

日本沼虾生理生态学研究

I. 温度和体重对其代谢的影响*

董双林 堵南山 赖伟

(华东师范大学生物系, 上海 200062)

提要 于1992年9—10月对采自上海市的日本沼虾的代谢进行实验研究。结果表明, 1. 温度和体重对日本沼虾的耗氧率、排氨率都有明显的影响; 2. 日本沼虾尿素氮的排泄量约占总排泄氮量的38%; 3. 在小于和大于1.5g的日本沼虾代谢底物中, 蛋白质、糖和脂肪提供的能量比分别为10.4:39.3:50.3和5.2:41.5:53.3; 4. 在10, 15, 20和25℃, 日本沼虾的平均静止能耗量为1.6, 2.2, 3.2和5.0J/(g·h)。

关键词 日本沼虾 温度 体重 代谢

日本沼虾俗称青虾, 是广泛分布于我国的一种较大型淡水虾, 具有较高的经济价值和较大的人工增、养殖潜力。过去有关日本沼虾的一些研究(杞桑, 1977; 施正峰等, 1989; 虞冰如等, 1990; 戈敏生, 1990; Mashiko, 1992; 何林岗等, 1993)对该虾的增、养殖起到了积极的推动作用, 但是, 关于其生物学的许多方面迄今还不十分清楚。鉴于此, 作者拟就日本沼虾生理生态学的多个方面进行研究, 以期为提高该虾增、养殖技术提供理论依据, 并探索甲壳动物生理生态学中的一些重要规律。本文主要报道温度和体重对该虾耗氧率和 CO_2 , $\text{NH}_3\text{-N}$, 以及尿素氮排泄量的影响。

1 材料和方法

1.1 虾的来源和规格 实验于1992年9—10月间进行。日本沼虾(*Macrobrachium nipponense*)均购自上海市农贸市场, 选取其中活泼健壮的个体作为实验材料。根据第二步足是否长于体长的1.2倍来鉴别雌雄(谈奇坤, 1991)。雌性个体体重范围0.7—3.2g, 雄性个体多在3.0g以上。虾体重用MP120-1电子天平称量, 精度至毫克。先将虾在实验室内驯养10d以上, 临实验前停止投喂水蚯蚓2d。

1.2 方法 根据虾的个体大小选用500或1000ml的锥形瓶, 其中装满水, 将单个虾放入后用塑膜封口。锥形瓶均放在1m²水槽中, 用WM2K-O1控温仪控制水温。实验水温为10, 15, 20和25℃4个梯度。根据水温不同在白天持续实验3—6h。

1.3 测定项目 实验前、后测定水中溶解氧, CO_2 , $\text{NH}_3\text{-N}$ 和尿素氮。溶解氧用碘量法滴定。 CO_2 用NaOH滴定。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 用奈氏试剂光电比色测定。尿素氮用高纯度脲酶将尿素降解成 NH_3 , 后再用上法测定。

* 博士后论文。

收稿日期: 1993年2月15日, 接受日期: 1993年6月11日。

2 结果

2.1 温度和体重对耗氧率的影响结果 日本沼虾的耗氧率见表 1, 可看出, 日本沼虾的耗氧率与温度、体重有关系。其耗氧率 [$Q_o, \text{mg}/(\text{g}\cdot\text{h})$] 与温度 ($T, ^\circ\text{C}$) 呈下列正相关关系: $\ln Q_o = 0.0757T - 2.99, r = 0.953, n = 66$ 。经检验, 两者相关达到极显著水平 ($P < 0.01$)。就总体而言, 日本沼虾耗氧率与体重 (W, g) 有如下关系: $\ln Q_o = -0.105 \ln W - 1.56, r = -0.120, n = 66$ 。两者相关达不到显著水平。这可能是由于温度的影响掩盖了体重的作用。用偏相关分析法消除温度的影响后所获得的偏相关系数 $r_{QW\cdot T} = -0.321$, 达到了相关显著水平 ($P < 0.05$)。这表明, 体重也是影响耗氧率的重要因子。

