

◆特邀栏目◆

盐度和温度对中国鲎幼鲎耗氧率和排氨率的影响*

董兰芳**,许明珠,李世才,曾梦清,陈瑞芳,刘海娟

(广西海洋研究所有限责任公司,广西海水养殖新品种繁育工程技术研究中心,广西北海 536000)

摘要:为研究盐度和温度对中国鲎(*Tachypleus tridentatus*)幼鲎呼吸代谢的影响,采用单因子试验测定盐度和温度对两阶段幼鲎(1龄和2龄)耗氧率和排氨率的影响。结果显示,在盐度5-40、温度25-37℃时,中国鲎1龄幼鲎的耗氧率为19.50-29.70 μg/(g·h),2龄幼鲎为35.37-56.12 μg/(g·h);随着盐度的升高,1龄和2龄幼鲎的耗氧率和排氨率均呈先降低后升高的趋势,1龄幼鲎耗氧率和排氨率最低值出现在盐度35和盐度30试验组,2龄幼鲎最低值则均出现在盐度20试验组,盐度与耗氧率、排氨率之间的关系符合二次回归方程;温度为25-33℃时,幼鲎的耗氧率和排氨率随温度的升高而显著升高($P<0.05$),两阶段幼鲎耗氧率和排氨率的最高值均出现在33℃试验组,当温度继续升高到37℃时,幼鲎的耗氧率和排氨率均出现明显下降趋势($P<0.05$),温度与幼鲎耗氧率、排氨率之间的关系也符合二次回归方程;不同盐度下幼鲎的O/N大体上呈先增大后减少的趋势,1龄幼鲎O/N最大值出现在盐度30试验组,2龄幼鲎最大值出现在盐度20试验组,不同温度下1龄和2龄幼鲎的O/N的变化趋势正好相反。以上研究表明,中国鲎幼鲎的耗氧率整体处于较低水平,且其代谢主要由蛋白分解供能;盐度和温度对幼鲎的代谢均有显著影响,高盐或低盐情况下幼鲎的代谢率显著高于适宜盐度条件,温度高于33℃时幼鲎的代谢率不升反降。

关键词:中国鲎 盐度 温度 耗氧率 排氨率 氧氮比

中图分类号:Q958.11 文献标识码:A 文章编号:1005-9164(2022)03-0577-07

DOI:10.13656/j.cnki.gxkx.20220623.001

鲎(*Limulus*)是一种生活在海洋中的大型节肢动物,它出现在地质历史时期古生代的泥盆纪,由三叶虫演化而来,是地球上少数仅存的古老物种,具有重要的经济和科研价值。中国鲎(*Tachypleus tridentatus*)为现存仅有的4种鲎之一^[1],世界上95%

的中国鲎资源分布在中国,尤其广西北部湾是中国鲎最主要的栖息地^[2]。由于环境污染、过度捕捞以及滩涂开发破坏等原因,中国鲎资源急剧减少,濒临灭绝。中国鲎是广西、广东、福建重点保护水生动物,近年也列入我国国家二级保护动物名录。由于实验材料的

收稿日期:2021-08-26

* 广西自然科学基金项目(2018GXNSFBA281071)资助。

【作者简介】

董兰芳(1987-),女,硕士,副研究员,主要从事水生动物营养生理与养殖水环境生态学研究,E-mail:0xiao0dong0@163.com。

【**通信作者】

【引用本文】

董兰芳,许明珠,李世才,等. 盐度和温度对中国鲎幼鲎耗氧率和排氨率的影响[J]. 广西科学,2022,29(3):577-583.

DONG L F, XU M Z, LI S C, et al. Effects of Salinity and Temperature on Oxygen Consumption and Ammonia Excretion Rates of Juvenile *Tachypleus tridentatus* [J]. Guangxi Sciences, 2022, 29(3): 577-583.

限制,有关中国鲎的研究主要集中在地理分布^[3,4]、资源现状和价值^[2,3,5]、生活习性^[6]、人工繁育^[7-12]等方面,其他方面的研究报道较少。近年来,中国鲎苗种规模化人工繁育的实现为中国鲎资源的保护、恢复以及深入研究奠定了基础。

