

温度对日本沼虾幼体发育及成体繁殖性能的影响

蒋刚, 戴颖, 张亚, 黄旭雄, 朱永明

Effects of temperature on the growth and reproduction performance of *Macrobrachium nipponense* from zoea to postlarvae

JIANG Gang, DAI Ying, ZHANG Ya, HUANG Xuxiong, ZHU Yongming

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12024/jsou.20210303338>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

罗氏沼虾5个专门化品系选择系繁殖力的比较分析

Comparative analysis of fecundity of 5 specialized strains of shrimp *Macrobrachium rosenbergii*

上海海洋大学学报. 2017, 26(5): 674 <https://doi.org/10.12024/jsou.20170502052>

藻菌生物絮团中光照强度对凡纳滨对虾育苗效果的影响

Effects of light intensity on the breeding of *Litopenaeus vannamei* in algal-bacterial-based biofloc system

上海海洋大学学报. 2021, 30(1): 47 <https://doi.org/10.12024/jsou.20191102854>

Sr²⁺和H₃BO₃对罗氏沼虾幼体的存活变态以及仔虾体内代谢酶的影响

Effects of Sr²⁺ and H₃BO₃ on survival and metabolism of *Macrobrachium rosenbergii* and metabolizing enzymes in juveniles

上海海洋大学学报. 2019, 28(2): 171 <https://doi.org/10.12024/jsou.20180402296>

池养罗氏沼虾生长缓慢原因初步分析

The preliminary analysis of the reasons for the poor growth of *Macrobrachium rosenbergii* in pond

上海海洋大学学报. 2017, 26(6): 853 <https://doi.org/10.12024/jsou.20170402024>

零换水条件下益生菌组合在凡纳滨对虾育苗生产中的应用

Effects of probiotics combination on breeding of *Litopenaeus vannamei* under zero-water exchange condition

上海海洋大学学报. 2019, 28(1): 93 <https://doi.org/10.12024/jsou.20180502309>

文章编号: 1674-5566(2022)02-0365-08

DOI:10.12024/jsou.20210303338

温度对日本沼虾幼体发育及成体繁殖性能的影响

蒋 刚¹, 戴 颖¹, 张 亚¹, 黄旭雄^{1,2,3}, 朱永明¹

(1. 上海海洋大学 农业农村部淡水水产种质资源重点实验室, 上海 201306; 2. 上海海洋大学 上海市水产养殖工程技术研究中心, 上海 201306; 3. 上海海洋大学 水产科学国家级实验教学示范中心, 上海 201306)

摘 要: 为了探究温度对日本沼虾 (*Macrobrachium nipponense*) 幼体发育及成体繁殖性能的影响, 将刚孵化的日本沼虾蚤状幼体分别置于 21、26 和 31 °C 的恒温水体中连续培养 90 d, 观察其发育和成体繁殖性能。结果显示: 日本沼虾个体发育速度随培养温度的升高而加快, 21、26 和 31 °C 蚤状幼体完全变态成仔虾所需时间分别为 (54.7 ± 1.5) d、(24.0 ± 1.0) d 和 (19.3 ± 0.6) d; 实验水温不影响日本沼虾蚤状幼体的成活率, 但影响蚤状幼体变态成仔虾的成活率, 21 °C 组蚤状幼体变态成仔虾的存活率显著低于 26 °C 组和 31 °C 组 ($P < 0.05$); 温度影响日本沼虾的性腺发育, 在 90 d 的试验期内, 21 °C 组未出现抱卵个体, 31 °C 组最早出现性成熟个体, 首次抱卵时间为 (55.7 ± 5.5) d, 比 26 °C 组提前了约 17 d。雌虾首次抱卵量在 26 °C 组显著高于 31 °C 组, 但相对繁殖力两者间无显著性差异 ($P > 0.05$)。试验结束时 26 °C 组日本沼虾体长和体质量均最大, 且显著高于 21 °C 组 ($P < 0.05$)。研究表明: 温度影响日本沼虾的生长与发育, 但不改变其相对繁殖力; 高温促进性成熟个体的小型化。

关键词: 日本沼虾; 温度; 幼体发育; 生长; 繁殖性能

中图分类号: S 966.1 **文献标志码:** A

日本沼虾 (*Macrobrachium nipponense*), 俗称青虾、河虾, 隶属甲壳纲 (Crustacea) 十足目 (Decapoda), 主要分布在中国、日本以及东南亚等国家^[1]。日本沼虾具有生长快、繁殖能力强和肉质细嫩的优点, 从而具有较高的经济价值^[2]。在池塘养殖中日本沼虾雌虾性早熟现象较普遍, 有的个体甚至在孵化后约 45 d、体长不足 3 cm 时便开始抱卵^[3]。甲壳动物过早的性腺成熟不仅会使其寿命减短^[4], 同时还会使其生产效益下降。随着养殖集约化程度和遗传育种技术的不断提高, 环境因素对水产动物表型的作用也越来越明显^[5]。因此, 了解水产动物特定环境下的生长、发育及繁殖性能, 对品种的遗传改良和提高生产效益等具有重要的现实意义^[6-7]。

