

文章编号: 0529-6579(2000)S-0248-07

罗氏沼虾亲虾的能量代谢^{*}

林小涛, 顾晓勇, 钟金香, 杨晓新

(暨南大学水生生物研究所, 广州510632)

摘要: 在实验室中测定不同体质量(12.24~39.73 g)和不同温度(20~32 °C)条件下罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*)亲虾的基础代谢, 以探讨体质量和温度变化影响代谢的规律. 结果表明, 耗氧率(R_O)和氨氮排泄率(R_N)随体质量(m)的增大而减少, 其关系为 $R_O = 1.6393m^{-0.4638}$ 和 $R_N = 0.7915m^{-1.2780}$. 体质量约20 g的亲虾, 其耗氧率和氨氮排泄率都随温度(θ)的升高而增大, 其关系为 $R_O = 0.1690\exp(0.1138\theta)$ 和 $R_N = 0.7 \times 10^{-4}\exp(0.1981\theta)$. 不同体质量亲虾的能源物质(代谢底物)的供能比有显著性的差异, 体质量最小的一组亲虾, 主要以蛋白质为能源, 但随着体质量的增大, 蛋白质所占的比例有减少的趋势, 而脂肪的比例增加. 体质量最大的一组亲虾, 脂肪取代蛋白质成为最主要的供能特质. 另一方面, 低温(20 °C)条件下, 亲虾主要以脂肪为能源, 但随着温度的升高, 脂肪所占的比例有减少的趋势, 而蛋白质的比例增加. 高温(32 °C)条件下, 蛋白质取代脂肪成为最主要的供能物质.

关键词: 罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*)亲虾; 能量代谢; 体质量; 温度

中图分类号: Q175 **文献标识码:** A

罗氏沼虾 [*Macrobrachium rosenbergii* (De Man)] 是由国外引进的淡水养殖的一个优良品种. 由于我国没有天然的亲虾资源, 人工育苗所需要亲虾完全依赖于人工养殖, 因此加强对亲虾的和生理生态研究, 提高亲虾的繁殖能力和利用率, 将对罗氏沼虾养殖业的发展起到积极的推动作用. 迄今为止, 国内外有关罗氏沼虾繁殖生物学报道较多^[1~3], 而有关亲虾生理生态方面的研究报道甚少, 特别在亲虾的生物能量学研究方面尚是一个空白, 本研究探讨不同体质量及不同温度条件下亲虾的代谢特征及变化规律, 以期为进一步提高罗氏沼虾的饲养技术以及为营养、饲料的研究提供科学的依据.

1 材料与方法

1.1 亲虾的来源及饲养

罗氏沼虾亲虾购自广州石牌市场, 暂养于室内40 L水簇箱, 每晚投喂足量的市售配合饲料, 基本营养成分(w/%): 粗蛋白为40, 糖为44, 脂肪为4. 饲养期间连续充气, 每天换水25%, 水温控制在(28±1) °C, 照度为1 500 lx, 光周期为12L:12D. 在实验室

* 基金项目: 国家教委留学回国人员科研基金资助项目(乙42810)

收稿日期: 1999-09-15

驯养 15 d 以上, 选取活泼健壮, 卵巢发育期为 I 期的雌性个体为实验材料, 实验前让其断食 2 d.

1.2 实验方法

1.2.1 体质量对亲虾代谢的影响 代谢率采用 Water bottle 方法^[4]测定, 选择体质量 11 ~ 41 g 的亲虾, 按体质量大小分 6 个实验组, 每组用 2 000 mL 的锥形瓶 6 ~ 9 个, 其中 2 个作空白对照, 其余为代谢测定瓶, 往瓶中装满水后, 每个代谢瓶放入实验虾一尾, 用塑料膜密封所有实验瓶瓶口, 并置瓶于恒温水浴箱中, 温度为 $(28 \pm 1) ^\circ\text{C}$, 光照强度为 1 500 lx, 每次实验都从当天同一时间开始, 测定时间根据体质量不同定为 30 ~ 40 min, 实验结束时代谢瓶中溶解氧含量保持在饱和含量的 70% 以上, 实验结束后, 测定各瓶水中溶解氧 (DO)、CO₂、NH₃-N 和尿素氮含量. DO 用温克勒法测定; CO₂ 用 NaOH 滴定; NH₃-N 用奈氏比色法测定, 尿素用脲酶将其降解成 NH₃ 后再用上法测定, 耗氧率、NH₃-N 排泄率和 CO₂ 排出率分别以下式计算.

$$Y = \frac{(C_0 - C_1)V}{mt}$$

式中, Y 为耗氧率或 NH₃-N 排泄率或 CO₂ 排出率, $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; C_0 为实验结束时对照瓶中 DO 含量或代谢瓶中 NH₃-N、CO₂ 含量, $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; C_1 为实验结束时代谢瓶中 DO 含量或对照瓶中 NH₃-N、CO₂ 含量, $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; V 为代谢瓶容积, L; m 为实验虾湿体质量, g; T 为实验时间, h.