耗氧率和排氮率是动物体呼吸代谢、能量收支最直观的表达参数,通过研究外部环境因子对动物体耗氧率和排氮率的影响,可以了解动物自身的生理状态和对外界环境的适应能力,同时反映其代谢规律^[13,14]。温度和盐度是影响水生生物新陈代谢的主要因素,也是随季节和气象条件变化而极易发生改变的两个环境因子^[15]。温度变化对水生生物的生存、代谢、繁殖、发育和免疫系统应答等多种生命活动都具有十分重要的影响,而盐度主要通过渗透压调节实现对水生动物生理代谢状态的影响。本文通过对中国鲎幼鲎呼吸代谢的研究,了解幼鲎在不同生态环境下的适应性,可为实际鲎苗生产应用以及增殖放流活动提供理论数据参考,也为中国鲎的生物学研究积累基础资料。

1 材料与方法

1.1 材料

中国鲎幼鲎来源于广西海洋研究所有限责任公司海水增殖试验基地。挑选活力较好的健康个体为试验对象,1龄幼鲎平均体质量为 (21.27 ± 0.72) mg,2龄幼鲎平均体质量为 (49.63 ± 1.14) mg,在玻璃缸(35 cm × 21 cm × 23 cm)内暂养7 d,试验前停食24 h。试验用海水为砂滤自然海水,盐度29.7,水温 (24 ± 0.5) °C。

1.2 方法

试验采用250 mL碘量瓶作为呼吸瓶,根据预试验(预实验初步确定了幼鲎对盐度和温度耐受范围以及室温下的耗氧率和排氮率),1龄幼鲎每瓶放50只,2龄幼鲎每瓶放20只。装满对应梯度的海水后用塑料薄膜封口。每个梯度设3个平行和1个空白对照(不放幼鲎)。采用密闭静水法根据始末溶氧变化和氨氮浓度的变化计算耗氧率和排氮率,试验时间持续24 h,试验结束后立即用虹吸法吸取水样。采用碘量法(Winkler法,GB 7489-1987)测定水中溶解氧的含量,纳氏试剂分光光度法^[16]测定水中氨氮的含量。

1.2.1 盐度对中国鲎幼鲎耗氧率和排氮率的影响

共设置8个盐度梯度,分别为5,10,15,20,25,

30,35和40,用充分曝气的自来水和海水晶调节试验组的海水盐度,每天升/降盐度2至预定盐度,幼鲎适应24 h后开始正式试验,试验期间呼吸瓶放入恒温培养箱,培养箱温度设定在26°C,以保持各组水温一致,其他条件同上。

1.2.2 温度对中国鲎幼鲎耗氧率和排氮率的影响

共设置4个温度梯度,分别为25°C、29°C、33°C和37°C,用恒温培养箱控制海水温度(海水为自然砂滤海水),以2°C/d的速度升温,直至水温达到试验设定温度,幼鲎适应24 h后开始试验,其他条件同上。

1.3 计算方式

耗氧率:中国鲎幼鲎单位体质量在单位时间内消耗氧气的数量。幼鲎耗氧率计算公式:

$$R_O = (DO_0 - DO_t) \times V / (m \times t),$$

式中, R_O 为幼鲎耗氧率 $[\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})]$, DO_0 和 DO_t 分别为时间 t 后空白对照瓶和试验瓶内水样的溶氧浓度(mg/L), V 为试验用海水体积(mL), m 为幼鲎体质量(g), t 为试验时间(h)。

排氮率:中国鲎幼鲎单位体质量在单位时间内排出氮的数量。幼鲎排氮率计算公式:

$$R_N = (N_0 - N_t) \times V / (m \times t),$$

式中 R_N 为幼鲎排氮率 $[\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})]$, N_0 和 N_t 分别是时间 t 后空白对照瓶和试验瓶内水样的氨氮浓度(mg/L)。

氧氮比(O/N):中国鲎幼鲎机体消耗氧的克原子数与排出氮的克原子数的比率。氧氮比计算公式:

$$O/N = R_O : R_N.$$

1.4 数据分析

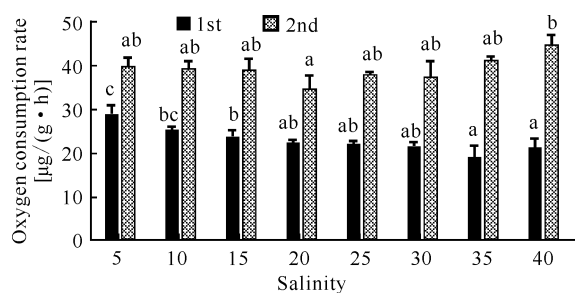
采用SPSS软件对所得数据进行单因素方差分析(One-Way ANOVA),若差异达到显著($P < 0.05$),则用Tukey多重比较各组数据之间的差异,结果用“平均值 ± 标准差”(n=3)表示。

