

温度对中国对虾能量分配和元素组成的影响

张 硕 王 芳 董双林

(国家教委水产养殖开放实验室, 青岛海洋大学, 266003)

摘 要 于1995年8月~10月, 在20℃、25℃和30℃下, 以日本刺沙蚕为饵料, 测定中国对虾的能量分配和元素组成(CNH)。结果表明, 水温30℃时呼吸能显著增大($P < 0.05$), 占摄食能的77.8%。三个温度下平均能量分配比例为: 排泄能2.27%, 粪便能3.46%, 蜕壳能4.19%, 生长能22.27%, 呼吸能67.73%。呼吸能的变化对生长能影响显著。元素组成以20℃含量最高, 虾体能值也最大。C/N值变化表明, 随温度升高, 脂肪作为中国对虾能量代谢的能源物质比例增大。

关键词 中国对虾, 日本刺沙蚕, 温度, 能量分配, 元素(CNH)

近些年我国和世界上许多国家和地区的高度集约化养虾业由于发展和管理不当, 产生了严重的环境和病害问题, 先后大幅度减产^[1]。从生态学的角度分析当前的养虾池塘系统可以看出, 如果养虾的饵料系数为2~3, 则该系统对投入能量的利用率仅为13%~18%^[10], 这无疑会对养虾池塘自身及对浅海生态系统造成污染。为提高输入养虾池塘的能量利用率人们正在探索综合养殖, 以期多层次、多渠道利用虾池能量。中国对虾是我国养虾池塘中的主体, 但人们对其生物能量学规律的研究很少。为最大限度地发挥其生长潜能, 提高输入能量的利用率和加强养殖系统生态学的研究, 我们开展了中国对虾生物能量学的研究。本文是该系统研究之一, 报道温度对其能量分配和元素组成的影响。

1 材料和方法

1.1 实验材料 实验于1995年8月~10月进行, 实验虾来源于青岛市郊的养虾池塘。选取健康活泼的个体, 虾平均湿重为 $10.449 \pm 4.047\text{g}$ 。

1.2 实验方法 实验设计20℃、25℃、30℃三个温度水平, 实验前将虾在设计水温下驯养5天, 并在实验前停食2天, 排空肠道中的粪便。每一温度下分别随机取7尾虾, 用MP-120型电子称称重(湿重, 精确至0.001g), 单独饲养在14L的玻璃水族箱内。同时各取沙蚕和5

收稿日期: 1997-01-20。

* 山东省自然科学基金项目(Q95TX0732)和国家自然科学基金重点项目(39430150)资助。

尾虾做对照,称重后在 70℃ 下烘干至恒重,用以估算实验开始时沙蚕和虾的干重(g)和能量含量(KJ/g)。室内温度接近设计温度时进行实验,电热器加温,用 WMZK-01 型温度指示控温仪控温。水族箱连续充气,每隔 2 天换水三分之一,光照采用室内自然光。

每天各水族箱过量投喂日本刺沙蚕 2 次并收集残饵,用吸管收集粪便 3 次,以确定摄食量和排粪量,每次收集的残饵和粪便烘干后保存。实验前在每个设计水温下,分别测定 5 尾虾在一定时间内的排氨率,以便计算实验期间虾的总排氨量。每尾虾一般持续喂养 10-14 天,完成一次蜕壳周期。

1.3 能量测定 沙蚕、虾体、虾壳和粪便的能值均是将它们在 70℃ 下烘干至恒重后,用日本岛津公司生产的 CA-3 型自动弹式能量仪测定。根据测定的能值以及摄食量、虾体干物质增重量和排粪量,分别计算出中国对虾的摄食能(C)、生长能(G)、蜕壳能(E)和粪便能(F)。排泄能(U)应包括排泄的氨和尿素能,实验中测定不出中国对虾的尿素排泄量,因此尿素的含能量忽略不计。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 用次溴酸钠氧化法测定,其能值为 24.83J/mg^[6]。呼吸能(R)根据下式计算: $R=C-G-F-U-E$

