

研究简报

水温对日本沼虾摄食的影响*

EFFECTS OF WATER TEMPERATURE ON THE FEEDING OF *MACROBRACHIUM NIPPONENSES*

施正峰 梅志平 孙 敬 Shi Zhengfeng Mei Zhiping and Sun Jin

(上海水产大学, 200090)

(Shanghai Fisheries University, 200090)

徐良海

Xu Lianghai

(山东省青州市仁河水库管理局, 262504)

(Qingshou Renhe Reservoir Administration

of Shandong Province, 262504)

关键词 水温, 日本沼虾, 摄食

KEYWORDS water temperature, *Macrobrachium nipponenses*, feeding

日本沼虾是我国主要的淡水经济虾类, 其人工养殖业正在迅速发展。但由于目前采用的养殖工艺与技术尚不完善, 不能满足其生态习性要求, 单位面积产量还很低。因此, 进行经济虾类生态学尤其是摄食生态学的研究对于充分发挥饲料的营养作用, 降低饲料系数, 提高养殖业的经济效益是非常重要的。本文报导日本沼虾摄食生态学的一些研究结果。关于经济虾类摄食生态学的研究, 张乃禹(1983)研究了不同体长、体重对虾的摄食量; Grahama (1983)综述了甲壳动物摄食机制, 包括摄食方式, 同化效率及饵料密度对摄食的影响。水温是影响动物摄食的主要环境因子之一, 但水温对经济甲壳动物摄食影响的专题尚少见报道。因此, 本试验试图从不同水温条件下的摄食量, 胃排空时间, 代谢变化以及在一昼夜内摄食强度的变化来探讨水温对日本沼虾摄食的影响。从而确定日本沼虾正常生长水温范围和最佳摄食水温范围。

材 料 和 方 法

实验用虾从市场购得, 它的体长体重分别为 $4.1 \pm 0.2\text{cm}$ 和 $2.21 \pm 0.27\text{g}$, 试验水槽系体积为 $50 \times 30 \times 40\text{cm}$ 的循环过滤水族箱。

1. 水温对日本沼虾日摄食率的影响 温度试验设6个组, 分别为10、15、20、25、30和32℃, 根据一天内投入螺肉量和残饵量的差值计算出日摄食量。投饵量与体重之比为摄食率。

2. 水温对日本沼虾胃内含物排空速率的影响 将实验虾放入恒温透明玻璃水槽中, 投入足够的饲料, 饱食后将残饵排尽。立即取样, 解剖胃含物称重。以后每隔1.5—4小时重复取样, 直到胃内含物排

* 在计算机应用方面得到本校曹渠江老师的热情指导和帮助, 罗其智同志为本实验的制冷机上安装控制装置。在此一并致谢。

收稿年月: 1991年1月; 同年6月修改。

空为止,记录时间,即为胃含物排空时间,实验水温分别为 15、20、25 和 30°C。

3. 日本沼虾的摄食节律 实验开始前将虾驯养 1—2 周,每天早上 8:00—9:00 和 18:30—19:30 各过量投饵一次,饲养水槽中保证全天有饲料供应。实验水温为 25°C,将虾分成 6 组,每组设 2 个重复试验,每隔 4 小时取样一组,计算 4 小时内摄食量及该时间区间内的胃内含物重量。

4. 水温对日本沼虾耗氧率的影响 实验水温设 10、15、20、25 和 30°C 五个试验组。耗氧率 (mg/kg/hr) 的测定,按北京师范大学等 (1983) 测定方法略加修改后进行。使用美国 Yellow Spring Inc. 生产的 YSI 57 型溶氧测定仪,连续 24 小时测虾的耗氧率。

结 果

(一) 不同水温对日本沼虾日摄食率的影响

水温 10—32°C 区间内日本沼虾的日摄食率如表 1 所示:从表中可以看出,在 10—30°C 范围内,日本沼虾的日摄食率随水温升高而增加,到 32°C 时,日摄食率不再上升。在 10°C—30°C 范围内温度与日本沼虾日摄食率之间的关系如图 1 所示。水温与日本沼虾的日摄食率之间呈显著的直线相关, $Y = 0.1328X + 0.2719$, $r = 0.9805$ 。(X = 水温, Y = 摄食率)

表 1 不同水温下日本沼虾的日摄食率

Table 1 Food consumption rate of *M. nipponenses* at different water temperature

温度(°C)	10	15	20	25	30	32
日摄食率(%)	1.75±0.96	2.18±1.23	2.6±1.18	3.7±0.5	4.96±0.98	4.08±0.63

