

凡纳滨对虾摄食与生长的实验研究

林继辉¹, 李松青^{2,3}, 林小涛², 许忠能²

(1. 湛江海洋大学 水产学院, 广东 湛江 520425; 2. 暨南大学 水生生物研究所, 广东 广州 510632; 3. 广州海洋资源环境监测中心, 广东 广州 510235)

摘要: 在实验室测定了不同条件下凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)的摄食率、生长率及食物转化率,并探讨了体质量和温度等因子的影响。结果表明,温度和体质量对凡纳滨对虾的摄食率及生长率有显著的影响,温度对食物转化率影响不明显。在温度 16~31℃ 的范围内,摄食率及生长率随温度的升高而增加;相同温度下,随个体质量的增加摄食率、生长率及食物转化率下降。凡纳滨对虾摄食率(R_F)、生长率(R_G)和食物转化率(E_F)与温度和体质量的复回归关系分别为: $R_F = 0.461W^{-0.793}e^{0.122T}$ ($r^2 = 0.876, P < 0.01$), $R_G = 0.163W^{-1.398}e^{0.174T}$ ($r^2 = 0.784, P < 0.01$), $E_F = 0.384W^{-0.546}e^{0.046T}$ ($r^2 = 0.529, P < 0.05$)。

关键词: 凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*); 摄食率; 生长率; 温度; 体质量

中图分类号: S962.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3096(2004)08-0043-04

虾类和其它动物一样通过摄食从外界获取能量,其食物摄入量直接影响到能量在体内的分配、利用和生长,因此虾类的摄食是虾类能量学研究中较为关键的环节。虾类的摄食和生长均受诸多环境因素如温度、盐度、光周期和生物因素如虾体大小以及虾的生理状态等的影响^[1-3],因而研究摄食和生长的影响因素可为了解该种虾的生理生态及完善养殖技术提供科学依据。作者以中国重要的海水养殖虾类凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)为研究对象,探讨了温度和体质量对摄食率和生长率的影响。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

实验于 2001 年 12 月~2002 年 5 月在湛江市东海岛荣达水产种苗基地进行。

全部实验用凡纳滨对虾取自基地养殖场的养虾池塘,实验对虾为当年培育的健康活泼的个体,实验前将水温以每天升高 2℃ 的速度调至实验设定温度,并在该温度下驯养 7 d 后开始实验。

实验用对虾饲料为湛江市粤海饲料有限公司生产的粤海牌对虾专用饲料,基本成分为粗蛋白 38%,粗脂肪 6.5%,灰分 9.3%,水分 13.2%。

养殖用海水为经过沉淀和砂滤处理后再用脱脂棉过滤的天然海水。海水盐度 25~27, pH 8.1~8.2。

1.2 实验方法

根据中国华南地区沿海水温年变化范围,实验设计温度分 16, 21, 26, 31℃ 4 个水平,体质量分为约 5, 10, 15, 20, 25 g 等 5 个梯度,共 20 个温度-体质量组合。每一温度-体质量组合下设 3 个平行,每一平行选取 6 尾虾,饲养在 500 mm×380 mm×280 mm 半透明塑料箱内。光照采用室内自然光,最大光照强度为 800 lx。水温通过 TG500DX 型控温仪来控制,温度变幅在 ±1℃ 以内。实验期间连续充气,每隔 2 d 换水 1/3,持续喂养 20 d。试验开始前和结束后将对虾饥饿 24 h,用干纱布吸除体表的水分,用 FA-1004 电子天平称得初始体质量和最终体质量(精确至 0.001 g)。

实验期间每天投饵 3 次(7:00, 14:00, 22:00)。每次投喂 1 h 和 3 h 后用虹吸法分别收集残饵和粪便于孔径

收稿日期:2004-02-12;修回日期:2004-06-08

基金项目:广东省自然科学基金项目(00719)