实验结束后, 用滤纸吸干虾表面的水分, 在电子天平 (MA110 型) 上称虾湿体质量 (精确至 0.01 g).

1.2.2 温度对亲虾代谢的影响 实验水温分 20, 24, 28 和 32 $^\circ\text{C}$ 4 个梯度, 选择体质量约 20 g 的雌性个体为实验材料, 实验前让其断食 2 d, 同时在 1 d 内将水温逐步调至设定的各实验水温, 并在该温度下驯养 1 d, 代谢率的测定方法同上, 实验时间根据水温不同定为 20 ~ 150 min.

1.3 能源物质 (代谢底物) 供能比的计算

根据蛋白质、糖和脂肪的卡价、氧热价和实测的呼吸商、耗氧率、氮排泄率 (NH₃-N + 尿素氮) 进行计算^[5].

上述结果均以平均值 $\pm$ 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 各组实验结果的差异用方差分析的方法进行 F 检验和多重比较.

2 结果与分析

2.1 体质量对亲虾代谢的影响

不同体质量亲虾的耗氧量、耗氧率、CO₂ 排出率、呼吸商和 NH₃-N 排泄率见表 1, 耗氧率 (R_0) 与体质量 (m) 的关系如下式所示

$$R_0 = 1.6393m^{-0.4638} (n = 32, r = -0.7403, P < 0.01)$$

结果表明, 耗氧率随体质量的增大而减少, 两者呈极显著的相关, 耗氧量 (C_0) 则与体质量呈极显著的正相关

$$C_0 = 1.4769m^{0.5671} (n = 32, r = 0.7982, P < 0.01)$$

NH₃-N 排泄率 (R_N) 与体质量的关系为

$$R_N = 0.791\ 5m^{-1\ 278\ 0} (n = 32, r = 0.840\ 4, P < 0.01)$$

结果表明，NH₃-N 排泄率同样随体质量的增大减少，两者亦呈极显著的负相关。

表 1 不同体质量亲虾的代谢量

组别	湿体质量 g	耗氧量 (mg·g ⁻¹ ·h ⁻¹)	耗氧率 (mg·g ⁻¹ ·h ⁻¹)	CO ₂ 排出率 (mg·g ⁻¹ ·h ⁻¹)	呼吸商	NH ₃ -N 排泄率 (mg·g ⁻¹ ·h ⁻¹)	NH ₃ -N/TN %
1	12.24±1.40	6.228±1.605	0.515±0.128	0.564±0.155	0.792±0.068	0.033±0.010	68.3±9.3
2	17.93±1.65	7.275±0.356	0.425±0.066	0.470±0.123	0.795±0.087	0.020±0.007	82.3±10.2
3	22.06±1.57	9.088±2.410	0.407±0.086	0.477±0.129	0.850±0.135	0.015±0.005	80.7±15.1
4	27.27±1.66	10.340±1.500	0.374±0.051	0.417±0.048	0.815±0.060	0.013±0.003	76.7±12.4
5	32.52±1.60	10.578±0.968	0.331±0.032	0.375±0.038	0.828±0.085	0.012±0.004	79.1±16.1
6	39.73±0.79	11.383±1.760	0.285±0.036	0.312±0.045	0.796±0.059	0.006±0.002	90.0±2.6

不同体质量亲虾代谢的氧氮化、能耗率（单位时间单位体质量的能耗量）及能原物质的供能比见表 2。经分析检验，氧氮比在第 6 组与第 1 组之间存在极显著的差异（ $P < 0.01$ ），第 6 组与第 2 组之间也有显著性的差异（ $P < 0.05$ ），而其他各组之间则没有显著的差异（ $P > 0.05$ ）。另一方面，随着体质量的增大能耗率（ E ）迅速减少，两者呈极显著性负相关： $E = 7.923\ 7 - 0.102\ 6m$ （ $n = 6, r = -0.983\ 9, P < 0.01$ ）在各种能源物质的供能比例上，体质量最小的一组亲虾，主要靠氧化蛋白质提供能量，蛋白质占能量的比例高达 66%，而脂肪仅占 24%，随着体质量的增大，蛋白质的比例呈下降的趋势，而脂肪的比例则有所增加，至体质量最大的一组，脂肪的比例达到 54%，而蛋白质则减少为 22%。

