

体质量和水温对太湖秀丽白虾人工驯养子代耗氧率和排氨率的影响*

刘 凯 徐东坡 段金荣 张敏莹 施炜纲**

(农业部长江下游渔业资源环境重点野外科学观测试验站, 中国水产科学研究院内陆渔业生态环境和资源重点开放实验室, 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 江苏无锡 214081)

摘 要 以太湖秀丽白虾(*Exopalaemon modestus*)人工驯养子代为实验样本, 实验共设置 6 个体质量梯度及 7 个温度梯度, 样本体质量范围为 $(0.12 \pm 0.01) \sim (1.93 \pm 0.05)$ g, 实验温度范围为 $12\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, 研究了体质量及水温对耗氧率和排氨率的影响。结果表明: 秀丽白虾耗氧率变幅为 $0.1497 \sim 0.9053\text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 均值为 $0.3901\text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; 排氨率变幅为 $0.0165 \sim 0.0866\text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 均值为 $0.0379\text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 。体质量、水温及两者的交互效应均对耗氧率和排氨率具有极显著的影响($P < 0.01$)。体质量与耗氧率和排氨率之间的回归关系分别符合幂函数方程 $R_o = 0.3114W^{-0.2414}$ ($r = -0.436$) 和 $R_n = 0.0307W^{-0.3007}$ ($r = -0.653$); 水温与耗氧率和排氨率之间的回归关系分别符合指数方程 $R_o = 0.0711e^{0.0749t}$ ($r = 0.877$) 和 $R_n = 0.0113e^{0.0530t}$ ($r = 0.747$); 体质量、水温与耗氧率及排氨率的二元回归方程分别为 $R_o = 0.028T - 0.147W - 0.053$ ($r = 0.948$) 和 $R_n = 0.002T - 0.017W + 0.013$ ($r = 0.922$)。耗氧率和排氨率 Q_{10} 变幅分别为 $1.17 \sim 4.20$ 和 $1.15 \sim 2.29$, 均值分别为 2.10 和 1.64。在实验温度范围内, 氧氮比均随着水温的上升而增大, 变幅为 $7.42 \sim 13.62$, 均值为 10.04。秀丽白虾在低温阶段($12\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 18\text{ }^{\circ}\text{C}$)主要以蛋白质为供能物质, 在高温阶段($21\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$)对脂肪的利用有所增加, 中等规格个体的脂肪代谢率最高。

关键词 秀丽白虾; 体质量; 水温; 耗氧率; 排氨率

中图分类号 Q178.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2010)5-0957-06

Effects of water temperature and body mass on oxygen consumption and ammonia excretion of artificially domesticated *Exopalaemon modestus* offspring in Taihu Lake. LIU Kai, XU Dong-po, DUAN Jin-rong, ZHANG Min-ying, SHI Wei-gang (Key Field Station of Observation and Research for Fishery Resources and Environment of the Lower Reaches of Yangtze River, Ministry of Agriculture; Key Laboratory of Ecological Environment and Resources of Inland Fisheries, Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2010, 29(5): 957-962.

Abstract: Taking the artificially domesticated *Exopalaemon modestus* offspring from Taihu Lake as test objects, this paper studied the effects of water temperature and their body mass on their oxygen consumption and ammonia excretion. The water temperature ranged from $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, and the body mass ranged from (0.12 ± 0.01) g to (1.93 ± 0.05) g. The oxygen consumption rate of the offspring was from 0.1497 to $0.9053\text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, averaged $0.3901\text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; and the ammonia excretion rate was from 0.0165 to $0.0866\text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, averaged $0.0379\text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Water temperature, body mass, and their interaction had significant effects on the oxygen consumption and ammonia excretion. The relationships of oxygen consumption and ammonia excretion rates with water temperature could be described as $R_o = 0.0711e^{0.0749t}$ ($r = 0.877$) and $R_n = 0.0113e^{0.0530t}$ ($r = 0.747$), and the relationships of the two metabolic rates with body

* 国家科技基础条件平台项目(2007DKA30470)、江苏省水产三项工程项目(P2009-14)和中央级公益性科研院所基本科研业务专项资助项目(2007JBFA05、2007JBFB06、2007JBFB07)。

