

不同饵料和水温对口虾蛄成活、生长及育肥性能的影响

张年国 潘桂平* 周文玉 侯文杰 刘本伟 周裕华

上海市水产研究所 上海市水产技术推广站 上海 200433

摘要: 为比较不同饵料、水温对口虾蛄 (*Oratosquilla oratoria*) 在越冬期间生长育肥及性腺发育的影响, 选用当年池塘养殖口虾蛄[初始体重 (21.99 ± 4.86) g, $n = 600$]为研究对象, 在养殖设施相同条件下, 研究了在自然水温 ($7.7 \sim 13.6$ °C) 和加温 ($17.1 \sim 20.9$ °C) 条件下投喂去壳蛤蜊 (*Ruditapes philippinarum*) 和冰鲜杂鱼对口虾蛄的成活率、体长、体宽、体重、性腺指数、肌肉指数及可食率等 7 项指标的影响。实验共分常温蛤蜊、常温冰鲜杂鱼、加温蛤蜊和加温冰鲜杂鱼 4 个实验组, 实验周期为 90 d。结果显示: (1) 加温可使口虾蛄成活率显著降低, 温度是影响口虾蛄越冬成活的重要因素之一; (2) 在整个实验过程中口虾蛄的体长、体宽和体重 3 项生物学指标均随实验天数的增加呈增长趋势, 但各指标不同时间均不存在显著性差异 ($P > 0.05$); (3) 常温条件比加温条件更有益于口虾蛄性腺指数的增加, 其中以常温投喂去壳蛤蜊的效果最好, 其性腺指数平均可达 14.53% (♀) 和 7.69% (♂); (4) 在整个实验过程中, 口虾蛄的肌肉指数随实验进行总体呈上升趋势, 除常温蛤蜊与加温蛤蜊实验组间的口虾蛄可食率存在显著性差异 ($P < 0.05$) 外, 其他各实验组两两之间均不存在显著性差异 ($P > 0.05$); (5) 不同饵料和水温的交互影响结果表明, 温度是影响口虾蛄性腺指数的重要因素 ($P < 0.01$), 饵料仅对雌性口虾蛄性腺指数产生显著性影响 ($P < 0.01$)。实验结果表明, 相对于加温环境, 常温环境基本能满足口虾蛄越冬期间的生长和育肥的需求, 特别是在 $10 \sim 13$ °C 的水温条件; 与冰鲜杂鱼相比, 摄食去壳蛤蜊更有利于口虾蛄的性腺发育积累。

关键词: 口虾蛄; 饵料; 水温; 生长; 育肥性能

中图分类号: Q955 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2019) 03-425-11

Effects of Different Diets and Water Temperatures on Survival, Growth, Fattening Performance of *Oratosquilla oratoria*

ZHANG Nian-Guo PAN Gui-Ping* ZHOU Wen-Yu HOU Wen-Jie
LIU Ben-Wei ZHOU Yu-Hua

Shanghai Fisheries Research Institute, Shanghai Fisheries Technical Extension Station, Shanghai 200433, China

基金项目 上海市种业发展项目[沪农科种字 (2015) 第 16 号];

* 通讯作者, E-mail: gppan@126.com;

第一作者介绍 张年国, 男, 高级工程师; 研究方向: 水产养殖与遗传育种; E-mail: z817382@126.com。

收稿日期: 2018-07-13, 修回日期: 2019-01-26 DOI: 10.13859/j.cjz.201903012

Abstract: *Oratosquilla oratoria* is a common economic marine crustacean in China, which is known for its umami taste and high nutritional value. Due to offshore environment destruction and overfishing, the capture production of *O. oratoria* no longer meet the market demand, making it urgently important to pay closer attention to artificial culture. However, the pond culture of *O. oratoria* always showed defects in growth rate and gonadal development, and thus promoting its gonadal development had become a key technical problem in artificial culture. To solve this problem, this study investigated effects of different diet and water temperature on the survival and growth of *O. oratoria* during the overwintering period. In total 600 individuals (initial body weight: 21.99 ± 4.86 g) were used for this study, and sixteen samples (8 males and 8 females) were randomly selected and anatomized for each group on the day 0th, 45th, 90th to explore the influences of two kind foods (content of clam and frozen fresh fish) under two different temperature named natural (7.7 °C to 13.6 °C) and heated (17.1 °C to 20.9 °C) on the survival rate, body length, body width, body weight, gonad index, muscle index, and total edible rate. Results showed that: (1) The survival rate of the water heated group significantly decreased compared to that of natural temperature group ($P < 0.05$), which implied water temperature was one of the most important factors that influenced the survival rate during the overwintering period; (2) The body length, body width, body weight and other biological indices of *O. oratoria* kept an increasing trend throughout the whole process, without any significant difference found between any each groups ($P > 0.05$), and the best feeding pattern on growth effects was group of frozen fresh fish at natural temperature, while the worst was group of clam at natural temperature; (3) the gonad development condition under natural water temperature was better than that under heating water temperature in winter, and the optimal gonad development condition was achieved in group of clams at natural water temperature, with the gonad index 14.53% for females and 7.69% for males; (4) The muscle index showed an increasing tendency during the whole process with the highest muscle index (31.75%) detected in group of frozen fresh fish at natural temperature. For the edible rate, the only finding of significant difference was between the groups of clams at natural temperature and at heating temperature, respectively ($P < 0.05$). The highest edible rate (39.96%) was achieved in group of clams at natural temperature, while the lowest (36.08%) was found in group of clams at heating temperature. (5) The interaction results of different diets and water temperatures showed that diets had significant effects on ovary index ($P < 0.01$). In general, natural water temperature, especially ranging from 10 °C to 13 °C, could meet the basic requirements for the growth and fattening performance of *O. oratoria* in winter. Compared to frozen fresh fish, clam was more beneficial for the substance accumulation in gonad of *O. oratoria*.