作者简介:林继辉(1957-),男,广东茂名人,学士,讲师,从事水产养殖教学与研究,电话:13809750863, E-mail: jihuilin@pub.zhanjiang.gd.cn

为 0.063 mm (250 目) 的筛绢网中, 用 0.5 mol/L 的甲酸氨冲洗后放入 70℃ 的烘箱中烘干至恒质量后保存于干燥箱内, 供以后称量用。另称 4 份 5 g 饲料来测定饲料在水中的溶失率。残饵量由饲料的溶失率及干湿质量比较正而得, 每日的摄食量由投饵量与残饵量之差得出。

1.3 数据处理

$R_F(\%)$, $R_G(\%)$ 和 $E_F(\%)$ 分别按以下公式计算^[4]:

$$R_F = 100 \times (W_2 - W_1) / [t \times (W_1 + W_2) / 2]$$

$$R_G = 100 \times C / [t \times (W_1 + W_2) / 2]$$

$$E_F = 100 \times (W_2 - W_1) / C$$

上式中, R_F 为生长率; R_G 为摄食率; E_F 为食物转化率; t 为实验时间; W_1 和 W_2 分别为实验开始和结束时实验虾的体质量(g); C 为摄入的饲料量(g)。

2 结果

凡纳滨对虾在不同条件下的 R_F , R_G 和 E_F 见图 1。

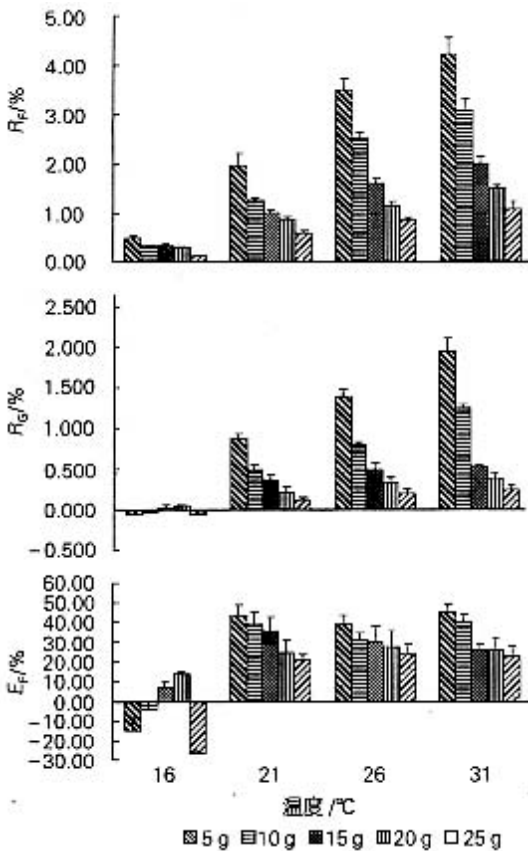


图 1 不同条件下凡纳滨对虾的 R_F , R_G 和 E_F

Fig. 1 Feeding rate, growth rate and food conversion efficiency of *P. vannamei* at different conditions

在 16~31℃ 之间, 体质量 5.216~26.422 g 的凡纳滨对虾的摄食率和生长率随温度升高而增大, 随体质量的增加却减少, 其变幅为: R_F , 0.131%~4.247%, 平均为 1.439%; R_G , -0.073%~1.931%, 平均为 0.470%。总体而言食物转化率亦随温度升高而增大, 随体质量的增加而减少, 但在 21~31℃ 之间不明显, 其变幅为: E_F , -26.36%~45.47%, 平均为 21.50%。

