

文章编号: 1674-5566(2015)02-0242-07

温度对紫黑翼蚌耗氧率和排氨率及其昼夜变化的影响

马学艳^{1,2}, 闻海波^{1,2,3}, 杜兴伟^{1,2}, 金武^{2,3}, 华丹², 顾若波^{1,2,3}

(1. 南京农业大学无锡渔业学院, 江苏无锡 214081; 2. 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心 中美淡水贝类种质资源保护及利用国际联合实验室, 江苏无锡 214081; 3. 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心 农业部淡水鱼类遗传育种与养殖生物学重点开放实验室, 江苏无锡 214081)

摘要: 采用静水呼吸法测定了在3个不同温度条件下紫黑翼蚌耗氧率及排氨率的变化, 比较了雌雄蚌的呼吸代谢差异, 并研究了其昼夜变化规律。结果表明: 在17~27℃条件下, 紫黑翼蚌的耗氧率和排氨率均随温度的升高而升高; 雄蚌耗氧率高于雌蚌, 但无显著性差异; 而雄蚌排氨率低于雌蚌, 且在22℃、27℃条件下排氨率差异显著($P=0.014, P<0.01$); 在27℃条件下, 雄蚌的氧氮比显著高于雌蚌($P=0.019$), 这可能与紫黑翼蚌雌雄生理差异有关; 22℃时, 紫黑翼蚌耗氧率和排氨率均存在明显的昼夜节律, 夜间显著高于白天, 雌雄蚌的呼吸代谢高峰均出现在凌晨1:00~3:00, 除雄蚌的排氨率低谷出现在9:00~11:00, 其他低谷均出现15:00~17:00。在22℃条件下, 雄蚌一昼夜平均耗氧率高于雌蚌, 而平均排氨率低于雌蚌, 但均无显著性差异($P>0.05$)。本结果初步揭示了温度对雌雄紫黑翼蚌呼吸代谢的影响及昼夜变化规律, 为提高其人工驯养成活率、池塘合理放养及雌雄生长差异研究提供理论参考。

研究亮点: 紫黑翼蚌原产于美国, 是培育紫黑淡水珍珠的优良品种。我国通过人工引种驯养已初步建立了紫黑翼蚌人工繁育基础种群, 为进一步开展紫黑翼蚌规模化人工繁育及紫黑珍珠培育奠定了重要基础。本文研究了温度对紫黑翼蚌耗氧率和排氨率的影响, 并比较分析了贝类雌雄个体呼吸代谢差异及昼夜变化规律。通过本研究初步揭示了紫黑翼蚌呼吸代谢的特点及雌雄差异, 且雄蚌呼吸氧氮比高于雌蚌可能是雌雄生长差异的重要原因之一。本结果将为提高紫黑翼蚌人工驯养成活率、长途运输及池塘合理放养等研究提供重要理论参考。

关键词: 紫黑翼蚌; 耗氧率; 排氨率; 氧氮比; 温度

中图分类号: S 917

文献标志码: A

紫黑翼蚌(*Potamilus alatus*), 也称紫踵劈蚌、翼溪蚌, 隶属于珠蚌科, 主要分布于美国密西西比河、五大湖、墨西哥湾等流域, 属大型淡水贝类, 其珍珠层呈紫黑色, 且光滑细腻, 极富光泽^[1], 是培育紫黑淡水珍珠的优良种^[2]。目前, 我国淡水珍珠培育主要以三角帆蚌(*Hyriopsis cumingii*)和池蝶蚌(*Hyriopsis schlegelii*)为主, 而这两种育珠蚌培育的珍珠多为白色、粉色系列, 少有紫色系列。颜色是评价珍珠品质和价值的重要指标之一, 国际市场上以黑珍珠、金色珍珠最为昂贵。我国淡水珍珠养殖品种及珍珠颜色单一, 已不能满足日益发展的国际市场对高值

珍珠的需求^[3]。引进淡水育珠蚌新品种, 培育高值紫黑珍珠, 对我国淡水珍珠养殖健康可持续发展具有重要意义。为了在我国实现紫黑珍珠养殖业发展, 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心于2012年引进紫黑翼蚌苗种, 在国内开展人工驯养。通过近2年的人工驯养及研究, 已初步建立了紫黑翼蚌的人工繁育基础种群, 为在我国实现紫黑翼蚌规模化繁育及紫黑珍珠培育奠定了重要基础。