Key words: *Oratosquilla oratoria*; Diets; Water temperature; Growth; Fattening performance

口虾蛄 (*Oratosquilla oratoria*) 俗称虾爬子、琵琶虾, 隶属于甲壳纲 (Crustacea) 口足目 (Stomatopoda) 虾蛄科 (Squillidae) 口虾蛄属, 是我国一种常见的海洋经济甲壳动物 (王春琳等 2002)。近年来, 随着过度捕捞及近海环境的破坏, 口虾蛄资源严重衰退, 开展口虾蛄人工养殖技术研究就显得尤为重要 (刘海映

等 2011)。在池塘养殖过程中, 口虾蛄常存在生长速度慢、性腺发育差、可食率低等难题, 这与性腺指数和可食率均较高的野生个体形成了鲜明对比, 导致目前市场上的优质口虾蛄和繁殖用亲本大多来自于野生捕捞, 严重制约了我国口虾蛄人工养殖业的健康可持续发展。在口虾蛄的可食部分中, 性腺因富含蛋白、磷脂

和其他营养物质, 其发育状况直接决定口虾蛄食用价值。而目前池塘养殖口虾蛄多在每年的秋冬季节便进行起捕, 此时其性腺指数较低, 故对口虾蛄进行越冬育肥尤为重要, 如何对养殖口虾蛄进行生长育肥及性腺发育强化便成为目前口虾蛄繁养研究中一个比较棘手的技术难题(吴旭干等 2014)。

国内外的研究资料表明, 营养水平、水温变化等对水产动物的生长、性腺发育具有显著性影响, 可通过控温、控饵等措施实现水产动物性腺发育的强化, 满足市场对优质水产品的需求(Carmona-Osalde et al. 2004, 周海森等 2013)。目前国内有关甲壳类的生长育肥、性腺发育调控技术研究主要集中在三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*) (潘桂平等 2015)、中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*) (何杰等 2016)、克氏原螯虾(*Procambarus alarkii*) (徐加元等 2008) 和凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*) (陈泳先等 2011) 等种类, 通过对其进行饵料、温度等因子调控, 实现生长育肥及性腺的二次发育, 这样便可大幅提高其可食部分比例和营养价值, 满足人们对优质膏虾和膏蟹的需求。当前关于口虾蛄的研究主要集中在生物形态、苗种繁育、遗传分析等方面, 而有关口虾蛄生长育肥及性腺发育强化方面的研究则尚未见报道(蒋霞敏等 2000, 刘海映等 2009, 黄映萍等 2011)。本实验采用双因素设计, 研究了不同饵料和水温对口虾蛄成活、生长和育肥性能的影响, 以期对口虾蛄的养殖及性腺发育调控提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验用口虾蛄取自于上海市水产研究所启东科研基地内的养殖池塘。在口虾蛄养殖期间, 每天分两次对其投喂适量的冰鲜杂鱼饵料, 其中上午投喂饵总量的 30%, 下午投喂 70%, 具体投饵量根据第二天料台内的剩余情况随时调整。在 2016 年 11 月份用地笼从养殖池塘内抓

捕初始体重为 (21.99 ± 4.86) g ($n = 600$), 性腺指数雌性为 $5.96\% \pm 0.31\%$ ($n = 360$)、雄性为 $4.49\% \pm 0.34\%$ ($n = 240$) 且附肢齐全、活力旺盛的当年生口虾蛄于室内水泥池(长 × 宽 × 高 = 7.4 m × 2.5 m × 1.0 m, 水深 0.6 m) 内暂养 5 ~ 7 d, 暂养期间对其投喂适量冰鲜杂鱼, 水温控制在 (14.0 ± 1.0) °C。正式实验于 2016 年 12 月至 2017 年 2 月进行, 共进行 90 d。

1.2 实验方法

待口虾蛄稳定后将其移入经高锰酸钾消毒处理好的水泥池内进行实验。实验共分为 4 组: 自然水温条件下投喂去壳蛤蜊实验组(简称常温蛤蜊组)、自然水温条件下投喂冰鲜杂鱼实验组(简称常温杂鱼组)、加温条件下投喂去壳蛤蜊实验组(简称加温蛤蜊组) 和加温条件下投喂冰鲜杂鱼实验组(简称加温杂鱼组), 每实验组设 3 个重复, 即每个水泥池为一重复组, 每池放养口虾蛄 50 尾(30 尾雌, 20 尾雄)。为保证整个实验过程实验条件一致, 4 实验组除饲料、水温条件外, 其他理化条件基本一致。

实验所投饵料为去壳的新鲜蛤蜊和冰鲜杂鱼(去头与内脏), 实验用水为经沉淀处理、120 目筛绢网过滤后充分曝气的自然海水。在实验过程中, 常温组为越冬期间的自然海水水温, 整个实验过程中不加热, 水温在 7.0 ~ 14.0 °C 内波动; 加温组则在每个水泥池中通过电加热棒进行水温调节, 参照甲壳类常见越冬育肥水温将其控制在 (20.0 ± 1.0) °C(徐加元等 2008, 潘桂平等 2015)。另外, 加温组每个实验池另配 1 池预热同温水, 以便进行换水操作。

在整个实验过程中, 根据口虾蛄在暂养期间表现出的摄食特性, 将其投饵频率由 2 次/d 改为 1 次/d, 每天 16:00 时左右给各实验组投喂饵料, 由于口虾蛄在水温 8 °C 以上时均能正常摄食, 故各实验组口虾蛄摄食情况并不存在显著性差异, 每天投饵量约占体重的 3% ~ 5%, 具体投饵量根据摄食和残饵情况及时调整, 次日上午吸污处理, 将剩余饵料、排泄物移除。3 ~ 4 d 换水 1 次, 每次换水量为总水量的 1/3。整

个实验期间为自然光照，微充气，水体盐度为 28‰~30‰、pH 为 7.5~8.5、溶氧高于 5 mg/L、氨氮低于 0.4 mg/L、亚硝酸盐低于 0.10 mg/L。

