

文章编号:1000 - 0615(2004)06 - 0675 - 07

## 光照对红螯螯虾繁殖性能及其受精卵卵质的影响

罗 文<sup>1</sup>, 赵云龙<sup>1</sup>, 王 群<sup>1</sup>, 顾志敏<sup>2</sup>, 徐谷星<sup>2</sup>, 刘启文<sup>2</sup>

(1. 华东师范大学生命科学学院, 上海 200062;

2. 浙江省淡水水产研究所, 浙江 湖州 313001)

**摘要:**报道了不同光照时间长度对红螯螯虾繁殖性能及其受精卵中主要生化成分积累的影响。实验共分 5 组, 组为自然光照; 组为光照 L D = 12 12(即每天光照时间为 12 h), 组为 L D = 14 10, 组为 L D = 16 8, 组为 L D = 18 6。结果显示, 红螯螯虾雌虾 1 个月及 2 个月的抱卵率、增重率、性腺指数、孵化率从组至组均呈抛物线的变化趋势, 其中实验组最高, 以上指标分别为(61.54 ± 2.09) %、(92.31 ± 3.87) %、(29.48 ± 0.51) %、(5.38 ± 0.25) %和(46.99 ± 3.15) %。与其它光照组相比, 每只雌虾所抱卵卵重、平均抱卵量和平均单个卵卵重也以实验组为最高。在实验组受精卵中, 氨基酸(必需和非必需氨基酸)的总量及主要氨基酸 Leu、Arg、Glu 均有显著增加。总脂在受精卵中所占的比重(干重和湿重), 以实验、两组最高, 与其它组相比差异显著。延长光照时间不影响卵中中性脂和磷脂按一定比例积累, 各组中中性脂的百分含量均约是磷脂的 2 倍。无论中性脂还是磷脂, C<sub>18:1</sub>、C<sub>18:2</sub>、C<sub>16:0</sub>、C<sub>16:1</sub> 四种脂肪酸的含量均较高; 光照组中 C<sub>20:4</sub> 的含量较低, 而 C<sub>20:5</sub> 和 C<sub>22:6</sub> 的含量则较高。结果说明, 日光照 16 h 对红螯螯虾繁殖较为适宜, 可明显改善其繁殖性能和受精卵的质量。

**关键词:**红螯螯虾; 光照; 繁殖性能; 受精卵; 卵质

**中图分类号:** S917

**文献标识码:** A

## Effects of photoperiod on reproduction performance and egg quality of *Cherax quadricarinatus*

LUO Wen<sup>1</sup>, ZHAO Yun-long<sup>1</sup>, WANG Qun<sup>1</sup>, GU Zhi-Min<sup>2</sup>, XU Gu-Xing<sup>2</sup>, LIU Qi-Wen<sup>2</sup>

(1. School of Life Sciences, East China Normal University, Shanghai 200062, China;

2. Institute of Freshwater Fisheries, Huzhou 313001, China)

**Abstract:** Effects of different photoperiods on reproduction performances and accumulation of main biochemical components in the fertilized eggs of the red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, were investigated. Crayfish were divided into five groups, group was nature light, group to group were 12 h light/12 h dark, 14 h light/10 h dark, 16 h light/8 h dark, and 18 h light/6 h dark respectively. Results showed that during the one- and two-month periods spawning rate, weight gain rate, gonadosomatic index, and hatching rate of all experimental crayfish changed hyperbolically, with group IV exhibiting the highest values for each of these four endpoints, specifically, 61.54 % for one-month period spawning rate, 92.31 % for two-month periods

**收稿日期:** 2003-09-27

**基金项目:** 国家自然科学基金(30270161); 上海市教委曙光计划; 高校博士点基金(20010269002)

**作者简介:** 罗文(1970-), 男, 江西吉安人, 博士研究生, 从事水生经济甲壳动物发育生物学研究。Tel: 021-62222551, E-mail: luowenboshi@hotmail.com

**通讯作者:** 赵云龙(1963-), 男, 江苏江阴人, 教授, 主要从事水生经济甲壳动物发育生物学研究。Tel: 021-62232153, E-mail: ylzhaobio.ecnu.edu.cn

spawning rate, (29.48 ± 0.51) % for weight gain rate, (5.38 ± 0.25) % for gonadosomatic index, and (46.99 ± 3.15) % for hatching rate. Additionally, the total weight of eggs per female crayfish, the average spawning number and the average weight of individual eggs per female were the greatest in group . Significant increases in total amino acids (essential and non-essential amino acids) of the fertilized eggs and main amino acids (Leu, Arg and Glu) were also found in group . Total lipids of fertilized eggs (dry weight and wet weight) in groups and were the highest and each significantly differently from those of the other three groups. Photoperiod had no effect on the proportional accumulation of neutral lipids and phospholipids. The content of neutral lipids in each group was approximately twice as much as that of phospholipids. Both neutral lipids and phospholipids of all experimental crayfish were found to be mainly composed of C<sub>18 1 9</sub>, C<sub>18 2 6</sub>, C<sub>16 0</sub>, and C<sub>16 1</sub> fatty acids. For crayfish of group IV, the content of C<sub>20 4</sub> was slightly lower whereas the contents of C<sub>20 5 3</sub> and C<sub>22 6 3</sub> were slightly higher than those for the other groups. These results suggest that photoperiod can significantly affect reproduction performances and the quality of the fertilized eggs of *Cherax quadricarinatus* and 16 h light/8 h dark is the ideal light regime for reproduction performances in this crayfish.