PERKINS 和 BACKLUND^[4] 调查表明: 紫黑翼蚌在美国南达科他州的自然种群虽然有所下降, 但仍属于稳定物种。因此, 在美国, 紫黑翼蚌

收稿日期: 2014-08-28 修回日期: 2015-01-09

基金项目: 江苏省水产三新工程(Y2014-38); 中国水产科学研究院基本科研业务费(2013A0703)

作者简介: 马学艳(1989—), 女, 硕士研究生, 研究方向为水产健康养殖。E-mail: 247255164@qq.com

通信作者: 顾若波, E-mail: gurb@ffrc.cn

的人工繁殖、基础生物学相关研究尚未开展,我国对此种蚌类的研究甚少,这给开展人工驯养带来较大的难度。系统开展紫黑翼蚌生物学、生理代谢基础等研究,对进一步开展规模化养殖具有重要意义。蚌的耗氧率和排氮率是反映蚌体内新陈代谢活动的主要标志^[5],相关研究能为探讨蚌大规模养殖的适宜供氧条件、养殖水体中允许的氨氮量、合理的养殖密度、长距离运输及病因分析等方面提供理论依据^[6]。国内外,对贝类耗氧率和排氮率的研究已有诸多报道^[5-12]。在淡水贝类上,已对三角帆蚌、褶纹冠蚌(*Cristaria plicata*)、背角无齿蚌(*Anodonta woodiana*)、河蚬(*Corbicula fluminea*)等进行了呼吸代谢研究^[12-14],而关于紫黑翼蚌呼吸代谢的研究未见相关报道。

本文初步研究了温度对紫黑翼蚌的耗氧率及排氮率的影响,比较了雌蚌、雄蚌的代谢差异,并测定了其呼吸代谢的昼夜变化情况,以期掌握紫黑翼蚌的基础代谢特点及规律,为提高其人工驯养成活率及池塘合理吊养提供理论参考。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

试验用紫黑翼蚌为中国水产科学研究院淡水渔业研究中心于2012年引进的种群。选择规格相似、体无损伤且喷水有力的雌雄蚌各9只,蚌体重范围在28.6~31.5 g,年龄为2冬龄;实验前,洗刷去除表面附着物,在循环控温养殖系统中暂养24 h,并停止藻类投喂,养殖系统内水温根据测定呼吸代谢的温度逐步调节至相应值;循环控温养殖系统用水为充分曝气的自来水,溶氧大于8.68 mg/L,氨氮小于0.030 mg/L,亚硝酸盐氮小于0.008 mg/L。

1.2 温度对耗氧率和排氮率的影响

耗氧率和排氮率的测定采用静水呼吸室法^[15-16],呼吸室为7L的密闭玻璃缸,实验用水为充分曝气的自来水,实验时外界温度与实验温度保持一致。将雌、雄蚌各随机分为3组,每个呼吸室放3只蚌,以不放蚌的呼吸室为空白对照;实验水温共设置3个梯度:17℃、22℃和27℃;实验从AM 9:00开始,2h后测定试验前后水体溶解氧、氨氮的含量。其中溶解氧测定采用碘量法,氨氮测定采用奈氏比色法^[17]。试验结束后

测量每组紫黑翼蚌的体重。耗氧率、排氮率及氧氮比(O:N)的计算公式参考唐贤明等^[18]方法。

1.3 耗氧率和排氮率的昼夜变化

测定紫黑翼蚌耗氧率和排氮率的昼夜变化,实验时水温度为(22±1)℃,实验从AM5:00开始,每隔2 h按上述方法取水样测定;当呼吸室内溶氧小于3 mg/L时,全部更换呼吸室内的水体,重新开始下一时间段耗氧及排氮率的测定。实验以AM7:00~19:00为白天,19:00~AM7:00(次日)为夜间。夜间测定时用黑纱避光以排除光照对紫黑翼蚌生理活动的影响。