2 结果与分析

2.1 盐度对中国鲎幼鲎耗氧率的影响

不同盐度下1龄幼鲎耗氧率为19.51-29.70 $\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$,2龄幼鲎为35.37-45.90 $\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$ (图1)。盐度对两阶段幼鲎的耗氧率有显著影响($P < 0.05$),1龄和2龄幼鲎的耗氧率均随盐度升高呈先降低后升高的趋势,盐度5试验组1龄幼鲎的耗氧率显著高于除盐度10以外的其他试验组($P < 0.05$),盐度40试验组2龄幼鲎的耗氧率显著高于20试验组($P < 0.05$)。盐度与两个阶段幼鲎耗氧率间的关

系为二项式回归方程: (1 龄) $y_1 = 0.009x_1^2 - 0.6298x_1 + 32.087$ ($R_1^2 = 0.9288$); (2 龄) $y_1 = 0.0201x_1^2 - 0.797x_1 + 45.261$ ($R_2^2 = 0.8262$); 式中, x_1 为盐度, y_1 为耗氧率。



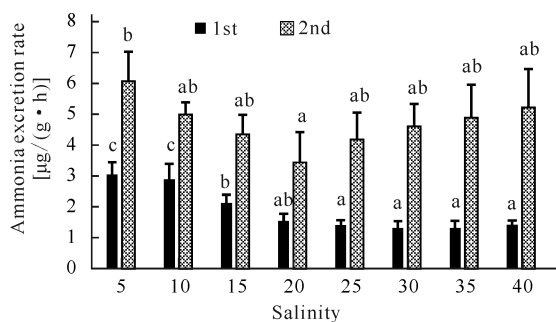
Different letters in the same series indicate significant differences ($P < 0.05$)

图1 不同盐度下中国鲎幼鲎的耗氧率

Fig. 1 Oxygen consumption rate of juvenile *Tachypleus tridentatus* under different salinities

2.2 盐度对中国鲎幼鲎排氨率的影响

不同盐度下1龄幼鲎排氨率为1.35–3.09 $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$, 2龄幼鲎为3.44–6.07 $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$ (图2)。盐度对两阶段幼鲎的排氨率有显著影响 ($P < 0.05$), 且盐度对幼鲎排氨率的影响趋势与耗氧率类似, 1龄幼鲎的排氨率随盐度升高显著降低 ($P < 0.05$) 后趋于平稳, 2龄幼鲎的排氨率随盐度升高呈先降低后升高的趋势。盐度5和10试验组1龄幼鲎的排氨率显著高于其他试验组 ($P < 0.05$), 15试验组又显著高于25, 30, 35和40试验组 ($P < 0.05$)。盐度5试验组2龄幼鲎的排氨率显著高于20试验组 ($P < 0.05$)。盐度与两个阶段幼鲎排氨率间的二项式回归



Different letters in the same series indicate significant differences ($P < 0.05$)

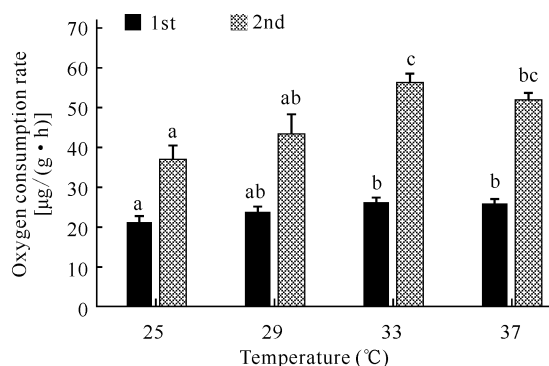
图2 不同盐度下中国鲎幼鲎的排氨率

Fig. 2 Ammonia excretion rate of juvenile *Tachypleus tridentatus* under different salinities

方程: (1 龄) $y_2 = 0.0025x_1^2 - 0.1631x_1 + 4.0157$ ($R_3^2 = 0.9598$); (2 龄) $y_2 = 0.0057x_1^2 - 0.2682x_1 + 7.1254$ ($R_4^2 = 0.8355$); 式中, y_2 为排氨率。

2.3 温度对中国鲎幼鲎耗氧率的影响

不同温度下1龄幼鲎耗氧率为21.37–26.34 $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$, 2龄幼鲎为36.86–56.12 $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$ (图3)。不同温度对两阶段幼鲎的耗氧率均有显著影响 ($P < 0.05$)。温度为25–33 $^{\circ}\text{C}$ 时, 1龄和2龄幼鲎的耗氧率均随温度升高而显著增加 ($P < 0.05$), 33 $^{\circ}\text{C}$ 升高至37 $^{\circ}\text{C}$ 时, 幼鲎的耗氧率有所降低, 但差异不显著 ($P > 0.05$)。温度与两个阶段幼鲎排耗氧率间的二项式回归方程: (1 龄) $y_1 = -0.0445x_2^2 + 3.1719x_2 - 30.232$ ($R_5^2 = 0.9782$); (2 龄) $y_1 = -0.1678x_2^2 + 11.841x_2 - 155.5$ ($R_6^2 = 0.8733$); 式中, x_2 为温度。