甲壳动物的生长、发育及繁殖性能主要受营养和环境两个方面影响^[8]。甲壳动物通过其内源性机制调节以适应外界环境的变化从而完成

其发育及生殖^[9-10]。有关营养物质如蛋白质^[11]、脂质^[12]、碳水化合物^[13]、维生素^[14]以及矿物质^[15]等对日本沼虾生长繁殖性能的研究已有较多报道, 而环境因子对其生长繁殖性能的影响缺少较为深入的研究。现有的研究表明, 温度是影响虾类生长、发育和繁殖的重要环境因素之一。温度影响红螯螯虾 (*Cherax quadricarinatus*) 的抱卵和孵化^[16], 也影响中国明对虾 (*Fenneropenaeus chinensis*) 的产卵^[17]。温度影响日本沼虾幼虾的生长、ATPase 活性已见报道^[18], 马盛群等^[19]将日本沼虾的末期幼体转移到不同温度的水体中, 发现不同温度水体中末期幼体的变态有差异; 然而该研究尚不能确定这种差异是温度变化的结果还是不同温度下的结果、是否只在末期幼体出现。另外, 刚孵化出的蚤状幼体的发育温度是否影响成体的繁殖性能也未见报道。本文研究了 21 °C、26 °C 及 31 °C 等 3 种温度条件下日本沼虾

收稿日期: 2021-03-18 修回日期: 2021-04-13

基金项目: 沪农科推字(2019)第 2-5 号

作者简介: 蒋 刚(1994—), 男, 硕士研究生, 研究方向为水产动物营养与饲料。E-mail: 1335762184@qq.com

通信作者: 黄旭雄, E-mail: xxhuang@shou.edu.cn

溞状幼体发育和成体繁殖性能,以期为后续开展日本沼虾高效人工育苗提供理论基础,也可为后续开展生殖调控奠定基础。

1 材料与方法

1.1 亲本选择

本研究所选择的日本沼虾亲本为来自本实验室构建的日本沼虾单系内同胞近交繁殖得到的 F_2 群体,从 F_2 群体中选择雌雄个体一一配对后繁殖得到的溞状幼体 (F_3) 用于本研究。

1.2 实验设计

将刚孵化出来的日本沼虾溞状幼体转移到 12 个含 900 mL 盐度 $10^{[20]}$ 的人工半咸水的 1 L 烧杯中培养,每个烧杯放养 50 尾溞状幼体,将烧杯分别放入三温区光照培养箱。设定 3 个温度处理组 [$(31.0 \pm 0.5)^\circ\text{C}$, $(26.0 \pm 0.5)^\circ\text{C}$, $(21.0 \pm 0.5)^\circ\text{C}$], 每个温度处理组设 4 个重复,其中 1 个重复用于过程采样。幼体培育期间控制光周期(L:D)14:10,光照强度 1 500 lx,连续微充气,每日早晚投喂足量初孵虫无节幼体。当溞状幼体完全变态为仔虾并具备平游能力时,将完全变态的仔虾转移到小型玻璃缸(30 cm × 30 cm × 30 cm)中,养殖用水改为曝气后的自来水,放在相同的温度下继续培养至 90 d。玻璃缸内投放一定量的小草供仔虾攀附。仔虾和亲本养殖过程中投喂足量的人工配合饲料(粗蛋白质:38.0% ± 0.5%、粗脂肪:5.0% ± 0.5%、粗灰分:16.0% ± 0.2%、粗纤维:6.0% ± 0.2%、水分:12.0% ± 0.6%)。养殖期间,每 2 天换水 1 次,每次换水 1/3。

1.3 样品采集及观测

培育期间,每 10 d 及变态完成时从各温度处理组的特定重复内随机取 3 尾幼体观测并测量其生长参数,并记录幼体变态为仔虾、幼虾性成熟抱卵的时间,统计在不同温度下日本沼虾雌虾首次抱卵的抱卵量及规格,并将卵按照组别收集用于有关营养成分的测定。

养殖 90 d 后,停止投喂 24 h,逐个平行组称重、计数。然后从每个平行组中挑取腹部无卵的 5 尾雌虾在冰盘上快速解剖肝胰腺,保存在 2 mL 的离心管中,立即放入液氮速冻后于 -80°C 冰箱保存,用于相关指标的测定。生长指标如下:

$$R_s = N_1/N_0 \times 100 \quad (1)$$

$$F_R = N_e/W_e \quad (2)$$

$$R_{\text{BLSG}} = 100 \times (\ln L_1 - \ln L_0)/(t_1 - t_0) \quad (3)$$

$$R_{\text{BWSC}} = 100 \times (\ln W_1 - \ln W_0)/(t_1 - t_0) \quad (4)$$

式中: R_s 为存活率,%; N_0 为试验开始时平行组中的放养个体数; N_1 为试验结束后平行组中存活数; F_R 为相对繁殖力; N_e 为抱卵虾受精卵数量; W_e 为抱卵虾的单位体质量,g; R_{BLSG} 为体长特定生长率,%; R_{BWSC} 为体质量特定生长率,%; L_0 、 L_1 分别为实验初始和终末体长,mm; W_0 、 W_1 分别为实验初始和终末体质量,g。

1.4 样品的检测分析

1.4.1 酶活性的测定

精确称取保存在 -80°C 的肝胰腺组织样品装于 1.5 mL 的离心管中,加入 0.85% 预冷 4°C 灭菌生理盐水,根据质量体积 1:9 制成 10% 的组织匀浆液,冰水浴匀浆处理,匀浆液于 3 000 r/min, 4°C 离心 10 min,取上清液用于测定消化酶活性。肝胰腺脂肪酶活性采用对硝基苯酚法^[5],蛋白酶活性参照 SU 等^[21]方法测定,淀粉酶活性采用淀粉-碘比色法(南京建成试剂盒),匀浆液蛋白含量测定采用考马斯亮蓝法(南京建成试剂盒)。