**Key words:** *Cherax quadricarinatus*; photoperiod; reproduction performance; fertilized egg; egg quality

红螯螯虾 (*Cherax quadricarinatus*) 俗称澳洲淡水龙虾或红螯光壳螯虾,是目前具有较高增养殖潜力的淡水经济虾类。但因其产卵量低,孵化率不高等原因,自1992年从国外引进至今国内尚未形成规模化养殖。如何促进虾蟹卵巢成熟及提高其繁殖性能不仅是当今甲壳类动物生殖生物学研究的热点,也是实际生产上亟待解决的问题。据报道,切除虾蟹的眼柄可加快其卵巢的成熟,提早产卵<sup>[1-3]</sup>;用激光照射虾蟹的眼柄,也能达到与切除眼柄相同的效果<sup>[4]</sup>。但由于切除眼柄和激光照射对虾蟹都有伤害,影响其正常的生理代谢,容易造成亲虾的死亡和抱卵率的下降,不适合集约化、规模化生产的需要。光照作为影响水生动物生长繁殖的重要环境因子,近年来,在红螯螯虾繁殖方面已有少量的研究报道,基本了解了红螯螯虾繁殖的适合光照强度(3000lx)<sup>[5-7]</sup>,但光照时间长短如何调节其繁殖、发育的内在机理或途径的研究则寥若晨星。因此,在前人工作的基础上,本文较为系统地报道了光照时间对红螯螯虾繁殖性能及其受精卵卵质的影响,以期在生产上为提高亲虾的抱卵量及育苗的成活率提供一些理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

实验从2002年9月至2003年3月在上海市青浦区商榻镇华东师范大学水产实习基地完成。实验用亲虾取自浙江省淡水水产研究所养殖场,系当年养成的个体。经一段时间暂养后,选取附

肢完整、发育完善的150只雌虾和75只雄虾,平均体重分别为72.41 ± 5.32 g和80.73 ± 6.68 g。亲虾饲养在80 cm × 50 cm × 50 cm的无毒塑料缸内,每缸内随机放10雌5雄。水温控制在28左右,水深35 cm,间歇式增氧,每天16:30投喂饵料(广东恒兴牌普通虾用颗粒饲料),次日上午9:00吸去粪便、残饵,并换水1/3。

### 1.2 方法

实验共分5组,实验组为自然光照组,饲养于室外塑料棚中;其余4组置于暗室内,以200 W白炽灯为光源,水面光照强度为3000 lx,暗室中光照时间均从每天上午6:00开始。这4组的光照时间梯度分别为:组L D = 12 12(即每天光照时间为12 h),组L D = 14 10,组L D = 16 8,组L D = 18 6,每组设置3个平行。

定期观察和记录雌虾的生长情况,当发现有抱卵虾后,开始计算每个月的抱卵亲虾数,并从每个实验组的3个平行中分别随机抽取1只未抱卵的亲虾。擦干虾体表水分,准确称重后迅速取出其肝胰腺和卵巢,称重并计算性腺指数(gonadosomatic index, GSI)和肝体指数(hepatopancrea somatic index, HSI)。其余亲虾继续饲养至抱卵,随机从每个实验组的3个平行中抽取1只刚抱卵的亲虾,取受精卵称重后迅速放入-70保存,备做生化测定。剩余的刚抱卵亲虾称重后小心展开其腹部计算其抱卵数,计数后的亲虾单独饲养(养殖条件相同)至仔虾孵出,分别计算其孵化率。

### 1.3 样品测定及数据统计

氨基酸测定:每组取受精卵 0.5 g,经真空冷冻干燥后,用 6 mol L<sup>-1</sup>盐酸 110 水解 18 h,在日立 835 - 50 型氨基酸分析仪上测定。

脂类测定:总脂的提取采用 Folch 法,中性脂和磷脂的分离采用溶剂法(液-液分离法)法,脂肪酸组成分析采用毛细管气相色谱法(APGC),气相色谱仪为 HP-6890 型,色谱柱为 SP<sup>TM</sup>-2380 熔融毛细管柱(30 m ×0.25 mm ×0.20μm),具体操作参见文献[8]。

数据用 SPSS 统计软件进行方差分析和比较。

## 2 结果

### 2.1 光照对繁殖性能外观指标的影响

表 1 显示,光照时间的长短对红螯螯虾雌虾

成活率影响不大,第 组的成活率稍低,为 (80.00 ±5.17) %;第 组和 组稍高,为 86.67 %左右。雌虾 1 个月及 2 个月的抱卵率、增重率、性腺指数、孵化率均呈抛物线变化趋势,至光照组达到最高,分别为 (61.54 ±2.09) %、(92.31 ±3.87) %、(29.48 ±0.51) %、(5.38 ±0.25) %和 (46.99 ±3.15) %。日光照时间延长至 18 h(第组),以上指标均下降,与第 组相比有显著性差异。性腺指数和肝体指数之间呈明显的负相关,性腺指数第 组最大, 组次之, 组最低;肝体指数则第 组最大, 组次之, 组最低。光照组与其它光照组相比,每只雌虾所抱卵卵重、平均抱卵量和平均单个卵卵重均达最高,分别为 2.88 ±0.07 g、549 ±19 ind 和 5.25 ±0.13 mg。

