

湖泊放养长江水系中华绒螯蟹的性成熟规律研究

李思发¹ 王成辉¹ 赵乃刚²

(1. 农业部水产增殖生态、生理重点开放实验室; 上海水产大学 200090;

2. 安徽水产新技术研究所, 合肥 230088)

摘要: 于 8—11 月份, 结合中华绒螯蟹捕捞期, 即生殖洄游期的到来, 通过性腺发育的组织学和细胞学观察, 重点观察了长江下游安徽杨赛湖等人工放养长江水系中华绒螯蟹的性成熟规律。结果表明: ① 在性成熟时期, 性腺发育与肝胰脏变化极为密切, 肝脏指数逐渐下降, 而性腺指数逐渐上升; ② 雌、雄蟹的性成熟存在规律性差异, 8—9 月份, 雄蟹的性腺指数和性/肝指数均高于雌蟹, 而 10—11 月份, 雌蟹的性腺指数和性/肝指数均高于雄蟹; ③ 经性腺的组织学和细胞学观察, 雄蟹的性腺发育略早于雌蟹; ④ 洄游高峰期的出现是河蟹性细胞走向成熟的外在表现。作者建议把肝脏指数 7.5 作为捕捞长江水系河蟹最佳时机的指标。

关键词: 中华绒螯蟹; 性腺; 性成熟

中图分类号: S968.16 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2001)04-0350-08

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*), 俗称河蟹, 是我国特有的水产经济动物。河蟹受精卵在河口浅海孵化成幼体后, 溯河到淡水中生长肥育, 通常在湖泊中发育成熟。当性腺发育到一定时期, 便进行生殖洄游, 这时是河蟹风味最佳的时期, 也是其捕捞高峰期。研究河蟹的洄游规律, 尤其是自然生态环境中的性腺发育和成熟规律, 在河蟹的增养殖业上具有重要意义。目前对河蟹生殖洄游规律的研究是通过捕捞量(产量)来推测^[1-2], 没有从性腺发育规律来研究生殖洄游规律。另一方面, 国内虽有不少人对河蟹的性腺发育与成熟作过研究^[3-5], 但均为性腺发育的组织学及细胞学描述, 未联系生殖洄游期。本文通过对长江下游湖泊中人工放养长江水系河蟹生殖洄游期性腺外在(重量)的和内在(性腺组织学及细胞学)的研究, 探讨性成熟期的性腺发育规律和洄游特点。

1 材料和方法

1.1 试验材料 选用安徽省宿松县杨赛湖人工放养的长江水系中华绒螯蟹。杨赛湖面积 333hm², 常年平均水深 1.7—2.0m, 属草型湖泊。同时, 结合观察了安徽竹丝湖(1060hm²)、南大湖(800hm²)、江苏固城湖(3070hm²)等湖泊放养的长江水系中华绒螯蟹。

收稿日期: 2000-04-12; 修订日期: 2001-05-24

基金项目: 国家“九五”科技攻关项目(96-008-01-03-05)

作者简介: 李思发(1938—), 男, 江苏镇江人; 教授, 博士生导师; 研究方向: 水产动物种质资源与种苗工程。此稿承湖南师范大学刘筠院士审阅并提出宝贵意见, 安徽省维庆水产公司肖春福先生提供采样方便, 在此一并谨致谢忱

1.2 试验方法 1999 年 8 月 5 日至 11 月 5 日,在杨赛湖每月第 5 日随机取成蟹 30 只,共 120 只,雌、雄性各半。称重(精确到 0.1g),测量壳长、壳宽、壳厚(精确到 0.1mm)。取肝脏和性腺称重(精确到 0.01g)后,性腺用 Bouin's 液固定,石蜡切片,苏木精-伊红染色,显微镜观察性腺的发育情况。性腺组织的观察参照有关资料^[3-6]。为同时了解河蟹的生殖洄游规律,探讨性腺发育与捕捞期的关系,从 9 月下旬开始捕捞至 11 月 5 日,记录每日的捕捞量(日产量)。捕捞期间,每日的捕捞努力量保持不变,并定时起水。