1.4.2 日本沼虾受精卵相关营养组成的测定

将各温度组收集的受精卵进行营养成分分析。水分的测定采用 105°C 烘箱干燥法^[15];蛋白质含量采用考马斯亮蓝法;总脂采用氯仿-甲醇法^[22]。

1.5 数据处理和统计分析

所有数据以平均值 ± 标准差 (Mean ± SD) 表示,数据使用 SPASS Statistics 18.0 软件中的单因素方法分析 (One-Way ANOVA) 和 Duncan 氏多重比较进行各组实验数据的差异显著性分析,两两比较则选用独立样本 t 检验进行各组实验数据的差异显著性分析, $P < 0.05$ 则表示为差异显著。

2 结果与分析

2.1 温度对日本沼虾溞状幼体变态发育的影响

2.1.1 溞状幼体变态所需的时间

温度显著影响日本沼虾溞状幼体变态发育速度(表 1)。在 31、26 及 21°C 条件下日本沼虾完全变态时间平均分别为 19.3、24.0 以及 54.7 d,在 21°C 条件下幼体变态所需要的时间显著高于其他两个温度组 ($P < 0.05$);同时,各温度下幼

体出现仔虾到全部变态为仔虾所经历的时间也不相同,在 31、26 及 21 °C 条件下分别需要 4.6、

5.3 和 22.0 d。结果表明,温度升高能够加快日本沼虾幼体的变态速度和变态同步性。

表 1 不同温度下日本沼虾溞状幼体变态成仔虾需要的时间

Tab.1 Metamorphosis time of *M. nipponense* larvae from zoea to postlarvae at different temperatures

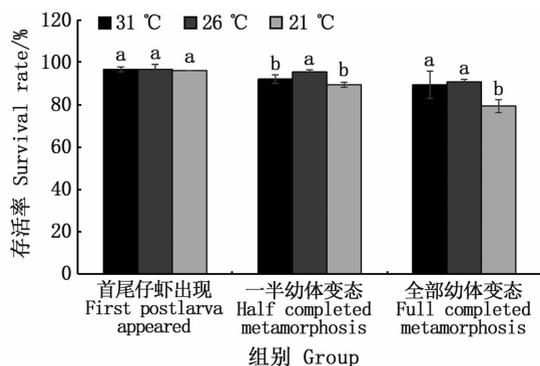
| 指标 Parameters | 组别 Group | | |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 21 °C | 26 °C | 31 °C |
| 首尾仔虾出现时间 Time for the first postlarva to appear/d | 32.7 ± 0.6 ^a | 18.7 ± 0.6 ^b | 14.7 ± 0.6 ^c |
| 一半幼体变态为仔虾所需时间 Time for the half individuals metamorphosed from zoea to postlarvae/d | 39.0 ± 1.0 ^a | 21.0 ± 1.0 ^b | 16.7 ± 0.6 ^c |
| 全部幼体变态为仔虾所需时间 Time for the all individuals metamorphosed from zoea to postlarvae/d | 54.7 ± 1.5 ^a | 24.0 ± 1 ^b | 19.3 ± 0.6 ^c |

注:同行数据上标有相同小写字母表示差异不显著($P > 0.05$),不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Notes: Values in the same line with same lowercase letter mean no significant difference ($P > 0.05$), while with different lowercase letters mean significant difference ($P < 0.05$).

2.1.2 溞状幼体存活率

日本沼虾溞状幼体在出现仔虾前,温度对溞状幼体存活率无显著性影响($P > 0.05$)(图 1),而当各试验组的溞状幼体全部变态为仔虾后,26 °C 试验组的存活率要高于 31 °C 和 21 °C 试验组,且与 21 °C 试验组差异显著($P < 0.05$),表明温度不影响溞状幼体在变态成仔虾前的存活率,而影响其在变态为仔虾过程中的存活率。



相同小写字母表示差异不显著($P > 0.05$),不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Values with same lowercase letters mean no significant difference ($P > 0.05$), while with different lowercase letters mean significant difference ($P < 0.05$).

图 1 不同温度对日本沼虾溞状幼体存活率的影响

Fig.1 Effects of temperature on survival rate of *M. nipponense* from zoea to postlarvae

2.1.3 溞状幼体体长及特定生长率

温度显著影响日本沼虾溞状幼体的个体生长(图 2)。在相同时间点,溞状幼体的大小与温度呈正相关,温度越高,个体越大。而当 3 个温

度的溞状幼体分别变态成 I 期仔虾时,21 °C 组仔虾平均体长[(9.84 ± 0.08) mm]显著高于 31 °C 组[(6.95 ± 0.41) mm]及 26 °C 组[(6.61 ± 0.24) mm][图 2(a)]。随着温度的升高,溞状幼体的特定生长率越高[图 2(b)]。