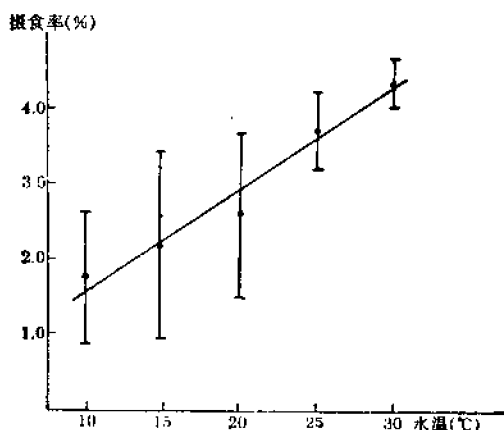


图 1 水温与日摄食率之间的关系

Fig. 1 Relationship between water temperature and food consumption rate

(二) 水温与日本沼虾的食物排空速率之间的关系

不同水温下描述胃内含物重量与排空时间的关系的回归方程列于表 2。从表中可以看出,温度越高,排空时间越短。

表2 不同温度下胃内含物重量(Y)与排空时间(T)关系的回归方程式
Table 2 Regression equations on the relationship between weight of gastric content and evacuation time at different water temperature

温度(℃)	排空时间(hr)	方程式 $Y = a \times \text{Exp}(BT)$	相关系数
15	13.0	$Y = 2.2346 \times \text{Exp}(-0.08642 \times T)$	-0.7286
20	12.5	$Y = 6.07 \times \text{Exp}(-0.1659 \times T)$	-0.9583
25	7.5	$Y = 6.3790 \times \text{Exp}(-0.4078 \times T)$	-0.8363
30	8.0	$Y = 6.5503 \times \text{Exp}(-0.8657 \times T)$	-0.9033

(三) 日本沼虾的摄食节律

日本沼虾一昼夜内不同时刻的摄食率及胃内含物重量百分比的测定结果如表3所示。从表3可以看出,日本沼虾一昼夜内出现三次明显的摄食高峰,它们分别在8:00—12:00,16:00—20:00和00:00—04:00,出现摄食高峰时间间隔为8小时。

表3 24小时内摄食率及胃内含物重量变化
Table 3 Variation of food consumption and weight of gastric content during 24 hours period

时 间	摄食率(%)	胃内含物占体重百分比(%)	采样时间
8:00—12:00	5.35	4.00	12:00
12:00—16:00	0.29	2.57	16:00
16:00—20:00	2.74	2.60	20:00
20:00—00:00	1.20	0.074	00:00
00:00—04:00	2.40	1.073	04:00
04:00—08:00	0.61	0.36	08:00

(四) 不同水温下日本沼虾的耗氧率

不同水温下日本沼虾的耗氧率如表4所示。在10—30℃范围内,日本沼虾的耗氧率随水温升高而升高的关系式为: $Y = 68.8241 \times \text{EXP}(0.7655 \times T)$ (Y=耗氧率,T=水温℃,其关系如图2所示。

表4 不同水温下日本沼虾的耗氧率
Table 4 Oxygen consumption rate of *M. nipponenses* at different water temperature

水温(℃)	10	15	20	25	30
耗氧率(mg/kg/hr)	147.5±28.4	220.8±23.3	313.9±46.5	460.2±57.9	692.6±81.5

水温升高10℃,日本沼虾耗氧率的增加倍数(Q_{10})⁽¹⁾的变化如下:水温10—15℃,15—20℃,20—25℃和25—30℃的温度区间的 Q_{10} 分别为2.24,2.02,2.15和2.26,其中,15—25℃区间内 Q_{10} 最小,25—30℃区间内 Q_{10} 最大。

(1) $Q_{10} = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^{\frac{10}{T_2 - T_1}}$, 其中 T_1, T_2 为水温, R_2, R_1 为 T_2, T_1 时的耗氧率,按 Schmidt-nelsen, K., 1983

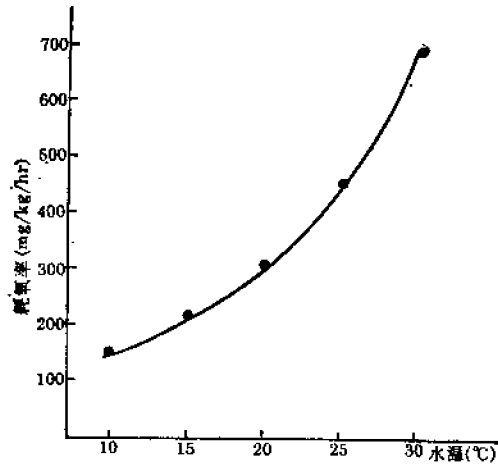


图2 温度与耗氧率之间的关系

Fig. 2 Relationship between water temperature and oxygen consumption rate

讨 论

鱼类实验生态学研究表明,在一定温度范围内,鱼类的摄食量随水温的升高而增加,达到最大值时,再升高水温则摄食量下降(Cui, 1988; Wootton, 1980; Elliott, 1979; Brett, 1979)。Ursin(1967)认为,摄食量随温度升高而增加的水温范围为鱼类正常生长的水温范围。在本实验中,日本沼虾的摄食量在10—30°C范围内随水温升高而增加,当水温上升到32°C时,摄食量不再上升,上升至35°C时,实验虾在1—2天内死亡^[2],这表明,水温超过30°C时,日本沼虾的正常生理功能遭到干扰。因此,10—30°C是日本沼虾正常生长的水温范围。这个实验结果与屈忠湘(1990)的观察结果是一致的。