1.3 解剖取样

实验开始时(第 0 天)，从 4 个实验组中每组随机取样 2 雌 2 雄共 16 尾口虾蛄，用吸水纸擦干体表水分后用 SF2000 游标卡尺(桂林广陆，精度为 0.01 cm)测量体长和体宽，用 PL202-L 电子天平(梅特勒-托利多，精度为 0.01 g)称量体重，解剖取出全部肌肉和性腺并准确称重。在实验的第 45 天、90 天各取样 1 次，每次每组随机取样 8 雌 8 雄共 16 尾，整个实验过程共取样 3 次，分别计算下述指标：性腺指数(gonadosomatic index, I_{GS} , %) $I_{GS} = (W_1/W_t) \times 100\%$ ，肌肉指数(meat index, I_M , %) $I_M = (W_2/W_t) \times 100\%$ ，可食率(edible yield, Y_E , %) $Y_E = [(W_1 + W_2)/W_t] \times 100\%$ ，体重增重率(weight gain rate, R_{WG} , %) $R_{WG} = [(W_3 - W_0)/W_0] \times 100\%$ ，特定增长率(specific growth rate, R_{SG} , %) $R_{SG} = [(\ln W_3 - \ln W_0)/T] \times 100\%$ ，式中， W_t 为取样时体重(g)， W_0 为开始时体重(g)， W_1 为取样时性腺重(g)， W_2 为取样时肌肉重(g)， W_3 为结束时体重(g)， T 为饲养时

间(d)。

1.4 数据处理

所有数据采用平均值 \pm 标准差表示。利用 SPSS18.0 和 Excel 软件对数据进行统计分析，采用 ANOVA 对口虾蛄的生长指标、育肥性能进行方差分析，采用 Duncan 法对不同实验组间的相关数据进行多重比较， $P < 0.05$ 为差异显著， $P < 0.01$ 为差异极显著。

2 结果与分析

2.1 口虾蛄实验期间的水温变化及成活率

在 90 d 的口虾蛄实验过程中，两个常温组随着实验进行水温基本呈下降趋势，从 13.5 °C 降至 10.0 °C 左右，最低达 7.6 °C；两加温组水温变动幅度不大，基本维持在 19.4 °C 左右(图 1)。在实验的 0~45 d 期间，加温组平均水温较常温组高(7.65 \pm 0.16) °C，在实验的 46~90 d 期间加温组平均水温较常温组高(10.50 \pm 0.36) °C，整个实验阶段加温组与常温组平均温差达(9.01 \pm 0.19) °C。

对口虾蛄实验期间成活率的统计分析见图 2。两常温组在整个育肥期间成活率较高，达 96%~98%，二者之间不存在显著性差异($P >$

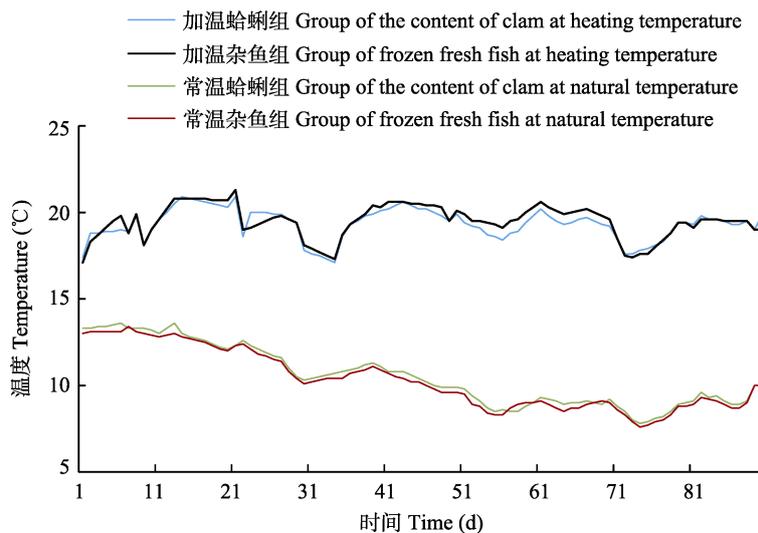


图 1 口虾蛄实验期间水温变化曲线

Fig. 1 Temperature variation curve during the experimental period of *Oratosquilla oratoria*

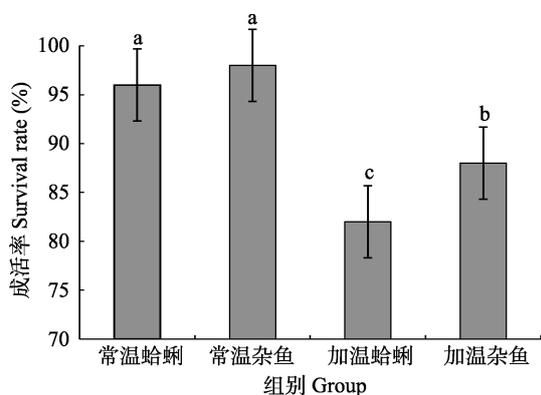


图 2 口虾蛄实验期间的成活率

Fig. 2 The survival rate of *Oratosquilla oratoria* among the different experimental groups during the experimental period

常温蛤蜊组. Group of the content of clam at natural temperature; 常温杂鱼组. Group of frozen fresh fish at natural temperature; 加温蛤蜊组. Group of the content of clam at heating temperature; 加温杂鱼组. Group of frozen fresh fish at heating temperature.

柱顶部字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$), 相同字母表示差异不显著 ($P > 0.05$).

The columns with different superscripts on the top are significantly difference ($P < 0.05$), while with same superscripts mean no significant difference ($P > 0.05$).

0.05), 而加温组成活率与常温组相比则差异显著 ($P < 0.05$), 特别是加温蛤蜊组, 成活率仅为 82%。口虾蛄成活率出现较大差异原因可能与其蜕皮现象有关, 在整个实验过程中, 加温组较常温组更易发生蜕皮现象, 口虾蛄常因蜕皮不遂或蜕皮后身体软弱易遭同类攻击导致成活率下降。

2.2 不同饵料、水温对口虾蛄生长的影响

在雌口虾蛄整个实验过程中, 体长指标常温蛤蜊组的生长幅度最大, 常温杂鱼组次之, 加温两组则相差不大, 但 4 组之间并不存在显著性差异 ($P > 0.05$), 说明饵料、水温对雌口虾蛄体长指标的影响均不显著 (图 3a)。4 实验组在实验中后期体长指标均出现较大幅度增长, 特别是常温蛤蜊、常温杂鱼、加温蛤蜊 3 组, 可能与该阶段口虾蛄陆续出现蜕皮现象进而导致体长指标快速增长有关。雄口虾蛄的体