2.2 温度对日本沼虾生长及繁殖性能的影响

2.2.1 生长性能

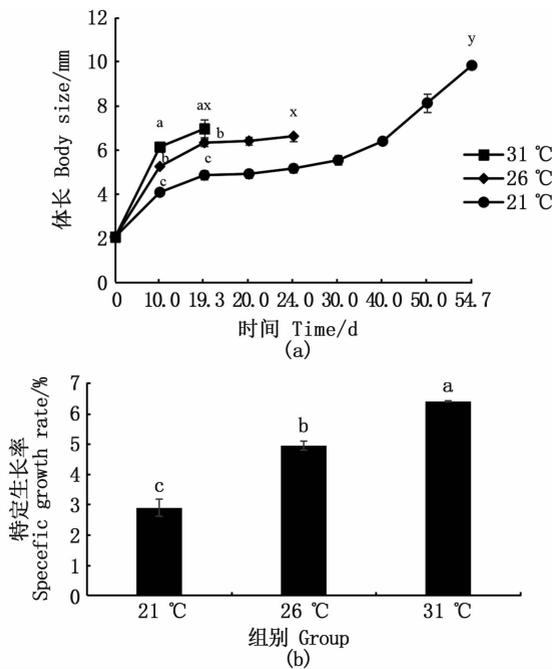
温度显著影响日本沼虾的生长(表 2)。试验周期结束后,26 °C 组日本沼虾的终末体长、体质量、存活率及特定生长率均最高。除存活率外,21 °C 试验组和 31 °C 试验组在终末体长、体质量及特定生长率无显著性差异但存活率显著低于 21 °C 试验组($P < 0.05$)。

2.2.2 肝胰腺消化酶活性

随着温度的升高,日本沼虾肝胰腺中淀粉酶活性降低($P < 0.05$),而脂肪酶及蛋白酶活力随着温度的升高呈先上升后下降趋势,在 26 °C 时其蛋白酶及脂肪酶活力均达到最高。见表 3。

2.2.3 繁殖性能

温度对日本沼虾的繁殖性能产生影响(图 3)。随着温度的升高,日本沼虾首次抱卵时间缩短,在 31 °C 和 26 °C 试验组,日本沼虾抱卵分别需要 56.67 d 及 73.33 d,而 21 °C 实验组在试验周期结束后也并未出现抱卵现象[图 3(a)]。与此同时,26 °C 组中日本沼虾的首次抱卵量显著高于 31 °C 试验组($P < 0.05$),日本沼虾在 31 °C、26 °C 试验组抱卵量分别为 294.94 粒和 416.67 粒[图 3(b)],而相对繁殖力却无显著性差异($P > 0.05$)[图 3(c)]。



a, b, c 表示同一时间不同温度条件下的显著性比较, x, y 表示完全变态为仔虾时显著性比较, 其中相同小写字母表示差异不显著 ($P > 0.05$), 不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Values with a, b, c represent a significant comparison when the zoea under different temperature at the same time, while x, y represent all individuals metamorphosed from zoea to postlarvae, same lowercase letter mean no significant difference ($P > 0.05$) different lowercase letters mean significant difference ($P < 0.05$).

图 2 不同温度对日本沼虾蚤状幼体体长及体长特定生长率的影响

Fig. 2 Effects of temperature on body size and specific growth rate of *M. nipponense* zoea

表 2 温度对日本沼虾生长性能的影响

Tab. 2 Effects of temperature on growth performances of *M. nipponense* postlarvae in 90-day breeding

| 指标 Parameters | 组别 Group | | |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 21 °C | 26 °C | 31 °C |
| 终末体长 Final body length/mm | 24.93 ± 2.65 ^b | 32.68 ± 0.91 ^a | 29.06 ± 1.86 ^a |
| 终末体质量 Final body mass/g | 0.26 ± 0.06 ^b | 0.53 ± 0.04 ^a | 0.39 ± 0.07 ^a |
| 存活率 Survival rate/% | 78.30 ± 2.90 ^c | 88.30 ± 1.10 ^a | 84.40 ± 1.60 ^b |
| 体质量特定生长率 (BM SGR)/% | 2.09 ± 0.16 ^b | 2.58 ± 0.07 ^a | 2.02 ± 0.14 ^b |
| 体长特定生长率 (BL SGR)/% | 4.86 ± 0.67 ^b | 7.71 ± 0.17 ^a | 5.99 ± 0.27 ^b |

注: 同行数据上标有相同小写字母表示差异不显著 ($P > 0.05$), 不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Notes: Values in the same line with same lowercase letters mean no significant difference ($P > 0.05$), while with different lowercase letters mean significant difference ($P < 0.05$).

3.2 温度对日本沼虾消化酶活性的影响

肝胰腺是重要的消化器官, 能够产生消化酶来促进物质的消化吸收^[28-29]。因此, 肝胰腺中消化酶的活性高低可以反映动物对营养物质的消

2.2.4 受精卵的相关养分组成

31 °C 试验组日本沼虾受精卵中水分含量显著高于其在 26 °C 试验组 ($P < 0.05$), 而总脂以及总蛋白含量在 26 °C 试验组中最高且差异显著 ($P < 0.05$)。见表 4。

3 讨论

3.1 温度对日本沼虾生长性能的影响

对于变温水生动物, 周围环境温度的变化会显著影响其代谢水平和生理状况^[23]。JESUSP 等^[24]研究表明, 在一定温度范围内, 随着温度升高, 南美白对虾 (*Penaeus vannamei*) 幼体体长越大, 增长率越高。此现象在藻钩虾 (*Ampithoe valida*)^[25]、克氏原螯虾 (*Procambarus clarkii*)^[26] 等的研究中也有关报道。这与本研究结果相一致。然而, 21 °C 组日本沼虾蚤状幼体全部变态为仔虾时的平均体长要显著高于其他两个温度组, 而试验周期结束时又显著低于其他两个温度组。李青等^[27]研究表明, 当温度过高时, 甲壳动物体内的营养物质的代谢率要高于其同化率, 不能够积累足够的能量用于生长, 导致生长受限, 因此, 在低温条件下日本沼虾蚤状幼体完全变态成仔虾时的体长要高于高温组, 而在试验周期结束后由于日本沼虾在 21 °C 组摄食能力降低导致发育速度迟缓, 最终导致规格最小。然而, WANG 等^[18]研究表明, 随着驯化温度的降低, 日本沼虾幼体的存活率显著提高, 这可能与其驯化过程中高温组温度突变过大引起应激反应有关。