2.2 温度和体重对氮排泄率的影响结果 从表 1 中数据可看出, 日本沼虾 $\text{NH}_3\text{-N}$ 排泄率随水温的提高而增加, 二者关系为: $\ln Q_N = 0.0783T - 1.47, r = 0.563, n = 66$ 。式中, Q_N 为 $\text{NH}_3\text{-N}$ 排泄率 [$\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$]。经检验, 两者相关极显著 ($P < 0.01$)。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的排泄率与体重的关系为: $\ln Q_N = -0.537 \ln W + 0.289, r = -0.555, n = 66$, 相关极显著 ($P < 0.01$)。由此看来, 与耗氧率相比日本沼虾 $\text{NH}_3\text{-N}$ 排泄率对体重的变化更敏感。

在本实验中, 日本沼虾的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 排泄量占总氮排泄物的 62%, 其余为尿素氮。

表 1 日本沼虾耗氧率和 $\text{CO}_2, \text{NH}_3\text{-N}$ 的排放率
Tab.1 Oxygen consumption rates and the excretion rates for $\text{CO}_2, \text{NH}_3\text{-N}$ of *Macrobrachium nipponense*

重 量 (g)	性别	数量 (只)	温度 ($^\circ\text{C}$)	耗氧率 [$\text{mg}/(\text{g}\cdot\text{h})$]	CO_2 [$\text{mg}/(\text{g}\cdot\text{h})$]	$\text{NH}_3\text{-N}$ [$\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$]	$\text{NH}_3\text{-N}/\text{TN}(\%)$
1.24±0.42	♀	4	10	0.127±0.011	0.155±0.014	1.13±0.30	50.4
2.59±0.46	♀	6	10	0.109±0.017	0.137±0.020	0.41±0.14	58.3
4.09±0.68	♂	6	10	0.101±0.018	0.116±0.023	0.41±0.094	58.2
1.30±0.20	♀	4	15	0.157±0.011	0.165±0.010	1.28±0.43	61.5
2.06±0.40	♀	9	15	0.154±0.012	0.170±0.021	0.78±0.18	71.5
4.97±0.83	♂	3	15	0.156±0.002	0.163±0.012	0.64±0.15	64.0
1.07±0.25	♀	3	20	0.238±0.048	0.268±0.051	1.71±0.45	53.4
2.11±0.36	♀	8	20	0.220±0.036	0.240±0.030	0.85±0.16	59.4
4.65±0.74	♂	6	20	0.222±0.021	0.238±0.039	0.97±0.21	61.0
1.30±0.35	♀	4	25	0.390±0.039	0.454±0.032	2.43±0.79	68.8
2.44±0.45	♀	7	25	0.362±0.044	0.441±0.053	1.17±0.33	74.1
4.31±0.75	♂	6	25	0.299±0.031	0.350±0.062	1.12±0.17	64.0

2.3 温度和体重对 O:N 比和能耗量影响的结果 表 2 是不同温度下不同体重的日本沼虾代谢中的 O:N 比、能耗量和其中蛋白质提供的能量比。由表 2 中可见, 小个体雌虾的 O:N 比平均为 70, 而大个体雌虾和雄虾的 O:N 比平均为 142。同时表 2 还表明, 随温度升高日本沼虾能耗量增加, 10, 15, 20 和 25°C 下日本沼虾的平均能耗量分别为 1.6,

2.2,3.2 和 5.01J/(g·h)。就总体而言,随虾体重增加单位体重能耗量减少,蛋白质提供的能量比减小。

表 2 日本沼虾代谢中的 O:N 比、能耗量和其中蛋白质提供的能量比(PPMS)

Tab. 2 The ratio of O:N, energy consumption and the proportion of protein in metabolic substrate (PPMS) in the metabolism of *M. nipponense*