### 2.2 光照对受精卵中氨基酸的影响

由表 2 可见,各组受精卵中必需氨基酸的总

表 1 光照对红螯螯虾繁殖性能的影响(n = 30)

Tab. 1 Effects of photoperiod on reproduction performances of *Cherax quadricarinatus*

性能指标 performance index	自然光照 nature light	L D = 12 12	L D = 14 10	L D = 16 8	L D = 18 6
雌虾成活率(%) survival rate	86.67 ±5.46 <sup>b</sup>	83.33 ±4.82 <sup>ab</sup>	83.33 ±4.75 <sup>ab</sup>	86.67 ±5.63 <sup>b</sup>	80.00 ±5.17 <sup>a</sup>
1 个月的抱卵率(%) one-month period spawning rate	34.62 ±1.54 <sup>a</sup>	40.00 ±1.27 <sup>b</sup>	44.00 ±1.33 <sup>c</sup>	61.54 ±2.09 <sup>d</sup>	41.67 ±1.63 <sup>b</sup>
2 个月的抱卵率(%) two-month period spawning rate	57.69 ±2.58 <sup>a</sup>	72.00 ±3.47 <sup>b</sup>	80.00 ±3.77 <sup>c</sup>	92.31 ±3.87 <sup>d</sup>	70.83 ±3.46 <sup>b</sup>
雌虾增重率(%) weight gain rate	12.35 ±0.93 <sup>a</sup>	18.16 ±0.57 <sup>b</sup>	25.23 ±1.25 <sup>d</sup>	29.48 ±0.51 <sup>e</sup>	21.03 ±1.36 <sup>c</sup>
性腺指数(%) GSI	2.64 ±0.47 <sup>a</sup>	3.02 ±0.20 <sup>a</sup>	4.79 ±0.16 <sup>c</sup>	5.38 ±0.25 <sup>d</sup>	3.59 ±0.12 <sup>b</sup>
肝体指数(%) HSI	6.03 ±0.25 <sup>c</sup>	5.53 ±0.47 <sup>c</sup>	4.80 ±0.40 <sup>b</sup>	3.47 ±0.27 <sup>a</sup>	4.78 ±0.15 <sup>b</sup>
每只雌虾所抱卵卵重(g) total weight of eggs per female crayfish	2.06 ±0.09 <sup>a</sup>	2.33 ±0.29 <sup>a</sup>	2.34 ±0.37 <sup>a</sup>	2.88 ±0.07 <sup>b</sup>	2.26 ±0.11 <sup>a</sup>
平均抱卵量(ind) average spawning numbers	447 ±28 <sup>a</sup>	498 ±15a <sup>b</sup>	492 ±17 <sup>ab</sup>	549 ±19 <sup>b</sup>	477 ±13 <sup>ab</sup>
平均单个卵卵重(mg) average weight of individual eggs	4.61 ±0.15 <sup>a</sup>	4.67 ±0.14 <sup>a</sup>	4.76 ±0.09 <sup>a</sup>	5.25 ±0.13 <sup>b</sup>	4.74 ±0.11 <sup>a</sup>
孵化率(%) hatching rate	36.18 ±1.28 <sup>a</sup>	39.84 ±2.16 <sup>ab</sup>	41.53 ±2.78 <sup>bc</sup>	46.99 ±3.15 <sup>c</sup>	37.11 ±2.65 <sup>ab</sup>

注: (1) 同行数值上标相同,表明组间差异不显著( $P > 0.05$ ); 反之表明差异显著( $P < 0.05$ ). a < b < c < d < e, 下同;

(2) 性腺指数 = (卵巢湿重 ×100) / 体湿重;

(3) 肝体指数 = (肝胰腺湿重 ×100) / 体湿重;

(4) 孵化率 = (仔虾数 / 抱卵数) ×100

Notes: (1) Values in a row with the same letter are not significant difference, whereas are significant difference. same as follows;

(2) GSI = (ovary wet weight ×100) / body wet weight;

(3) HIS = (hepatopancrea wet weigh ×100) / body wet weight;

(4) hatching rate = (larva numbers/egg numbers) ×100

量呈先逐渐上升,至第 组后相对稳定的变化趋势。 组含量最低, 组次之,其它 3 组较高。 、 组与其它 3 组之间差异显著, 、 、 组之间则无统计差异。非必需氨基酸总量的变化趋势与必需氨基酸不同,呈先上升后下降, 组最高, 、 组次之,第 组最低。光照 组中主要必需氨基酸 Leu、Arg 和主要非必需氨基酸 Glu 的含量

均有显著性的增加。

### 2.3 光照对受精卵中脂类的影响

总脂 表 3 表明,受精卵中总脂的含量(干重、湿重)除 、 两组略高外,其它各组无统计差异。各组受精卵中中性脂和磷脂的含量(占总脂的百分比)均无差异,且中性脂在总脂中的含量约是磷脂的 2 倍。

表 2 各组受精卵中氨基酸的含量(% dry weight, n = 3)