** 通讯作者 E-mail: shiweig@ffrc.cn

收稿日期: 2009-09-23 接受日期: 2010-01-13

mass could be described as $R_o = 0.3114W^{-0.2414}$ ($r = -0.436$) and $R_n = 0.0307W^{-0.3007}$ ($r = -0.657$), respectively. The binary linear regression equations of water temperature and body mass with the two metabolic rates could be expressed as $R_o = 0.028T - 0.147W - 0.053$ ($r = 0.948$) and $R_n = 0.002T - 0.017W + 0.013$ ($r = 0.922$). The Q_{10} value of oxygen consumption rate ranged from 1.17 to 4.20, with an average of 2.10, and the Q_{10} value of ammonia excretion rate ranged from 1.15 to 2.29, with an average of 1.64. Within the range of test water temperature, the ratio of consumed oxygen to excreted ammonia for each class of body mass increased with increasing water temperature, being from 7.42 to 13.62 and averaged 10.04. At the water temperature from 12 °C to 18 °C, the offspring took protein as their major energy source; while at the water temperature from 21 °C to 30 °C, the offspring utilized more fat, and the medium-sized individuals had the highest fat metabolic rate.

Key words: *Exopalaemon modestus*; body mass; water temperature; oxygen consumption rate; ammonia excretion rate.

秀丽白虾 (*Exopalaemon modestus*) 隶属于十足目,长臂虾科,白虾属,又称秀丽长臂虾,其分布范围向北可至俄罗斯西伯利亚,向南则达中国福建北部(梁象秋,2000;李新正等,2003)。秀丽白虾是中国重要的淡水经济虾类,在长江下游巢湖、洪泽湖和太湖等大型湖泊中均为主要捕捞对象,其中太湖种群的捕捞量占虾类总捕捞量的 50% 以上(施炜纲等,1995)。长期以来,太湖周边地区秀丽白虾的市场需求持续旺盛,捕捞强度居高不下,加之近年来太湖水质恶化程度加剧,因此其资源日趋衰退。为保护太湖秀丽白虾资源,学者们先后开展了大量研究工作,主要涉及了摄食和生长(胡廷尖等,2001)、性腺发育(黄海霞等,2001;姜叶琴,2005)、形态变异(陈杰等,2007)以及种群多样性(张敏莹等,2008a,2008b)等方向。作为反映新陈代谢特征的重要指标,甲壳动物呼吸代谢早已得到广泛关注,目前的相关研究多见于贝类(董志国等,2004;冯建彬等,2004;王俊等,2004)和螺类(刘建勇等,2005;刘其根等,2005;朱爱意等,2007),淡水虾类中仅董双林等(1994)对日本沼虾 (*Macrobrachium nipponense*) 的代谢特征进行了详细报道。本文以太湖秀丽白虾人工驯养子代为实验对象,研究体质量和温度对秀丽白虾耗氧率及排氨率的影响,掌握其新陈代谢规律及适应性变化特征,以期对虾类生物能量学以及湖泊生态学研究积累基础素材,同时也可对正在开展的秀丽白虾人工繁育提供生理生态学依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验材料为课题组于 2008 年 5 月繁殖培育的太湖秀丽白虾子一代,在驯养过程中选择体表完整、活

力正常的仔虾作为实验样本。实验用水为静置 1 个月的曝气自来水,pH 为 7.5 ~ 7.6,初始溶氧为 8.98 ~ 9.45 mg · L⁻¹。采用容积为 5 L 的锥形瓶为代谢室,放入实验虾并注满曝气水后用石蜡封口(预留虹吸管并保持密封以备实验结束后采集水样),实验在恒温水浴箱中进行,温度误差 < 0.5 °C。