中国对虾摄食沙蚕的能量同化率和转换效率分别根据下式计算:

$$\text{能量同化率} = \frac{\text{摄食能} - \text{排粪能}}{\text{摄食能}} \times 100\%$$

$$\text{能量转换效率} = \frac{\text{生长能}}{\text{摄食能}} \times 100\%$$

1.4 C、N 和 H 的测定 沙蚕、虾体、粪便和虾壳烘干至恒重后,用美国 PE-240C 型元素分析仪测定样品中的 C、N 和 H 的含量。

2 结果和讨论

2.1 中国对虾摄食沙蚕的能量同化率和转换效率

表 1 不同温度下中国对虾和沙蚕的比能值及摄食沙蚕的能量同化率和转换效率

Table 1 Energy contents, assimilation rate and conversion efficiency of *P. chinensis*

温 度 Temperature (℃)	能量含量 Energy contents (KJ/gdw)			同化率 Assimilation rate (%)	转换效率 Conversion efficiency (%)
	沙 蚕 Polychaete worm	虾 Shrimp	粪 便 Faecal		
20	21.506	19.665	10.818	95.56 ± 1.89	26.98 ± 5.08
25	21.506	18.493	4.435	96.42 ± 1.36	25.69 ± 9.75
30	21.506	18.284	4.351	97.66 ± 0.99	15.67 ± 9.27

由表 1 可以看出,每克干沙蚕的含能量为 21.506KJ,明显大于对虾体内的含能量。在三个实验温度下,中国对虾对沙蚕都具有高的能量同化率,平均为 96.59%,而且随着温度的升高同化率有增大的趋势。中国对虾对沙蚕的能量转换效率随温度的升高而下降。经方差分析,温度对同化率的影响达不到显著水平($P>0.05$),而对能量转换效率有显著影响($P<0.05$)。在 25℃ 和 30℃ 之间变化最为明显,能量转化效率由 25.69% 减少到 15.67%,经多重检验两者差异达显著水平($P<0.05$)。能量转换效率反映了分配于生长的能量所占的比例,温度对转换效率的影响说明中国对虾的生长能受到温度的影响,特别是较高温度下,这种影响就更加显著。中国对虾对日本刺沙蚕具有很高的同化率,说明沙蚕易于被对虾吸收,是养

虾池塘中很好的能量来源。

2.2 中国对虾摄食日本刺沙蚕的能量分配

能量在各组分中的分配比例见图 1。

在中国对虾的摄食能量分配中,经方差分析检验,温度对中国对虾摄食沙蚕的能量分配有显著影响($P < 0.05$)。呼吸能所占比例最大($P < 0.01$),其次为生长能,蜕壳能、排泄能和粪便能所占比例最小。水生动物的排泄能占能量支出中很小的部分,这一结果已被许多学者证实^[3~5]。中国对虾摄食沙蚕的排泄能支出比例也具有这一特点,并且与日本沼虾摄食摇蚊幼虫(1.4%)和某些鱼类(3%)及优游蟹(2%)^[7]的结果比较一致。

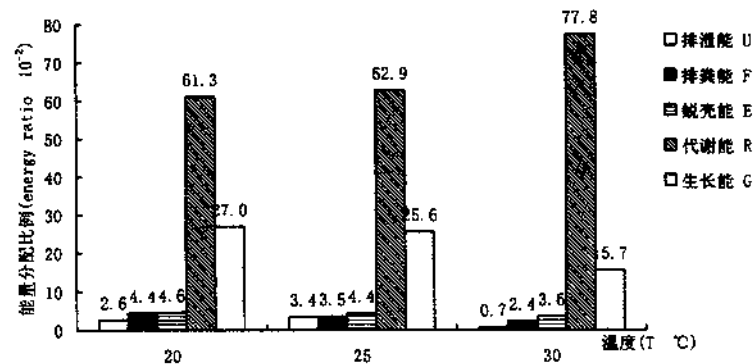


图 1 不同温度下中国对虾的能量分配比例

Fig. 1 Partitioning ratio of energy of *P. chinensis* at different temperature

中国对虾摄食日本刺沙蚕的粪便能占摄食能的比例随温度的升高而减少,但差异不显著($P > 0.05$),平均为 3.46%。蜕壳能变化不大,平均为 4.19%。日本沼虾摄食摇蚊幼虫时的粪便能占摄食能的 6.2%^[3]和摄食螺蛳时为 19.3%^[4]均要高出本实验结果,这可能与日本刺沙蚕蛋白质和能量含量高,对虾易于同化有关(见表 1)。另外,不同的饵料对水生生物的粪便能影响很大,这也在某些鱼类^[5]和 Jones^[8]等研究的一种螯虾时得到证实。