1.4 统计方法

采用SPSS 20统计软件分析实验数据。其中同一温度条件下雌雄蚌耗氧率和排氮率的比较分析采用独立性 t 检验;同一组不同温度下的耗氧率与排氮率比较采用One-way ANOVA单因素方差分析。在Excel 2007绘制相关图表。

2 结果与分析

2.1 温度对耗氧率的影响

三组雌蚌平均体重为(29.68±0.60)g,与雄蚌体重(31.03±0.45)g,无显著差异($P>0.05$),见表1。

紫黑翼蚌在3个不同水温条件下的耗氧率如图1所示。水温在17~27℃之间,雌蚌、雄蚌的耗氧率均随着温度升高而升高,且雄蚌高于雌蚌;单因素方差分析表明:雌蚌、雄蚌在27℃条件下的耗氧率均极显著高于17℃ [$P=0.007$ (雌), $P=0.005$ (雄)],而与22℃时无显著差异 [$P=0.112$ (雌), $P=0.117$ (雄)];雌、雄蚌耗氧率在22℃与17℃之间均无显著差异($P>0.05$)。在同一温度条件下,雌蚌与雄蚌的耗氧率均无显著差异($P>0.05$)。

2.2 温度对排氮率的影响

紫黑翼蚌在3个不同水温条件下的排氮率如图2所示。水温在17℃~27℃之间,雌蚌、雄蚌排氮率均随着温度升高而升高,且雌蚌高于雄蚌;在水温17℃条件下雌蚌、雄蚌排氮率无显著差异($P=0.07$),而在22℃条件下存在显著差异($P=0.014$),在27℃条件下存在极显著差异($P=0.007$)。单因素方差分析表明:雌蚌、雄蚌在水温22℃条件下排氮率显著均高于17℃ [$P=0.002$ (雌), $P=0.01$ (雄)],而在水温27℃

下又显著高于 22 °C [$P=0.008$ (雌), $P=0.006$ (雄)]。综合分析认为:在 17 ~ 27 °C 之间,雌蚌的排氨率高于雄蚌,且随着温度的升高,差异更加显著。

表 1 温度对紫黑翼蚌氧氮比的影响

Tab. 1 The effect of temperature on the ratio of O: N of *P. alatus*

温度/°C temperature	雌蚌 female		雄蚌 male	
	体重/g weight	氧氮比 O: N	体重/g weight	氧氮比 O: N
17	29.68 ± 0.60 ^{aA}	11.82 ± 1.29 ^{aA}	31.03 ± 0.45 ^{aA}	28.67 ± 2.46 ^{aA}
22	29.68 ± 0.60 ^{aA}	7.73 ± 0.35 ^{aA}	31.03 ± 0.45 ^{aA}	14.83 ± 1.09 ^{aA}
27	29.68 ± 0.60 ^{aA}	6.44 ± 0.44 ^{aA}	31.03 ± 0.45 ^{aA}	12.46 ± 0.71 ^{aB}

注: 同行数据标有不同大写字母者表示雌雄蚌间 O: N 差异显著 ($P < 0.05$), 同列不同小写字母表示不同温度差异显著 ($P < 0.05$)。Note: The same line with the different capital letters indicates there was a significant difference ($P < 0.05$). The same row with the different small letters indicates there was a significant difference ($P < 0.05$).

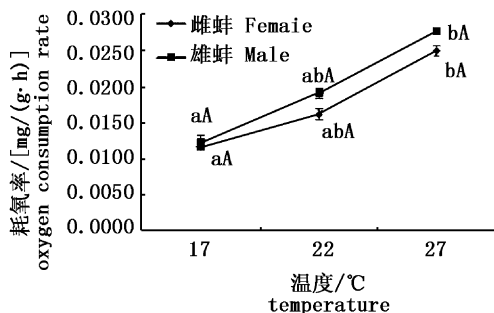


图 1 温度对紫黑翼蚌耗氧率的影响

Fig. 1 Effect of temperature on oxygen consumption rate of *P. alatus*

同条线标用不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 同温度不同大写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 下同。

The same line with the different small letters indicates there was a significant difference ($P < 0.05$), The same temperature with the different capital letters indicates there was a significant difference ($P < 0.05$), the same as follows.