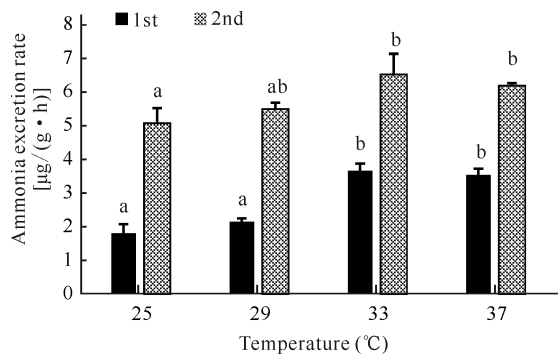
Different letters in the same series indicate significant differences ($P < 0.05$)

图3 不同温度下中国鲎幼鲎的耗氧率

Fig. 3 Oxygen consumption rate of juvenile *Tachypleus tridentatus* under different temperatures

2.4 温度对中国鲎幼鲎排氨率的影响

不同温度下1龄幼鲎排氨率为1.84–3.69 $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$, 2龄幼鲎为5.07–6.52 $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$ (图4)。不同温度对两阶段幼鲎的耗氧率也有显著影响 ($P < 0.05$), 幼鲎排氨率随温度的变化趋势与耗氧率一致。温度为25–33 $^{\circ}\text{C}$ 时, 1龄和2龄幼鲎的排氨率均随温度升高而显著增加 ($P < 0.05$), 温度从33 $^{\circ}\text{C}$ 继续升至37 $^{\circ}\text{C}$ 时, 幼鲎的排氨率有所降低, 但差异均不显著 ($P > 0.05$)。温度与两个阶段幼鲎排氨率间的二项式回归方程: (1 龄) $y_2 = -0.0073x_2^2 + 0.6173x_2 - 9.2043$ ($R_7^2 = 0.8543$); (2 龄) $y_2 = -0.0117x_2^2 + 0.8329x_2 - 8.5543$ ($R_8^2 = 0.8496$)。



Different letters in the same series indicate significant differences ($P < 0.05$)

图4 不同温度下中国鲎幼鲎的排氨率

Fig. 4 Ammonia excretion rate of juvenile *Tachypleus tridentatus* under different temperatures

2.5 不同盐度和温度条件下中国鲎幼鲎的 O/N

从表1可以看出,1龄幼鲎 O/N 为 7.14 - 16.36,2龄幼鲎为 6.71 - 10.27。不同盐度下1龄和2龄幼鲎的 O/N 大体上均呈先升高后降低的趋势,1龄幼鲎的 O/N 在盐度30时最大,2龄幼鲎则在盐度20时最大。不同温度下1龄和2龄幼鲎的 O/N 的变化趋势正好相反,高温组1龄幼鲎 O/N 较低低温组低。

表1 不同盐度和温度条件下中国鲎幼鲎的 O/N

Table 1 O/N of juvenile *Tachypleus tridentatus* under different salinity and temperature conditions

盐度 Salinity	O/N		温度 Temperature (°C)	O/N	
	1龄 1st	2龄 2nd		1龄 1st	2龄 2nd
5	9.62	6.71	25	11.64	7.27
10	8.86	8.02	29	10.98	7.88
15	11.30	9.15	33	7.14	8.61
20	14.50	10.27	37	7.30	8.36
25	15.56	9.23			
30	16.36	8.31			
35	14.35	8.60			
40	14.89	8.78			

3 讨论

3.1 中国鲎幼鲎与其他水生物种耗氧率的比较

呼吸和排泄是生物体代谢活动的重要表征,水生动物的运动及能量转化靠生物体内的有氧代谢进行,耗氧率、排氨率的大小在很大程度上反映了生物体的代谢特征及生理状态。不同物种之间耗氧率差异较

