

日本沼虾生理生态学研究

II. 温度和体重对能量收支的影响*

董双林 堵南山 赖伟

(华东师范大学生物系, 上海 200062)

提要 于1993年3—5月对采自上海市的日本沼虾的能量收支进行研究。结果表明, 其日摄入能量 $[C, J/(g \cdot d)]$ 主要受水温 $(T, ^\circ C)$ 和体重 (W, g) 影响, 它们的关系式为: $C = 26.7 W^{-0.389} e^{0.167T}$; 在蜕壳间期, 其摄食摇蚊幼虫时摄入能量有6.2%以粪便排掉, 37.0%被用于生长, 1.4%作为氨和尿素被排泄, 其余55.4%被呼吸代谢; 随水温提高其摄入能量中用于生长的比例减小, 用于呼吸的比例增加。

关键词 日本沼虾 生物能量学 水温 体重

生物能量学作为研究能量在生物体内转换的学科是当前生理生态学中热门分支学科, 但在水生动物学的各个分支发展很不平衡。国内外众多学者在鱼类生物能量学方面作了大量的出色的工作(例如, 崔亦波, 1989; 谢小军等, 1991), 而水生无脊椎动物, 特别是虾、蟹方面的研究较少。鉴于此, 作者以我国重要的淡水经济虾类之一——日本沼虾为实验材料, 研究水温和体重对其食物摄入能和蜕壳间期各组中分配的影响, 旨在了解其生物能量学中的一些基本规律, 为增、养殖提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 实验材料 本实验于1993年3月至5月进行。日本沼虾(*Macrobrachium nipponense*)均购自上海市农贸市场, 选其中活泼健壮的个体作为实验材料。虾体重为0.647—5.128g。实验前将虾在设计水温下驯养一周左右, 实验前停食2d。

1.2 实验方法 实验设15, 20, 25和30 $^\circ C$ 等4个温度梯度。每一温度选10尾不同规格的日本沼虾分养于10个盛14L自来水的玻璃水族箱内。为保持水温一致, 这10个水族箱全部放在一个1m²的玻璃水槽中, 水温用控温仪控制。实验分别是当室外白天最高气温接近实验设计水温时期进行。

每天过量投喂摇蚊幼虫2次, 收集粪便、残饵2次。为便于比较, 所有虾的测定结果均为蜕壳间期的, 即待虾表现出食欲明显减退(蜕壳前的征兆)时停止该虾的实验。每尾虾一般持续喂养7—10d(天, 全文同)。

实验前、后分别测定水中的NH₃-N和尿素N, 计算虾的排N量。

1.3 能值测定 摇蚊幼虫、虾体和粪便的能值均是将它们于80 $^\circ C$ 烘干后用氧弹仪测

* 博士后论文。

收稿日期: 1993年6月26日, 接受日期: 1994年1月9日。

定。根据摄食量、虾体增重量和粪便量,计算虾的摄食能(C)、生长能(G)和粪便能(F)。排泄能(U)包括排泄的氨和尿素能。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 用奈氏试剂光电比色法测定。尿素 N 用高纯度脲酶将尿素降解成 NH_3 后,再用奈氏试剂光电比色法测定。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的能值为 24.83 J/mg, 尿素 N 的能值为 23.03J/mg(Elliott, 1976)。呼吸能(R)根据下式计算:

$$R = C - G - F - U。$$

2 结果和讨论

2.1 摄食能和影响因子 不同温度下大于和小于 1.5g 的日本沼虾的日粮、日摄食能和干重增重率的测定结果见表 1。很明显,随温度升高,小于 1.5g 虾的日粮由 3.62 逐渐升至 15.7 百分体重,同样,大于 1.5g 虾的日粮也由 1.83 逐渐升至 10.5 百分体重。同样的温度下,大于 1.5g 的虾的日粮明显低于小于 1.5g 虾的日粮。

表 1 日本沼虾的日粮、摄食能和增重率

Tab. 1 Ration, energy consumption and growth rate of *M. nipponense*

温度 ($^{\circ}\text{C}$)	体重 (g)	数量 (尾)	日粮 (%/d)	C [J/(g·d)]	增重率 [dryW/(%·d)]
15	1.174±0.270	6	3.62±1.27	103±36.2	0.877±0.452
15	3.205±0.865	4	1.83±0.48	56.3±4.42	0.551±0.093
20	1.037±0.365	5	12.2±2.65	334±71.6	2.59±0.241
20	2.826±0.933	5	8.52±3.28	236±87.7	1.91±0.485
25	0.995±0.302	4	14.4±2.51	408±70.3	3.62±1.64
25	2.862±1.273	6	9.80±2.21	321±105	2.01±1.06
30	0.961±0.279	6	15.7±4.13	545±127	5.94±1.22
30	2.457±0.511	4	10.5±2.44	368±87.5	4.83±0.951