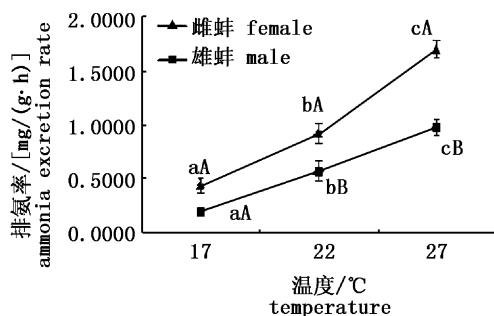


图 2 温度对紫黑翼蚌排氨率的影响

Fig. 2 Effect of temperature on ammonia excretion rate of *P. alatus*

2.3 温度对氧氮比的影响

紫黑翼蚌在 3 个不同温度条件下的氧氮比如表 1 所示。雌蚌和雄蚌呼吸氧氮比均随温度

的升高而减小。单因素方差分析表明:雌蚌在 3 个不同温度条件下的氧氮比无显著差异;雄蚌亦无显著性差异;在同一温度条件下,雌蚌与雄蚌在 17 °C、22 °C 的氧氮比均无显著性差异 ($P = 0.062, P = 0.083$), 而在 27 °C 条件下,雄蚌氧氮比显著高于雌蚌 ($P = 0.019$)。

2.4 耗氧率的昼夜变化

紫黑翼蚌耗氧率的昼夜变化如图 3 所示。雌蚌与雄蚌耗氧率昼夜变化表现相似:白天 (7:00 ~ 19:00) 耗氧率均呈下降趋势,低谷出现在 15:00 ~ 17:00 之间,而夜晚 (19:00 ~ 7:00) 表现为先上升再下降,高峰出现在凌晨 1:00 ~ 3:00 之间。雌蚌夜间平均耗氧率为 (0.0239 ± 0.0063) mg/(g·h), 显著高于白天耗氧率 [(0.0165 ± 0.0035) mg/(g·h), $P = 0.032$];雄蚌夜间平均耗氧率为 (0.0247 ± 0.0052) mg/(g·h), 显著高于白天平均耗氧率 [(0.0173 ± 0.0048) mg/(g·h), $P = 0.043$]。雄蚌一昼夜的平均耗氧率 [(0.0210 ± 0.0057) mg/(g·h)] 高于雌蚌 [(0.0202 ± 0.0062) mg/(g·h)], 但无显著差异 ($P = 0.27$)。

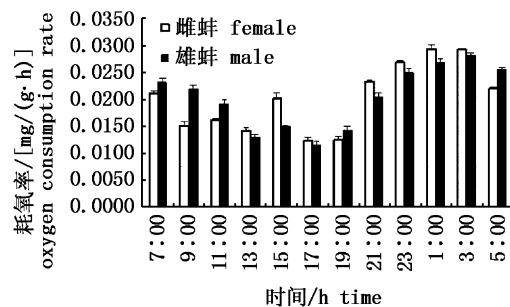


图 3 紫黑翼蚌耗氧率的昼夜变化

Fig. 3 Diurnal variation in oxygen consumption rate of *P. alatus*

2.5 排氨率的昼夜变化

紫黑翼蚌排氨率的昼夜变化如图 4 所示。雌蚌与雄蚌排氨率昼夜变化表现相似: 白天(7:00~19:00)耗氧率均呈下降趋势, 雌蚌最低点出现在 15:00~17:00 之间, 雄蚌最低点出现在 9:00~11:00 之间, 而夜晚(19:00~7:00)表现为先上升再下降, 最高点出现在凌晨 1:00~3:00 之间。雌蚌夜间平均排氨率为 (1.4427 ± 0.0723) mg/(g·h), 显著高于白天排氨率 $[(0.8672 \pm 0.0254)$ mg/(g·h); $P = 0.047$], 雄蚌夜间平均排氨率为 (1.4057 ± 0.0157) mg/(g·h), 显著高于白天平均排氨率 $[(0.7091 \pm 0.0694)$ mg/(g·h), $P = 0.035$]。雄蚌一昼夜的平均排氨率 $[(1.0574 \pm 0.0257)$ mg/(g·h)] 低于雌蚌 $[(1.1550 \pm 0.0867)$ mg/(g·h)], 但无显著差异 ($P = 0.13$)。

