

研究简报

中国对虾幼体的能量代谢*

ENERGY METABOLISM OF *PENAEUS ORIENTALIS* LARVAE

周洪琪 顾功超

(上海水产大学, 200090)

Zhou Hongqi and Gu Gongchao

(Shanghai Fisheries University, 200090)

关键词 中国对虾幼体, 能量代谢

KEYWORDS *Penaeus orientalis* larvae, energy metabolism

近年来中国对虾(*Penaeus orientalis*)工厂化育苗技术的进步, 已能使海捕亲虾与养殖越冬亲虾在人工控制的条件下产卵, 然而虾卵孵化之后能否健壮地生长以及如何提高变态存活率, 幼体的饵料起着关键的作用。生物饵料虽然效果好, 但受到培养技术及设备等条件的限制, 因此, 目前育苗生产中的饵料仍以豆浆、蛋黄为主, 辅以少量的生物饵料与配合饵料, 以致幼体的抗病力差, 变态存活率低。所以研究适合于中国对虾幼体营养需求的配合饵料很重要。至今有关日本对虾幼体营养的研究屡见报导, 而中国对虾幼体的营养研究还未有报导。对虾营养的研究方法有分析虾体成分、梯度或正交法设计饲料试验以及能量代谢试验等。周洪琪(1990)通过能量代谢研究中国对虾亲虾的营养。Harris (1959)、Conover和Corner (1968)、Mayzand (1976)、Ikeda (1974)、Regnault (1981)、Dall (1986)曾研究甲壳动物的耗氧与氨氮排泄, 根据氧氮比分析能量代谢中能源的化学本质。本试验通过中国对虾幼体的耗氧和排氮来探讨幼体的能源物质以及能量代谢的变化规律, 从而了解幼体的营养需求。

材 料 与 方 法

本试验于1988及1990年的4~5月先后在浙江奉化我校海水试验场以及江苏大丰县贝苗场进行。试验材料为海捕亲虾产的卵孵化培育而成的各期幼体。溞状幼体(Z)投喂单胞藻、轮虫及蛋黄, 糠虾幼体(M)及仔虾(P)投喂蛋黄及卤虫无节幼体。试验前幼体禁食5小时。

代谢瓶置于控温的水族箱内, 水温调节到培育幼体时的温度(无节幼体N: 20—22°C, Z: 22—24°C, M: 24—26°C, P: 25—27°C)。试验用水为沉淀过滤的天然海水, 盐度20—26‰, pH7.9—8.5, 溶解氧大于6mg/l, 氨氮小于0.2mg/l。每次3—5个代谢瓶同时进行试验, 其中一个为空白的对照瓶, 其余各瓶放置试验幼体, 待幼体适应一段时间后, 用新鲜的水更换代谢瓶内的海水, 然后开始试验, 试验结束

* 但文德、王瑛、杨小强、商金标等同志参加部分试验, 大丰县贝苗场沈学新场长对试验的支持, 一并致谢。

收稿年月: 1991年5月; 同年12月修改。

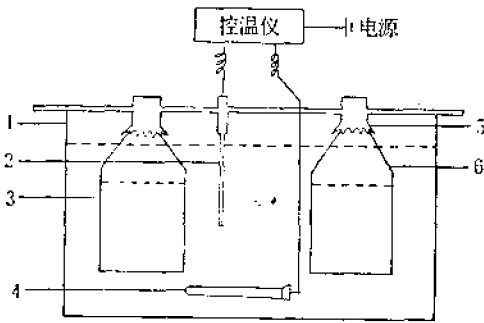


图1 耗氧率测定装置示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the measurement for oxygen consumption