1.2 实验方法

采用静水法测定太湖秀丽白虾人工驯养子代的耗氧率和排氨率。分别设置 A (1.93 ± 0.054 g)、B (1.45 ± 0.045 g)、C (1.04 ± 0.036 g)、D (0.70 ± 0.037 g)、E (0.37 ± 0.032 g) 和 F (0.12 ± 0.014 g) 等 6 个体质量梯度以及 12 °C、15 °C、18 °C、21 °C、24 °C、27 °C 和 30 °C 等 7 个温度梯度,通过预实验确定各体质量梯度的最适样本数量(表 1)。水温调节幅度为 1 °C · d⁻¹,驯养适应期及停食期分别为 7 d 和 2 d。各梯度均设置对照组及空白组,实验在昼(8:00—18:00)夜(20:00—6:00)2 个时间段分别进行,结束后采用碘量法和奈氏试剂法测定水中溶氧和氨氮含量(陈佳荣,1996)。耗氧率和排氨率计算公式如下: $R = [(C_0 - C_1) / V / W \cdot t]$,式中: R 为耗氧率(mg · g⁻¹ · h⁻¹)或排氨率(mg · g⁻¹ · h⁻¹); C_0 为实验结束后空白组溶解氧含量(mg · L⁻¹)或氨氮含量

表 1 体质量梯度及相应样本数量
Tab.1 Gradients of body mass and corresponding amount of experimental samples

体质量梯度	平均体质量(g)	样本数量(ind)
A	1.93±0.054	4
B	1.45±0.045	6
C	1.04±0.036	8
D	0.70±0.037	10
E	0.37±0.032	12
F	0.12±0.014	15

($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$); C_1 为实验结束后实验组溶解氧含量 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)或氨氮含量 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$); V 为呼吸室容积 (L); W 为实验虾平均体质量 (g); t 为实验时间 (h)。

1.3 数据统计

采用 SPSS 15.0 统计软件进行回归分析,方差分析及差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 体质量对太湖秀丽白虾耗氧率和排氨率的影响

太湖秀丽白虾耗氧率和排氨率均随着体质量的增大而减小 ($P<0.01$),两指标与体质量 (W) 之间的负相关关系符合幂函数方程 $R_{(O,N)} = aW^{-b}$,其中耗氧率方程的 a 、 b 均值分别为 0.3426 和 0.2414,合并拟合耗氧率与体质量的相关方程为 $R_o = 0.3114W^{-0.2414}$ ($r = -0.4360$);排氨率方程的 a 、 b 均值分别为 0.0323 和 0.3007,合并拟合排氨率与体质量的相关方程为 $R_n = 0.0307W^{-0.3007}$ ($r = -0.6526$) (表 2)。各体质量梯度耗氧率和排氨率间的差异在低温阶段 (12℃~18℃) 相对较小,当水温升至 21℃ 以后逐步增大,这在耗氧率上表现的更为明显 (图 1、图 2)。

2.2 水温对太湖秀丽白虾耗氧率和排氨率的影响

太湖秀丽白虾耗氧率和排氨率在 12℃~30℃ 范围内均随着温度的升高而上升 ($P<0.01$),2 指标与温度之间的正相关关系符合指数函数方程 $R_{(O,N)} = ce^{dt}$,其中耗氧率相关方程的 c 、 d 均值分别为 0.0728 和 0.0749,合并拟合耗氧率与温度的相关方程为 $R_o = 0.0711e^{0.0749t}$ ($r = 0.8771$);排氨率相关方程的 c 、 d 均值分别为 0.0118 和 0.0530,合并拟合排氨率与温度的相关方程为 $R_n = 0.0113e^{0.0530t}$ ($r = 0.7465$) (表 3)。

表 2 秀丽白虾代谢率与体质量回归方程的参数
Tab. 2 Parameters of regression equation between metabolic rate and body mass of *Exopalaemon modestus*

水温 (℃)	耗氧率回归方程			排氨率回归方程		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>R</i> ²	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>R</i> ²
12	0.1618	0.2448	0.9061	0.0193	0.3058	0.9783
15	0.1939	0.2087	0.9695	0.0212	0.2980	0.9922
18	0.2386	0.1824	0.9467	0.0257	0.2740	0.9851
21	0.3142	0.2526	0.9001	0.0317	0.3178	0.9910
24	0.4375	0.2529	0.8812	0.0385	0.3026	0.9881
27	0.5049	0.2670	0.8880	0.0432	0.3020	0.9989
30	0.5470	0.2816	0.8979	0.0462	0.3045	0.9991