中国对虾的呼吸能是能量支出中最大的一部分,平均为 67.7%,且随温度的升高而增大。在 20℃ 与 25℃ 之间变化不明显,水温超过 25℃ 后呼吸能所占的比例显著增大($P < 0.05$),30℃ 时可达到 77.8%。可以看出呼吸能的变化,对中国对虾的能量分配影响很大,许多学者也报道过某些水生动物中呼吸能是能量分配中最大部分^[3,4]。本研究结果证明中国对虾也具有这一特性,而且支出的比例大于日本沼虾和某些鱼类。

中国对虾用于生长的能量比例随温度的升高呈减少的趋势,由 20℃ 时的 26.98% 下降到 30℃ 时的 15.67%,30℃ 时的生长能比 25℃ 时显著减少($P < 0.05$)。从图 1 可以看出中国对虾的能量分配中,粪便能和排泄能只占摄食能很小的比例,呼吸能所占的比例远远大于上述二者,而且受温度的影响比较显著,因此中国对虾生长能随温度的变化主要取决于呼吸能的改变。

2.3 温度对中国对虾 C、N、H 含量的影响

表 2 日本刺沙蚕和不同温度下中国对虾的 C、N 和 H 的含量及 C/N

Table 2 C, N and H contents and C/N ratio of *Neanthes japonica* and *P. chinensis* at different temperature

元 素 Elements	沙 蚕 Polychaete worm	虾 Shrimp (%)			虾粪便 Faecal (%)		
		20℃	25℃	30℃	20℃	25℃	30℃
C	45.40	43.57	41.88	41.22	22.65	10.11	10.62
N	10.94	11.14	11.58	11.44	2.47	1.54	1.48
H	7.80	7.28	7.06	7.01	3.64	2.05	2.21
C/N	4.15	3.91	3.62	3.60	9.17	6.56	7.19

2.3.1 C 和 N 的含量变化 由表 2 可以看出, 虾体内的 C 含量平均为 42.22%, 而且随温度升高而降低, 20℃ 时的含量明显大于 25℃ 和 30℃ 时的含量。N 含量的变化与 C 不一致, 以 25℃ 时最高, 平均为 11.39%, 其排列顺序为 25℃ > 30℃ > 20℃。H 含量的变化与 C 较为一致, 平均为 7.23%。C、N 和 H 作为生物体内含能物质蛋白质、脂肪和碳水化合物的基本组成元素已被用于含能量的测定, 体内 C、N 和 H 的变化反映了虾体含能量的变化。从表 1 和表 2 可以看到温度对虾体 C、N 和 H 含量的影响与实际测定的不同温度下虾体的含能量变化是一致的, 以 20℃ 时的 C、N 和 H 的总含量最大, 而其能值也最高。

粪便中的 C、N 含量以 20℃ 时最高, 20℃ 时的 C 含量比 25℃ 时高 2.24 倍, 是 30℃ 时的 2.13 倍; N 的含量在 20℃ 时是 25℃ 时的 1.6 倍, 比 30℃ 时高 1.67 倍。这种变化说明, 水温超过 25℃ 后, 中国对虾对 C 和 N 的利用率明显提高。由于温度升高, 中国对虾的代谢强度增大, 能量需求也大大增加, 因此对能量的利用效率也明显提高。

2.3.2 C/N 从表 2 中可以看到对虾体内的 C/N 值在 20℃ 时明显大于 25℃ 和 30℃, 随温度升高而下降, 由 3.91 减少到 3.60。粪便中的 C/N 比值也是 20℃ 时明显高于其它二个温度, 这说明随着温度的升高, 中国对虾对 C 的吸收量大于 N 的吸收量。C 和 N 分别为脂肪和蛋白质的主要组成元素, C/N 作为脂肪和蛋白质比例的指标, 它的变化反映了代谢能量来源物质的变化^[9]。当摄食的沙蚕体内 C/N 比没有改变时, 随温度升高, 中国对虾对 C 的吸收增大, 而虾体内的 C/N 值减小, 这说明随温度上升, 中国对虾以脂肪作为能量来源的比例增大, 温度低于 25℃ 时, 这种变化最为明显。周洪琪^[2]曾报道中国对虾代谢的能量来源是蛋白质和脂肪混合类型的, 以蛋白质为主, 脂肪次之。这与本实验的结果较为一致, 只是随着温度的上升, 中国对虾的代谢耗能增大, 脂肪这种高能量的物质作为代谢能源的比例增大。在中国对虾养殖的高温季节, 适当加大饵料中脂肪的比例, 提高饵料的含能量, 更利于中国对虾的生长。