长增长情况与雌口虾蛄则有一定差别, 其中常温杂鱼组的生长幅度最高, 常温蛤蜊组最低, 加温组介于两者之间且相差不大 (图 2b)。通过比较还发现, 除常温蛤蜊组外, 其他 3 组在整个实验过程中体长指标虽有一定程度的增长, 但差异不显著 ($P > 0.05$), 常温蛤蜊组体长指标增长缓慢可能与蜕皮口虾蛄的数量偏少有关。雄虾蛄的体长指标增长平均要高于雌虾蛄, 说明在相同环境中, 雄虾蛄的生长要快于雌虾蛄。

雌、雄口虾蛄的体宽指标, 4 实验组在整个实验过程中基本不存在显著性差异 ($P > 0.05$), 它们之间变化不明显, 仅在雄口虾蛄的常温杂鱼组中出现一定程度的数值差异 ($P < 0.05$), 其体宽增长幅度也最大 (图 3c, d)。

对雌、雄口虾蛄的体重指标研究发现, 在雌口虾蛄实验过程中, 常温蛤蜊组增长幅度最为显著 ($P < 0.05$), 从 0 d 时的 19.37 g 增加至 90 d 时的 30.05 g, 增长幅度约为初始体重的 1/2, 其他 3 组则不存在显著性差异 ($P > 0.05$, 图 3e)。雄口虾蛄, 常温杂鱼组、加温蛤蜊组增重较为明显, 体重增加主要发生在实验的 45 ~ 90 d 期间, 其他两组的体重增长则差异不显著 ($P > 0.05$, 图 3f)。

在整个实验过程中各组口虾蛄的体长、体宽和体重 3 项生物学指标均呈增长趋势, 但它们相互之间不存在显著性差异 ($P > 0.05$)。通过分析各实验组的口虾蛄体重增重率和特定生长率发现, 两指标在整个实验过程中的变化趋势大致相同, 其中常温杂鱼、加温蛤蜊两组在 0 ~ 45 d 期间变化相对较小, 而在 45 ~ 90 d 和 0 ~ 90 d 时间段的变化幅度却最大。实验结果表明, 在常温条件下投喂冰鲜杂鱼组口虾蛄的生长效果最好, 其体长、体宽、体重等指标均可达到最大值, 而常温投喂蛤肉组口虾蛄的生长效果最差, 加温杂鱼和加温蛤蜊实验组介于两者之间。

2.3 不同饵料、水温对口虾蛄性腺发育的影响

饵料、水温对口虾蛄性腺发育的影响主要通过性腺指数来表示 (表 1)。雌性口虾蛄性腺

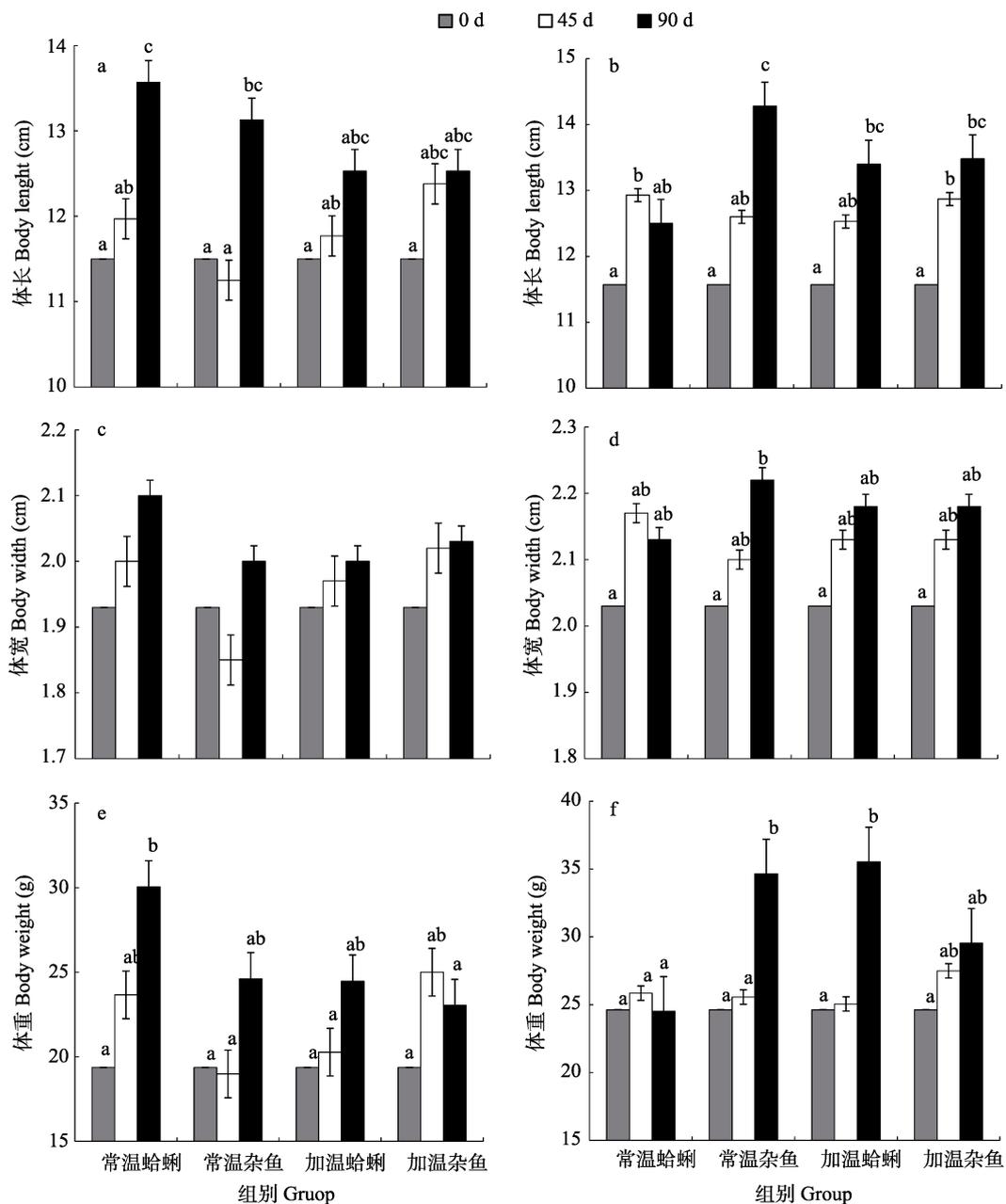


图 3 不同饵料、水温对口虾蛄体长、体宽、体重的影响

Fig. 3 Effects of different diets and water temperatures on body length, body width and body weight of *Oratosquilla oratoria*

a. 雌性体长; b. 雄性体长; c. 雌性体宽; d. 雄性体宽; e. 雌性体重; f. 雄性体重。

a. Body length of female; b. Body length of male; c. Body width of female; d. Body width of male; e. Body weight of female; f. Body weight of male.