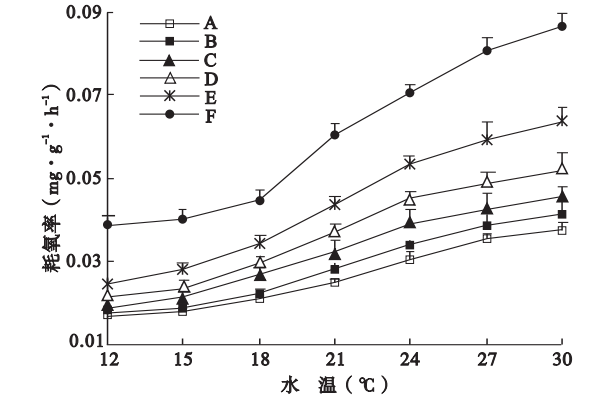


图 1 体质量和水温对秀丽白虾耗氧率的影响
Fig. 1 Influence of body mass and water temperature on oxygen consumption rate of *Exopalaemon modestus*

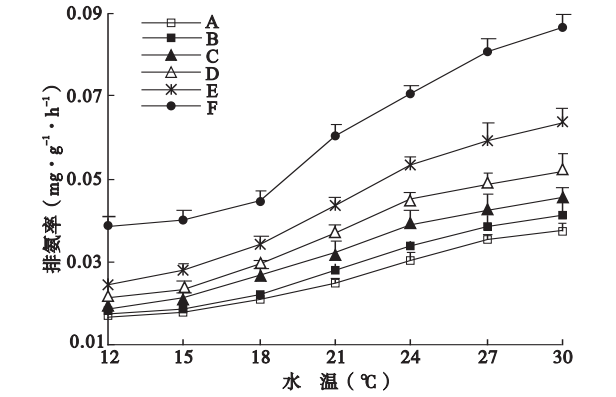


图 2 体质量和水温对太湖秀丽白虾排氨率的影响
Fig. 2 Influence of body mass and water temperature on ammonia nitrogen excretion rate of *Exopalaemon modestus*

实验温度范围内耗氧率和排氨率峰值均出现于 30℃,当水温升至 27℃ 后,两指标的升势均有所趋缓,且这种变化随着规格的增大而更为明显。同时耗氧率和排氨率的变化趋势也存在差异,前者在低温阶段 (12℃~18℃) 缓慢上升,当水温超过 18℃ 后显著增大,而同期排氨率的变化则更为平稳 (图 1、图 2)。耗氧率和排氨率 Q_{10} 范围分别为 1.17~4.20 和 1.15~2.29,均值分别为 2.10 和 1.64,其

表 3 秀丽白虾代谢率与水温回归方程的参数
Tab. 3 Parameters of regression equation between metabolic rate and water temperature of *Exopalaemon modestus*

体质量 梯度	耗氧率回归方程			排氨率回归方程		
	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>R</i> ²	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>R</i> ²
A	0.0707	0.0605	0.9803	0.0088	0.0496	0.9859
B	0.0640	0.0703	0.9714	0.0088	0.0537	0.9773
C	0.0660	0.0744	0.9824	0.0102	0.0524	0.9783
D	0.0574	0.0882	0.9762	0.0111	0.0543	0.9631
E	0.0677	0.0846	0.9678	0.0123	0.0574	0.9756
F	0.1112	0.0714	0.9593	0.0198	0.0507	0.9647

表 4 水温对秀丽白虾代谢率的影响强度 (Q_{10})

Tab. 4 Influence intensity of water temperature on metabolic rate of *Exopalaemon modestus*

水温 (℃)	耗氧率 Q_{10}						排氨率 Q_{10}					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
12 ~ 15	1.55	1.51	2.34	2.61	1.67	1.17	1.31	1.20	1.59	1.32	1.57	1.15
15 ~ 18	1.80	2.09	1.96	2.38	2.02	1.46	1.73	1.89	2.03	2.21	1.96	1.42
18 ~ 21	1.74	2.32	2.41	3.21	4.20	3.26	1.69	2.10	1.87	2.16	2.29	2.01
21 ~ 24	2.80	3.31	2.86	3.18	2.98	2.99	1.99	1.96	1.86	1.92	1.94	1.68
24 ~ 27	1.68	1.39	1.64	1.71	1.72	1.75	1.63	1.53	1.34	1.29	1.41	1.57
27 ~ 30	1.21	1.33	1.34	1.33	1.30	1.47	1.22	1.26	1.30	1.22	1.27	1.28