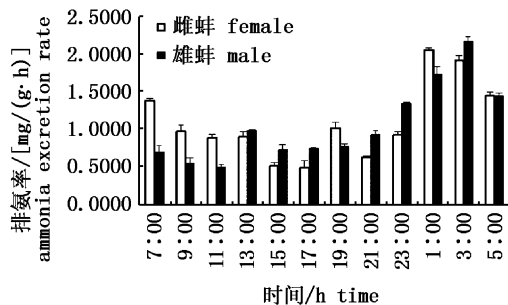


图 4 紫黑翼蚌排氨率的昼夜变化

Fig. 4 Diurnal variation in ammonia excretion rate of *P. alatus*

3 讨论

3.1 温度对紫黑翼蚌呼吸代谢的影响

在影响动物呼吸和排泄的众多因素中, 温度作为一个重要的环境因子, 对贝类的新陈代谢有着重要的影响。刘飞等^[19]认为, 耗氧率在某一温度范围内, 如果耗氧率变化小, 即其新陈代谢过程中的异化作用随温度升高而变化小, 对生物体生长有利。王俊等^[5]报道栉孔扇贝 (*Chlamys nobilis*) 耗氧率在 8~23 °C 持续上升, 23 °C 时达到最高值, 然后开始下降; 姜祖辉等^[10]对毛蚶 (*Scapharca subcrenata*) 的研究表明: 11~17 °C 范围内耗氧率逐渐增加; 而三角帆蚌在 9~27 °C 之间耗氧率随温度升高而升高, 30 °C 时, 耗氧率、排氨率显著降低^[13]。对于贝类的研究中, 在 10~17 °C 范围内耗氧率和排氨率都随温度上升而

增加^[7,10,15], 在 23~27 °C 范围内出现最高点继而下降。本实验结果显示: 在 17~27 °C 之间, 紫黑翼蚌的耗氧率及排氨率均随温度升高而升高, 17 °C 与 22 °C 的耗氧率无显著性差异, 而水温升高至 27 °C 后, 耗氧率显著升高, 这与高建华等对三角帆蚌的测定结果相似。综合分析表明: 紫黑翼蚌对高温的耐受性较强, 与我国主要育珠蚌——三角帆蚌相似; 在水温为 17~22 °C 时, 耗氧率变化不大, 因此, 此温度更有利于紫黑翼蚌的生长。笔者通过对紫黑翼蚌的人工驯养发现其生存温度范围较广, 能耐受 0 °C 冰雪和 39 °C 酷暑高温天气。因此, 进一步测定紫黑翼蚌在低温及高温条件下耗氧率及排氨率将有利于更加全面掌握其呼吸代谢的特点和规律。

3.2 温度对紫黑翼蚌 O:N 比的影响

氧氮比(O:N)是表示动物呼吸底物的重要参数。它能够反映生物体生命过程中的能量来源情况^[18]。通过 O:N 能够评估动物生理呼吸代谢中能源物质的消耗情况。MAYZANG 等^[20]提出如果完全由蛋白质氧氮提供能量, O:N 约为 7; IKEDA^[21]认为, 如果是蛋白质和脂肪氧化供能, O:N 约为 24。CONOVER^[22]指出, 如果主要由脂肪或碳水化合物供能, O:N 将无穷大。本文首次研究了紫黑翼蚌雌雄个体耗氧率和排氨率差异, 结果显示: 雌蚌的 O:N 为 11.82~6.44, 而雄蚌的 O:N 为 28.67~12.46; 在 17~27 °C 之间, 雄蚌 O:N 均高于雌蚌, 且 27 °C 下差异显著, 推测雌蚌对含氮物质如蛋白质的消耗高于雄蚌, 且在一定温度范围内随着温度升高消耗量显著增加, 而雄蚌对蛋白质的消耗低于雌蚌, 有利于生长, 这与我们在紫黑翼蚌生长测定中发现雄蚌生长显著快于雌蚌的结果是相符的。