Tab. 2 The contents of amino acids in different fertilized eggs

氨基酸 amino acids	自然光照 nature light	L : D = 12 : 12	L : D = 14 : 10	L : D = 16 : 8	L : D = 18 : 6
EAA					
Thr	2.33 ± 0.0208 <sup>a</sup>	2.62 ± 0.0100 <sup>b</sup>	2.83 ± 0.0153 <sup>c</sup>	2.82 ± 0.0305 <sup>c</sup>	2.91 ± 0.0116 <sup>c</sup>
Val	3.28 ± 0.0116 <sup>a</sup>	3.68 ± 0.0153 <sup>b</sup>	4.02 ± 0.0200 <sup>c</sup>	4.09 ± 0.0351 <sup>c</sup>	4.06 ± 0.0153 <sup>c</sup>
Met	0.94 ± 0.0058 <sup>a</sup>	1.54 ± 0.0100 <sup>b</sup>	1.74 ± 0.0208 <sup>c</sup>	1.76 ± 0.0252 <sup>c</sup>	0.98 ± 0.0058 <sup>a</sup>
Ile	2.87 ± 0.0305 <sup>a</sup>	3.09 ± 0.0153 <sup>b</sup>	3.25 ± 0.0153 <sup>c</sup>	3.40 ± 0.0100 <sup>d</sup>	3.43 ± 0.0200 <sup>d</sup>
Leu	4.14 ± 0.0208 <sup>a</sup>	4.58 ± 0.0802 <sup>b</sup>	4.98 ± 0.0513 <sup>c</sup>	5.20 ± 0.0208 <sup>c</sup>	5.05 ± 0.0100 <sup>c</sup>
Phe	3.19 ± 0.0252 <sup>a</sup>	3.26 ± 0.0153 <sup>a</sup>	3.85 ± 0.0208 <sup>d</sup>	3.55 ± 0.0208 <sup>b</sup>	3.69 ± 0.0436 <sup>c</sup>
His	2.08 ± 0.0100 <sup>a</sup>	2.05 ± 0.0265 <sup>a</sup>	2.41 ± 0.0153 <sup>b</sup>	2.38 ± 0.0252 <sup>b</sup>	2.34 ± 0.0153 <sup>b</sup>
Lys	3.78 ± 0.0200 <sup>a</sup>	4.28 ± 0.0351 <sup>b</sup>	4.77 ± 0.0116 <sup>c</sup>	4.73 ± 0.0200 <sup>c</sup>	4.83 ± 0.0265 <sup>c</sup>
Arg	3.95 ± 0.0153 <sup>a</sup>	4.53 ± 0.0379 <sup>b</sup>	4.95 ± 0.0200 <sup>c</sup>	4.95 ± 0.0153 <sup>c</sup>	4.92 ± 0.0351 <sup>c</sup>
EAA	26.56 ± 0.0214 <sup>a</sup>	29.63 ± 0.0354 <sup>b</sup>	32.84 ± 0.0242 <sup>c</sup>	32.88 ± 0.0272 <sup>c</sup>	32.21 ± 0.0265 <sup>c</sup>
NEAA					
Asp	5.54 ± 0.0300 <sup>a</sup>	6.02 ± 0.0200 <sup>b</sup>	6.46 ± 0.0153 <sup>c</sup>	6.83 ± 0.0200 <sup>e</sup>	6.69 ± 0.0265 <sup>d</sup>
Ser	2.92 ± 0.0252 <sup>a</sup>	3.20 ± 0.0208 <sup>b</sup>	3.37 ± 0.0153 <sup>c</sup>	3.46 ± 0.0458 <sup>c</sup>	3.59 ± 0.0153 <sup>d</sup>
Glu	6.85 ± 0.0416 <sup>a</sup>	7.69 ± 0.0200 <sup>b</sup>	8.28 ± 0.0473 <sup>c</sup>	8.59 ± 0.0252 <sup>d</sup>	8.34 ± 0.0265 <sup>c</sup>
Gly	1.82 ± 0.0153 <sup>a</sup>	2.09 ± 0.0351 <sup>b</sup>	2.33 ± 0.0153 <sup>c</sup>	2.38 ± 0.0100 <sup>c</sup>	2.40 ± 0.0200 <sup>c</sup>
Ala	2.32 ± 0.0436 <sup>a</sup>	2.49 ± 0.0252 <sup>b</sup>	2.87 ± 0.0416 <sup>c</sup>	2.79 ± 0.0208 <sup>c</sup>	2.87 ± 0.0208 <sup>c</sup>
Cys	1.19 ± 0.0306 <sup>a</sup>	2.06 ± 0.0208 <sup>c</sup>	2.26 ± 0.0379 <sup>d</sup>	2.18 ± 0.0252 <sup>d</sup>	1.53 ± 0.0153 <sup>b</sup>
Tyr	2.66 ± 0.0306 <sup>a</sup>	2.95 ± 0.0153 <sup>b</sup>	3.29 ± 0.0265 <sup>c</sup>	3.38 ± 0.0300 <sup>d</sup>	3.19 ± 0.0265 <sup>c</sup>
NEAA	23.30 ± 0.0315 <sup>a</sup>	26.50 ± 0.0254 <sup>b</sup>	28.86 ± 0.0276 <sup>c</sup>	29.61 ± 0.065 <sup>d</sup>	28.61 ± 0.0243 <sup>c</sup>

注: EAA 为必需氨基酸,NEAA 为非必需氨基酸

Notes: EAA is essential amino acids, NEAA is non-essential amino acids

表 3 各组受精卵中的脂类含量(n = 3)