表 2 不同体质量亲虾的氧氮比、能耗率和代谢底物的供能比

组别	体质量/g	$m(O):m(N)$	能耗率/(J·g ⁻¹ ·h ⁻¹)	w(蛋白质):w(糖):w(脂肪)
1	12.14±1.40	11.54±4.41	6.934	65.57:10.44:23.99
2	17.93±1.65	16.09±4.23	5.782	48.40:16.01:35.59
3	22.06±1.57	19.65±5.25	5.617	37.22:31.44:31.14
4	27.27±1.66	21.33±6.17	5.149	34.37:24.84:40.79
5	32.52±1.60	22.20±8.30	4.554	35.22:27.54:37.25
6	39.74±0.79	36.12±15.86	3.938	21.91:24.17:53.93

2.2 温度对亲虾代谢的影响

不同温度下亲虾的耗氧率、CO₂ 排出率、呼吸商和 NH₃-N 排泄率见表 3。耗氧率（ R_0 ）与 θ 的关系为

$$R_0 = 0.169\ 0\exp(0.113\ 8\theta) (n = 18, r = 0.953\ 8, P < 0.01)$$

结果表明，耗氧量随温度的升高而增大，两者呈极显著的正相关。

耗氧率在不同温度间的 Q_{10} 值 [$\lg Q_{10} = 10(\lg R_2 - \lg R_1)/(T_2 - T_1)$]，式中 R_1, R_2 分别为 θ_1, θ_2 的耗氧率，耗氧率在不同温度之间的 Q_{10} 值在 2.28 ~ 4.08 之间，20℃与 24℃、24℃与 28℃和 28℃与 32℃间的 Q_{10} 值分别为 4.08、2.28 和 3.67，其中以 24℃与 28℃间的 Q_{10} 值最小，20℃与 24℃之间最大(表 4)。

表 3 不同温度下亲虾的耗氧率、CO₂ 排出率、NH₃-N 排泄率和呼吸商

$\theta/^\circ\text{C}$	湿体质量 g	耗氧率 ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	CO ₂ 排出率 ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	RQ	NH ₃ -N 排泄率 ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)
20	21.444±3.522	0.1606±0.0333	0.1664±0.0241	0.761±0.056	0.0037±0.0017
24	19.038±2.701	0.2819±0.0416	0.3418±0.0195	0.881±0.068	0.0133±0.0063
28	21.861±3.695	0.3922±0.0556	0.4571±0.0494	0.852±0.037	0.0158±0.0077
32	22.763±3.651	0.6595±0.1131	0.8081±0.1766	0.888±0.064	0.0468±0.0068

NH₃-N 排泄率 (R_N) 与 θ 的关系为

$$R_N = 0.7 \times 10^{-4} \exp(0.198\ 1\theta) \ (n = 18, r = 0.8750, P < 0.011)$$

结果表明, NH₃-N 排泄率同样随温度的升高而增大, 两者亦呈极显著的正相关.

表 4 不同温度下亲虾氧氮比 (O : N)、能耗率和代谢底物的供能比

$\theta/^\circ\text{C}$	$m(\text{O}) : m(\text{N})$	能耗率/($\text{J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	$w(\text{蛋白质}) : w(\text{糖}) : w(\text{脂肪})$
20	28.02±5.07	2.20	26.13 : 14.04 : 59.83
24	17.25±6.56	3.89	42.68 : 34.75 : 22.58
28	19.76±8.23	5.40	40.15 : 30.38 : 29.47
32	11.44±2.08	8.95	63.40 : 23.05 : 13.55

不同温度下亲虾代谢的氧氮比、能耗率及能源物质的供能见表 4, 经分析检验, 氧氮比在 20 ℃和 32 ℃两组与其它各组间存在极显著的差异 ($P > 0.01$), 而 24 ℃和 28 ℃两组之间则没有显著性的差异 ($P > 0.05$). 另一方面, 随着温度的升高, 能耗率迅速增大, 如当温度升高到 32 ℃时, 能耗率高达 $9\text{ J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, 为 20 ℃时的 4 倍, 低温条件下 (20 ℃), 亲虾的能量中由脂肪提供的比例最大, 达到 60%, 而蛋白质只占 26%. 随着温度的升高, 蛋白质所占比例有所增大, 在 24、28 ℃时, 蛋白质约占 40%~43%. 当温度升高到 32 ℃时, 蛋白质的比例高达 63%, 而脂肪则减至 14% 左右.