1.3 数据处理 相关公式计算:

$$\begin{aligned} \text{肝脏指数}(\%) &= \text{肝脏重} / \text{体重} \times 100 \\ \text{性腺指数}(\%) &= \text{性腺重} / \text{体重} \times 100 \\ \text{性/肝指数}(\%) &= \text{性腺重} / \text{肝脏重} \times 100 \\ \text{肝性总指数}(\%) &= \text{肝脏指数} + \text{性腺指数} \end{aligned}$$

为比较不同月份、性别间的性成熟差异,对以上各指数进行如下线性模型方差分析:

$$YI_{ij} = C + MON_i + SEX_j + MON_i \times SEX_j + E_{ij}$$

式中 YI_{ij} 为各指数值, C 为常数, MON_i 、 SEX_j 分别为月份、性别的固定效应, $MON_i \times SEX_j$ 为月份与性别的交互效应, E_{ij} 为随机误差。

以上数据的处理均用 SYSTAT 软件^[7]来完成。

研究过程中,对长江水系中华绒螯蟹的性腺发育与肝脏指数的消长先作总体动态观察,再作雌、雄性的差异研究。对安徽竹丝湖、南大湖、江苏固城湖放养河蟹性成熟规律的观察结果同杨赛湖一致,本文仅报道杨赛湖的资料。

2 结果

2.1 性成熟期肝脏指数和性腺指数的变化

2.1.1 肝脏指数与性腺指数的消长关系 中华绒螯蟹 8—11 月份肝脏指数和性腺指数变化如表 1 所示。肝脏指数除 9 月份略有上升外,总的呈逐月下降趋势,而性腺指数却逐月上升。9—11 月份,肝脏指数下降较迅速,相反,性腺指数却上升显著。

表 1 中华绒螯蟹性成熟期的肝脏和性腺变化

Tab. 1 Changes of liver index and gonad index of mitten crab during maturation period

月份	体重(g)	肝脏指数(%)	性腺指数(%)	性/肝指数(%)
8	111.6±30.4	9.06±1.33	0.15±0.12	1.68±0.42
9	141.6±35.9	9.17±1.98	0.46±0.31	5.88±3.10
10	146.6±26.7	7.63±1.71	1.55±0.83	20.54±8.55
11	116.1±31.6	7.44±1.10	4.43±2.86	58.34±18.10

对各月份河蟹的肝脏指数、性腺指数和性/肝指数进行方差分析,结果表明:月份间的三项指数差异均极显著($P < 0.01$)。从 8 月份开始,河蟹性腺发育进入快速增长期,同时,肝脏指数呈显著负相关变化,性/肝指数呈显著正相关变化(表 2)。

在同一时期,雌、雄间肝脏指数差异不显著($P > 0.05$),但性腺指数和性/肝指数差异极显著($P < 0.01$),而三项指数的月份-性别交互作用均极显著($P < 0.01$)。

表 2 中华绒螯蟹肝脏指数、性腺指数和性/肝指数的方差分析
Tab. 2 ANOVA of liver index, gonad index and gonad/liver index of mitten crab

	自由度	均方	F 值	P 值
肝脏指数				
月份	3	13.380	8.531	0.000
性别	1	1.124	0.717	0.399
月份×性别	3	9.349	5.961	0.001
性腺指数				
月份	3	151.060	280.378	0.000
性别	1	194.488	360.984	0.000
月份×性别	3	47.672	88.483	0.000
性/肝指数				
月份	3	25865.305	203.360	0.000
性别	1	31393.498	246.824	0.000
月份×性别	3	8046.640	63.265	0.000

2.1.2 雌、雄性腺发育与肝脏指数的消长关系 雌蟹各月份的肝脏指数均高于雄蟹(图 1)。8—11 月间,雌蟹的肝脏指数分别为 9.44%、10.29%、9.06% 及 7.83%;雄蟹的肝脏指数分别为 8.64%、8.23%、7.44% 及 7.06%。雌、雄蟹的肝脏指数在 8、11 月份不存在显著性差异($P>0.05$),但 9 月份雌蟹极显著高于雄蟹($P<0.01$),10 月份雄蟹显著高于雌蟹($P<0.05$)。