重 量 (g)	性 别	温度 (℃)	O:N	能耗量 [J/(g·h)]	PPMS (%)
1.24±0.42	♀	10	50	1.83	15.1
2.59±0.46	♀	10	136	1.58	5.5
4.09±0.68	♂	10	136	1.44	6.1
1.30±0.20	♀	15	66	2.20	11.7
2.06±0.40	♀	15	123	2.17	6.2
4.97±0.83	♂	15	137	2.18	5.7
1.07±0.25	♀	20	65	3.38	11.7
2.11±0.36	♀	20	134	3.09	5.7
4.65±0.74	♂	20	122	3.11	6.3
1.30±0.35	♀	25	97	5.56	7.8
2.44±0.45	♀	25	200	5.21	3.8
4.31±0.75	♂	25	150	4.26	5.1

3 讨论

3.1 温度、体重同耗氧率、排 NH₃-N 率的关系 结果中得知,温度和体重对日本沼虾的耗氧率都有明显的影响,温度与耗氧率正相关,而体重与耗氧率负相关。日本沼虾耗氧率与体重、水温的复合关系符合下列模式: $Q_o = 0.0561W^{-0.128}e^{0.0759T}$, 经 F 检验, 相关极显著 ($P < 0.01$)。该模式解释了耗氧率变异的 93%。

NH₃-N 排泄率的变化与耗氧率的变化类似,其与体重和温度的关系符合下列模式: $Q_N = 0.426W^{-0.586}e^{0.0671T}$, 该方程解释了 NH₃-N 排泄率变异的 80%, 经 F 检验, 相关极显著 ($P < 0.01$)。

从表 1 中可见,雄性虾的平均重量比雌性虾的大一倍多,但其耗氧率却仅稍低于较大个体雌虾的。也就是说,雄性和雌性个体合在一起并不完全符合代谢强度与身体表面积呈比例的规则。这一现象是由于该虾雌、雄个体在代谢强度上的差异产生的。在实验中,雄性个体同雌性个体一样都较安静,很少游动,因此,它们间的代谢强度差异是由于某些生理因素的作用所致。这种性别上的差异在排 NH₃-N 率、O:N 比和能耗量(见表 2)等方面都有所表现。

3.2 尿素氮的排泄量与代谢蛋白质的关系 在本实验中,日本沼虾尿素氮约占所测总排泄氮(NH₃-N 加尿素氮)的 38%。过去的研究表明,多数甲壳动物含氮代谢物中绝大多数为 NH₃,个别的甲壳动物排泄物中有相当量的尿素 (Parry, 1960; Clifford et al., 1983)。本研究结果说明,在研究日本沼虾的能量代谢时尿素是氮代谢物中不容忽视的成

分, 否则将可能产生较大偏差。

关于水生甲壳动物排尿素的原因和机制仍不十分清楚。从过去对水生和陆生腹足类、昆虫的研究来看, 水生者主要以排氨为主; 而陆生者则以其它成分为主。Alexander (1979) 认为, 这是因为氨的水溶解度很高, 水生者很易通过扩散作用将其排出体外; 陆生者则需要保持体内水分和由于氨的毒性较大等原因, 而以尿素等形式排出更适合。日本沼虾不存在保水问题, 可能同氨的毒性关系也不大, 因而很可能同食物或代谢底物的代谢过程有关。Parry (1960) 也曾报道, 甲壳动物的排泄成分与其食物成分有关。在本实验中, 小个体虾代谢底物中蛋白质较多(见表 2), 其排泄的尿素氮量(40.1%)也多于大个体虾尿素氮的排泄量(35.1%)。由此看来, 日本沼虾排泄的尿素较多可能同其代谢的蛋白质的质和量有关。

3.3 代谢底物和静止代谢水平体重的关系 象其它动物一样, 日本沼虾以体内的碳水化合物、脂肪和蛋白质为供能物质, 这里称为代谢底物。生物体代谢底物不同, 其代谢产物也会发生变化, 如 O:N 比和呼吸商都会变化。日本沼虾代谢的 O:N 比变化在 50—200 之间, 小个体虾的 O:N 比小一些(见表 2); 呼吸商平均为 0.83, 变化范围在 0.72—0.96。根据蛋白质、脂肪、糖的热价 (Mayzalld, 1976; Clifford et al., 1983; 周衍椒等, 1987) 和实测的呼吸商、耗氧率、排氮率, 经过计算得知, 在小于和大于 1.5g 的日本沼虾代谢底物中, 蛋白质、糖和脂肪提供的能量比分别为 10.4:39.3:50.3 和 5.2:41.5:53.3。可见这些虾主要以体内的糖和脂肪为能源, 这一情况类似于罗氏沼虾 (*M. rosenbergii*) 的结果 (Clifford et al., 1983), 而与中国对虾 (*Penaeus chinensis*) 的结果差别较大(周洪琪, 1990)。本实验中个体较小的虾消耗蛋白质较多, 这必然导致小个体虾在长期停食后早于大个体虾衰竭。