日本沼虾摄食能也随温度升高而增加(见表 1),随体重增加而减少。摄食能的自然对数 $\ln C$ 与水温 $T(^{\circ}\text{C})$ 正相关, $r = 0.827, n = 40$ 。经检验,两者相关达到极显著水平 ($P < 0.01$)。体重的自然对数 $\ln W$ 与 $\ln C$ 呈负相关关系, $r = -0.393, n = 40$ 。相关达不到极显著水平,这很可能是由于温度的影响掩盖了体重的作用所致。用偏相关分析法消除温度的影响后所获得的偏相关系数 $r_{CW \cdot T} = -0.468$, 相关达到了极显著水平 ($P < 0.01$)正说明了这一点。

日本沼虾摄食能 C 同体重 W 和温度 T 的关系符合下列经验公式:

$$C = 26.7W^{-0.389}e^{0.106T}$$

该方程解释了其摄食能变异的 77.3%,经检验,相关达到极显著水平 ($P < 0.01$)。

2.2 摄食能的分配 日本沼虾摄食能向各组分分配的比例见表 2。不难看出,排泄能(氨和尿素)是能量支出中最小的部分,本实验中为摄食能的 1.4%。这一结果较一般鱼类的实验结果低(崔亦波,1989)。虾、蟹类这方面研究很少,Paul 等(1989)曾报道阿拉斯加的一种蟹(*Chionoecetes bairdi*)排泄能不足摄食能的 1%(见表 3),其结果与本实验的接近。

表 2 日本沼虾摄食能的分配

Tab. 2 Energy budget in *M. nipponense*

温度(°C)	C[J/(g·d)]	F(% ,C)	U(% ,C)	R(% ,C)	G(% ,C)
15	84.1±36.1	7.88±3.40	2.24±0.65	30.2±7.95	59.7±9.72
20	285±91.6	5.83±1.79	0.94±0.22	53.9±8.04	39.3±7.66
25	356±98.7	6.76±2.23	1.01±0.28	63.7±16.0	28.5±15.7
30	474±141	4.16±1.31	1.41±0.32	73.9±9.84	20.5±9.58

表 3 日本沼虾和某些水生动物的能量分配

Tab. 3 Patterns of energy allocation in *M. nipponense* and some aquatic animals

种 类	F(% ,C)	U(% ,C)	R(% ,C)	G(% ,C)	资料来源
鱼类					
真鲂	5.7	4.2	65.9	24.2	Cui 等(1988)
甲壳动物					
日本沼虾	6.2	1.4	55.4	37.0	本文
<i>Chionoecetes bairdi</i>	10	<1	60	30	Paul 等(1989)
蚤状溞	76.1—93.4			3.9—13.2	Richman(1958)
<i>Orconectes virilis</i>	5—30			16—21	Jones 等(1983)
<i>Pacifastacus leniusculus</i>	50			15.5	Mason(1975)
<i>Cherax tenuimanus</i>	17			58	Villarreal (1991)
<i>Porcellio spinicornis</i>	2.5			27.4	Bukhari 等(1984)

日本沼虾摄食摇蚊幼虫时有 6.2% 的能量未被同化, 而作为粪便排出体外。Cui 等(1988)在研究真鲂时发现, 当其摄食水丝蚓 (*Enchytraeus*) 时, 作为粪便的能量为摄食能的 5.7%, 两者差别不大。Jones 等(1983)在研究一种螯虾 (*Orconectes virilis*) 时发现, 其对不同饵料生物同化率相差很大(见表 3), 其摄食配合饲料时粪便能占 29.6%, 而摄食鱼时粪便能占 5%。本实验中, 日本沼虾摄食摇蚊幼虫, 但在自然水体中当其表现出杂食性时其对食物的同化率会低一些, 即粪便能会比本实验结果相对多一些。

日本沼虾的呼吸能随温度的升高而占摄食能的比例增加(见表 2), 平均值为 55.4%。

2.3 生长能 日本沼虾的生长是本研究中最关心的问题之一。表 1 中列出了实验期间其干重的日增重率结果。从表 1 中不难看出, 其日增重率随温度的上升而增加, 并随体重的增加而减少。

日本沼虾用于生长的能量平均为摄食能的 37%, 并且随着温度的提高, 其用于生长的能量比例减少(见表 2)。粪便能和排泄能也都有随温度提高而比例减少的趋势(见表 2), 而只有呼吸能随温度提高而比例增加, 因此, 生长能比例的增加源于呼吸能比例的减少。Cui 等(1988)对真鲂的研究表明, 在摄食不受限制时, 其能量分配模式不受温度的影响。本实验中日本沼虾的食物都是过量投喂的, 因此, 其能量分配方式是其生物能量学的特点。这一分配方式是其越冬后的春季表现出的特殊的生物能量学适应性还是周年都具有的规律性还需进一步研究。