3 讨 论

本研究结果, 体质量对罗氏沼虾亲虾的耗氧量、耗氧率有很大的影响, 耗氧量随体质量增大而增大, 耗氧率则随体质量增大而减少, 与以往对罗氏沼虾幼虾^[9]及同一属的日本沼虾 (*M. nipponense*) 幼体^[7]等淡水虾类和太平洋长臂虾 (*Palaeomon pacifics*) 幼虾^[8]及中国对虾 (*Penaeus chinensis*) 亲虾^[9]等海产虾类的研究结果相似, 符合一般动物的代谢特征. 耗氧量与体质量相关式 $C_0 = am^b$. 式中, 指数 b 称为代谢的体质量指数, b 值的大小反映代谢受体质量变化影响大小, 无论种间或种内, b 值的在大小还因环境条件的不同而异^[10]. 一般甲壳动物耗氧量的 b 值约为 0.67~1.00^[11]. 在适宜的环境条件下, 罗氏沼虾幼体的 b 值为 0.83^[12], 幼虾为 0.63^[6]. 本研究中罗氏沼虾亲虾的 b 值仅为 0.57, 低于一般甲壳动物, 也低于同种的幼体和幼虾, 由此可见, 即使是同一种的动物, 虽均处于适宜的环境条件下, 其 b 值也会随着发育、生长阶段的不同而变化.

罗氏沼虾的 NH₃-N 排泄率与体质量的关系同样为指数曲线负相关, 这与日本沼虾^[7]相同, 但与耗氧量相比, NH₃-N 排泄率与体质量的关系式 $R_N = am^b$ 中的指数 b 的绝对值比前

者高出数倍,说明 $\text{NH}_3\text{-N}$ 排泄率对体质量的变化更为敏感。

温度对罗氏沼虾亲虾的耗氧率的影响,呈极显著的正相关,这与以往对日本沼虾(*M. nipponense*)^[7]、斑节对虾(*Penaeus monodon*)^[13]和红螯螯虾^[14]等幼虾的研究结果相似,罗氏沼虾生长最适温度范围为 $25\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[15],本研究中,在最适温范围内($24\sim 28\text{ }^{\circ}\text{C}$),耗氧率的 Q_{10} 值最小,意味着此时亲虾对温度变化并不敏感。当温度偏离最适温范围时, Q_{10} 值增大,尤其是在低温区($20\sim 24\text{ }^{\circ}\text{C}$), Q_{10} 值最大,说明此条件下温度变化对亲虾耗氧率有较大的影响,另一方面,在 $20\sim 28\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内,各温度间的 Q_{10} 值随水温升高而减少,但在 $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ 与 $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间, Q_{10} 值并不继续减少反而有所增大,反映出其耗氧率随水温的变化规律并不完全遵循Van't Hoff定律。在十足目甲壳类中,中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)耗氧率的 Q_{10} 值的变化也有类似现象:在急性升温时,起初 Q_{10} 值随水温升高而减少,当温度超过其适温范围时, Q_{10} 值反而增大^[16],因此,在运用Van't Hoff定律解释耗氧率与温度的关系时,必须注意这一点。

罗氏沼虾的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 排泄率与温度的关系同样为指数曲线正相关,这与董双林等对日本沼虾的研究结果^[7]相同,但与耗氧率相比, $\text{NH}_3\text{-N}$ 排泄率与温度的关系式 $R_N = a\exp(b\theta)$ 中的指数 b 的数值要大于前者,说明 $\text{NH}_3\text{-N}$ 排泄率更容易受到温度的影响。