大,邱成功等^[17]分析认为不同水生动物耗氧率大小依次为海水贝类>鱼类幼鱼>甲壳类,并按耗氧率大小将水生动物大致分为3类:低型[R_o 低于 1 mg/(g·h)],中型[R_o 在 1 - 3 mg/(g·h)]和高型[R_o 高于 3 mg/(g·h)]。甲壳类耗氧率较低,如李朝华等的研究表明 VI - XI 生长期三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)的耗氧率为 0.033 - 0.340 mg/(g·h)^[18];克氏原螯虾(*Procambarus clarkii*)耗氧率昼夜变化为 0.145 - 0.427 mg/(g·h)^[19]。本试验中在盐度 5 - 40、温度 25 - 37°C 时,中国鲎1龄幼鲎的耗氧率为 19.50 - 29.70 µg/(g·h),2龄幼鲎为 35.37 - 56.12 µg/(g·h),与不同生长期三疣梭子蟹耗氧率的低值相近。甲壳类耗氧率较低的原因之一是其外壳占体质量的比重大,研究表明中国鲎的外壳占其总质量的 1/3 以上^[20],因而维持中国鲎生命活动的耗氧较大组织如干胰脏、性腺、鳃、肠道等的比重相对较小,相应的耗氧率的计算值也较小。且中国鲎生长缓慢,幼鲎常仰卧于水底不活动,耗氧率低也能从侧面反映幼鲎的这一生活习性。

3.2 盐度对中国鲎幼鲎耗氧率和排氨率的影响

盐度是影响水生动物生理代谢活动的重要环境因素,水生动物通过自身一系列生理变化来调整体内外渗透压的动态平衡,致使其生长存活、呼吸代谢、能量收支等指标也产生相应变化^[21]。关于盐度对鱼类、贝类、甲壳类等呼吸代谢的影响已有大量报道,盐度影响动物体耗氧率和排氨率的变化规律大致可以分为两类:(1)一般来讲,水生动物在最适盐度条件下代谢耗能较少,随着盐度升高或降低后偏离其栖息适宜环境时代谢率增加^[22]。因此动物体的耗氧率和排氨率在适宜盐度环境下相对较低,而当环境盐度低于或高于适宜盐度时,动物体将提高能量代谢以维持渗透压的稳定,即表现为耗氧率和排氨率升高,如虎斑乌贼(*Sepia pharaonis*)^[23]、大泷六线鱼(*Hexagrammos otakii*)^[24]、橄榄蚶(*Estellarca olivacea*)^[25]、栉江珧(*Atrina pectinata*)^[26]等。(2)随着盐度升高,动物体耗氧率和排氨率随之增加,达到峰值后随盐度继续升高而降低,如可口革囊星虫(*Phascolosoma esculenta*)^[4]、方斑东风螺(*Babylonia areolata*)^[27]、中国蛤蜊(*Macrta chinensis*)^[28]、甲虫螺(*Cantharus cecillei*)^[29]等。曾梦清等^[14]对可口革囊星虫的研究和观察中,推测造成这一现象的原因可能与动物体在不同盐度环境下的活动量有关,适宜盐度下可口革囊星虫活动量大,反之其通过减少活

动、降低能量消耗来适应环境渗透压的改变。在本试验条件下,随着盐度的升高,中国鲎 1 龄和 2 龄幼鲎的耗氧率和排氨率均呈先降低后上升的趋势,符合第(1)类变化规律,且盐度与耗氧率、排氨率之间的关系均符合二次回归方程。盐度试验的水温为 26℃,此温度下若无水流等刺激,幼鲎基本不活动,且据观察,试验过程中所有盐度试验组的幼鲎均处于基本不活动状态。因此推测活动量不是本试验条件下幼鲎耗氧率和排氨率变化的关键因素,低盐和高盐环境幼鲎耗氧率和排氨率升高可能是幼鲎机体为调节体内外渗透压平衡而增加能量消耗造成的。1 龄幼鲎的耗氧率和排氨率最低值均出现在盐度 35 试验组,而 2 龄幼鲎的耗氧率和排氨率最低值出现在盐度 20 试验组,说明 1 龄幼鲎的适宜盐度高于 2 龄幼鲎。