3.3 呼吸代谢的昼夜变化规律

贝类呼吸代谢的昼夜变化规律研究将为进一步开展池塘混养提供理论参考。呼吸代谢测定方法主要分为流水法、流水-静水法及静水法 3 种, 而 STEFFENSEN^[23]和 ERIKSEN^[24]比较分析认为流水法较为准确可靠。郑侠飞等^[13]利用流水法测定的三角帆蚌昼夜变化规律显示耗氧率和排氨率夜间高于白天, 本文对紫黑翼蚌呼吸代谢昼夜变化的测定结果与郑侠飞等对三角帆蚌研究结果相似, 而与刘其根等^[6]测定的河蚬白天耗氧率明显高于晚间耗氧率而排氨率的昼夜

变化节律不明显的结果不同。这可能是由于紫黑翼蚌与三角帆蚌同属于珠蚌科, 栖息生态生理习性较为相似, 因此呼吸代谢的昼夜节律也表现相似, 这对我国进一步开展紫黑翼蚌人工养殖技术的大面积推广极为有利。从昼夜变化规律来看, 紫黑翼蚌夜间呼吸代谢显著大于白天, 这可能与紫黑翼蚌的昼夜运动习性密切相关。在 22℃ 条件下, 雄蚌一昼夜的平均耗氧率高于雌蚌, 排氨率低于雌蚌, 但无显著差异。因此, 单从某一时段和某一温度来评价雌雄蚌的代谢差异是不全面的。MCCORKLE 等^[25]认为贝类耗氧率随光照强度增加而下降, 随光照强度降低而增加, 栖息在淤泥或沙砾底质中的贝类夜间代谢强度较高的原因可能是其白天埋藏在底泥中躲避捕食者, 夜间到泥表面摄食。笔者在驯养过程中发现: 紫黑翼蚌白天主要埋栖于底质中, 而夜间, 尤其在凌晨依靠斧足作较大范围的迁移运动。这可能是紫黑翼蚌代谢夜间高、白天低的直接原因之一。

参考文献:

- [1] 闻海波, 顾若波, 徐刚春, 等. 美国紫踵劈蚌与三角帆蚌和褶纹冠蚌的形态比较与判别分析[J]. 动物学杂志, 2007, 42(3): 84-89.
WEN H B, GU R B, XU G C, et al. Morphological comparison and discriminating analysis in native American freshwater mussel *Potamilus alatus* and Chinese freshwater pearl mussels *Hyriopsis cumingii* and *Cristaria plicata* [J]. Chinese Journal of Zoology, 2007, 42(3): 84-89.
- [2] HUA D. Biology, captive propagation, and feasibility of pearl culture in the pink heel splitter (*Potamilus alatus*) (say, 1817) (Bivalvia: Unionidae) [D]. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, USA, 2005.
- [3] 闻海波, 顾若波, 华丹, 等. 三角帆蚌遗传育种研究进展[J]. 长江大学学报, 2010, 8(1): 233-236.
WEN H B, GU R B, HUA D, et al. A review on genetics and breeding of the *Hyriopsis cumingii* [J]. Journal of Yangtze University, 2010, 8(1): 233-236.
- [4] PERKINS K, BACKLUND D C. 2000. Freshwater mussels of the missouri national recreational river below gavins point dam, southdakota and nebraska[R]. South Dakota Dept. of Game, Fish and Parks Report 2000-1.
- [5] 王俊, 姜祖辉, 唐启升. 栉孔扇贝耗氧率和排氨率的研究[J]. 应用生态学报, 2002, 13(9): 157-160.
WANG J, JIANG Z H, TANG Q S. Oxygen consumption and ammonia-N excretion rates of *Chlamys farreri* [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2002, 13(9): 157-160.
- [6] 刘其根, 沈和定, 周洪琪, 等. 河蚬的耗氧率和排氨率[J]. 上海水产大学学报, 1999, 8(4): 298-303.
LIU Q G, SHEN H D, ZHOU H Q, et al. Oxygen consumption and ammonia excretion rate of the freshwater clam, *Corbicula fluminea* [J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 1999, 8(4): 298-303.
- [7] 杨红生, 张涛, 王萍, 等. 温度对墨西哥湾扇贝耗氧率及排泄率的影响[J]. 海洋学报, 1998, 20(4): 91-95.
YANG H S, ZHANG T, WANG P, et al. Effects of temperature on oxygen consumption and ammonia-N excretion of the Southern Bay scallop *Argopecten irradians concentricus* [J]. Acta Oceanologica Sinica, 1998, 20(4): 91-95.
- [8] 冯建彬, 王美珍, 陈汉春, 等. 温度和规格对文蛤耗氧率的影响[J]. 上海水产大学学报, 2004, 13(2): 126-129.
FENG J B, WANG M Z, CHEN H C, et al. Effects of temperature and body size on oxygen consumption rate of *Meretrix meretrix* [J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2004, 13(2): 126-129.
- [9] 金春华. 温度和盐度对青蛤耗氧率和排氨率的影响[J]. 丽水学院学报, 2005, 27(2): 46-51.
JIN C H. Effects of Temperature and Salinity on Oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of *Cyclinasinensis* [J]. Journal of Lishui University, 2005, 27(2): 46-51.
- [10] 姜祖辉, 王俊. 温度和规格对毛蚶耗氧率和排氨率的影响[J]. 青岛大学学报, 1999, 12(1): 76-80.
JIANG Z H, WANG J. Effects of temperature and body size on oxygen consumption rate and ammonia excretion Rate of *Arca subcrenata* [J]. Journal of Qingdao University, 1999, 12(1): 76-80.
- [11] 许巧倩, 刘俊, 黄华伟. 温度对橄榄蛸蚌耗氧率和排氨率的影响[J]. 湛江海洋大学学报, 2005, 25(1): 51-55.
XU Q Q, LIU J, HUANG H W. Effects of temperature on oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of *Solenia oleivora* [J]. Journal of Zhanjiang Ocean University, 2005, 25(1): 51-55.
- [12] 栗志民, 刘志刚, 谢丽, 等. 近江牡蛎耗氧率和排氨率的研究[J]. 广东海洋大学学报, 2011, 31(1): 28-33.
LI Z M, LIU Z G, XIE L, et al. Oxygen consumption and ammonia-N excretion rates of *Crassostrea rivularis* [J]. Journal of Guangdong Ocean University, 2011, 31(1): 28-33.
- [13] 郑侠飞, 王岩. 池塘养殖三角帆蚌的耗氧率[J]. 浙江大学学报, 2013, 39(4): 469-466.
ZHENG X F, WANG Y. Oxygen consumption Rate of freshwater pearl mussel (*Hyriopsis cumingii*) reared in ponds [J]. Journal of Zhejiang University, 2013, 39(4): 469-466.
- [14] 张许峰, 吴小平, 欧阳珊, 等. 四种淡水贝的摄食率和耗氧率的实验研究[J]. 海洋湖沼通报, 2008, 25(3): 144-154.
ZHANG X F, WU X P, OUYANG S, et al. Experiment study