化与吸收的能力从而影响动物的生长^[30]。本实验结果表明, 肝胰腺中脂肪酶及蛋白酶活性在 26 °C 试验组中均要高于其他两个试验组, 这表明在 26 °C 条件下, 日本沼虾对营养物质的消化能力要

高于其他两个温度组,从而更有利于将食物转化为能量储存在体内,加之高温组新陈代谢的消耗增大,低温组发育迟缓,最终导致规格最大。薛素燕等^[31]研究表明,不同消化酶活性的差别可以直接反应动物对不同营养物质吸收利用的能力,在动物发育过程中其食性一般是由植食性或偏植食性向肉食性或偏肉食性转换的过程,其中伴

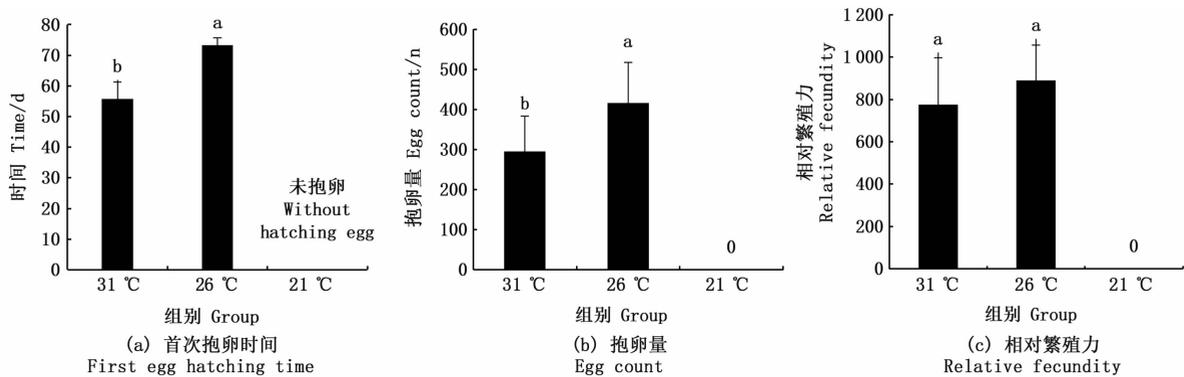
随着淀粉酶活性的降低和蛋白酶活性的增加的规律。本实验中,21℃试验组的日本沼虾肝胰腺中脂肪酶和蛋白酶活性均最低,但淀粉酶活性却最显著高于其他两个试验组,因此温度是否会对日本沼虾食性产生影响的结论还需要进一步地研究证明。

表 3 温度对日本沼虾肝胰腺消化酶的影响
Tab.3 Effects of temperature on digestive enzyme activities in hepatopancreas of *M. nipponense* after 90-day breeding

| 指标 Parameters | 组别 Group | | |
|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 21 °C | 26 °C | 31 °C |
| 淀粉酶活力 Amylase activity | 0.69 ± 0.01 ^a | 0.67 ± 0.01 ^b | 0.55 ± 0.01 ^c |
| 脂肪酶活力 Lipase activity | 27.5 ± 3.93 ^b | 40.55 ± 3.29 ^a | 33.02 ± 2.49 ^b |
| 蛋白酶活力 Protease activity | 13.08 ± 2.54 ^b | 21.01 ± 1.02 ^a | 16.45 ± 1.81 ^b |

注:同行数据上标有相同小写字母表示差异不显著($P > 0.05$),不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Notes: Values in the same line with same lowercase letters mean no significant difference ($P > 0.05$), while with different lowercase letters mean significant difference ($P < 0.05$).



注:相同小写字母表示差异不显著($P > 0.05$),不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Notes: Values with same lowercase letter mean no significant difference ($P > 0.05$), while with different lowercase letters mean significant difference ($P < 0.05$).

图 3 不同温度对日本沼虾繁殖性能的影响
Fig.3 Effects of temperature on reproductive performances of *M. nipponense* in 90-day breeding

表 4 温度对日本沼虾受精卵常规营养组成的影响
Tab.4 Nutritional composition for *M. nipponense* at various temperatures after 90-day breeding

| 指标 Parameters | 组别 Group | | |
|---------------------------|----------|-----------------------------|-----------------------------|
| | 21 °C | 26 °C | 31 °C |
| 水分 Moisture | | 640.97 ± 16.15 ^b | 743.46 ± 23.93 ^a |
| 总脂 Total lipid content | | 38.20 ± 4.39 ^a | 31.80 ± 0.62 ^b |
| 总蛋白 Total protein content | | 40.85 ± 1.90 ^a | 29.05 ± 2.66 ^b |

注:同行数据上标有相同小写字母表示差异不显著($P > 0.05$),不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Notes: Values in the same line with same lowercase letters mean no significant difference ($P > 0.05$), while with different lowercase letters mean significant difference ($P < 0.05$).