动物耗氧量与排氮量的原子比称氧氮比。根据氧氮比可以估计甲壳动物能量代谢中供能物质的比例,即,如果完全由蛋白质供能,氧氮比约为7^[17];由蛋白质和脂肪等比例供能,氧氮比约为24^[18];如果完全由脂肪或糖供能,氧氮比将变为无穷大^[19],不同体质量罗氏沼虾亲虾的氧氮比约为11.5~36.1,并随体质量的增大而增大,而体质量20g左右的亲虾,在不同温度条件下,其代谢的氧氮比约为11.4~28.0,并随温度的上升而减少,这说明亲虾以蛋白质、脂肪和糖为能源,且三者的供能比随体质量和温度而变化,与罗氏沼虾同一属的日本沼虾幼虾^[7]的氧氮比约为50~200,比罗氏沼虾亲虾要高得多,且有随水温的升高而增大的趋势,这与本研究结果不同。这种差异可能是由于两物种间的生理生态特性及其所处的发育阶段不同所致。在最适温条件下,罗氏沼虾亲虾与同种的幼虾相比,其能源物质的供能比也大不相同,亲虾主要以蛋白质或脂肪供能,糖次之(表2),而幼虾则主要由糖供能,蛋白质所占的比例很少^[20]。由此可见,即使是同种的动物,处在适宜的环境条件下,其能量代谢的特征也会随个体的发育而发生变化。据此,在研究亲虾的营养和饲料时必须充分考虑到这一点,至于其他虾类,如中国对虾(*Penaeus orientalis*)的亲虾,同样以蛋白质为主要供能物质,其比例约占40%^[9],这与罗氏沼虾亲虾相似。

罗氏沼虾雌体的生物学最小型为10g左右^[15],在适宜的环境条件下,亲虾1年间可多次产卵,其产卵数与体质量成正比,而产卵的时间间隔在不同体质量的亲虾中没有显著性的差异^[3],因此,亲虾体质量越大,其繁殖能力(累积产卵数)就越强。本研究结果表明,在断食情况下,亲虾的基础代谢率、能耗率与体质量呈负相关关系,且各种能源物质的供能比也随体质量不同而变化,由于亲虾在脱壳前后和抱卵后幼体即将孵化时有减食甚至停食的现象^[3]因此,体质量大的亲虾,因其基础代谢率、能耗率低,且主要靠氧化体内的脂肪供能,对环境变化的适应能力就较强,在培育期间,即使因投饵不足或因自身生理原因造成减食或停食,体质量大的亲虾也不易发生衰竭,故此,无论从繁殖或代谢特征来看,个体大的亲虾,在人工育苗生产中无疑具有更大的优越性,另一方面,当温度低于最适温时,亲虾能耗率较低,且主要由脂肪供能,超过最适温时,能耗率增大,且主要靠氧化蛋白质供能,亲虾这种能量代

谢的温度特性提示在人工越冬及繁殖时人为水温的另一层生理意义. 目前国内多数育苗场都在入冬前选择体大健壮的亲虾置于温室中越冬, 水温一般控制在最适范围以下, 在入春后的育苗季节, 则提高水温, 以缩短卵巢的发育周期和幼体的孵化时间. 根据本研究的结果, 在水温较低时, 亲虾的基础代谢率低, 能耗率小, 且主要由脂肪供能, 这样有利于其顺利越冬, 而在育苗季节, 一旦水温调节过高, 亲虾主要靠消耗体内蛋白质来满足较大的能量需求, 此时如有人为的或自身生理的原因造成断食, 亲虾就很容易因此而衰竭. 因此, 在罗氏沼虾亲虾的培育过程中, 越冬期间水温宜控制在 20 °C 左右.

参考文献:

- [1] LING S W. The general biology and development of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man)[J]. FAO Fish Reports, 1969, 3(57): 589~619.
- [2] WICKINS J F, BEARD T W. Observations on the breeding and growth of the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) in the laboratory[J]. Aquaculture, 1974, 3: 159~174.
- [3] 权晋诛. 内水面利用によるオニテナガエビ *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) 生产の基础的研究[J]. 东义大学论文集, 1981, (5): 1~209.
- [4] OMORI M, IKEDA T. Methods in marine zooplankton ecology[M]. New York: John Wiley & Sons Inc, 1984. 173~209.
- [5] 龚茜玲, 钱梓文. 生理学(第2版)[M]. 上海: 上海医科大学出版社, 1992. 135~140.
- [6] NELSON S G, HIRAM W L, KNIGHT A W. Calorie, carbon and nitrogen metabolism of juvenile *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) (Crustacea, Palaemonidae) with regard to trophic position[J]. Comp Biochem Physiol, 1997, 58A: 319~327.
- [7] 董双林, 堵南山, 赖伟. 日本沼虾生理生态学研究I. 温度和体质量对代谢的影响[J]. 海洋与湖沼, 1994, 25(3): 233~237.
- [8] EMMERSON W D. Oxygen consumption in *Palaemon pacificus* (Stimpson) (Decapoda: Palaemonidae) in relation to temperature, size and season[J]. Comp Biochem Physiol, 1985, 81A: 71~78.
- [9] 周洪琪. 中国对虾亲虾的能量代谢研究[J]. 水产学报, 1990, 14(2): 114~119.
- [10] VERNBERG J F, VERNBERG W B. Thermal influence on invertebrate respiration[J]. Chesapeake Sci, 1969, 10: 234~240.
- [11] WOLVENKAMP H P, WATERMAN T H. Respiration[A]. In: WATERMAN T H, ed. The physiology of crustacea(Vol 1)[M]. New York: Academic Press, 1960. 35~100.
- [12] 林小涛, 黄长江, 梁旭方, 等. 摄食、体质量和光照条件对罗氏沼虾幼体氧代谢的影响[J]. 生态学报, 1998, 17(4): 14~17.
- [13] 廖一久, 黄汉津. 台湾经济虾类的呼吸研究 1. 草虾之卵至稚虾期之气氧气消耗量及致死溶氧量[J]. 台湾水产学志, 1975, 4(1): 33~50.
- [14] 陈教煊, 吴志新, 吴青, 等. 澳大利亚红螯虾耗氧率和窒息点的研究[J]. 华中农业大学学报, 1996, 15(3): 270~274.
- [15] 邱黎明, 董国生. 特种淡水水产养殖利用技术[M]. 北京: 人民出版社, 1994. 10~18.
- [16] ZHOU E, DU N, LAI W. The effects of mass temperature and thermal acclimation on the respiration rate of the Chinese freshwater crab *Eriocheir sinensis* (Crustacea: Decapod) [J]. Zool Res, 1995, 16(1): 49~58.
- [17] MAYZAND P. Respiration and nitrogen excretion of zooplankton IV. The influence of starvation on the metabolism and biochemical composition of some species[J]. Mar Biol, 1976, 37: 47~58.
- [18] IKEDA T. Nutritional ecology of marine zooplankton [J]. Mem Fac Fish(Hokkaido Univ), 1974, 22: 1~97.

- [19] CONOVER R I, CORNER E D S. Respiration and nitrogen excretion by some marine zooplankton in relation to their life cycles[J]. J Mar Biol AS Soc UK, 1968, 48: 49 ~ 75.
- [20] CLIFFORD H C, BRICK R W. Nutritional physiology of the freshwater shrimp *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) I. Substrate metabolism in fasting juvenile shrimp[J]. Comp Biochem Physiol, 1983, 74A: 561 ~ 568.

Energy Metabolism of Adult Female *Macrobrachium rosenbergii*

LIN Xiao-tao^{*}, XIE Xiao-yong, ZHONG Jin-xiang, YANG Xiao-xin

Abstract: The adult female *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) with weights ranging from 12.2 g to 39.7 g, were reared in laboratory under a series of temperature, 20, 24, 28 and 32 °C. Their standard metabolism was studied in order to determine the effect of body weight and temperature on metabolism. Both respiration rate (R_0) and excretion rate of ammonia-N (R_N) decreased with increasing body weight (m). The relationships could be expressed as: $R_0 = 1.6393m^{-0.4638}$ and $R_N = 0.7915m^{-1.2780}$, respectively. For adult female of about 20 g, respiration rate and excretion rate of ammonia-N increased with increasing temperature (θ). Relationship between those parameters can be expressed as: $R_0 = 0.1690 \exp(0.1138\theta)$ and $R_N = 0.7 \times 10^{-4} \exp(0.1981\theta)$, respectively. The rate of energy consumption and the ratio of metabolic substrate varies significantly with the body weight and temperature. The rate of energy consumption decreased linearly with increasing body weight. Protein was the dominant metabolic substrate in the lighter groups, but its part in the substrate decreased with increasing body weight. Lipid increased its part in substrate with increasing body weight, and became dominant instead of protein in the heavier groups. Then again, the rate of energy consumption increased with increasing temperature, reaching 4 times higher at 32 °C than at 20 °C. The ratio of metabolic substrate showed that protein was the first, followed by carbohydrate and lipid at 24 and 28 °C, and ratio of protein further increased at 32 °C. However, if temperature went down to 20 °C, lipid became the dominant substrate instead of protein.

Keywords: adult female *Macrobrachium rosenbergii*; energy metabolism; body weight; temperature

^{*} Institute of Hydrobiology, Jinan University, Guangzhou 510632, China