1.水族箱, 2.控温探头, 3.代谢瓶, 4.电热棒, 5.密封薄膜, 6.空白瓶

立即统计每个代谢瓶内的幼体数量。

耗氧率测定装置如图1所示。用石蜡或塑料薄膜密封代谢瓶, 碘量法测定密封前后代谢瓶内水样的溶解氧。

$$\text{耗氧率} = \frac{D - D_0}{Tn} \cdot V \cdot 1000 \text{ (毫克/千尾·小时)}$$

式中: D_0 —空白对照代谢瓶内水样的溶解氧变化量 (毫克/升);

D —有幼体代谢瓶内水样的溶解氧变化量 (毫克/升);

V —试验水的体积(升);

T —试验时间(小时);

n —代谢瓶内幼体的尾数。

蛋白质代谢废物绝大部分是以氨态氮的形式由鳃部排出体外, 所以根据水中的氨氮变化可以近似地计算出幼体的排氮率。由于幼体排泄的氨氮量很少, 所以适当地延长试验时间, 在整个试验期间连续给代谢瓶内的水充氧, 调节对各瓶的送气量直至相同为止, 保证试验幼体获得充足的氧气, 维持正常的代谢活动。采集试验开始以及一段时间以后的水样, 水样经过澄清处理后用纳氏比色法测定氨氮。

$$\text{NH}_3\text{-N 排泄率} = \frac{Q - Q_0}{Tn} \cdot V \cdot 1000 \text{ (微克/千尾·小时)}$$

式中: Q_0 —空白对照代谢瓶内水样的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 变化量(微克/升);

Q —有幼体代谢瓶内水样的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 变化量(微克/升);

V —试验水的体积(升);

T —试验时间(小时);

n —代谢瓶内幼体的尾数。

结果与讨论

(一) 不同发育阶段幼体的耗氧率、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 排泄率及氧氮比

表1指出各期幼体的耗氧率、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 排泄率以及氧与氮之间的克原子之比。对虾幼体的耗氧率随着幼体的生长、变态发育相应地增加, 幼体生命活动中所需要的能量由营养物质氧化提供, 因此耗氧率的增加说明幼体的能量也随之增加。其递增趋势有三个特点。一是从 N_1 到 N_2 的耗氧率成倍增加, N_1 为 0.079 毫克/千尾·小时, N_2 为 0.179 毫克/千尾·小时, 这是由于 N_2 作间歇性运动能力增强所致。二是从 N_4 到 Z_1 的耗氧率也倍增, N_4 为 0.334 毫克/千尾·小时, Z_1 为 0.669 毫克/千尾·小时, 由于无节幼体为内源性营养, 不摄食, 由自身卵黄内的营养物质氧化供能, 溞状幼体开始摄取单胞藻, 因此消化、循环、呼吸等器官系统的活动增加, 同时 Z_1 又能作蝶泳式运动, 所以其能量会倍增。三是仔虾的能量随着幼体生长发育而增加的速度很大, 由于仔虾的游泳器官随着生长日趋完善, 游泳能力增强, 能够捕食小型的浮游动物, 运动越强, 能量的消耗也越多。

对虾蛋白质代谢的废物主要是氨氮, 因此根据幼体的氨氮排泄率可以估计蛋白质的代谢率。幼体的氨氮排泄率随生长、变态发育呈增加的趋势。幼体从 N_1 发育到 N_2 , 其排氮率出现突增, N_1 为 9.13 微克/千尾·小时, N_2 为 22.248 微克/千尾·小时, 说明 N_2 体内蛋白质的代谢量约为 N_1 的 2 倍, 这与此

表 1 中国对虾幼体的耗氧率、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 排泄率及氧氮比
 Table 1 oxygen consumption, ammonia-N excretion and ratio of oxygen and nitrogen in *P. orientalis* larvae