3.3 温度对日本沼虾性成熟及繁殖性能的影响

性腺的成熟与产卵的时间取决于有效温度的积累,因此温度对水生生物的性腺发育有着重要作用^[32-33],如冬季加温可加快克氏原螯虾性腺成熟,刺激雌虾提前抱卵^[34]。本研究结果表明,

与 26 °C 条件下生长的日本沼虾相比,31 °C 组的日本沼虾首次抱卵时间提前了 17 d,而 21 °C 组的日本沼虾在试验周期结束后依旧没有出现抱卵现象。因此,高温虽能够加快日本沼虾的生长速度,但过高的温度会缩短日本沼虾的性成熟时

间,使其提前抱卵。

温度对日本沼虾繁殖性能的研究目前还未见相关报道。甲壳动物在发育过程中,其生殖系统受多种激素的调控,这些激素水平会随着外界环境的变化而不断调整从而使其在最佳的环境下进行生殖^[27],温度作为重要的环境因子能够调控这些激素的合成和分泌水平进而影响甲壳动物的生殖过程^[30],因此许多生物包括甲壳动物在内,其繁殖能力随着温度的变化而发生改变^[32]。抱卵量被认为是评估虾类繁殖性能的重要参数^[33]。本研究表明,在 31 °C 条件下日本沼虾的抱卵量要显著低于 26 °C 实验组,这可能是由于在较高的温度条件下,个体的代谢所消耗的能量增加导致分配给繁殖的能量减少^[34]。因此,在一般情况下夏季产卵量也要少于冬季的产卵量,然而他们的相对繁殖力却无差异,笔者认为造成此现象可能是由于 26 °C 试验组日本沼虾规格高,而规格的大小直接影响其相对繁殖力从而使得日本沼虾在 26 °C 的相对繁殖力与 31 °C 试验组无差异。除了规格使得 26 °C 试验组的抱卵量多的原因外,对于大多数水产动物而言,性成熟的个体繁殖需要从性腺的发育以及机体的生长过程中吸收一定的能量^[35],因此产卵量的多少还受到雌虾所分配给繁殖的能量限制^[36]。卵黄的营养状况主要由卵巢提供,这一过程对甲壳类动物卵的质量及产量均有显著性的影响^[37],因此,受精卵的营养水平可以用来衡量亲本在繁殖中所获得的能量的多少从而影响其繁殖性能^[38]。

参考文献:

- [1] FU H T, JIANG S F, XIONG Y W. Current status and prospects of farming the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) and the oriental river prawn (*Macrobrachium nipponense*) in China[J]. Aquaculture Research, 2012, 43(7): 993-998.
- [2] GU X Z, FU H T, SUN S M, et al. Effects of cholesterol on growth, feed utilization, body composition and immune parameters in juvenile oriental river prawn, *Macrobrachium nipponense* (De Haan) [J]. Aquaculture Research, 2017, 48(8): 4262-4271.
- [3] QIAO H, XIONG Y W, ZHANG W Y, et al. Characterization, expression, and function analysis of gonad-inhibiting hormone in Oriental River prawn, *Macrobrachium nipponense* and its induced expression by temperature [J]. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, 2015, 185: 1-8.
- [4] JIN G, LI Z, XIE P. The growth patterns of juvenile and precocious Chinese mitten crabs, *Eriocheir sinensis* (Decapoda, Grapsidae), stocked in freshwater lakes of China [J]. Crustaceana, 2001, 74(3): 261-273.
- [5] WANG W L, ISHIKAWA M, KOSHIO S, et al. Effects of dietary astaxanthin supplementation on juvenile kuruma shrimp, *Marsupenaeus japonicus* [J]. Aquaculture, 2018, 491: 197-204.
- [6] CHANDLER J C, AIZEN J, FITZGIBBON Q P, et al. Applying the power of transcriptomics: understanding male sexual development in decapod Crustacea [J]. Integrative and Comparative Biology, 2016, 56(6): 1144-1156.
- [7] JUNG H, YOON B H, KIM W J, et al. Optimizing hybrid de Novo transcriptome assembly and extending genomic resources for giant freshwater prawns (*Macrobrachium rosenbergii*): the identification of genes and markers associated with reproduction [J]. International Journal of Molecular Sciences, 2016, 17(5): 690.
- [8] 王琪雯. 饲料营养水平对动物繁殖性能的影响[J]. 山西农经, 2020(10): 133-134.
- [9] WANG Q W. The effect of feed nutrition level on animal reproduction performance [J]. Shanxi Agricultural Economy, 2020(10): 133-134.
- [10] JACKSON C J, WANG Y G. Modelling growth rate of *Penaeus monodon* Fabricius in intensively managed ponds: effects of temperature, pond age and stocking density [J]. Aquaculture Research, 1998, 29(1): 27-36.
- [11] BROWDY C L. Recent developments in penaeid broodstock and seed production technologies: improving the outlook for superior captive stocks [J]. Aquaculture, 1998, 164(1/4): 3-21.
- [12] 丁志丽, 张易祥, 叶金云, 等. 鱼粉蛋白与发酵酶解豆粕蛋白不同配比对日本沼虾生长及免疫性能的影响 [J]. 动物营养学报, 2015, 27(1): 154-164.
- [13] DING Z L, ZHANG Y X, YE J Y, et al. Effects of different protein ratios of fish meal to fermented and enzymolysis soybean meal on growth and immune performance of Oriental River Prawn (*Macrobrachium nipponense*) [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2015, 27(1): 154-164.
- [14] LI L Q, WANG W L, YUSUF A, et al. Effects of dietary lipid levels on the growth, fatty acid profile and fecundity in the oriental river prawn, *Macrobrachium nipponense* [J]. Aquaculture Research, 2020, 51(5): 1893-1902.
- [15] 刘存歧, 王军静, 王军霞, 等. 饥饿时间对日本沼虾能源物质利用和能量收支的影响 [J]. 河北大学学报(自然科学版), 2010, 30(6): 706-710.
- [16] LIU C Q, WANG J J, WANG J X, et al. Effects of starvation time on utilization of energy materials and energy budget of *Macrobrachium nipponense* [J]. Journal of Hebei University (Natural Science Edition), 2010, 30(6): 706-710.
- [17] LI Y M, FAN B, HUANG Y H, et al. Effects of dietary vitamin E on reproductive performance and antioxidant