雌、雄蟹间的性腺指数也均存在明显差异(图 2)。8—11 月份,雌蟹的性腺指数分别为 0.05%、0.16%、2.08% 及 6.98%;雄蟹的性腺指数分别为 0.25%、0.72%、1.09% 及 1.88%。8—9 月份,雄蟹的性腺指数极显著地高于雌蟹($P<0.01$),而到 10—11 月份,雌蟹的性腺指数极显著地高于雄蟹($P<0.01$)。

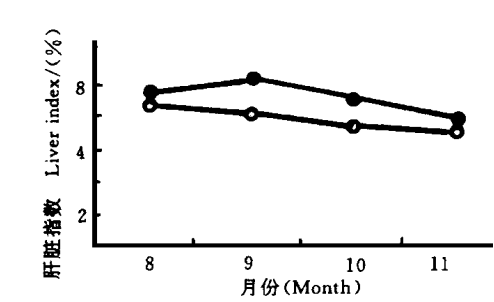


图 1 中华绒螯蟹雌、雄的肝脏指数变化
Fig. 1 Changes of liver index between male and female crab
●—● 雌性 ○—○ 雄性(图 1~4 同)

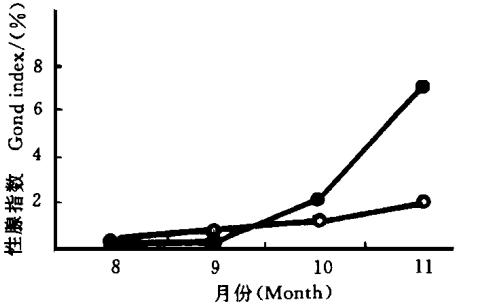


图 2 中华绒螯蟹雌、雄的性腺指数变化
Fig. 2 Changes of gonad index between male and female crab

雌雄河蟹的性/肝指数变化如图 3 所示。8—9 月份,雄蟹的性/肝指数极显著地高于雌蟹($P<0.01$)。但 10—11 月份反之,10 月份不存在显著差异($P>0.05$),11 月份差异极显著($P<0.01$)。图 4 示雌、雄河蟹的肝性总指数变化。8—11 月份雌蟹的肝性总指数分别比雄蟹高 7.66%、16.87%、24.31% 及 61.13% ($P<0.01$)。

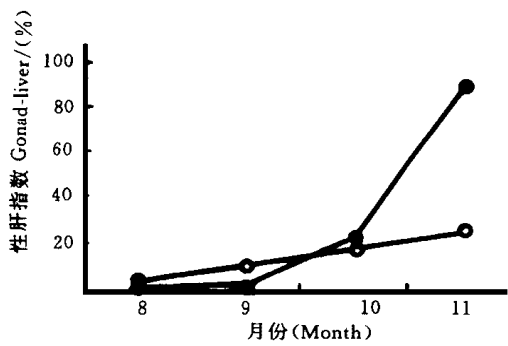


图3 中华绒螯蟹雌、雄的性/肝指数变化
Fig. 3 Changes of gonad- liver index between male and female crab

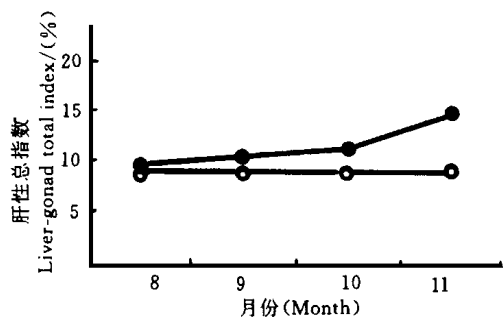


图4 中华绒螯蟹雌、雄的肝性总指数变化
Fig. 4 Changes of liver- gonad total index between male and female crab

2.2 性腺发育的组织学和细胞学观察

8 月份, 雄蟹的性腺已发育到精母细胞期, 精巢中充满大量的次级精母细胞(图版 I : 1); 而雌蟹的性腺发育时相则停留在第 II 期, 由小生长期的卵母细胞组成(图版 I : 2), 在实验样本中, 还发现 20% 个体停留在卵原细胞期(图版 I : 3)。9 月份雄蟹的性腺发育进入精子细胞期, 生殖带中可见大量的精子细胞(图版 I : 4); 雌蟹的性腺发育至第 II 期, 卵母细胞发育到次级卵母细胞的大生长前期(图版 I : 5)。10 月份雄蟹精巢内的管腔不断扩大(约占 60%), 生发区不断缩小(约占 40%), 生发区由精子细胞组成, 管腔内充满大量的精子(图版 I : 6); 雌蟹的卵母细胞进入大生长期后期(图版 I : 7)。11 月份, 雄蟹精巢中生发区显著缩小, 管腔约占 90% 以上, 管腔内充满大量的精子(图版 I : 8); 雌蟹的卵细胞可分为成熟前期和成熟期的卵细胞, 卵细胞相互挤压, 呈不规则形, 卵细胞内充满大量的卵黄颗粒(图版 I : 9)。综上所述, 雄性河蟹的性腺发育略早于雌性河蟹。