3 小结

对中国对虾在 20℃、25℃ 和 30℃ 下摄食日本刺沙蚕的能量分配和元素组成(CNH)的研究表明: 中国对虾摄食日本刺沙蚕的同化率随温度升高而增大; 能量转换效率随温度升高而减少, 水温超过 25℃ 时下降显著, 这种变化主要是由呼吸耗能的增加所引起; 在能量分配中, 以呼吸能所占的比例最大, 平均为 67.73%, 随温度的升高显著增大; 生长能所占的比例次之, 随温度升高而下降; 排泄能所占的比例最小, 25℃ 时达到最大; 粪便能所占比例随温度上升而下降, 平均为 3.46%, 蜕壳能平均为 4.19%。C、N 和 H 及 C/N 值随温度的变化反映温度对虾体含能量的影响, 随温度升高, 脂肪作为中国对虾代谢能量来源的比例增大。

参 考 文 献

- [1] 王清印, 1994. 对虾养殖与近岸水环境保护问题. 国外水产, 3: 1-4.
- [2] 周洪琪, 1990. 中国对虾亲虾的能量代谢. 水产学报, 14(2): 114-119.
- [3] 董双林, 1994. 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. 海洋与湖沼, 25(3): 238-242.
- [4] 施正峰, 1994. 日本沼虾能量收支和利用效率的初步研究. 水产学报, 18(3): 191-197.
- [5] 崔奕波, 1989. 鱼类生物能量学的理论与方法. 水生生物学报, 13(4): 369-383.
- [6] Elliot J.M., 1976. Energy losses in the waste products of brown trout (*Salmo trutta* L.). J. Anim. Ecol., 45: 561-580.
- [7] Carlos Rosas and Cedula Vanegas, 1993. Energy balance of *Callinectes rathbunae* Contreras 1930 in floating cages in a tropical coastal lagoon. J. of the World Aquac. Soc., 24(1): 71-79.
- [8] Jones P.D. and Monro W.T., 1983. The bioenergetics of *Orconectes verilis* in two pothole lakes. In Freshwater Crayfish V, ed. By Goldenman C. R., Avi. Publishing company, Inc. (westport, Conn), pp. 192-209.
- [9] Anger K. and K. Schultze, 1995. Elemental composition (CNH), growth and exuvial loss in the larval stages of semiterrestrial crabs, *Sesamia curacaoense* and *Amases mierszi* (Decapoda: Grapsidae). Biochem. Physiol., 111A(4): 615-623.
- [10] Anon, 1993. Asia shrimp News (ASCC). 13: 1-4.

EFFECTS OF TEMPERATURE ON ENERGY PARTITIONING AND ELEMENTAL COMPOSITION (CNH) IN *PENAEUS CHINENSIS*

Zhang Shuo Wang Fang Dong Shuanglin

(Aquaculture Research laboratory of Ocean University of Qingdao, 266003)

ABSTRACT The effects of temperature on energy partitioning and elemental composition (CNH) were studied in *P. chinensis* fed with *Neanthes japonica* from Aug. to Sept. in 1995. The results showed that mean energy proportions of excretion, faecal production, exuvia, growth and respiration were 2.27%, 3.46%, 4.19%, 22.27% and 67.73%. The energy allocated to growth and respiration were significantly affected between by temperature 25°C and 30°C. Elemental composition (CNH) and energy value of *P. chinensis* were the highest at 20°C. C/N ratio indicated that proportion of lipid as energy resource was increased with increasing of water temperature.

KEY WORDS *Penaeus chinensis*, *Neanthes japonica*, Temperature, Energy partitioning, Element (CNH)