3.3 温度对中国鲎幼鲎耗氧率和排氨率的影响

温度是影响水生动物呼吸和排泄等代谢活动的主要环境因素,大量鱼类^[17,26,30]、贝类^[3,5,25-27]、甲壳类^[31]等水生动物的呼吸代谢研究表明,水生动物在适宜温度下的耗氧率随温度的升高而增加,而当温度超过生物的适宜或耐受范围时则会显著下降。适温条件下,随着温度升高,水生生物体内酶活力逐渐增强,其消化、循环、运动等系统的生理机能也更加旺盛,代谢活动不断增强,呼吸代谢对氧气消耗也随之增加,即表现为耗氧率和排氨率升高。而当环境温度超过生物体的适应温度,机体酶活受到抑制,导致生理代谢功能紊乱,呼吸代谢减弱,代谢产物减少,即表现为耗氧率和排氨率降低。本试验中,温度对中国鲎幼鲎的影响结果也符合上述规律,温度为 25 - 33℃ 时,幼鲎的耗氧率和排氨率随温度的升高而显著升高,1 龄和 2 龄幼鲎耗氧率和排氨率的最高值均出现在 33℃ 试验组,且据试验期间的观察结果,呼吸瓶内幼鲎的活动量随温度升高明显增强,尤其 33℃ 试验组幼鲎的活动量要多于其他试验组,因此该试验组幼鲎的耗氧率和排氨率最高。但当温度继续升高到 37℃,幼鲎的耗氧率和排氨率均开始出现明显的下降趋势,说明 37℃ 已经超过幼鲎的适温范围。温度与耗氧率、排氨率之间的关系也符合二次回归方程。

3.4 盐度、温度对中国鲎幼鲎 O/N 的影响

O/N 是动物利用能源物质配比的一个重要指标,反映了动物体蛋白质、脂肪和碳水化合物作为代谢底物之间的比例关系^[32],O/N 数值大,表明动物体代谢所需的能量大部分由脂肪和碳水化合物提供,较少部分由蛋白质提供^[33]。研究结果表明,若蛋白

质代谢占能量提供的主导时,O/N 数值在 3 - 16;若供能以蛋白质和脂肪混合代谢为主时,O/N 数值在 16 - 60;而当脂肪和碳水化合物为主导供能时,O/N 数值将会大于 60^[34-36]。本试验中,在盐度 5 - 40,温度 25 - 37℃ 时,1 龄和 2 龄幼鲎的 O/N 为 6.71 - 16.36,表明两阶段幼鲎在各试验条件下的能量代谢主要由蛋白质分解提供,原因可能是幼鲎从孵化到 1 龄蜕壳为 2 龄摄食较少,甚至可不摄食仅依靠母体卵黄的营养完成蜕壳,因此幼鲎的能量代谢主要是自身蛋白质的分解。外界环境因子的变化,往往能对生物体的能量代谢以及物质选择产生影响,盐度试验中,盐度 30 试验组 1 龄幼鲎的 O/N 值最大,2 龄幼鲎 O/N 最大值则出现在盐度 20 试验组,说明相应试验组的蛋白质代谢水平相对较低,这从侧面反映了 1 龄和 2 龄幼鲎的适宜生长盐度。而在温度试验中,温度同样影响幼鲎的 O/N,但 1 龄和 2 龄幼鲎 O/N 数值的变化趋势却相反,具体原因有待进一步研究。

4 结论

上述研究表明,中国鲎幼鲎的耗氧率整体处于较低水平。幼鲎的耗氧率和排氨率在适宜盐度环境下相对较低,而当环境盐度低于或高于适宜盐度时,幼鲎耗氧率和排氨率升高。当温度为 25 - 33℃ 时,幼鲎的耗氧率随温度的升高而增加,而当温度超过 33℃ 时幼鲎的代谢率不升反降。幼鲎的 O/N 为 6.71 - 16.36,这表明其代谢主要由蛋白质分解供能。

参考文献

- [1] 翁朝红,谢仰杰,肖志群,等. 中国鲎(*Tachypleus tridentatus*)微卫星标记筛选及种群遗传多样性和遗传结构分析[J]. 海洋与湖沼,2020,51(2):345-353.
- [2] 李琼珍. 中国鲎保育工作研究进展[J]. 生物学杂志,2010,27(4):71-74.
- [3] 洪水根. 中国鲎生物学研究[M]. 厦门:厦门大学出版社,2011:58-62.
- [4] 翁朝红,谢仰杰,肖志群,等. 福建及中国其他沿岸海域中国鲎资源分布现状调查[J]. 动物学杂志,2012,47(3):40-48.
- [5] 颜明艳,李琼珍,宋洁,等. 基于 MAXENT 模型评估北部湾潮间带中国鲎和圆尾鲎稚鲎的潜在地理分布及种群保育对策[J]. 生态学报,2019,39(9):3100-3109.
- [6] 朱俊华,吴宙,冯炳斌,等. 全球中华鲎资源保护现状及对策建议[J]. 生物多样性,2020,28(5):621-629.
- [7] 李琼珍,胡梦红. 广西北海中国鲎资源现状以及保育工作进展[J]. 海洋环境科学,2011,30(1):131-134.