2.3 生殖洄游

随着性腺的逐渐成熟, 河蟹开始降河洄游, 并在洄游过程中完成性腺的完全成熟。河蟹的生殖洄游, 造成了一年一度的捕捞季节。故从捕捞季节的捕捞量曲线的变化, 能表明生殖洄游的起始和结束。杨赛湖自 9 月 26 日开始捕蟹, 捕获量逐渐上升, 10 月 18 日达到最高值。10 月下旬以后捕获量下降明显, 10 月中旬是河蟹捕捞的高峰期, 也是生殖洄游的高峰期(图 5)。

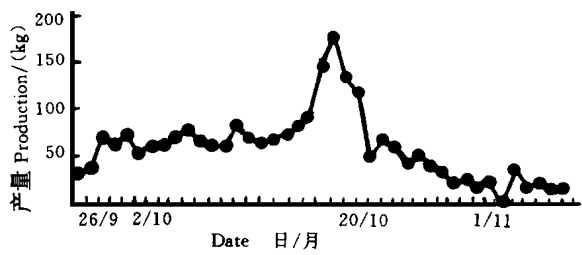


图5 杨赛湖中华绒螯蟹的日产量曲线
Fig. 5 The daily catch curve of mitten crab in Yansai lake

3 讨论

3.1 性成熟期肝脏与性腺的能量关系

夏云麟^[8]、韦众等^[9]及赵乃刚等^[10]报道了河蟹在性成熟期的肝脏和性腺重量的相关

变化,认为河蟹一旦蜕壳变态为“绿蟹”后,性腺迅速增长,但肝脏重量却逐月下降,原因是河蟹性腺发育的能量部分地依靠肝脏提供。本研究进一步证实了河蟹的性腺发育与肝胰脏变化有着极为密切的联系,即随着性腺的增长,性腺指数逐渐增高,肝脏指数逐渐下降。实测到 11 月份时,雌蟹的性腺重为肝脏重的 90.7%,部分雌蟹的性腺重已超过肝脏重;雄性的性腺重为肝脏重的 26.1%。随着时间的推移,性腺指数将进一步上升,肝脏指数将进一步下降,到 12 月份,雌蟹的性腺指数将大于肝脏指数¹⁾。对动物而言,肝脏不仅是消化器官,也是能量贮藏器官。当外界能量摄入不足时,就要通过消耗肝脏中贮藏的能量来满足机体对能量的需要。河蟹性腺在 9—11 月份间的迅速发育需要大量能量,尤其是雌性个体。卵黄的发生方式有两种:一种是内源性卵黄发生,另一种是外源性卵黄发生。在卵子发生早期,卵黄的发生以内源性卵黄发生为主,而在后期以外源性卵黄发生为主^[11-12]。初级卵母细胞在进入第 II 时相时,卵黄由卵母细胞本身合成^[11]。甲壳动物的卵黄发生是内源性发生与外源性发生共同作用的结果^[13]。卵细胞内卵黄物质大量积累的时期正是卵巢快速发育的时期^[14]。

中华绒螯蟹卵黄的发生经历了卵黄发生前期、卵黄发生期和卵黄发生后期三个阶段,卵黄发生前期的卵母细胞为小生长期的卵母细胞,卵黄发生期的卵母细胞为大生长期的卵母细胞。卵黄的发生与肝胰脏的变化有着极为密切的联系。据有关报道,卵黄中有些物质,尤其是脂类,部分是由肝胰脏转运而来^[15]。赖伟等^[16]认为河蟹的外源性卵黄由肝胰脏供给。十分明显,河蟹在性成熟期肝脏指数的降低及性腺指数的上升,在一定程度上是肝脏中的能量转移到性腺中的结果。