发育期	试验组数	耗氧率 (毫克/千尾·小时)	$\text{NH}_3\text{-N}$ 排泄率 (微克/千尾·小时)	氧氮比 (O/N)
N_1	2	0.079	9.13	7.5
N_2	7	0.179 ± 0.020	22.248 ± 8.030	7.04
N_3	3	0.268 ± 0.092	33.220 ± 9.634	7.06
N_4	8	0.334 ± 0.007	35.088 ± 3.822	8.34
Z_1	8	0.669 ± 0.054	36.188 ± 5.422	16.18
Z_2	8	0.728 ± 0.101	38.105 ± 8.068	16.72
Z_3	4	0.827 ± 0.031	40.236 ± 9.438	17.98
M_3	9	1.071 ± 0.086	43.283 ± 6.217	21.65
P_1	6	1.258 ± 0.051	59.925 ± 2.962	18.37
P_2	8	1.785 ± 0.055	60.073 ± 14.677	26.00
P_3	10	2.171 ± 0.101	—	—
P_4	5	2.301 ± 0.079	66.047 ± 5.943	20.48
P_5	6	2.758 ± 0.039	87.708 ± 31.296	27.51

发育阶段的耗氧率变化是一致的。幼体从 N_1 到 M_3 的排氮率是逐渐递增,其变化趋势与耗氧率的变化不完全相同,如 Z_1 的排氮率比 N_4 稍有增加,而 Z_1 的耗氧率约为 N_4 的 2 倍,说明 Z_1 体内仅仅由蛋白质氧化提供能量已经不能满足其需要,同时还有其它营养物质氧化供能。仔虾的排氮率随着生长而迅速增加。

Harris (1959) 等学者提出,根据氧氮比可以估计甲壳动物能量代谢中能源物质的化学本质。Mayzand (1976) 认为完全由蛋白质氧化供能的氧氮比约为 7。本试验无节幼体的氧氮比为 7.04—8.34,此外,由耗氧率来估计 N_2 的总能量约为 N_1 的 2 倍,由排氮率估计 N_2 体内的蛋白质代谢量也约为 N_1 的 2 倍,所以蛋白质是无节幼体的唯一能源。Ikeda (1974) 提出由蛋白质和脂肪氧化供能的氧氮比约为 24。Conover 和 Corner (1968) 提出如果主要由脂肪或碳水化合物供能,氧氮比将变大甚至达无穷大。本试验中,蚤状幼体的氧氮比为 16.18—17.98,说明蚤状幼体的能源以蛋白质为主,同时氧化脂肪提供部分的能量。糠虾幼体及早期仔虾的氧氮比为 18.37—30.48,所以蛋白质作为能源的比例逐渐减少,对脂肪的利用相应地增加,同时还利用少量的碳水化合物。由此可见,不同发育期的幼体在能量代谢中对于营养物质的利用是不同的,随着幼体的生长,蛋白质被氧化供能的比例逐渐减少,用于生长的蛋白质相应地增加,同时幼体对于脂肪和碳水化合物的利用能力随着生长而逐渐提高,由此确保了幼体生命活动中的能量需求。

(二) 溶氧水平对能量代谢的影响

表 2 和图 2、表 3 和图 3 分别表明仔虾(P_{12})和幼虾(体长为 2.5cm)的耗氧率与水环境溶氧水平的关系。水环境溶氧在较低水平时,对虾的耗氧率与溶氧水平有显著的相关性,耗氧率随着溶氧水平的升高而增加。当溶氧水平高于某水平,耗氧率不再因溶氧水平而有明显的变化。这是由于水中的溶氧水平直接影响水与鳃内血液之间的氧分压差,因此影响了氧气自水向血液扩散的速度。低溶氧水平使幼体的摄氧能力下降,机体的能量代谢也因此而处于较低水平,这是幼体对低氧环境的适应。当溶氧水平逐步升高,在鳃部水与血液之间的氧分压差相应增大,氧气扩散的速度加快,幼体的摄氧能力及能量代谢水平也就相应提高。然而由于幼体呼吸面的限制,其摄氧能力不可能随着溶氧水平而无限制的提高,因此在溶氧达到某水平时,幼体的摄氧、耗氧及能量代谢就不受溶氧水平的影响。这与谢宝华等 (1982)