动物能量学理论指出,动物摄取食物后,将食物中的能量在体内进行分配,其中一部份用于生长,一部份用于代谢消耗,用于消耗的越多,则用于生长和积累的越少。综合水温对日本沼虾的摄食率与耗氧率的影响(图1,图2),可以看出,水温升高,摄食量呈恒定的线性上升,而耗氧率呈指数上升,尤其是在25°C以上时,耗氧率的增加速度更快,这就意味着,日本沼虾在25°C以上水温时由于水温上升引起的代谢消耗的增加量大于从食物中摄取能量的增加量。显然这一水温区间对能量的积累是不利的。

从10—15°C, 15—20°C, 20—25°C和25—30°C内的 Q_{10} 值来看, Q_{10} (15—25)最低,这是一个温度补偿区间。因此,日本沼虾的最适摄食温度应在25°C左右。

胃内含物随时间的变化过程可用两种模型,即指数模型和平方根模型来拟合(崔一波, 1989; 富山突等, 1985; Fänge, and Grove, 1979)。本实验中,我们用指数模型拟合均呈显著相关。将 $Y = a \times \text{EXP}(b \times T)$ 画成直线的话,则系数 a 相当于直线方程的截距,它表示时间为零时的胃含物重量,即饱食量,饱食量反应了动物的自发摄食量,它是衡量动物食欲大小的一个指标(Elliott, 1975; Fänge and Grove, 1979),它与水温之间的关系如图3所示。从图3中可以看出,日本沼虾的食欲在20°C以下时随水温升高而急剧上升;25°C以上时不再上升,这表明,25°C以上时,每餐摄食量受到胃容积的限制,然而日摄食率却一直随水温上升而直线上升,直到30°C时达到最大值。因此,25°C以上时只有通过增加排空速率和增加摄食次数才能增加日摄食率。25°C时,一昼夜内出现三次摄食高峰,间隔时间为8小时,接近水温

(2) 施正峰, 梅志平, 1989, 日本沼虾对温度适应性的研究(手稿)。

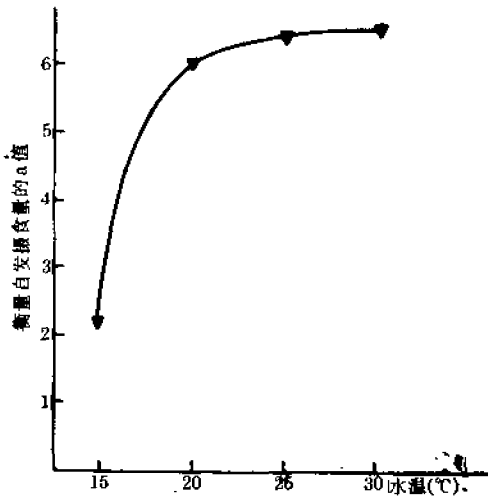


图3 水温对自发摄食量的影响

Fig.3 Effect of water temperature on the voluntary food intake

摄食、消化、排空构成了日本沼虾摄食的全部过程,在这一过程中,伴随代谢消耗。因此完整地,代谢消耗也是摄食过程的一个组成部份。在正常生长水温范围内,水温升高首先使代谢强度增大,代谢强度增大使消化速度加快,胃排空时间缩短,促进食欲的恢复和再次摄食,为满足代谢需要,必需相应增加摄食量,当排空速率明显上升时,动物对于某些需要较长时间才能消化吸收的营养物质,难于被充分利用而被排出体外,因而导致某些营养缺乏症,在比目鱼饲养过程中已经发现由此原因而造成的营养缺乏症(田中克,1938)。这种现象必须在养殖生产中得到应有的重视。

根据水温对日本沼虾摄食的影响,我们认为,日本沼虾正常生长温度范围为 10—30°C, 30°C 以上时不利于其生存,25°C 为其最适摄食温度。水温 25°C 以上时,鉴于其消化速度加快,摄食量较高,养殖生产中应适当增加投饵数量和次数。