- [8] 高凤英, 廖永岩, 叶富良. 中国鲎幼体阶段(黄皮鲎)饵料的初步研究[J]. 海洋通报, 2003, 22(4): 92-96.
- [9] 梁君荣, 王军, 苏永全, 等. 四种重金属对中国鲎(*Tachypleus tridentatus*)胚胎发育的影响[J]. 生态学报, 2001, 21(6): 1009-1012.
- [10] 王军, 王德祥, 苏永全, 等. 中国鲎的胚胎发育[J]. 动物学杂志, 2001, 36(4): 9-14.
- [11] 王德祥, 苏永全, 王军, 等. 几种因子对中国鲎胚胎和幼体发育的影响[J]. 中国水产科学, 2001, 8(3): 10-14.
- [12] 程鹏, 周爱娜, 霍淑芳, 等. 中国鲎人工培育的幼体对不同环境适应性的研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2006, 45(3): 404-408.
- [13] 李俊辉, 叶尚芳, 杜晓东, 等. 温度和规格对波纹巴非蛤耗氧率和排氨率的影响[J]. 水生态学杂志, 2010, 3(5): 96-99.
- [14] 曾梦清, 蒋艳, 游出超, 等. 盐度对不同规格可口革囊星虫耗氧率和排氨率的影响[J]. 水产科学, 2017, 36(5): 647-651.
- [15] 聂鸿涛, 邢宁宁, 王海伦, 等. 温度和盐度对加州扁鸟蛤耗氧率和排氨率的影响[J]. 水产科学, 2017, 36(5): 658-661.
- [16] 王华, 黎奥, 杨敬闻. 海水中氨氮的纳氏试剂分光光度法测定条件优化[J]. 辽宁师范大学学报(自然科学版) 2013, 36(1): 110-114.
- [17] 邱成功, 徐善良, 林少珍, 等. 不同温度条件下褐菖鲉幼鱼的耗氧率和排氨率[J]. 应用海洋学学报, 2014, 33(1): 84-89.
- [18] 李朝华, 余作奔, 高天龙, 等. 不同生长期三疣梭子蟹的耗氧率、排氨率和窒息点[J]. 生物学杂志, 2017, 34(5): 57-61.
- [19] 温小波, 库天梅, 罗静波. 克氏原螯虾耗氧率及窒息点的研究[J]. 大连水产学院学报, 2003, 18(3): 170-174.
- [20] 庞知益, 杜予民, 杨建红. 中国鲎壳结构特征与甲壳素晶型表征[J]. 分析科学学报, 2007, 23(1): 5-8.
- [21] 柳东旭, 王际英, 张利民, 等. 盐度对水产动物生长代谢与生殖发育相关指标影响的研究[J]. 水产养殖, 2009, 30(4): 42-46.
- [22] 包杰, 姜宏波, 田相利, 等. 温度和盐度对红刺参 *Apostichopus japonicus* 耗氧率与排氨率的影响[J]. 渔业科学进展, 2015, 36(4): 116-121.
- [23] 王鹏帅, 蒋霞敏, 韩庆喜, 等. 盐度和温度对不同规格虎斑乌贼幼体的耗氧率, 排氨率和窒息点的影响[J]. 水生生物学学报, 2017, 41(5): 1027-1035.
- [24] 胡发文, 王晓龙, 高凤祥, 等. 温度、盐度和两种麻醉剂对大泷六线鱼幼鱼耗氧率、排氨率的影响[J]. 海洋科学, 2021, 45(1): 54-61.
- [25] 张媛, 方建光, 毛玉泽, 等. 温度和盐度对橄榄蚶耗氧率和排氨率的影响[J]. 中国水产科学, 2007, 14(4): 690-694.
- [26] 李金碧, 龚世园, 喻达辉. 温度和盐度对栉江珧耗氧率和排氨率的影响[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(5): 2016-2018.
- [27] 刘建勇, 邓兴朝, 绍杰. 体重和温度对方斑东风螺耗氧率和排氨率的影响[J]. 中国水产科学, 2005, 12(3): 239-244.
- [28] 赵文, 王雅倩, 魏杰, 等. 体重和盐度对中国蛤蚶耗氧率和排氨率的影响[J]. 生态学报, 2011, 31(7): 2040-2045.
- [29] 吴文广, 张继红, 高振银, 等. 温度和盐度对不同规格甲虫螺(*Cantharus cecillei*)耗氧率和排氨率的影响[J]. 渔业科学进展, 2016, 37(2): 134-138.
- [30] 周银环, 曹伏君, 罗杰, 等. 不同温度梯度和规格体重对大弹涂鱼(*Boleophthalmus pectinirostris*)耗氧率(R_o)和排氨率(R_N)的影响[J]. 海洋与湖沼, 2017, 48(2): 392-397.
- [31] 刘凯, 徐东坡, 段金荣, 等. 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[J]. 生态学报, 2010, 29(5): 957-962.
- [32] RUYET J P L, MAHÉ K, BAYON N L, et al. Effects of temperature on growth and metabolism in a Mediterranean population of European sea bass, *Dicentrarchus labrax* [J]. Aquaculture, 2004, 237(1/4): 269-280.
- [33] 姜祖辉, 王俊, 唐启升. 菲律宾蛤仔生理生态学研究 I. 温度、体重及摄食状态对耗氧率及排氨率的影响[J]. 海洋水产研究, 1999, 20(1): 40-44.
- [34] MAYZAUD P, CONOVER R J. O : N atomic ratio as a tool to describe zooplankton metabolism [J]. Marine Ecology Progress Series, 1988, 45(3): 289-302.
- [35] TSENG Y C, HWANG P P. Some insights into energy metabolism for osmoregulation in fish [J]. Comparative Biochemistry & Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology, 2008, 148(4): 419-429.
- [36] ZHENG Z M, JIN C H, LI M Y, et al. Effects of temperature and salinity on oxygen consumption and ammonia excretion of juvenile miuy croaker, *Miichthys miuy* (Basilewsky) [J]. Aquaculture International, 2008, 16(6): 581-589.