中各体质量梯度耗氧率和排氨率 Q_{10} 峰值均出现于 18 ℃ ~ 24 ℃ (表 4)。

2.3 体质量和水温对太湖秀丽白虾耗氧率和排氨率的合并影响

方差分析结果显示,体质量和水温的合并效应对太湖秀丽白虾耗氧率和排氨率均具有极显著影响 ($P<0.01$),耗氧率与两因子的二元线性回归方程为 $R_o=0.028T-0.147W-0.053$ ($r=0.9480$),排氨率的二元线性回归方程为 $R_n=0.002T-0.017W+0.013$ ($r=0.9220$)。上述两方程中体质量的回归系数均大于温度,表明体质量对秀丽白虾耗氧率和排氨率的影响相比温度更为显著。

2.4 太湖秀丽白虾耗氧率和排氨率的昼夜差异

太湖秀丽白虾耗氧率和排氨率均存在显著的昼夜差异 ($P<0.05$),白天耗氧率的测定值相比夜间平均增幅为 6.42%,排氨率则为 20.00%。当水温在 12 ℃ ~ 15 ℃ 范围时耗氧率的昼夜测定值基本接近,随着水温的上升差异开始显现,当升高至 21 ℃ 以上时差异明显增大;排氨率在低温时就存在昼夜差异,随着温度的上升差异也有所增大,但变动较为平缓(图 3、图 4)。

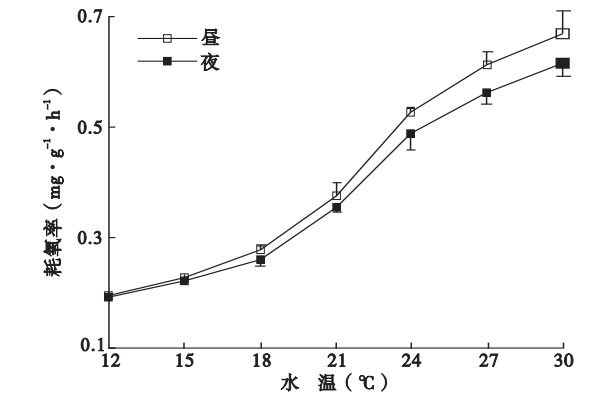


图 3 秀丽白虾耗氧率的昼夜差异

Fig. 3 Night-day difference of oxygen consumption rate of *Exopalaemon modestus*

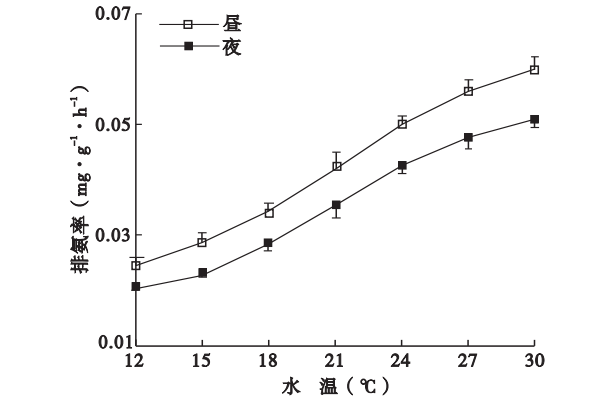


图 4 秀丽白虾排氨率的昼夜差异

Fig. 4 Night-day difference of ammonia nitrogen excretion rate of *Exopalaemon modestus*

2.5 体质量和水温对太湖秀丽白虾氧氮比的影响

在实验温度范围内,太湖秀丽白虾各体质量梯度氧氮比值范围为 7.42 ~ 13.62,均值为 10.04,温度 and 体质量均对其具有显著影响 ($P<0.05$)。随着温度逐渐升高,氧氮比呈上升趋势。当温度为 12 ℃ ~ 18 ℃ 时,氧氮比随着体质量的增加而增大,当温度上升至 21 ℃ ~ 30 ℃ 时,氧氮比随着体质量的增加表现出先升后降的趋势,拐点均出现于中等规格的体质量梯度 D (表 5)。