- on feeding rates and oxygen Consumption Rate of four species of freshwater mollusks [J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2008, 25(3): 144 - 154.
- [15] 万松良, 葛雷, 张扬, 等. 瓦氏黄颡鱼与黄颡鱼的耗氧率及窒息点 [J]. 动物学杂志, 2005, 40(6): 91 - 95.
WAN L S, GE L, ZHANG Y, et al. Oxygen consumption rate and suffocated concentration of *pelteobagrus vachelli* and *Pifulwidraco* [J]. Chinese Journal of Zoology, 2005, 40(6): 91 - 95.
- [16] 杨莹, 李二超, 姜雪芹, 等. 瓦氏黄颡鱼幼鱼标准代谢的初步研究 [J]. 水产科学, 2011, 4(30): 193 - 197.
YANG Y, LI E C, JIANG X Q, et al. The standard metabolism of juvenile darkbarbel catfish, *Pelteobagrus vachelli* [J]. Fisheries Science, 2011, 4(30): 193 - 197.
- [17] 陈佳荣. 水化学实验指导书 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 120 - 139.
CHEN J R, Water Chemistry Experiment Instruction [M]. Beijing: Chinese Agriculture Press, China, 1996: 120 - 139.
- [18] 唐贤明, 田景波, 王国福. 盐度对大菱鲆幼鱼耗氧率和排氨率的影响 [J]. 南方水产, 2006, 4(8): 54 - 58.
TANG X M, TIAN J B, WANG G F. Effects of salinity on metabolic rate of juvenile turbot (*Scophamus maximus*) [J]. South China Fisheries Science, 2006, 4(8): 54 - 58.
- [19] 刘飞, 张轩杰, 刘筠. 湘云鲫耗氧率和溶氧临界窒息点 [J]. 湖南师范大学: 自然科学学报, 2000, 23(3): 72 - 75.
LIU F, ZHANG X J, LIU J. The Oxygen consumption rate and asphyxiation point in *Carassius auratus* Triploid [J]. Journal of Hunan Normal University: Natural Science, 2000, 23(3): 72 - 75.
- [20] MAYZAND P. Respiration and nitrogen excretion of zooplankton, IV. The influence of starvation on the metabolism and the biochemical composition of some species [J]. Marine Biological, 1976, 37(1): 47 - 58.
- [21] IKEDA T. Nutrition ecology of marine zooplankton [J]. Memoirs of the Faculty of Fisheries Hokkaido University, 1974, 22(1): 91 - 97.
- [22] CONOVER R J, Comer E D S. Respiration and nitrogen excretion by some marine zooplankton in relation to their life cycles [J]. Journal of the Marine Biological Association of the U. K., 1968, 48(1): 49 - 75.
- [23] STEFFENSEN J F. Some errors in respirometry of aquatic breathers: how to avoid and correct for them [J]. Fish Physiology and Biochemistry, 1989, 6(1): 45 - 59.
- [24] ERIKSEN N T. Accuracy and precision of aquatic respirometers with emphasis on monophasic oxystats [J]. Fish Physiology and Biochemistry, 2002, 26(2): 139 - 147.
- [25] MCCORKLE S, THOMAS C S, THOMAS H D. Rhythms of activity and oxygen consumption in the common pond clam, *Ligumia subrostrata* (Say) [J]. Canadian Journal of Zoology, 1979, 57(10): 1960 - 1964.

Effects of temperature on the oxygen consumption rate, ammonia excretion rate and their diurnal variations of *Potamilus alatus*

MA Xueyan^{1,2}, WEN Haibo^{1,2,3}, DU Xingwei^{1,2}, JIN Wu^{2,3}, HUA Dan², GU Ruobo^{1,2,3}

(1. Wuxi Fisheries College, Nanjing Agricultural University, Wuxi 214081, Jiangsu, China; 2. Key Laboratory of Genetic Breeding and Aquaculture Biology of Freshwater Fishes, Ministry of Agriculture, Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, Jiangsu, China; 3. Sino-US Cooperative Laboratory for Germplasm Conservation and Utilization of Freshwater Mollusks, Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, Jiangsu, China)

Abstract: The oxygen consumption rate (OCR) and ammonia excretion rate (AER) of pink heel splitter *Potamilus alatus* were studied using closed respirometry under three different water temperature conditions. The respiratory metabolic differences between male and female mussels and the diurnal variation were studied. The results show that when water temperature ranges from 17 °C to 27 °C, both OCR and AER increase with the increase of water temperature; the OCR of male mussels is higher than that of females but the difference is not significant, whereas the AER of males is lower than that of females and the difference is significant at 22 °C and 27 °C ($P=0.014, P<0.01$). At 27 °C, the oxygen nitrogen ratio of male mussels is significantly higher than that of females ($P=0.019, P<0.05$), possibly due to their physiological differences. When temperature is at 22 °C, there are obvious diurnal variations in both OCR and AER which are significantly higher in nighttime than daytime; the respiratory metabolism peak of both males and females appears in the early morning from AM 1:00 to 3:00, while all troughs are found in the afternoon from 15:00 to 17:00 except that the AER of males appears between AM 9:00 – 11:00; during the whole day, the males show a higher average OCR and lower AER compared with females, but the difference is not significant ($P>0.05$). The present study preliminarily reveals the effect of temperature on the respiratory metabolism and diurnal variation of pink heel splitters, providing theoretical references for enhancing the domestication survival rate, improving reasonable pond stocking and for further research on male-female growth differences.

Key words: *Potamilus alatus*; oxygen consumption rate; ammonia excretion rate; oxygen nitrogen ratio; temperature