根据两因素方差分析, 温度和体质量对凡纳滨对虾摄食率和生长率有极显著的影响 ($P < 0.01$), 而体质量对食物转化率有显著的影响 ($P < 0.05$)。回归结果表明, 下述模型能较好地表达凡纳滨对虾摄食率、生长率和食物转化率与体质量和温度的复合关系:

$$R_F = 0.461W^{-0.793}e^{0.122T}, (r^2 = 0.876, P < 0.01)$$

$$R_G = 0.163W^{-1.398}e^{0.174T}, (r^2 = 0.784, P < 0.01)$$

$$E_F = 0.384W^{-0.546}e^{0.046T}, (r^2 = 0.529, P < 0.05)$$

3 讨论

3.1 温度和体质量对摄食率的影响

在 16~31℃ 范围内凡纳滨对虾的摄食率都随水温的升高而增大, 当水温达到 31℃ 时, 三者均达到最大值。因 16℃ 已超出凡纳滨对虾生长适温范围的下限, 所以若以 21℃ 凡纳滨对虾的日摄食率为基准, 其它各组的日摄食率与之比较, 结果 26℃ 时的摄食率为 21℃ 的 1.703 倍, 31℃ 的摄食率为 21℃ 的 2.113 倍, 而 16℃ 组的摄食率仅为 21℃ 组的 0.31 倍。本研究用指数函数 ($R = ae^{bT}$) 来拟合摄食率与温度的关系, 相关性极显著。当温度由 16℃ 升高到 31℃ 时, 凡纳滨对虾摄食率平均上升 5~7 倍。摄食率随温度的升高而增大的原因是在达到温度上限前, 在适温范围内水温升高会使代谢率提高, 能量需求增大, 同时酶活力增加而使消化速度加快的缘故。

摄食率与体质量一般为幂函数 ($R = aW^b$) 关系, 这一模型已被用于多种不同的虾类。凡纳滨对虾的摄食率随体质量的增大而下降, 其它虾类也有类似的规律。关于动物摄食率随体质量上升而下降这一现象的生物学机理有不同的解释。Ursin 用相似于静止代谢的“体表面积法则”来解释这一现象; 而 Cui 等^[6]认为, 对于摄食率来说, 内源性控制比消化道表面积所起的作用更为重要; 谢小军等^[7]指出, 所以会出现这种现象是由于较小的动物代谢强度较高, 能量消耗的程度大, 其食欲相对较旺盛的原因。

3.2 温度和体质量对生长率的影响

温度直接影响对虾的新陈代谢速率,在适温范围内,温度越高,对虾的新陈代谢越快,生长速度也越快。Menz 等^[8]研究结果凡纳滨对虾的生长最适宜温度是 27~32℃,而 Lester 等^[9]认为是 29~31℃。本研究结果表明,温度在 31℃ 时凡纳滨对虾的生长率最高,26℃ 次之,21℃ 时生长较慢,而在 16℃ 温度下饲养时,生长停滞甚至出现负增长。31℃ 温度组的生长率是 26℃ 组的 1.279 倍,是 21℃ 组的 2.747 倍。温度对凡纳滨对虾的生长有着显著性影响,湛江地区养殖对虾一般可以养三季,其中最理想的是第 2 季,在 6 月中旬,该时期气温、水温都在 26℃ 以上,对虾成养期大部分处在最适宜生长环境,生长较快,60 d 左右即可收获上市。

3.3 温度和体质量对食物转化率的影响

食物转化率是指摄取的食物能分配给生长能量的比例,是营养生理研究中的一个重要内容。食物转化率与水温、养殖对象的生长发育阶段等因素密切相关,提高食物转化率不仅能提高饲料利用率,降低生产成本,同时可减少动物粪便对养殖水环境的污染。

本研究表明,除在 16℃ 温度下凡纳滨对虾生长停滞或负增长而导致食物转化率过低或出现负值以外,在 21~31℃ 范围内凡纳滨对虾的食物转化率不受温度的影响,而中国对虾在 20~30℃ 范围内其食物转换率随温度的升高而下降^[10],这和本研究结果有明显差异。凡纳滨对虾为暖水性虾类,能适应较高的水温。而中国对虾为温水性虾类,在水温较高时其食物转换率降低主要是由于呼吸代谢耗能的急剧增大,导致摄食的能量分配于生长的比例减少所造成。