Effects of Salinity and Temperature on Oxygen Consumption and Ammonia Excretion Rates of Juvenile *Tachypleus tridentatus*

DONG Lanfang, XU Mingzhu, LI Shicai, ZENG Mengqing, CHEN Ruifang, LIU Haijuan

(Guangxi Engineering Technology Research Center of Breeding of New Mariculture Varieties, Guangxi Institute of Oceanology Co., Ltd., Beihai, Guangxi, 536000, China)

Abstract: In order to explore the effects of salinity and temperature on the respiratory metabolism of juvenile *Tachypleus tridentatus*, a single factor experiment was used to measure salinity and temperature on the oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of the two-stage juvenile *T. tridentatus* (1st and 2nd instars). The results showed that the oxygen consumption rate of the 1st and 2nd instar juvenile *T. tridentatus* were 19.50–29.70 $\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$ and 35.37–56.12 $\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$ respectively, under the conditions of salinity 5–40 and temperature 25–37°C. With the increase of salinity, the oxygen consumption and ammonia excretion rates of the 1st and 2nd instar juvenile *T. tridentatus* tended to decrease first and then increase. The lowest values of oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of the 1st instar juvenile *T. tridentatus* were found in the salinity 35 and 30 test groups, and that of the 2nd instar juvenile *T. tridentatus* were found all in salinity 20 test group. The relationship between salinity and oxygen consumption rate or ammonia excretion rate conformed to the quadratic regression equation. When the temperature was 25–33°C, the oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of juvenile *T. tridentatus* increased significantly with the increase of temperature ($P < 0.05$). The highest values of oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of two stages of juvenile *T. tridentatus* both appeared in the 33°C test group. When the temperature continued to rise to 37°C, the oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of juvenile *T. tridentatus* decreased significantly ($P < 0.05$). The relationship between temperature and oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of juvenile *T. tridentatus* also conformed to the quadratic regression equation. In general, the O/N value of the juvenile *T. tridentatus* increased first and then decreased under different salinity levels. The maximum O/N value of the 1st instar juvenile *T. tridentatus* was found in the salinity of 30 test group, and that of the 2nd instar juvenile *T. tridentatus* was in the salinity of 20 test group. Under different temperatures, the change trend of O/N value of the 1st and 2nd instar juvenile *T. tridentatus* was opposite. The above studies indicated that the oxygen consumption rate of juvenile *T. tridentatus* was at a low level, and its metabolism was mainly powered by protein decomposition. Salinity and temperature had significant effects on the metabolism of juvenile *T. tridentatus*. The metabolic rate of juvenile *T. tridentatus* under high or low salinity was significantly higher than that under suitable salinity condition. When the temperature was higher than 33°C, the metabolic rate decreased rather than increased.

Key words: *Tachypleus tridentatus*; salinity; temperature; oxygen consumption rate; ammonia excretion rate; O/N

责任编辑: 陆雁



微信公众号投稿更便捷

联系电话: 0771-2503923

邮箱: gxxk@gxas.cn

投稿系统网址: <http://gxxk.ijournal.cn/gxxk/ch>