表 5 不同温度条件下各梯度秀丽白虾氧氮比

Tab. 5 O/N ratio of each gradients of *Exopalaemon modestus* in different temperature

体质量 梯度	12 ℃	15 ℃	18 ℃	21 ℃	24 ℃	27 ℃	30 ℃
A	9.07	9.55	9.66	9.75	10.79	10.88	10.86
B	8.80	9.44	9.73	10.03	11.74	11.41	11.60
C	8.35	9.37	9.27	10.00	11.37	12.08	12.20
D	7.42	9.10	9.30	10.48	12.19	13.27	13.62
E	7.97	8.11	8.18	9.82	11.17	11.84	11.94
F	7.59	7.64	7.70	8.16	9.69	10.02	10.46

3 讨 论

3.1 体质量对太湖秀丽白虾耗氧率和排氨率的影响

以往的研究表明,体质量是影响甲壳动物新陈

代谢的重要因素,随着体质量的增长,代谢水平较高的生命维持组织所占比例呈下降趋势,因此代谢率与体质量之间通常呈负相关关系(林浩然,1999;陈琴等,2002;范德朋等,2002;张继红等,2002;许巧情等,2005)。太湖秀丽白虾人工驯养群体代谢率与体质量的关系可以表示为 $R_{(O,N)} = aW^{-b}$,其中反映耗氧率和排氨率对体质量变化敏感程度的 b 值范围分别为 0.1824~0.2816 和 0.2740~0.3178,均值分别为 0.2414 和 0.3007,该结果与克氏原螯虾(*Procambarus clarkii*)(温小波等,2003)、中国对虾(*Penaeus chinensis*)(张硕等,1998)和日本沼虾(董双林等,1994)的研究结果相近,但与 Waterman(1960)报道的甲壳类 b 值通常为 0.67~1.0 有较大差异,这应当是虾类与甲壳类其他物种如贝类和螺类在个体规格、生活习性以及代谢强度等方面均不尽相同所致。

3.2 水温对太湖秀丽白虾耗氧率和排氨率的影响

温度是影响甲壳动物代谢水平最重要的环境因素,在适温范围内代谢强度随温度的上升而增大,耗氧率和排氨率也因此相应增大(Chen & Lai,1993;董双林等,1994;林小涛等,2000),但如果超过适温范围,代谢强度会因呼吸代谢受到抑制而出现明显下降(王资生和彭斌,2003;董志国等,2004;朱爱意等,2007)。太湖秀丽白虾人工驯养群体耗氧率和排氨率与温度的相关关系($P<0.01$)可以表示为 $R_{(O,N)} = ce^{dt}$,在 12℃~30℃ 时耗氧率和排氨率均随着温度的升高而增大,未出现拐点,表明秀丽白虾适宜温度临界点应 >30 ℃。

反映温度对耗氧率和排氨率影响强度的温度系数 Q_{10} 均值分别为 2.10 和 1.64,与甲壳动物 Q_{10} 值为 2~3 的报道相近(Waterman,1960)。本实验中耗氧率和排氨率的 Q_{10} 值随着温度的上升均先升后降,峰值分别出现于 21℃~24℃ 和 18℃~21℃。当温度处于 12℃~24℃ 时,耗氧率随温度上升的增长幅度大于排氨率,因此相同条件下秀丽白虾耗氧率 Q_{10} 值基本大于排氨率;当温度超过 24℃ 以后,耗氧率的增长趋缓,二者 Q_{10} 值的差异也逐步缩小。各体质量梯度在不同温度条件下 Q_{10} 值的差异也均表现为耗氧率大于排氨率,同时小规格群体 Q_{10} 值随温度变化的幅度明显大于大规格群体,上述结果表明,秀丽白虾耗氧率对温度变化的敏感程度大于排氨率,而且小规格群体的耗氧率和排氨率受温度的影响相比大规格群体更为显著,这也类似于刘建勇等(2005)对方斑东风螺(*Babylonia areolata*)的相