- capacity of *Macrobrachium nipponense* female shrimp [J]. *Aquaculture Nutrition*, 2018, 24(6): 1698-1708.
- [15] 王维娜, 王安利, 孙儒泳. 水环境中的铜锌铁钴离子对日本沼虾消化酶和碱性磷酸酶的影响[J]. *动物学报*, 2001, 47(S1): 72-77.
- WANG W N, WANG A L, SUN R Y. Effects of Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{3+} and Co^{2+} in freshwater on digestive enzyme and alkaline phosphatase activity of *Macrobrachium nipponense* [J]. *Acta Zoologica Sinica*, 2001, 47(S1): 72-77.
- [16] 李进, 温海深. 温度对红螯螯虾抱卵率和孵化的影响[J]. *现代农业科学*, 2009, 16(4): 193-194, 196.
- LI J, WEN H S. Effects of temperature on holding egg rate and hatch in *Cherax quadricarinatus* [J]. *Modern Agricultural Sciences*, 2009, 16(4): 193-194, 196.
- [17] 李明云. 温度对中国对虾(*Penaeus orientalis*)越冬亲虾性腺发育与存活率的影响[J]. *生态学报*, 1995, 15(4): 378-384.
- LI M Y. Effects of temperature on the gonad development and survival rate of parent prawn *Penaeus orientalis* [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1995, 15(4): 378-384.
- [18] WANG W N, WANG A L, LIU Y, et al. Effects of temperature on growth, adenosine phosphates, ATPase and cellular defense response of juvenile shrimp *Macrobrachium nipponense* [J]. *Aquaculture*, 2006, 256(1/4): 624-630.
- [19] 马盛群, 李爱顺, 茆建强, 等. 温度对日本沼虾末期幼体变态发育的影响[J]. *江苏农业科学*, 2014, 42(8): 239-240.
- MA S Q, LI A S, MAO J Q, et al. The effect of temperature on the metamorphic development of the larvae of *Macrobrachium nipponense* [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2014, 42(8): 239-240.
- [20] 邢克智, 刘茂春, 王金华. 温度、盐度对青虾幼体生长发育的影响[J]. *南开大学学报(自然科学版)*, 1997, 30(3): 88-93, 105.
- XING K Z, LIU M C, WANG J H. Effect of temperature-salinity on growth and development of the larvae of *Macrobrachium nipponense* [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Nankaiensis*, 1997, 30(3): 88-93, 105.
- [21] SU X G, LI X Q, LENG X J, et al. The improvement of growth, digestive enzyme activity and disease resistance of white shrimp by the dietary citric acid [J]. *Aquaculture International*, 2014, 22(6): 1823-1835.
- [22] HUANG X X, FENG L F, WEN W, et al. The changes in lipid and fatty acid profiles of devil stinger *Inimicus japonicus* during the development of embryo and yolk-sac larvae [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2013, 37(4): 526-535.
- [23] 朱孟凯, 姚翠鸾. 温度胁迫对凡纳滨对虾肝胰腺氧化代谢及能量代谢的影响[J]. *水产学报*, 2015, 39(5): 669-678.
- ZHU M K, YAO C L. The impact of temperature stress on the oxygen metabolism and energy metabolism in the hepatopancreas of shrimp *Litopenaeus vannamei* [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2015, 39(5): 669-678.
- [24] JESUS P, CARLOS A, LINDSAY G R. The effects of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile whiteshrimp, *Penaeus vannamei*, Boone, 1931 [J]. *Aquaculture*, 1997, 157(1/2): 107-115.
- [25] PARDAL M A, MARQUES J C, METELO I, et al. Impact of eutrophication on the life cycle, population dynamics and production of *Ampitho evalida* (Amphipoda) along an estuarine spatial gradient (Mondego estuary, Portugal) [J]. *Marine Ecology Progress Series*, 2000, 196: 207-219.
- [26] 张龙岗, 钟君伟, 朱永安. 温度对克氏原螯虾苗种生长和存活的影响[J]. *河北渔业*, 2015(1): 4-5.
- ZHANG L G, ZHONG J W, ZHU Y A. The effect of temperature on the growth and survival of *Procambarus clarkii* [J]. *Hebei Fisheries*, 2015(1): 4-5.
- [27] 李青, 陈永祥. 温度对虾蟹生长发育影响的研究进展[J]. *江苏农业科学*, 2019, 47(10): 26-31.
- LI Q, CHEN Y X. Research progress of effects of temperature on growth and development of shrimp and crab [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2019, 47(10): 26-31.
- [28] 周丰林, 陶丽竹, 王安琪, 等. 养殖青鱼组织状态评估及肠道消化酶和抗氧化酶分布特征[J]. *上海海洋大学学报*, 2021, 30(2): 205-213.
- ZHOU F L, TAO L Z, WANG A Q, et al. Evaluation of tissue status of cultured black carp and distribution characteristics of digestive enzyme and antioxidant enzyme in the intestine [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2021, 30(2): 205-213.
- [29] 肖英平, 吴志强, 胡向萍, 等. 克氏原螯虾幼体发育时期消化酶活力及氨基酸含量研究[J]. *淡水渔业*, 2009, 39(1): 41-44.
- XIAO Y P, WU Z Q, HU X P, et al. Study on digestive enzyme activities and the contents of Amino Acid during the larval development of *Procambarus clarkii* [J]. *Freshwater Fisheries*, 2009, 39(1): 41-44.
- [30] 袁新程, 谢永德, 刘永士, 等. 两种养殖密度对刀鲚当年鱼种生长性能、消化及非特异性免疫能力的影响[J]. *上海海洋大学学报*, 2021, 30(2): 222-230.
- YUAN X C, XIE Y D, LIU Y S, et al. Effects of two stocking densities on growth performance, digestion and non-specific immunity of the current year *Coilia nasus* [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2021, 30(2): 222-230.
- [31] 薛素燕, 毛玉泽, 赵法箴, 等. 温度对中华原钩虾(*Eogammarus possjeticus*)摄食率和消化酶活力的影响[J]. *渔业科学进展*, 2015, 36(4): 94-98.
- XUE S Y, MAO Y Z, ZHAO F Z, et al. Effects of temperature on the feeding rate and the digestive enzymes activities of *Eogammarus possjeticus* [J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2015, 36(4): 94-98.
- [32] DING Z L, CHEN L Q, DU Z Y, et al. A mixture of fish oil and soybean oil as a dietary lipid source prevents precocity