3.2 雌、雄间性腺发育差异

研究表明,雌、雄河蟹在性成熟上存在一定差异。雌蟹各月份的肝脏指数和肝性总指数均高于雄蟹。从种群繁衍的角度看,雌性个体比雄性个体肩负着更为繁重的繁衍后代的任务,其所需的能量也比雄性个体为多。雄性个体的肝脏指数逐月下降,而雌性个体的肝脏指数在 9 月份略有升高,之后显著下降。从性腺发育的组织学和细胞学看,在 9 月份,雌蟹的卵巢只发育到初级卵母细胞大生长期前期,此期的卵细胞开始形成卵黄,以内源性卵黄发生为主,肝脏并未向性腺转移能量。而 8—9 月份正是河蟹的快速生长期,亦即能量迅速积累的时期,肝脏中能量的积累造成了雌蟹肝脏指数的上升。9 月份之后,卵细胞中的卵黄大量积累,造成了肝脏指数的明显下降和性腺指数的显著上升。对雄性个体而言,从 8 月份开始,精子细胞逐渐变成精子,肝脏中的能量已开始向性腺转移,造成了肝脏指数的逐渐下降,但性腺指数的上升主要是副性腺和输精管发育的结果。雌、雄河蟹性细胞自身的特点及发育上的时空差异,形成了肝脏指数、性腺指数等方面的差异,从而形成了雌、雄河蟹的性腺发育差异。

3.3 生殖洄游规律

温周瑞等^[1]报道,寒潮降温是刺激河蟹洄游的外部条件,江浙一带长江水系河蟹的捕捞产量高峰期在 10 月中下旬。但决定河蟹洄游的内在因子主要是性腺发育状况,只有当河蟹的性腺发育到一定时期,才开始生殖洄游。本研究表明:安徽杨赛湖、竹丝湖、南大湖,

1) 李应森等,长江、辽河水系中华绒螯蟹性成熟期性腺发育差异的比较研究. 待发表

江苏固城湖放养的长江水系河蟹生殖洄游高峰期均出现在 10 月中旬。从这一时期性腺发育的组织学和细胞学分析, 10 月份雄性个体的精子细胞基本上全部变态为精子, 生发区逐渐缩小, 甚至消失, 管腔内充满大量的精子; 雌性个体的卵细胞由大生长期逐渐发育成为成熟的卵细胞。可见, 洄游高峰期的出现是河蟹性细胞走向成熟的标志。

近年来, 辽河水系河蟹在长江流域许多湖泊中也有大量放养, 其性腺发育比长江蟹早一个月, 生殖洄游也早一个月左右, 两水系河蟹性成熟和生殖洄游差异性比较另有报道。

3.4 最佳捕蟹时机

河蟹因性成熟而开始生殖洄游, 形成捕捞河蟹的蟹汛。10 月份是长江水系河蟹生殖洄游的高峰期, 也是生殖细胞发育成熟的时期, 此期的肝脏指数在 7.6 以下。鉴于性腺指数与肝脏指数呈此长彼消关系及生产实际情况, 建议肝脏指数 7.5 可作为捕捞长江水系河蟹的最佳时机。不宜过早捕捞, 以免商品蟹质量不高, 浪费资源; 也不宜过晚捕捞, 错过洄游高峰期, 影响产量。

参考文献:

- [1] 温周瑞, 陈洪达. 湖泊河蟹捕捞规律探讨[J]. 水利渔业, 1998, 5: 32—35
- [2] 金刚, 李钟杰. 不同水系河蟹在长江中游湖泊养成后的日产量动态[J]. 水生生物学报, 2000, 24(1): 48—55
- [3] 薛鲁征, 堵南山, 赖伟. 中华绒螯蟹雌性生殖系统的组织学研究[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 1987, 3: 88—96
- [4] 堵南山, 薛鲁征, 赖伟. 中华绒螯蟹雄性生殖系统的组织学研究[J]. 动物学报, 1988, 34(4): 329—332
- [5] 顾志敏, 何林岗. 中华绒螯蟹卵巢发育的组织学细胞学观察[J]. 海洋与湖沼, 1997, 28(2): 138—145
- [6] 楼允东. 组织胚胎学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996, 274—277
- [7] Wilkinson. SYSTAT: The Systat for Statistic (Second Edition) [M]. SYSTAT. Inc. 1989, 341—679
- [8] 夏云麟. 汉湖中华绒螯蟹性腺周年发育的初步观察[J]. 湖北渔业, 1986, (4): 29—32, 25
- [9] 韦众, 鲍传和. 池塘养殖与湖泊放流河蟹的性腺肝脏指数比较[J]. 淡水渔业, 1999, 29(9): 16—17
- [10] 赵乃刚, 堵南山, 张烈士, 等. 河蟹的人工繁殖与增养殖[M]. (合肥): 安徽科学技术出版社. 1987, 60—62
- [11] 刘筠. 养殖鱼类繁殖生理学[M]. 北京: 农业出版社, 1993, 26—30
- [12] 张天荫. 动物胚胎学[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1996, 37—40
- [13] 邱高峰, 陶铜静. 中华绒螯蟹卵黄发生的超微结构研究[J]. 上海水产大学学报, 1996, 5(1): 8—14
- [14] Mourente G. Medina A. Gonzalez S. Changes in lipid class and fatty acid contents in the ovary and midgut gland of the female crab *Uca tangeri* during maturation [J]. Mar. Bio. 1994, 121: 187—194
- [15] 成永旭, 堵南山, 赖伟. 中华绒螯蟹卵巢和胚胎发育期脂类在卵黄物质中存在的形态及其变化[J]. 动物学研究, 1999, 34(1): 51—56
- [16] 赖伟. 中华绒螯蟹的生活习性与生殖洄游[J]. 养鱼世界, 1994, (6): 33—41

STUDIES ON GONAD DEVELOPMENTAL RULE OF LAKE STOCKED MITTEN CRAB OF YANGTZE POPULATION

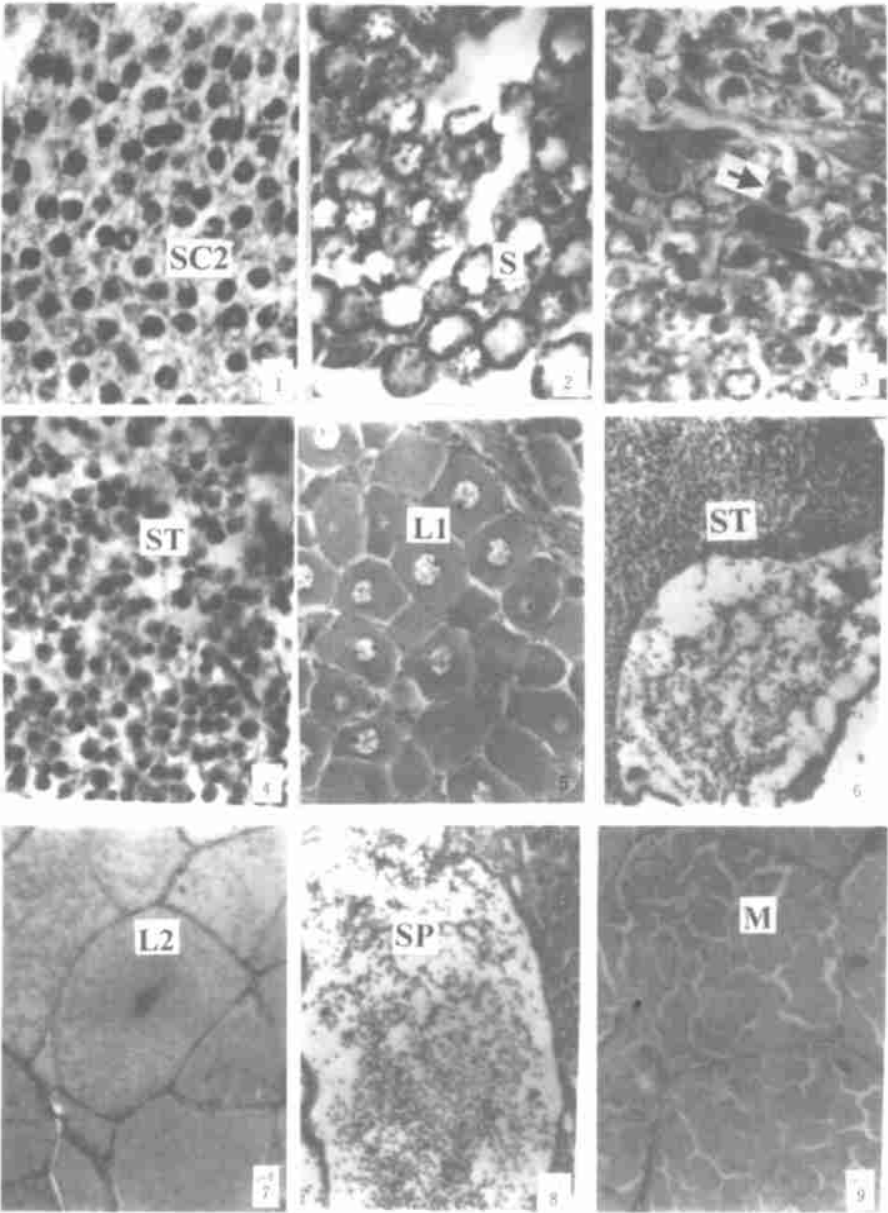
LI Si fa¹, WANG Cheng hui¹ and ZHAO Na gang²