Tab. 3 The contents of lipid in different fertilized eggs

	总脂/湿重(%) total lipid/ wet mass	总脂/干重(%) total lipid/ dry mass	中性脂/总脂(%) neutral lipid/ total lipid	磷脂/总脂(%) polar lipid/ total lipid
自然光照 nature light	17.52 ± 0.92 <sup>a</sup>	32.51 ± 1.56 <sup>a</sup>	58.18 ± 2.74 <sup>a</sup>	31.55 ± 1.24 <sup>a</sup>
L : D = 12 : 12	17.98 ± 1.02 <sup>a</sup>	32.05 ± 1.87 <sup>a</sup>	58.23 ± 2.16 <sup>a</sup>	31.78 ± 1.19 <sup>a</sup>
L : D = 14 : 10	19.13 ± 0.98 <sup>b</sup>	34.66 ± 1.95 <sup>b</sup>	58.54 ± 2.94 <sup>a</sup>	31.04 ± 1.44 <sup>a</sup>
L : D = 16 : 8	19.05 ± 1.14 <sup>b</sup>	34.69 ± 1.04 <sup>b</sup>	58.88 ± 2.01 <sup>a</sup>	31.86 ± 1.58 <sup>a</sup>
L : D = 18 : 6	17.88 ± 1.08 <sup>a</sup>	32.41 ± 1.13 <sup>a</sup>	58.14 ± 1.96 <sup>a</sup>	31.84 ± 1.34 <sup>a</sup>

注: 同列数值上标相同,表明组间差异不显著( $P > 0.05$ );反之表明差异显著( $P < 0.05$ 。a < b < c < d < e),下同

Notes: Values in a column with the same letter are not significant difference, whereas are significant difference, same as follow

中性脂 由表 4 可见,各实验组中中性脂的脂肪酸种类基本相同,  $C_{18:1:9}$ 、 $C_{18:2:6}$ 、 $C_{16:0}$  和  $C_{16:1}$  这 4 种脂肪酸含量约占中性脂总量的 70% ~

80%,其中  $C_{18:1:9}$  含量最高,  $C_{16:0}$  次之。各组间,  $C_{20:4}$  的含量第 组最高,为(5.61 ± 0.1518)%,第 组最低,为(2.56 ± 0.2774)%。  $C_{20:5:3}$ 、 $C_{22:6:3}$

二种脂肪酸的含量呈抛物线变化趋势,均以 组最高,分别为  $(3.40 \pm 0.2646)\%$  和  $(2.00 \pm 0.2646)\%$ ,与其它组相比有显著性差异。在所有实验组中仅第 组检测有  $C_{17:0}$ ,含量仅为  $(0.51 \pm 0.0601)\%$ 。

磷脂 表 5 表明,各实验组中磷脂的脂肪酸种类基本与中性脂相同, $C_{18:1:9}$ 、 $C_{18:2:6}$ 、 $C_{16:0}$  和  $C_{16:1}$  的含量约占总量的  $50\% \sim 60\%$ 。各组间,第

组的  $C_{20:4}$  百分比组成最低,为  $(1.65 \pm 0.0746)\%$ ,第 组最高,为  $(3.30 \pm 0.4583)\%$ 。 $C_{20:5:3}$  和  $C_{22:6:3}$  二种脂肪酸的含量亦呈抛物线变化趋势,第 组最高,分别为  $(4.37 \pm 0.1308)\%$  和  $(2.50 \pm 0.0646)\%$ ,与其它组相比有显著性差异。在第 组中可检测到  $C_{14:0}$ ,第 组中则可检测到  $C_{17:0}$ 。

表 4 各组受精卵中中性脂的脂肪酸组成(n=3)

Tab. 4 Fatty acid composition of neutral lipid in different fertilized eggs

脂肪酸 fatty acid	% 自然光照 nature light				
	L D = 12 12	L D = 14 10	L D = 16 8	L D = 18 6	
$C_{14:0}$	NA <sup>a</sup>	NA <sup>a</sup>	NA <sup>a</sup>	$0.81 \pm 0.1350^c$	$0.54 \pm 0.0226^b$
$C_{16:0}$	$20.77 \pm 0.5508^a$	$20.77 \pm 0.4163^a$	$21.83 \pm 0.2517^a$	$23.77 \pm 0.8083^b$	$21.40 \pm 0.6557^a$
$C_{16:1}$	$11.27 \pm 0.4041^b$	$12.73 \pm 0.7096^c$	$9.97 \pm 0.4725^a$	$10.80 \pm 0.4359^{ab}$	$9.91 \pm 0.4709^a$
$C_{18:0}$	$4.59 \pm 0.3035^{ab}$	$4.86 \pm 0.1858^b$	$4.25 \pm 0.0800^a$	$4.57 \pm 0.3019^{ab}$	$4.48 \pm 0.2775^{ab}$
$C_{17:0}$	NA <sup>a</sup>	NA <sup>a</sup>	NA <sup>a</sup>	$0.51 \pm 0.0601^b$	NA <sup>a</sup>
$C_{18:1:9}$	$31.30 \pm 0.3606^a$	$30.40 \pm 0.9849^a$	$33.63 \pm 1.001^b$	$29.47 \pm 0.7095^a$	$29.80 \pm 0.7059^a$
$C_{18:2:6}$	$16.67 \pm 0.5686^b$	$18.63 \pm 0.4163^c$	$18.37 \pm 0.4163^c$	$14.50 \pm 0.3606^a$	$21.10 \pm 1.058^d$
$C_{20:4}$	$5.61 \pm 0.1518^b$	$2.82 \pm 0.1518^a$	$2.56 \pm 0.2774^a$	$2.73 \pm 0.1553^a$	$2.65 \pm 0.2259^a$
$C_{20:5:3}$	$0.85 \pm 0.0304^a$	$0.92 \pm 0.0543^a$	$1.45 \pm 0.1137^b$	$3.40 \pm 0.2646^c$	$1.54 \pm 0.1457^b$
$C_{22:6:3}$	$0.59 \pm 0.0402^a$	$0.61 \pm 0.0547^a$	$0.65 \pm 0.0328^a$	$2.00 \pm 0.2646^c$	$0.99 \pm 0.0277^b$