- and promotes growth in juvenile *Macrobrachium nipponense* (De Haan) [J]. *Aquaculture Research*, 2014, 45 (9): 1567-1572.
- [33] XUE S Y, FANG J G, ZHANG J H, et al. Effects of temperature and salinity on the development of the amphipod crustacean *Eogammarus sinensis* [J]. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 2013, 31(5): 1010-1017.
- [34] MARANHAO P, MARQUES J C. The influence of temperature and salinity on the duration of embryonic development, fecundity and growth of the amphipod *Echinogammarus marinus* Leach (Gammaridae) [J]. *Acta Oecologica*, 2003, 24(1): 5-13.
- [35] SAINTE-MARIEB. A review of the reproductive bionomics of aquatic gammaridean amphipods: variation of life history traits with latitude, depth, salinity and superfamily [J]. *Hydrobiologia*, 1991, 223(1): 189-227.
- [36] CHAI Y M, YU S S, ZHAO X F, et al. Comparative proteomic profiles of the hepatopancreas in *Fenneropenaeus chinensis* response to white spot syndrome virus [J]. *Fish & Shellfish Immunology*, 2010, 29(3): 480-486.
- [37] DA SILVA DE MORAISI, REISV R, DE ALMEIDAF L. The influence of the water pH on the sex ratio of tambaqui *Colossoma macropomum* (CUVIER, 1818) [J]. *Aquaculture Reports*, 2020, 17:100334.
- [38] OLLIVAUX C, VINH J, SOYEZ D, et al. Crustacean hyperglycemic and vitellogenesis-inhibiting hormones in the lobster *Homarus gammarus* [J]. *The FEBS Journal*, 2006, 273(10): 2151-2160.

Effects of temperature on the growth and reproduction performance of *Macrobrachium nipponense* from zoea to postlarvae

JIANG Gang¹, DAI Ying¹, ZHANG Ya¹, HUANG Xuxiong^{1,2,3}, ZHU Yongming¹

(1. Key Laboratory of Freshwater Aquatic Genetic Resources, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Shanghai Engineering Research Center of Aquaculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. National Demonstration Center for Experimental Fisheries Science Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: In order to study the effects of temperature on the growth and reproductive performance of *Macrobrachium nipponense* from zoea to postlarvae, the newly hatched zoea were cultured at a constant water temperature of 21 °C, 26 °C or 31 °C under laboratory conditions respectively for 90 d. The results showed that the ontogeny rate of individual increased with the increase of temperature. The time required for the complete metamorphosis of zoea at 21 °C, 26 °C and 31 °C into postlarvae were (54.7 ± 1.5) d, (24.0 ± 1.0) d and (19.3 ± 0.6) d, respectively; The water temperature does not affect and the survival rate of zoea, but affects the survival rate of zoea metamorphosed into postlarvae, and the survival rate of zoea metamorphosed into postlarvae of 21 °C group was significantly lower than that of 26 °C group and 31 °C group ($P < 0.05$); Temperature affects the gonadal development of *M. nipponense*. During the 90d test period, there were no ovarian individuals in the 21 °C group, the first sexually mature individuals in the 31 °C group, and time of first berried female appeared on (55.7 ± 5.5) d, which was about 17 d earlier than that at 26 °C; The amount of berried eggs per female for the first time in the 26 °C group was significantly higher than that in the 31 °C group ($P < 0.05$), but there was no significant difference in relative fecundity between the two groups ($P > 0.05$). At the end of the experiment, the largest body length and body mass of *M. nipponense* appeared in the 26 °C group, which was significantly higher than that in the 21 °C group ($P < 0.05$). This study suggests that temperature affects the growth and development of *M. nipponense*, but does not change its relative fecundity, and high temperature will promote the miniaturization of sexually mature individuals.

Key words: *Macrobrachium nipponense*; temperature; postlarvae development; growth; reproductive performance