(1. *Key Laboratory of Ecology and Physiology in Aquaculture, Ministry of
Agriculture, Shanghai Fisheries University, 200090;*

2. *Anhui Institute of New Technology for Fisheries, Hefei 230088)*

Abstract: Combined with catch curve, histological and cytological observation of gonad, the maturity development from August to October of mitten crab stocked in yangshai etc. lakes on the lower reach of the Yangtze River was observed. The results indicated that: (1) During the developmental maturity stage, there are a Close correlation between gonad development and liver change, the liver index gradually decreases and the gonad index gradually increases. (2) There were some regular differences between male and female crab in development of gonad, the gonad index and gonad-liver index of male crab which are is higher than those of female crab in August-September, but lower in October-November. (3) By histological and cytological observations, the development of gonad of male crab was earlier than that of female crab. (4) The occurrence of migration peak of crab is an external phenomenon of gonad cells having been matured. The liver index 7.5 could be suggested as the indicator to harvest the mitten crab of Yangtze population.

Key words: *Eriocheir sinensis*, Gonad; Maturation



图版 I

1. 8 月份精巢(次级精母细胞期), $\times 268$; 2. 8 月份卵巢(小生长期的卵母细胞), $\times 268$; 3. 卵原细胞期(箭头所示为卵原细胞有丝分裂中期相), $\times 268$; 4. 9 月份精巢(精子细胞期), $\times 268$; 5. 9 月份卵巢(卵母细胞为大生长前期), $\times 67$; 6. 10 月份精巢(生发区约占 40%, 管腔约占 60%, 腔内有大量精子), $\times 67$; 7. 10 月份卵巢(大生长后期卵母细胞), $\times 67$; 8. 11 月份精巢(生发区缩小, 甚至消失, 管腔内充满大量精子) $\times 67$; 9. 11 月份卵巢(成熟期卵细胞), $\times 67$. SC2: 次级精母细胞; ST: 精子细胞; SP: 精子; S: 小生长期的卵母细胞; LI: 大生长前期的卵母细胞; L2: 大生长后期的卵母细胞; M: 成熟期卵母细胞。

1. Testis in August (secondary spermatocyte stage), $\times 268$; 2. Ovary in August (the ovum in minor growth stage), $\times 268$; 3. The oogonium stage, arrow shows the oogonium in middle mitotic period, $\times 268$; 4. testis in September (spermatid stage), $\times 268$; 5. Ovary in September (the antephage ovum of major growth stage), $\times 67$; 6. Testis in October (40% for germinative area and 60% for pipeline which holding lots of sperm), $\times 67$; 7. Ovary in October (the postphage ovum of major growth stage), $\times 67$; 8. Testis in December (germinative areas disappearance and pipelines are fulfilled with spems), $\times 67$; 9. Ovary in December (maturation ovum stage), $\times 67$. SC2: Secondary ovum; ST: spermatid; S: The ovum in minor stage; LI: The antephage ovum in major growth stage; L2: The postphage ovum in major growth stage; M: Maturation ovum.