注: NA 为没有检出,下同

Notes: NA is no available, same as follow

表 5 受精卵中磷脂的各种脂肪酸组成(n=3)

Tab. 5 Fatty acid composition of polar lipid in different fertilized eggs

脂肪酸 fatty acid	% 自然光照 nature light				
	L D = 12 12	L D = 14 10	L D = 16 8	L D = 18 6	
$C_{14:0}$	NA <sup>a</sup>	$0.89 \pm 0.0076^b$	NA <sup>a</sup>	NA <sup>a</sup>	NA <sup>a</sup>
$C_{16:0}$	$6.57 \pm 0.6849^a$	$19.53 \pm 0.6658^d$	$16.90 \pm 0.3606^c$	$17.37 \pm 0.4163^c$	$9.96 \pm 0.3786^b$
$C_{16:1}$	$2.83 \pm 0.0757^a$	$7.84 \pm 0.6068^c$	$11.20 \pm 0.5196^c$	$9.75 \pm 0.0961^d$	$5.46 \pm 0.3721^b$
$C_{18:0}$	$2.62 \pm 0.1012^a$	$7.46 \pm 0.1002^c$	$9.00 \pm 0.4359^d$	$5.76 \pm 0.0819^b$	$5.39 \pm 0.1966^b$
$C_{17:0}$	NA <sup>a</sup>	NA <sup>a</sup>	NA <sup>a</sup>	$0.33 \pm 0.0170^b$	NA <sup>a</sup>
$C_{18:1:9}$	$23.87 \pm 0.2517^c$	$15.21 \pm 0.2754^a$	$27.33 \pm 0.7768^e$	$25.63 \pm 0.1528^d$	$18.67 \pm 0.6028^b$
$C_{18:2:6}$	$21.03 \pm 0.8145^e$	$10.50 \pm 0.7000^b$	$5.45 \pm 0.1600^a$	$13.27 \pm 0.3215^c$	$18.00 \pm 0.5568^d$
$C_{20:4}$	$1.76 \pm 0.0563^a$	$3.30 \pm 0.4583^c$	$1.65 \pm 0.0746^a$	$1.68 \pm 0.0462^a$	$2.82 \pm 0.0721^b$
$C_{20:5:3}$	$2.09 \pm 0.0512^a$	$1.98 \pm 0.0632^a$	$3.52 \pm 0.0951^b$	$4.37 \pm 0.1308^c$	$2.13 \pm 0.0745^a$
$C_{22:6:3}$	$1.12 \pm 0.0322^a$	$1.23 \pm 0.0276^a$	$1.05 \pm 0.0246^a$	$2.50 \pm 0.0646^b$	$1.26 \pm 0.0544^a$

### 3 讨论

#### 3.1 光照对红螯螯虾卵巢成熟的影响

在虾蟹类生殖生物学研究中,通过调控光照来影响虾蟹的繁殖是较常用的一种方法<sup>[9]</sup>。当水温为 28 左右,光照强度为 3000 lx 时,红螯螯虾

雌虾 1 个月及 2 个月的抱卵率、增重率、性腺指数和孵化率,实验 组(日光照 16 h)均明显高于其它各组,说明光照时间的适当延长不仅能够促进红螯螯虾雌虾卵巢的同步发育,加速其交配、抱卵,而且还能明显提高受精卵的孵化率,从整体上有效地提高了红螯螯虾雌虾的繁殖性能。但过度

的延长光照时间(实验组),其繁殖性能反而下降。原因可能是过度的光照扰乱了其正常的生理活动周期,影响其日常摄食活动,摄食量下降,进而影响卵子的质量<sup>[9]</sup>。相似的研究结果 Hsin-Sheng<sup>[5]</sup>、吴志新等<sup>[6]</sup>也有报道。而 Pierre<sup>[10]</sup>研究发现延长光照时间并不能促进螯虾(*Orconectes limosus*)的卵巢成熟和提前抱卵,说明不同种间可能还存在一定的差异。延长光照时间能促进红螯螯虾卵巢成熟和提早产卵与其内分泌有关,在正常情况下,虾蟹眼柄中的 X-器官腺复合体的神经分泌细胞能分泌性腺抑制激素(gonad-inhibiting hormone, GIH),抑制其性腺的发育。人为地延长光照时间干扰了这些神经分泌细胞的正常分泌活动,使 GIH 分泌量减少,缓解其对卵巢发育的抑制,从而卵巢成熟加快。姚泊等<sup>[4]</sup>曾在电镜下观察到被激光照射后的眼柄神经分泌细胞,其胞内结构受到了一定的损伤。但至今国内尚无准确测定眼柄中 GIH 的方法。

