高于同月的正常发育幼蟹 ($P < 0.01$), 早熟蟹的卵巢处于初级卵黄发生期, 而正常发育幼蟹的卵巢尚未发育。早熟雌蟹 10 月份的 MF 合成速率较 9 月明显升高, 卵巢进入次级卵黄发生期。12 月至翌年 2 月, 早熟蟹的 MF 合成速率下降, 是由于 MO 细胞功能减退, 而正常发育幼蟹的 MF 合成能力在 12 月至翌年 2 月较低是由于 MO 细胞尚未充分发育, 因此 MF 分泌也较少。比较同是卵黄发生阶段的 MF 合成水平, 发现早熟蟹的 MF 合成速率明显较低。早熟蟹卵巢在进入初级卵黄发生期(当年 9 月), MF 的合成速率为 $17.92 \pm 5.96 \text{ pmol}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ind}^{-1}$; 而正常发育蟹在进入初级卵黄发生期(翌年 9 月)的 MF 合成水平为 $27.03 \pm 8.75 \text{ pmol}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ind}^{-1}$, 明显高于早熟蟹 ($P < 0.01$)。正常发育蟹在次级卵黄发生期(翌年 10 月份)的 MF 合成水平上升到 $34.78 \pm 10.00 \text{ pmol}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ind}^{-1}$, 也比早熟蟹在次级卵黄发生期(当年 10 月)的 MF 明显高 ($P < 0.01$)。翌年 11 月, 正常发育蟹的 MF 合成速率明显下降 ($P < 0.01$), 这与 Laufer 等^[3]发现雌性蜘蛛蟹的 MO 在卵巢发育完成时, MF 合成降低相一致。早熟雌蟹在当年 12 月也出现 MF 合成水平下降。表明不论是正常发育的还是早熟的雌蟹在次级卵黄发生末期, MF 合成水平迅速降低; 早熟蟹的卵巢发育较正常发育的 2 秋龄蟹推迟略 1 个月左右。

早熟雄蟹的 MF 变化与早熟雌蟹基本相似, 仅雄性 MF 的峰值维持的时间较雌性略短 1 个月。另外发现正常发育雄蟹, 在翌年 6 月的 MF 合成速率增长极大, 约为 4 月份的 3 倍, 明显大于正常发育雌蟹在翌年 6 月的增长, 反映此时精巢发育有较大、较明显的进展。提示精巢发育的启动可能比卵巢约提前 1 个月左右。同样, 正常发育雄蟹在精子期(翌年 10 月) $48.32 \pm 8.83 \text{ pmol}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ind}^{-1}$ 的 MF 合成速率比早熟雄蟹的精子期(当年 10 月) $27.39 \pm 8.02 \text{ pmol}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ind}^{-1}$, 明显高 ($P < 0.01$)。实验中发现, 雄性成熟系数如果按照精巢与体重的比值计算, 则成熟系数变化不是很明显, 特别是到后期成熟阶段, 甚至有降

低趋势。因此沿用整个生殖系统(包括精巢、输精管、储精囊、副性腺等)与体重的比值来计算,则呈上升趋势。这表明精子形成后都陆续转移到输精管和储精囊,因此,精巢重量在成熟时并不见增大。目前国内关于雄性蟹类成熟系数方面的报道基本采用后种方法,我们在表中列举了这两种计算方法得出的成熟系数以供参考。

综观以上结果,凡当年蟹一旦出现 MO 发育, MF 大量合成和分泌,必然导致性腺提早发育。一旦性腺受高浓度 MF 刺激,就会启动发育,开始卵黄发生或精子发生,之后,卵巢就不停息地一直发育到成熟。因此,环境因子和过度营养等原因导致幼蟹的 MO 发育,使 MF 浓度在血淋巴中的迅速升高可能就是引起早熟的内分泌原因。

参考文献:

- [1] Zhang L S, Xu Q Y. Studies on sex maturity and early maturity of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) in natural and farming water[J]. Fisheries Science & Technology Information, 2001, 28(3): 106- 111. [张列士,徐琴英. 自然及养殖水体河蟹性成熟和性早熟的研究[J]. 水产科技情报, 2001, 28(3): 106- 111.]
- [2] Wu J M, Jiang X Y. The relationships between Ca^{2+} , 17β - estradiol levels in the hemolymph and precociousness of *Eriocheir sinensis*[J]. J Fish China, 2001, 25(2): 112- 115. [吴嘉敏,姜新耀. 中华绒螯蟹血淋巴钙离子和 17β - 雌二醇浓度与性早熟的关系[J]. 水产学报, 2001, 25(2): 112- 115.]
- [3] Laufer H, Borst D, Baker F C, et al. Identification of a juvenile hormone like compound in a crustacean[J]. Science, 1987, 235: 201- 205.
- [4] Zhao W X, Bai H. The synthesis of methyl famesoate by mandibular organ in *Procambarus clarkii*[J]. J Fish China, 2001, 25(30): 193- 196. [赵维信,白桦. 克氏原螯虾大颚器合成甲基法尼酯的研究[J]. 水产学报, 2001, 25(3): 193- 196.]
- [5] Tobe S S, Young D A, Khoo H W. Production of methyl famesoate by mandibular organs of the mud crab, *Scylla serrata*: validation of radiochemical assay[J]. Gen Comp Endocrinol, 1989, 73(3): 342- 353.
- [6] Zhao W X, Li S. Effects of mandibular organ on ovarian development of *Procambarus clarkii*[J]. J Fish China, 1999, 23(3): 229- 303. [赵维信,李胜. 克氏原螯虾大颚器对卵巢发育的影响[J]. 水产学报, 1999, 23(3): 229- 233.]
- [7] Li S, Zhao W X. Structural changes of mandibular organ during the ovary developing cycle in crayfish[J]. J Shanghai Fish Univ, 1999, 8(1): 12- 18. [李胜,赵维信. 克氏原螯虾大颚器在卵巢发育周期中的组织结构变化[J]. 上海水产大学学报, 1999, 8(1): 12- 18.]

欢迎订阅 2004 年《淡水渔业》

《淡水渔业》创刊于 1971 年,是中国水产学会主办、中国水产科学院长江水产研究所编辑出版的科技期刊。三十多年来,多次获中国科协优秀期刊、中国水产学会优秀期刊及湖北省优秀期刊等荣誉。本刊立足水产,面向全国,内容权威、经典、丰富、实用,是各级渔业科技工作者的良师益友,更是广大渔民养殖致富的好帮手。

本刊主要刊登科研报告、实用技术及生产经验等,本刊的编辑方针是提高与普及相结合,积极为科研和生产服务。热忱欢迎水产相关科研院所专业技术人员、大专院校师生、各级技术推广人员和有经验的生产者订阅。

本刊为双月刊,大 16 开,64 页,国内外公开发行,每单月 15 日出版。国内统一刊号 CN42-1138/S,邮发代号 38-32,国际标准刊号 ISSN 1000-6907。本刊每期定价 5 元,全年 6 期共 30 元。读者可采取两种方式订阅:(1)可在当地邮局订阅;(2)直接汇款到本社订阅。

地址:湖北省荆州市江汉北路《淡水渔业》杂志社(434000)

电话:(0716)8212277-3017,传真:(0716)8130465

E-mail: dsyy@chinajournal.net.cn ; Http://dsyy.chinajournal.net.cn