常温蛤蜊组. Group of the content of clam at natural temperature; 常温杂鱼组. Group of frozen fresh fish at natural temperature; 加温蛤蜊组.

Group of the content of clam at heating temperature; 加温杂鱼组. Group of frozen fresh fish at heating temperature.

柱顶部字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$), 没有字母或者相同字母表示差异不显著 ($P > 0.05$).

The columns with different superscripts on the top are significantly difference ($P < 0.05$), while with same superscripts or no superscripts mean no significant difference ($P > 0.05$).

表 1 不同饵料、水温情况下口虾蛄性腺指数 (%)

Table 1 Gonadosomatic index of *Oratosquilla oratoria* feeding on different diets provided at different water temperatures

性别 Sexual	时间 Time (d)	组别 Group			
		常温蛤蜊 Content of clam at natural temperature	常温杂鱼 Frozen fresh fish at natural temperature	加温蛤蜊 The content of clam at heating temperature	加温杂鱼 Frozen fresh fish at heating temperature
雌性 Female	0	5.96 ± 0.31	5.96 ± 0.31	5.96 ± 0.31	5.96 ± 0.31
	45	13.88 ± 0.70 ^c	7.15 ± 0.43 ^a	10.18 ± 1.82 ^b	6.11 ± 0.71 ^a
	90	14.53 ± 1.55 ^c	10.18 ± 1.60 ^b	6.38 ± 1.32 ^a	6.81 ± 0.25 ^a
雄性 Male	0	4.49 ± 0.34	4.49 ± 0.34	4.49 ± 0.34	4.49 ± 0.34
	45	5.89 ± 0.37	5.95 ± 0.53	5.43 ± 0.30	5.21 ± 1.49
	90	7.69 ± 1.25 ^b	6.75 ± 0.91 ^b	5.33 ± 1.23 ^a	5.16 ± 0.89 ^a

同行数据上标字母不同表示不同组间差异显著 ($P < 0.05$), 没有字母或者相同字母表示差异不显著 ($P > 0.05$)。

Values in the same row with different superscripts are significantly difference ($P < 0.05$), while with same superscripts or no superscripts mean no significant difference ($P > 0.05$).

指数在实验的 0~45 d 期间, 常温蛤蜊组最大, 其次为加温蛤蜊组, 常温杂鱼、加温杂鱼两组最小且二者之间差异不显著 ($P > 0.05$); 当实验结束时 (90 d), 常温组的性腺指数明显高于加温组 ($P < 0.05$), 常温蛤蜊组的性腺指数显著高于常温杂鱼组 ($P < 0.05$)。4 实验组中只有加温蛤蜊组性腺指数出现下降趋势, 由 10.18% 降为 6.38%, 其他 3 组均呈上升趋势, 出现这种现象的原因可能与加温蛤蜊组口虾蛄过早抱卵有关, 在该组实验后期发现少量口虾蛄因水体的积温过高出现抱卵现象, 进而导致性腺指数呈下降趋势。

雄性口虾蛄在实验的 0~45 d 期间, 4 实验组的性腺指数均不存在显著性差异 ($P > 0.05$), 当进行至 90 d 时, 常温蛤蜊组和常温杂鱼组的性腺指数均显著大于加温蛤蜊组和加温杂鱼组 ($P < 0.05$), 但常温蛤蜊与常温杂鱼两组间差异不显著 ($P > 0.05$)。

对雌、雄口虾蛄的性腺指数进行综合分析可以看出, 在整个实验过程中, 常温蛤蜊组的口虾蛄性腺发育最好, 其次为常温杂鱼组, 两加温组最差。通过差异比较发现, 在实验 45 d 时, 性腺指数仅常温蛤蜊组与常温杂鱼组差异显著, 其他各组两两之间均不存在显著性差异

($P > 0.05$), 至 90 d 时, 常温蛤蜊、常温杂鱼两组的性腺指数差异也不再显著 ($P > 0.05$), 其他各组间的差异性亦没有太多变化, 仅因加温蛤蜊组性腺指数下降导致与该组出现显著性差异 ($P < 0.05$)。实验结果表明, 常温 (10.0~13.5 °C) 条件比加温条件更有益于口虾蛄性腺指数的增加, 其中以常温投喂去壳蛤蜊效果最好。

2.4 不同饵料、水温对口虾蛄育肥效果的影响

饵料、水温对雌、雄口虾蛄育肥效果的影响主要通过肌肉指数、可食率等来表示 (表 2)。雌性口虾蛄在实验进行至 45 d 时, 仅加温杂鱼组的肌肉指数与其他 3 组存在一定差异, 至 90 d 时, 所有组别均不存在显著性差异 ($P > 0.05$), 均值达到 30.42%。经过分析还发现, 冰鲜杂鱼实验组的肌肉指数要稍高于蛤蜊实验组, 说明无论是在常温还是加温条件下, 冰鲜杂鱼对雌性口虾蛄肌肉指数的影响均较去壳蛤蜊明显。雄性口虾蛄肌肉指数在整个实验过程中均不存在显著性差异 ($P > 0.05$), 经过 90 d 的培育, 肌肉指数均值由最初的 22.23% 增加至 30.78%, 其中加温冰鲜杂鱼组的肌肉指数最高。