肝胰腺是虾蟹积累卵黄营养物质的重要器官<sup>[11]</sup>,红螯螯虾的性腺指数与肝体指数总体上呈负相关,表明肝胰腺中的营养物质逐渐向卵巢中转移,卵巢进一步积累给卵子。光照组与其它光照组相比,每只雌虾所抱卵卵重、平均抱卵量和平均单个卵卵重均达最高。说明日光照 16 h,不但能够提高亲虾的抱卵数量,而且能够增加每个受精卵的卵重。平均单个卵卵重的增加符合该组具有最高的孵化率,提示卵内营养成分的增加对红螯螯虾的繁殖极为有利。因此,生产上采用适宜光照强度和时间来调控红螯螯虾的性腺发育不失为一种经济而有效的方法。

### 3.2 光照对红螯螯虾受精卵卵质的影响

蛋白质和脂类不但是细胞的结构物质,而且是细胞生理代谢的主要能源物质。作为虾蟹卵黄积累的主要营养素,卵子中蛋白质和脂类积累的数量和质量与其后续胚胎发育的优劣及苗种的质量密切相关<sup>[11-14]</sup>。

光照对受精卵中氨基酸的影响 延长光照时间,红螯螯虾受精卵中的氨基酸含量发生了相应改变,其中光照组必需氨基酸与非必需氨基酸的总量都达到最高值,必需氨基酸中的 Leu 和 Arg 和非必需氨基酸的 Glu 均有显著性的增加。

通常情况下,虾蟹卵内必需氨基酸中的 Leu 与

Arg 含量总是很高<sup>[3,12,15]</sup>。因为在生物体的代谢中,Leu 可分解成乙酰 CoA 和乙酰乙酸,两者均是沟通糖类与脂类代谢的重要中间物质;Arg 可参与肌酸的合成,在能量代谢中起重要作用<sup>[16]</sup>。非必需氨基酸中的 Glu 与排氮有关。机体代谢产生的氮需与 Glu 结合形成相应的 Gln,再转运到排泄部位,经酶分解成游离的氮排出体外;另外 Glu 在酶的催化下,可生成相应的  $\alpha$ -酮戊二酸,而  $\alpha$ -酮戊二酸又是三羧酸循环的关键中间代谢产物<sup>[13,16]</sup>,这与水生甲壳动物的生理机制或机理相一致。因此,受精卵中 Leu、Arg、Glu 含量增加,有利于胚胎发育的顺利进行。

光照对受精卵中脂类的影响 在中华绒螯蟹卵巢中性脂和磷脂均按一定比例积累<sup>[8,14]</sup>。本实验尽管延长了光照时间,红螯螯虾各组受精卵中性脂与磷脂的脂肪酸含量虽有变化,但中性脂与磷脂占总脂的百分含量变化不显著,中性脂的含量始终约为磷脂的 2 倍。说明延长光照时间不能改变红螯螯虾卵子对中性脂和磷脂积累所固有的比例关系。

延长光照时间对构成中性脂和磷脂的脂肪酸种类影响不大,而各种脂肪酸在中性脂或磷脂中的百分比组成有所改变。第 1 组中  $C_{18:1}$  和  $C_{18:2}$  的含量增加不明显,但  $C_{20:5}$  (EPA) 和  $C_{22:6}$  (DHA) 的含量增加显著。DHA 和 EPA 都是重要  $n-3$  系列的多不饱和脂肪酸,多存在于海水鱼类、虾蟹类中。延长光照时间后,红螯螯蟹受精卵中 DHA 和 EPA 相应增加,可能与这两种脂肪酸在虾蟹类胚胎发育过程中调节神经系统的发育及作为主要能源对维持胚胎发育必不可少有关<sup>[17]</sup>。

虾蟹在性成熟阶段需要大量积累脂肪物质,卵巢和肝胰腺中  $C_{20:4}$  的含量高有助于脂肪的合成<sup>[8]</sup>。胚胎发育阶段则是脂肪水解为组织、器官的形成提供结构和能源物质的时期。延长光照时间后,第 1 组中磷脂与中性脂的  $C_{20:4}$  百分组成均降至较低水平,这有助于该实验组的胚胎合理控制脂肪分解和利用的速度,保障胚胎发育的持续正常进行和胚胎孵化率的提高。