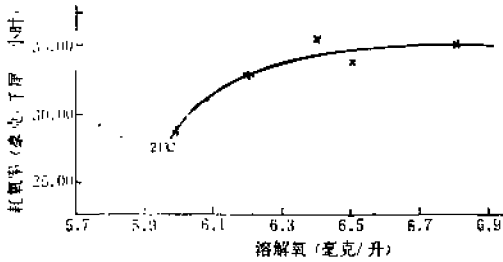
图2 P₁₂的耗氧率与溶氧水平的关系(21°C)

Fig. 2 Relationship between oxygen consumption of P₁₂ and levels of dissolved oxygen(21°C)

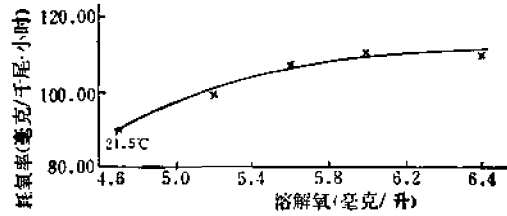


图3 幼虾的耗氧率与溶氧水平的关系(21.5°C)

Fig. 3 Relationship between oxygen consumption of Juvenile prawn and levels of dissolved oxygen (21.5°C)

表2 P₁₂的耗氧率与溶氧水平的关系(21°C)

Table 2 Relationship between oxygen consumption of P₁₂ and levels of dissolved oxygen(21°C)

溶氧水平(毫克/升)	6.9	6.8	6.5	6.4	6.2	6.0	5.7
耗氧率(毫克/千尾·小时)	35.87	35.42	33.78	35.54	33.13	28.90	29.24

表3 幼虾的耗氧率与溶氧水平的关系(21.5°C)

Table 3 Relationship between oxygen consumption of juvenile prawn and levels of dissolved oxygen (21.5°C)

溶氧水平(毫克/升)	6.4	6.0	5.6	5.2	4.7
耗氧率(毫克/千尾·小时)	110.64	115.74	107.66	100.00	90.58

对养成期的中国对虾的试验结果相似。

(三) 摄食对能量代谢的影响

仔虾(P₈)在 24°C 水温的条件下, 禁食 5 小时后的耗氧率为 8.866 ± 0.037 毫克/千尾·小时, 而摄食后的耗氧率为 11.037 ± 0.220 毫克/千尾·小时, 由于摄食使仔虾额外消耗的能量达 24.5%。说明对虾幼体与其它高等动物一样, 也存在食物的特殊动力作用, 因此在研究对虾幼体配合饲料时必须考虑到这部分额外的能量。

参 考 文 献

- 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.
- 谢宝华等, 1982. 对虾在不同温度下的耗氧率. 海洋渔业, 4(6):253—256.
- Conover, R. I. and E. D. S. Corner, 1968. Respiration and nitrogen excretion by some marine zooplankton in relation to their life cycles. *J. Mar. Biol. Assoc.*, U. K. 48: 49-75.
- Dall, W. and D. M. Smith, 1986. Oxygen consumption and ammonia-N excretion in fed and starved tiger prawns *Penaeus esculentus* Haswell. *Aquaculture*, 55: 28-33.
- Harris, E., 1959. The nitrogen cycle in Long Island Sound. *Bull. Bingham Oceanogr.*, Collect. 17:31-65.
- Ikeda, T., 1974. Nutritional ecology of marine zooplankton. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 22: 1-97.
- Mayzand, P., 1976. Respiration and nitrogen excretion of zooplankton. IV. The influence of starvation on the metabolism and biochemical composition of some species. *Mar. Biol.*, 37: 47-58.
- Regnault, M., 1981. Respiration and ammonia excretion of the shrimp *Crangon crangon* L.: metabolic response to prolonged starvation. *J. Comp. Physiol.*, 141: 549-555.