雌性口虾蛄可食率在整个实验过程中, 常温蛤蜊组最高, 加温蛤蜊组最低, 常温杂鱼组与加温杂鱼组介于两者之间, 常温条件下蛤蜊

表 2 不同饵料、水温对口虾蚶育肥效果的影响

Table 2 Effects of different diets and water temperatures on fattening of *Oratosquilla oratoria*

性别 Sexual	时间 Time (d)	指标 Indices	组别 Group			
			常温蛤蚶 Content of clam at natural temperature	常温杂鱼 Frozen fresh fish at natural temperature	加温蛤蚶 The content of clam at heating temperature	加温杂鱼 Frozen fresh fish at heating temperature
雌性 Female	0	肌肉指数 Meat index (%)	24.53 ± 0.88	24.53 ± 0.88	24.53 ± 0.88	24.53 ± 0.88
		可食率 Edible yield (%)	30.49 ± 1.19	30.49 ± 1.19	30.49 ± 1.19	30.49 ± 1.19
	45	肌肉指数 Meat index (%)	24.62 ± 1.03	26.27 ± 0.57	22.51 ± 5.67	28.96 ± 3.71
		可食率 Edible yield (%)	38.49 ± 1.15 ^b	33.42 ± 0.98 ^{ab}	32.68 ± 4.96 ^a	35.07 ± 3.11 ^{ab}
	90	肌肉指数 Meat index (%)	30.03 ± 0.51	30.19 ± 0.77	29.93 ± 0.89	31.52 ± 1.73
		可食率 Edible yield (%)	44.56 ± 1.80 ^c	40.37 ± 2.17 ^b	36.31 ± 1.65 ^a	38.33 ± 1.96 ^{ab}
雄性 Male	0	肌肉指数 Meat index (%)	22.23 ± 0.87	22.23 ± 0.87	22.23 ± 0.87	22.23 ± 0.87
		可食率 Edible yield (%)	26.73 ± 1.16	26.73 ± 1.16	26.73 ± 1.16	26.73 ± 1.16
	45	肌肉指数 Meat index (%)	27.01 ± 1.40 ^{ab}	27.85 ± 0.79 ^b	26.15 ± 1.14 ^a	29.34 ± 1.98 ^c
		可食率 Edible yield (%)	32.90 ± 1.76 ^{ab}	33.81 ± 0.80 ^{ab}	31.58 ± 1.22 ^a	34.55 ± 1.35 ^b
	90	肌肉指数 Meat index (%)	30.30 ± 1.35	30.34 ± 0.41	30.59 ± 2.30	31.89 ± 1.38
		可食率 Edible yield (%)	37.99 ± 1.93	37.09 ± 0.81	35.92 ± 2.35	37.05 ± 1.52

同行数据上标字母不同表示不同组间差异显著 ($P < 0.05$), 没有字母或者相同字母表示差异不显著 ($P > 0.05$)。

Values in the same row with different superscripts are significantly difference ($P < 0.05$), while with same superscripts or no superscripts mean no significant difference ($P > 0.05$).

组与杂鱼组存在显著性差异 ($P < 0.05$), 但加温组间差异不显著 ($P > 0.05$), 说明在常温条件下去壳蛤蚶、冰鲜杂鱼对口虾蚶可食率的影响具有显著差异, 蛤蚶比冰鲜杂鱼更有益于可食率的增加, 在加温环境中饵料因素的影响就不够显著。雄性口虾蚶可食率在整个实验过程中各组间均不存在显著性差异 ($P > 0.05$), 无论是在 0 ~ 45 d 还是 45 ~ 90 d 时间段, 4 实验组中常温蛤蚶组可食率均值最高, 加温蛤蚶组最低, 常温杂鱼组与加温杂鱼组介于两者之间, 这与雌口虾蚶的实验结果相近。

对雌、雄口虾蚶的肌肉指数和可食率进行综合比较分析发现, 口虾蚶肌肉指数在整个实验过程中各实验组均呈上升趋势, 至 90 d 时, 4 实验组口虾蚶的肌肉指数相近 ($P > 0.05$), 加温杂鱼组肌肉指数均值最高, 达 31.75%。口虾蚶的可食率在实验进行至 45 d 时, 常温蛤蚶与加温蛤蚶组间存在着显著性差异 ($P < 0.05$), 其他各组两两之间均不存在显著性差异 ($P > 0.05$), 至实验结束时 (90 d), 常温蛤蚶组的可

食率均值最高, 为 39.96%, 加温蛤蚶组最低, 为 36.08%, 常温杂鱼组与加温杂鱼组介于两者之间。

2.5 饵料、水温对口虾蚶生长育肥和性腺发育的交互影响

在实验结束时 (90 d) 不同饵料、水温对口虾蚶生长、性腺发育的影响见表 3。无论对雌性口虾蚶还是雄性口虾蚶, 温度都是影响口虾蚶性腺指数的重要因素 ($P < 0.01$), 另外温度对雌性口虾蚶总可食率的影响也极为显著 ($P < 0.01$)。饵料对雌性性腺指数影响显著 ($P < 0.01$), 对雄性则影响不显著 ($P > 0.05$)。水温和饵料的交互作用仅对雌性口虾蚶的性腺指数和可食率有显著影响, 对雄性口虾蚶的体长和体重有显著影响 ($P < 0.05$)。

3 讨论

3.1 饵料对口虾蚶生长育肥及性腺发育的影响

口虾蚶系小型凶猛捕食性的肉食动物, 主

表 3 不同饵料、水温对口虾蛄生长、性腺发育影响的方差分析 (P 值, 90 d)Table 3 The analysis of variance (P value) on the interaction effects of different diets and at different water temperatures on the growth and gonad development of *Oratosquilla oratoria* (90 d)

指标 Index	性别 Sexuality	体长 Body length	体宽 Body width	体重 Body weight	性腺指数 Gonadosomatic index	肌肉指数 Meat index	可食率 Edible yield
温度 Temperature	雌性 Female	0.164	0.751	0.216	< 0.001	0.234	< 0.001
	雄性 Male	0.874	0.981	0.250	< 0.001	0.138	0.143
	合计 Total	0.367	0.713	0.921	< 0.001	0.113	0.010
饵料 Diet	雌性 Female	0.695	0.751	0.234	0.008	0.097	0.252
	雄性 Male	0.009	0.211	0.413	0.209	0.275	0.869
	合计 Total	0.119	0.713	0.886	0.364	0.137	0.981
温度 × 饵料 Temperature × diet	雌性 Female	0.695	0.529	0.474	0.002	0.169	0.004
	雄性 Male	0.015	0.262	0.005	0.374	0.304	0.158
	合计 Total	0.200	0.902	0.102	0.344	0.168	0.119