参 考 文 献

- [1] 北京师范大学, 华东师范大学, 1983. 水生动物耗氧率测定方法。动物生态学实验指导, 24—32. 高等教育出版社(京)。
- [2] 崔一波, 1989. 鱼类生物能量学的理论与方法。水生生物学, 13(4): 369—383。
- [3] 屈志湘, 1990. 青虾生物学观察。淡水渔业, (1): 3—6。
- [4] 张乃禹等, 1983. 中国对虾的摄食量, 生长率的初步观察。海洋与湖沼, 14(5): 482—487。
- [5] 田中克, 1988. ヒラメ仔稚魚の摂食量と酸素消費量。養殖, 25(2): 106—109。
- [6] 富山実ほか, 1985. 志志伎湾におけるチダイ当歳魚の摂食日周期性と摂食量。日本水産学会誌, 51(10): 1619—1625。
- [7] Brett, J. R., 1979. Environmental Factors and Growth. In W. S. Hoar, D. J. Randall & J. R. Brett (Editors), *Fish Physiology* Vol VI, Academic Press, New York, NY, pp. 599—675。
- [8] Cui Y, and R. J. Wootton, 1988. Bioenergetics of growth of a Cyprinid *Phoxinus phoxinus*, the effect of ration, temperature and body size on food consumption, fecal production and nitrogenous excretion. *J. fish Biol.*, 33(3): 428—431。
- [9] Elliott, 1975. Weight of food and time required to satiate brown trout *Salmo trutta* L. *Freshwat. Biol.*, 5: 51—64。
- [10] —, 1979. Energetics of freshwater teleosts. *Symp. Zool. Soc. Lond.*, 44: 29—61。

25°C时的排空时间(7.5小时)。本研究虽未进行 25°C 以上时的摄食节律实验,但从 25°C 时摄食节律分析,继 16:00 时出现一次摄食高峰后在 00:00 时又有一次摄食高峰,这就意味着在目前的养殖生产中所使用的每日早、晚各投饲一次的方法,在第三次摄食高峰出现时,缺乏饵料供给,这就引起养殖虾的自相残食,增加死亡率。这是甲壳动物饲养过程中经常遇到的问题。因此在水温 25°C 以上的季节宜采用每日三次的投饲方法,尤其是在午夜时的投饲对于提高养虾产量是很有必要的。

Fänge 和 Grove (1979)指出,当鱼类胃排空后,就恢复了食欲,而 Nakamura 和 Echavarria (1989)的研究表明,对虾 (*Penaeus japonicus*) 的摄食节律受内在的生物钟支配的,而外界环境因子在一定程度上也能改变其摄食节律。在本实验中,还没有证据表明日本沼虾的摄食节律是受内在生物钟支配的,而水温的影响是显著的。

- [11] Fänge R. and D. Grove, 1979. Movement of food through the alimentary canal, In W. S. Hoar and D. J. Randall (editors), *Fish Physiology*. Vol. VIII. Academic Press, New York, NY, pp. 192—215.
- [12] Grahame, J., 1983. Adaptive aspects of feeding mechanism, In: W. B. Vernborg (Editor), *Biology of Crustacea*, 8: 65—107. Academic Press, New York, NY.
- [13] Nakamura and Echavarría, 1989. Artificial controls of feeding rhythms of the prawn *Penaeus japonicus*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55(8): 1325—1329.
- [14] Schmidt-nielsen K., 1983. *Animal Physiology: Adaptation and Environment* (3rd edition), Cambridge University Press Cambridge, pp. 225—229.
- [15] Ursin, P., 1967. A mathematical model of some aspects of fish growth, respiration and mortality. *J. Fish Res. Bd. Can.*, 12: 2355—2453.
- [16] Wootton R. J. et al. 1980. Effects of body weight and temperature on the maximum daily food consumption of *Gasterosteus aculeatus* L. and *Phoxinus Phoxinus* L.:selecting an appropriate model. *J. Fish Biol.* 17: 696—705.

请订阅1992年度《水产科技情报》

《水产科技情报》是向国内外公开发行的技术类水产科技刊物，内容着重报道国内外最新科技成果、生产经验、科技发展动态。主要栏目有：海洋渔业、水产养殖、水产品加工、渔业环境保护、渔业机械仪器及渔业经济等。读者对象为水产行业的广大干部、科研人员、水产院校师生、渔工、渔民等。

本刊为双月刊，逢双月底出版，彩色封面、16开32页，每册定价1.00元，全年6.00元。读者请到当地邮局订阅，代号4—204，亦可直接汇款至编辑部订购。

本刊承接广告业务，收费合理、设计讲究。

主 办：上海市水产学会 编辑出版：《水产科技情报》编辑部
上海市水产研究所

地 址：上海市佳木斯路265号 邮政编码：200433

电 话：5483215；5483794 电 挂：8260