关报道。

3.3 太湖秀丽白虾的氧氮比及供能物质

在不同的生长发育阶段以及外界环境条件下,生物体对蛋白质、脂肪和碳水化合物等供能物质的利用具有选择性,通过氧氮比(O:N)可以估计各种供能物质的代谢比率,进而了解代谢能源的化学本质(Harris,1959)。秀丽白虾氧氮比为 7.42~13.62,均值为 10.04,根据 Conover 和 Corner(1968)以及 Mayzaud(1976)对利用不同供能物质时氧氮比的报道结果,秀丽白虾与其他甲壳动物相同,主要供能物质为蛋白质和脂肪,对于不同规格的样本或者当温度发生改变时,二者的利用比例存在明显差异。当温度升高时,各体质量梯度氧氮比均随之增大,而变幅则随着体质量的增大而减小,表明在此温度范围内秀丽白虾对蛋白质的利用比例随着温度的上升而下降,同时大规格群体对供能物质利用的稳定性高于小规格群体。当温度升高至 24℃ 以后,秀丽白虾氧氮比开始出现显著上升,峰值出现于 30℃,氧氮比的增大反映了其对蛋白质利用比例的下降,这可从侧面反映生长速率的提高,由此估计秀丽白虾最适生长温度应在 24℃ 以上。体质量对秀丽白虾氧氮比的影响较为复杂,在低温阶段(12℃~18℃)氧氮比随着体质量的增大而上升,峰值均出现于 1.93 g 梯度,当温度升高至 21℃~30℃ 时,氧氮比变为先升后降,拐点出现于 0.70 g 梯度。出现这种变化的原因可能是由于在低温阶段不同规格秀丽白虾的生长发育均受到抑制,此时较大规格的个体对蛋白质的利用比例相对较低,因而氧氮比随体质量的增大而上升;随着温度的升高,小规格群体倾向于积累蛋白质以利于生长,氧氮比仍呈上升趋势,而大规格群体则倾向于积累脂肪为繁殖储备能量,氧氮比逐步下降,因此氧氮比峰值均出现于 0.70 g 梯度。

4 结 语

太湖秀丽白虾人工驯养群体耗氧率和排氨率均值分别为 $0.3901 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 和 $0.0379 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$,在相同的温度范围内,驯养群体耗氧率略高于规格相近的野生群体,但低于日本沼虾野生群体(姜叶琴等,2003)。与其他规格较大的经济虾类如罗氏沼虾(*M. rosenbergii*)(林小涛等,1999)和中国对虾(周洪琪,1990)相比,秀丽白虾耗氧率和排氨率均较高,因此在养殖推广时应注意维持水体溶解