要摄食甲壳类、贝类及鱼类等(王波等 1998), 在本实验中采用冰鲜杂鱼、蛤蜊肉进行了口虾蛄的生长性研究, 实验结果表明, 无论在常温还是加温条件下, 两种饵料对口虾蛄生长指标的增长均不存在显著性影响, 特别是体宽指标, 其增长幅度最小, 出现这种现象的原因可能与投喂饵料的蛋白水平高低有关。研究资料表明, 不同养殖品种对饲料蛋白含量需求都存在一个临界值, 在临界值以下时蛋白质含量越高其生长性状就越好, 当超过该临界值后, 饵料蛋白含量对养殖品种生长的影响就不够显著(徐云等 2009, 姚高友等 2017), 如许贻斌等(2006)研究发现, 方斑东风螺(*Babylonia areolata*) 在均重 2.16 g、壳长 2.20 cm 条件下, 当饲料蛋白含量低于 35.17% 时其相对增长率与饲料蛋白含量呈正相关, 当饲料蛋白含量 35.17% 以上时, 其饲料效率、饵料系数便无显著差异 ($P > 0.05$)。本研究中投喂的冰鲜杂鱼饵料多为黄鱼(*Pseudosciaena*)、梅童鱼(*Collichthys*) 等石首科鱼类。对冰鲜杂鱼和蛤蜊肉两种饵料进行常规生化成分检测发现, 蛤蜊肉的粗蛋白含量为 13.53% (湿重比), 冰鲜杂鱼的粗蛋白含量则为 20.50% (湿重比), 实验中两种饵料对口虾蛄生长指标的增长的影响不显著, 说明口虾蛄在越冬育肥阶段对蛋白质需求的临界值在

13.53% 以下, 但具体数值范围尚需以后的研究验证。实验研究还发现, 口虾蛄虽对蛤蜊肉的喜食程度好于冰鲜杂鱼, 但其生长状况却不及冰鲜杂鱼组, 怀疑可能与蛤蜊肉的饵料转化率低于冰鲜杂鱼有关, 这与对中国对虾(*Fenneropenaeus chinensis*) 的生长研究结果相近, 投喂蛤蜊肉组的中国对虾幼虾体重增长小于投喂鱼肉组(董世瑞等 2006)。

实验研究显示, 冰鲜杂鱼、蛤蜊肉对口虾蛄肌肉指数不存在显著影响, 但对性腺指数、可食率则影响显著, 特别是对雌性口虾蛄, 蛤蜊肉较冰鲜杂鱼有利于其性腺发育, 这可能与蛤蜊肉中的营养成分更有利于口虾蛄性腺发育的营养积累有关。在本实验中, 通过对两种饵料的生化成分检测发现, 虽然蛤蜊肉饵料中的粗蛋白含量稍低于冰鲜杂鱼, 但由于蛤蜊肉中含有的水分(89.66%) 要高于冰鲜杂鱼(78.09%), 且通过观察发现口虾蛄对蛤蜊肉的喜食程度要远高于冰鲜杂鱼, 诸多因素导致口虾蛄摄食蛤蜊肉后获得的营养成分可能要优于冰鲜杂鱼, 从而能促进性腺更好地发育, 进而对口虾蛄的可食率也存在显著影响。水产动物的性腺发育其实是一个对特定营养物质进行大量积累的过程, 在性腺成熟期间, 需要大量的营养物质来供其发育, 这些特定的营养物质主

要包括高度不饱和脂肪酸、胆固醇、磷脂、甘油三酯、维生素 E、类胡萝卜素等 (Mourente et al. 1991)。由于不同饵料营养组成及含量通常不同, 因此不同饵料对性腺发育的影响不同, 如在凡纳滨对虾亲虾性腺发育过程中, 投喂鲢 (*Hypophthalmichthys molitrix*) 肉的雌、雄亲虾性腺指数最高 (陈泳先等 2011), 海带 (*Thallus laminariae*) 加紫贻贝 (*Mytilus edulis*) 饵料模式的中间球海胆 (*Strongylocentrotus intermedius*) 性腺湿重和性腺指数均极显著高于海带模式, 对中间球海胆的性腺发育具有显著的促进作用 (周海森等 2013)。因此, 在口虾蛄性腺发育过程中, 应该选取营养物质更加丰富的饵料来进行营养强化, 尽量满足口虾蛄的营养需求, 以提高口虾蛄越冬育肥水平。

3.2 水温对口虾蛄生长育肥及性腺发育的影响

据研究报道, 温度不仅是影响水产动物生长发育的重要因素, 还可通过水温变化来对其性腺发育进行调控 (李明云 1995)。本研究结果表明, 水温对雌、雄口虾蛄的越冬生长、育肥并没有显著影响, 但对口虾蛄的性腺发育影响显著, 常温条件下口虾蛄性腺指数要高于加温条件, 出现这种现象的原因可能与其越冬的耐受水温有关。笔者在多年的口虾蛄越冬实验中发现, 当水体温度大于 8 °C 时, 口虾蛄每天均可正常摄食; 当水温降至 5 ~ 8 °C 时, 口虾蛄摄食明显减弱, 仅有少量摄食行为发生; 而当水温降至在 5 °C 以下时, 口虾蛄则基本停止摄食。在本研究中, 口虾蛄的实验水温基本都在 10 °C 以上, 口虾蛄处于正常摄食状态, 摄取的饵料若能够满足其生长发育需求, 口虾蛄的越冬生长育肥就差异不明显, 其生长指标及肌肉指数等也不存在显著性变化。