在中性脂和磷脂中,仅第 1 组检测到  $C_{17:0}$ ,但含量不高,原因和功能仍不清楚。

## 参考文献:

- [1] Liang X Y, Zhang N Y, Cao D G, *et al.* Primary experiment by inducement of gonadosomatic maturation and advanced spawning on Chinese shrimp *Penaeus chinensis* by eyestalk ablation[J]. *Oceanol et Limnol Sin*, 1983, 14(2): 138 - 147. [梁羡园, 张乃禹, 曹登宫, 等. 摘除眼柄诱导中国对虾性腺成熟和提前产卵的初步试验[J]. *海洋与湖沼*, 1983, 14(2): 138 - 147.]
- [2] Gu Z M, He S G. Effects of molting, reproduction, maturation on *Eriocheir sinensis* by monolateral eyestalk ablation [J]. *Freshwater Fisheries*, 1991, 5: 113 - 117. [顾志敏, 何术岗. 切除单侧眼柄对中华绒螯蟹蜕壳、生殖、成熟的影响[J]. *淡水渔业*, 1991, 5: 113 - 117.]
- [3] Kang X J, Sun H J, Mi Y, *et al.* Studies on the changes of liver structure and amino acid of *Eriocheir sinensis* by eyestalk ablation[J]. *Donghai Marine Science*, 1998, 16(4): 35 - 39. [康现江, 孙辉建, 米 娅, 等. 摘除眼柄对中华绒螯蟹肝脏结构和氨基酸含量影响的研究[J]. *东海海洋*, 1998, 16(4): 35 - 39.]
- [4] Yao P, Yi Z S, Liang K M, *et al.* A study on ovary development of *Macrobrachium rosenbergii* with pulse YAG laser radiation on the eyestalks [J]. *Journal of Guangzhou Normal University*, 1999, 20(7): 95 - 98. [姚 泊, 易祖盛, 梁坤明, 等. 脉冲 YAG 激光照射罗氏沼虾眼柄对卵巢发育与产卵影响的研究[J]. *广州师范学院学报*, 1999, 20(7): 95 - 98.]
- [5] Hsin-Sheng Y, David B R. Eggs laying and developing of the redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* under laboratory conditions [J]. *Journal of the World Aquaculture Society*, 1994, 25(2): 297 - 302.
- [6] Wu Z X, Chen X X, Liu X L, *et al.* Effects of different lightperiod on reproduction and growth of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* [J]. *Freshwater Fisheries*, 2000, 30(3): 4 - 5. [吴志新, 陈孝煊, 刘小玲, 等. 不同光照时间对红螯螯虾繁殖及生长的影响[J]. *淡水渔业*, 2000, 30(3): 4 - 5.]
- [7] Assaf B, Tal L, Gideon H, *et al.* Annual cycle of spawning and molting in the redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* under laboratory conditions [J]. *Aquac*, 1997, 157(30): 239 - 249.
- [8] Cheng Y X, Du N S, Lai W, *et al.* Lipid composition in hepatopancreas of Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* at different stages [J]. *Acta Zool Sin*, 1998, 44(4): 420 - 429. [成永旭, 堵南山, 赖 伟, 等. 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.]
- [9] Zhou X Q, Niu C J, Li Q F. Effects of light on feeding behavior, growth and survival of aquatic animals [J]. *Acta Hydrobiol Sin*, 2000, 24(2): 178 - 181. [周显青, 牛翠娟, 李庆芬. 光照对水生动物摄食、生长和存活的影响 [J]. *水生生物学报*, 2000, 24(2): 178 - 181.]
- [10] Pierre D, Brigitte P. Temperature and photoperiod effects on ovarian maturation and eggs laying of the crayfish, *Orconectes limosus* [J]. *Aquac*, 1992, 102 (1/2): 161 - 168.
- [11] Du N S, Lai W, Chen P C, *et al.* Studies on vitellogenesis of *Eriocheir sinensis* [J]. *Acta Zool Sin*, 1999, 45(1): 88 - 92. [堵南山, 赖 伟, 陈鹏程, 等. 中华绒螯蟹卵黄形成的研究 [J]. *动物学报*, 1999, 45(1): 88 - 92.]
- [12] Tian H M, Zhao Y L, Li J J, *et al.* Biochemical changes during embryonic development in the crab *Eriocheir sinensis* [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2002, 37(5): 18 - 21. [田华梅, 赵云龙, 李晶晶, 等. 中华绒螯蟹胚胎发育过程中主要生化成分的变化 [J]. *动物学杂志*, 2002, 37(5): 18 - 21.]
- [13] Liang J R, Wang J, Su Y Q, *et al.* Biochemical compositions of *Tachypleus tridentatus* at embryonic development stage [J]. *J Fish Sci China*, 2000, 7(2): 113 - 115. [梁军荣, 王 军, 苏永全, 等. 中国鲎胚胎发育过程主要生化成分分析 [J]. *中国水产科学*, 2000, 7(2): 113 - 115.]
- [14] Cheng Y X, Du N S, Lai W, *et al.* The lipid accumulations during the stages of the ovarian fast maturation and their effect on the spawning of *Eriocheir sinensis* [J]. *J Fish China*, 2000, 24(2): 113 - 119. [成永旭, 堵南山, 赖 伟, 等. 中华绒螯蟹卵巢快速发育期内脂类积累以及对抱卵的影响 [J]. *水产学报*, 2000, 24(2): 113 - 119.]
- [15] Yao C L, Wang W N, Wang A L. Advance in the research on the influence of amino acid content variations in the body of shrimps [J]. *Marine Sciences*, 2000, 24(9): 39 - 42. [姚翠鸾, 王维娜, 王安利. 虾体内氨基酸含量变化及影响因素的研究进展 [J]. *海洋科学*, 2000, 24(9): 39 - 42.]
- [16] Shen T, Wang J Y. *Biochemistry* [M]. Beijing: Higher Education Press, 1990. 74 - 79. [沈 同, 王镜岩. *生物化学* [M]. 北京: 高等教育出版社, 1990. 74 - 79.]
- [17] Kanazawa A. Nutrition of penaeid prawn and shrimp [M]. *Aquaculture Department of Southeast Asian Fisheries Development Center, Iloilo, Philippines*, 1985. 123 - 130.