实验虾停止投喂 2d, 肠道已基本排空, 而且将日本沼虾放入锥形瓶中其很快就平静下来, 很少游动。因此, 本实验所测虾的代谢水平可粗略地代表其静止代谢水平。小于和大于 1.5g 的日本沼虾的静止代谢水平分别平均为 3.2 和 2.9J/(g·h), 而且随水温提高其静止代谢水平迅速提高(见表 2)。

参 考 文 献

- 戈敏生, 1990, 日本沼虾的若干繁殖习性, 甲壳动物学论文集(第二辑), 青岛海洋大学出版社, 39—43。
何林岗等, 1993, 日本沼虾幼体摄食量及生长的研究, 海洋与湖沼, 24(2): 151—156。
杞 桑, 1977, 青虾产卵周期的观察, 水生生物学集刊, 6(2): 191—196。
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。
周衍椒、张镜如, 1987, 生理学, 人民卫生出版社(北京), 254—258。
施正峰等, 1991, 水温对日本沼虾摄食的影响, 水产学报, 15(4): 338—343。
谈奇坤, 1991, 几种淡水虾雌雄鉴别, 淡水渔业, 5: 14—16。
虞冰如、沈 斌, 1990, 日本沼虾饲料最适蛋白质、脂肪含量及能量蛋白比的研究, 水产学报, 14(4): 321—327。
Alexander, R. M., 1979, The Invertebrates, Cambridge University Press, pp. 280—285, 420—424。
Clifford, H.C. and Brick, R. W., 1983, Nutritional physiology of the freshwater shrimp *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) I. Substrate metabolism in fasting juvenile shrimp, *Comp. Biochem. Physiol.*, 74A(3): 651—668。
Mashiko, K., 1992, Genetic egg and clutch size variations in fresh-water prawn population, *Oikos*, 63: 454—458。
Mayzalld, P., 1976, Respiration and nitrogen excretion of zooplankton IV. The influence of starvation on the metabolism and the biochemical composition of some species, *Mar. Biol.*, 37: 47—

58.

Parry, G., 1960, Excretion, *In the Physiology of Crustacea* Vol. 1, Metabolism and Growth, ed. by Waterman, T.H., Academic Press, pp. 341—365.

STUDIES ON THE PHYSIO-ECOLOGY OF *MACROBRACHIUM NIPPONENSE*

I. EFFECTS OF TEMPERATURE AND BODY WEIGHT ON METABOLISM

Dong Shuanglin, Du Nanshan, Lai Wei

(Department of Biology East China Normal University, Shanghai 200062)

ABSTRACT

The studies on the effect of temperature and body weight on the metabolism of *Macrobrachium nipponense* collected from Shanghai were conducted during Sept. to Oct., 1992. The experimental results showed that (1) oxygen consumption rate and $\text{NH}_3\text{-N}$ excretion rate were affected significantly by water temperature and body weight; (2) the amount of urea-N excretion of the shrimp in the experiment was about 38% of total excreted nitrogen; (3) the energy ratio of protein, carbohydrate and lipid in metabolic substrate of the shrimp smaller than 1.5g was 10.4:39.3:50.3, and that of the shrimp bigger than 1.5g was 5.2:41.5:53.3; (4) the metabolic rates of the shrimp under temperature of 10, 15, 20 and 25°C were 1.6, 2.2, 3.2 and 5.0 J/(g·h), respectively.

Key words *Macrobrachium nipponense* Temperature Body weight
Metabolism