本实验研究的是该虾蜕壳间期的生长和能量分配规律。甲壳类的能量积累主要在这一时期进行,这段时间不仅体重增加而且体内干物质的比例增加,即水分减少。实验前、后虾体重的干湿比见表 4。实验前虾的干湿比平均为 0.231,实验后增至 0.246。关于包括蜕壳期在内的日本沼虾生物能量学规律作者将另文¹⁾报道。

表 4 日本沼虾实验前、后体重的干湿比

Tab. 4 Ratio of dry and wet weight of *M. nipponense* before and after the experiments

温度 (°C)	实验前			实验后		
	数目	平均干湿比	标准差	数目	平均干湿比	标准差
15	11	0.245	0.0149	10	0.240	0.0095
20	10	0.231	0.0117	10	0.252	0.0058
25	10	0.229	0.0196	10	0.244	0.0166
30	10	0.218	0.0124	10	0.248	0.0173

3 结论

作者对体重为 0.647—5.128g 的日本沼虾在 15, 20, 25 和 30°C 下的能量收支研究表明: 随水温提高虾的日粮平均由 2.9% 升至 13.6%, 而且随体重增加日粮相对减少。该虾日摄食能 C 同体重 W 和温度 T 关系式为: $C = 26.7W^{-0.389}e^{0.106T}$ 。在蜕壳间期该虾排泄能占摄食能的 1.4%, 且有随温度升高而减少的趋势; 粪便能占摄食能的 6.2%, 并随温度升高而比例下降; 呼吸能占摄食能的 55.4%, 并随温度升高而比例上升。在蜕壳间期该虾生长能占摄食能的 37%, 且随温度升高而比例下降。在蜕壳间期该虾不仅体重增加而且体内干物质的比例增加, 即水分减少。

参 考 文 献

- 崔亦波, 1989, 鱼类生物能量学的理论和方法, 水生生物学报, **13**(4): 369—383。
 谢小军、孙儒泳, 1991, 鱼类的特殊动力作用的研究进展, 水生生物学报, **15**(1): 82—90。
 Bukhari, N.A. and Alikhan, M.A., 1984, The energy budget of *Porcellio spinicornis* (Porcellionidae, Isopoda) under laboratory conditions, *Arch. Int. Physiol. Biochem.*, **92**(2):73—80。
 Cui, Y. and Wootton, R.J., 1988, Pattern of energy allocation in the minnow, *Phoxinus phoxinus* (L.) (Pisces: Cyprinidae), *Funct. Ecol.*, **2**:57—62。
 Elliott, J.M., 1976, Energy losses in the waste products of brown trout (*Salmo trutta* L.), *J. Anim. Ecol.*, **45**: 561—580。
 Jones, P.D. and Momot, W. T., 1983, The bioenergetics of *Orconectes virilis* in two pothole lakes, *In* Freshwater Crayfish V, ed. by Goldman, C.R., Avi Publishing Company, Inc. (Westport, Conn.), pp. 192—209。
 Mason, J.C., 1975, Crayfish production in a small woodland stream, *In* The Second International Symposium on Freshwater Crayfish, ed. by Avault, J.W., Louisiana State University (Baton Rouge), pp. 449—479。
 Paul, A.J. and Fuji, A., 1989, Bioenergetics of the Alaskan crab *Chionoecetes bairdi* (Decapoda: Majidae), *J. Crustacean Biol.*, **9**(1): 25—36。
 Richman, S., 1958, The transformation of energy by *Daphnia pulex*, *Ecol. Monogr.*, **28**(3): 273—291。

1) 董双林等, 1994, pH 值和钙浓度对日本沼虾生长和能量收支的影响, 水产学报, **18**(2)。

Villarreal, H., 1991, A partial energy budget for the australian crayfish *Cherax tenuimanus*, *J. world Aquacult. Soc.*, 22(4): 252—259.

STUDIES ON THE PHYSIO-ECOLOGY OF *MACROBRACHIUM NIPPONENSE*

II. EFFECTS OF TEMPERATURE AND BODY WEIGHT ON ENERGY BUDGET

Dong Shuanglin, Du Nanshan, Lai Wei

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

ABSTRACT

The studies on the energy budget of *M. nipponense* collected from Shanghai were conducted during Mar. and May, 1993. The experimental results showed that (1)energy consumption [$C, J/(g \cdot d)$] was affected by water temperature ($T, ^\circ C$) and body weight (W, g); the relationship was: $C = 26.7W^{-0.389}e^{0.106T}$; (2)during the period of intermolt, the mean proportions of consumed energy allocated to faecal production, growth, excretion and metabolism were 6.2%, 37.0%, 1.4% and 55.4%, respectively; (3)the proportion of the energy allocated to growth reduced in response to the increase of water temperature, and that to metabolism increased in response to the increase of water temperature.

Key words *Macrobrachium nipponense* Bioenergetics Temperature
Body weight