研究还发现, 水温对口虾蛄性腺指数的显著性影响主要表现在 45 ~ 90 d 时间段, 在该时间范围内, 性腺指数常温组要远高于加热组, 而在 0 ~ 45 d 时间范围内常温组与加热组的性腺指数则不存在显著性差异, 出现这种现象的原因可能与口虾蛄性腺发育的水体有效积温有

关, 常温组在整个实验过程中的水体有效积温约为加温组的 1/2, 在加温组中过高的水体有效积温导致口虾蛄性腺内积累的营养物质被高温消耗掉, 进而导致其性腺指数不及常温环境。这种性腺退化现象在其他水产动物中也较为常见, 如在 23 °C 和 26 °C 水温环境下金线鱼 (*Scatophagus argus*) 的性腺成熟指数明显高于 29 °C 实验组 (张敏智等 2013)。水温达到 32 °C 时, 雌性孔雀鱼 (*Poecilia reticulata*) 的卵巢会慢慢发生退化现象 (Dzikowski et al. 2001)。高温会降低大西洋鲑 (*Salmo salar*) 的性腺成熟度 (Fjellidal et al. 2011)。但较高有效积温对口虾蛄性腺发育的具体作用机制尚需进一步的研究进行验证。

实际上, 水产动物的生长育肥及性腺发育, 除了受温度和饵料影响外, 还受其他因素如盐度、光照等多种因素调控, 如在克氏原螯虾的性腺育肥过程中, 25 ~ 28 °C 的水温、16 h : 8 h 的光照周期及饲料中添加鱼肉等动物性饵料, 对其性腺发育具有明显促进作用 (王庆等 2012)。因此今后需要系统研究和优化口虾蛄生长育肥及性腺发育的适宜条件, 以提高口虾蛄越冬育肥的技术水平, 提高优质带膏虾蛄的比例, 满足其生产需要。

参 考 文 献

- Carmona-Osalde C, Rodriguez-Serna M, Olvera-Novoa M A, et al. 2004. Gonadal development, spawning, growth and survival of the crayfish *Procambarus llamas* at three different water temperatures. *Aquaculture*, 232(1): 305-316.
- Dzikowski R, Hulata G, Karplus I, et al. 2001. Effect of temperature and dietary L-carnitine supplementation on reproductive performance of female guppy (*Poecilia reticulata*). *Aquaculture*, 199(3): 323-332.
- Fjellidal P G, Hansen T, Huang T S. 2011. Continuous light and elevated temperature can trigger maturation both during and immediately after smoltification in male Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 321(1): 93-100.
- Mourente G, Rodriguez A. 1991. Variation in the lipid content of

- wild-caught females of the marine shrimp *Penaeus kerathurus* during sexual maturation. *Marine Biology*, 110(1): 21–28.
- 陈泳先, 蒋伟明, 杨彦豪, 等. 2011. 几种饵料对南美白对虾亲虾性腺发育的影响. *南方农业学报*, 42(8): 987–990.
- 董世瑞, 高焕, 孔杰, 等. 2006. 不同饵料对中国对虾幼虾生长及感染 WSSV 存活率的影响. *中国水产科学*, 13(1): 52–58.
- 何杰, 吴旭干, 赵恒亮, 等. 2016. 全程投喂配合饲料条件下池养中华绒螯蟹的生长性能及其性腺发育. *中国水产科学*, 23(3): 606–618.
- 黄映萍, 王莹, 苗素英. 2011. 粤东海域口虾遗传多样性. *动物学杂志*, 46(2): 82–89.
- 蒋霞敏, 赵青松, 王春琳. 2000. 黑斑口虾的形态参数关系的分析. *中山大学学报: 自然科学版*, 39(增刊): 268–270.
- 李祥云. 1995. 温度对中国对虾 (*Penaeus orientalis*) 越冬亲虾性腺发育与存活率的影响. *生态学报*, 15(4): 378–384.
- 刘海映, 谷德贤, 李君丰, 等. 2009. 口虾幼体的早期形态发育特征. *大连海洋大学学报*, 24(2): 100–103.
- 刘海映, 秦玉雪, 姜玉声, 等. 2011. 口虾胚胎发育的研究. *大连海洋大学学报*, 26(5): 437–441.
- 潘桂平, 侯文杰, 吴旭干, 等. 2015. 水温和单体筐养对三疣梭子蟹雌性卵巢发育和常规生化成分的影响. *海洋渔业*, 37(6): 550–556.
- 王波, 张锡烈, 孙丕喜. 1998. 口虾的生物学特征及其人工苗种生产技术. *黄渤海海洋*, 16(2): 64–73.
- 王春琳, 叶选怡, 丁爱侠, 等. 2002. 虾繁殖生物学与繁育技术研究. *海洋湖沼通报*, 3: 58–64.
- 王庆, 杨家新, 匡腾蛟, 等. 2012. 冬季温度刺激对克氏原螯蟹繁育的影响. *淡水渔业*, 42(2): 93–96.
- 吴旭干, 汪倩, 楼宝, 等. 2014. 育肥时间对三疣梭子蟹卵巢发育和营养品质的影响. *水产学报*, 38(2): 170–182.
- 徐加元, 岳彩锋, 戴颖, 等. 2008. 水温、光周期和饲料对克氏原螯蟹雌虾成活和性腺发育的影响. *华中师范大学学报: 自然科学版*, 42(1): 97–101.
- 徐云, 马甦. 2009. 不同饵料对三疣梭子蟹生长和能量收支的影响. *中国海洋大学学报: 自然科学版*, 39(增刊): 353–358.
- 许贻斌, 柯才焕, 王德祥, 等. 2006. 方斑东风螺对饲料蛋白质需要量的研究. *厦门大学学报: 自然科学版*, 45(增刊): 216–220.
- 姚高友, 辜自强, 谭杰, 等. 2017. 不同饵料对方斑东风螺幼螺生长的影响. *广东海洋大学学报*, 37(4): 118–122.
- 张敏智, 邓思平, 朱春华, 等. 2013. 温度对金钱鱼卵巢发育的影响. *中国水产科学*, 20(3): 599–606.
- 周海森, 常亚青, 罗世滨, 等. 2013. 3 种饵料模式对中间球海胆生长、性腺产量和性腺品质的影响. *水产学报*, 37(7): 1050–1057.