氧水平,同时对氨氮含量加以控制,在苗种运输时则应合理安排运输密度和时间。

参考文献

- 陈杰,郭慧,陈立侨,等. 2007. 中国秀丽白虾不同地理群体的形态变异. 华东师范大学学报(自然科学版), (2): 72-80.
- 陈琴,黄景,王邕. 2002. 罗氏沼虾仔虾耗氧率与窒息点的初步测定. 湖北农学院学报, 22(1): 33-35.
- 陈佳荣. 1996. 水化学实验指导书. 北京: 中国农业出版社.
- 董双林,堵南山,赖伟. 1994. 日本沼虾生理生态学研究. I. 温度和体质量对其代谢的影响. 海洋与湖沼, 25(3): 233-237.
- 董志国,李家乐,王美珍,等. 2004. 规格和温度对三角帆蚌耗氧率的影响. 上海水产大学学报, 13(1): 47-51.
- 范德朋,潘鲁青,马牲,等. 2002. 温度对缢蛏耗氧率和排氨率的影响. 青岛海洋大学学报, 32(1): 56-62.
- 冯建彬,王美珍,陈汉春,等. 2004. 温度和规格对文蛤耗氧率的影响. 上海水产大学学报, 13(2): 126-129.
- 胡廷尖,周志明,黄鲜明,等. 2001. 秀丽白虾生物学特性及资源开发的初探. 水利渔业, 21(2): 7-8.
- 黄海霞,谈奇坤,郭延平. 2001. 秀丽白虾精子发生的研究. 动物学杂志, 36(2): 2-6.
- 姜叶琴,韩志萍,杨万喜. 2003. 日本沼虾和秀丽白虾耗氧率的比较. 水产科学, 22(2): 15-17.
- 姜叶琴. 2005. 秀丽白虾卵母细胞不同发育阶段线粒体的变化. 中国水产科学, 12(1): 10-12.
- 李新正,刘瑞玉,梁象秋. 2003. 中国长臂虾总科的动物地理学特点. 生物多样性, 11(5): 393-406.
- 梁象秋. 2000. 白虾属二新种. 动物分类学报, 25(3): 277-281.
- 林浩然. 1999. 鱼类生理学. 广州: 广东高等教育出版社.
- 林小涛,刘丽宜,余浩德,等. 1999. 不同体重罗氏沼虾亲虾的代谢. 暨南大学学报(自然科学版), 20(5): 107-111.
- 林小涛,张秋明,许忠能,等. 2000. 虾蟹类呼吸代谢研究进展. 水产学报, 24(6): 575-580.
- 刘建勇,邓兴朝,绍杰. 2005. 体重和温度对方斑东风螺耗氧率和排氨率的影响. 中国水产科学, 12(3): 239-244.
- 刘其根,石双玉,沈和定,等. 2005. 体重和温度对三种常见淡水螺耗氧率的影响. 水产科技情报, 32(6): 265-268.
- 施炜纲,严小梅,邴旭文. 1995. 太湖秀丽白虾生物学与食性的研究. 湖泊科学, 7(1): 69-76.
- 王俊,姜祖辉,唐启升. 2004. 栉孔扇贝生理能量学研究. 海洋水产研究, 25(3): 46-53.
- 王资生,彭斌. 2003. 温度和规格对扁玉螺耗氧率和排氨率的影响. 盐城工学院学报(自然科学版), 16(4): 50-54.
- 温小波,库天梅,罗静波. 2003. 温度、体重及摄食状态对克氏原螯虾代谢的影响. 华中农业大学学报, 22(2): 152-156.
- 许巧倩,刘俊,黄华伟. 2005. 温度对橄榄蛭蚌耗氧率和排氨率的影响. 湛江海洋大学学报, 25(1): 51-55.
- 张硕,董双林,王芳. 1998. 中国对虾生物能量学研究——温度、体重、盐度和摄食状态对耗氧率和排氨率的影响. 青岛海洋大学学报, 28(2): 223-227.
- 张继红,方建光,金显仕,等. 2002. 低温对菲律宾蛤仔能量收支的影响. 水产学报, 26(5): 423-427.
- 张敏莹,刘焕章,徐东坡,等. 2008a. RAPD 分析野生和养殖太湖秀丽白虾的遗传多样性. 农业生物技术学报, 16(5): 905-906.
- 张敏莹,徐东坡,段金荣,等. 2008b. 太湖秀丽白虾遗传多样性的 RAPD 分析. 中国农学通报, 24(3): 459-462.
- 周洪琪. 1990. 中国对虾亲虾的能量代谢研究. 水产学报, 14(2): 114-119.
- 朱爱意,谢佳彦,陈金海. 2007. 温度和个体大小对单齿螺耗氧率和排氨率的影响. 生态科学, 26(3): 232-236.
- Chen JC, Lai SH. 1993. Effects of temperature and salinity on oxygen consumption and ammonia-N excretion for juvenile *Penaeus japonicus* bate. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 165: 161-170.
- Conover RJ, Corner EDS. 1968. Respiration and nitrogen excretion by some marine zooplankton in relation to their life cycles. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 48: 49-75.
- Harris E. 1959. The nitrogen cycle in Long Island Sound. *Bulletin of the Bingham Oceanographic Collection*, 17: 31-65.
- Mayzaud P. 1976. Respiration and nitrogen excretion of zooplankton. IV. The influence of starvation on the metabolism and biochemical composition of some species. *Marine Biology*, 37: 47-58.
- Waterman TH. 1960. The physiology of Crustacea. New York: Academic Press.

作者简介 刘凯,男,1980年生,硕士,助理研究员。主要从事渔业生态学研究。E-mail: liuk@ffrc.cn

责任编辑 李凤芹