在本实验设定的体质量和温度范围内,凡纳滨对虾的食物转化率受体质量的影响较为显著。凡纳滨对虾的食物转化率在 5 g 体质量时最大,平均为 42.85%,而在 25 g 体质量时下降到 22.22%,食物转化率随体质量的增大显著下降。这可能是虽然体质量与生长率和摄食率都呈负相关关系,但随体质量增大

凡纳滨对虾生长率下降的幅度大于摄食率下降的幅度的原因。张硕等^[10]报道中国对虾(体质量范围 0.2~11 g)的食物转化率不受体质量变化影响。两个不同研究结果除了实验对虾的体质量范围有较大差异外,是否与不同虾种的生理生态特性有关,其机理有待进一步探讨。

参考文献:

- [1] 李广丽,朱春化,周歧存[J].不同蛋白质水平的饲料对南美白对虾生长的影响[J].海洋科学,2001,25(4): 1-4.
- [2] 周歧存,郑石轩,高雷,等.投喂频率对南美白对虾(*Penaeus vannamei* Boone)生长、饲料利用及虾体组成影响的初步研究[J].海洋湖沼通报,2003,2: 64-68.
- [3] 刘立鹤,郑石轩,徐焕新,等.蜕壳素对凡纳滨对虾生长及表观消化率影响[J].湛江海洋大学学报,2003,23(4): 30-36.
- [4] 吴立新,董双林,田相利.中国对虾继饥饿后的补偿生长研究[J].生态学报,2001,21(3): 452-457.
- [5] Alberto N, Parsons J P, Jay G. Size-related feeding and gastric evacuation measurements for the Southern brown shrimp *Penaeus subtilis*[J]. *Aquaculture*, 2000, 187(1-2): 133-151.
- [6] Cui Y, Liu J. Comparison of energy budget among six teleostes I. Food consumption, faecal production and nitrogenous excretion [J]. *Comp Biochem Physiol*, 1990, 96 A: 163-171.
- [7] 谢小军,孙儒泳.南方鲇的最大摄食率及其与体重和温度的关系[J].生态学报,1992,12(3): 225-231.
- [8] Menz A, Bowers A B. Bionomics of *Penaeus vannamei* Boone and *Penaeus stylirostris* Stimpson in a lagoon on the Mexican Pacific coast [J]. *Estuar Coast Mar Sci*, 1980, 10: 685-697.
- [9] Lester L J, Pante M J. Penaeid temperature and salinity responses [A]. Fast A W, Lester L J. *Marine shrimp culture: principles and practices* [C]. Amsterdam: Elsevier, 1992. 515-534.
- [10] 张硕,董双林,王芳.中国对虾同化率和转换效率的初步研究[J].水产学报,1999,23(1): 99-103.

Study on ingestion and growth of shrimp, *Litopenaeus vannamei*

LIN Ji-hui¹, LI Song-qing^{2,3}, LIN Xiao-tao², XU Zhong-neng²

(1. College of Fishery, Zhanjiang Ocean University, Zhanjiang 524025, China; 2. Institute of Hydrobiology, Jinan University, Guangzhou 510632, China; 3. Guangzhou Marine Resources & Environmental Monitoring Center, Guangzhou 510235, China)

Received: Feb., 12, 2004

Key words: *Litopenaeus vannamei*; ingestion rate; growth rate; temperature; body weight

Abstract: The effects of temperature and body weight on ingestion rate, growth rate and food conversion efficiency of *Penaeus vannamei* were studied in laboratory. The experimental results indicate that ingestion rate and growth rate are correlated positively with water temperature and negatively with the body weight, but there weren't notable effects on the food conversion efficiency of *P. vannamei* with water temperature. Relative relationship can be expressed by following multiple regression equations: $R_F = 0.461W^{-0.793}e^{0.122T}$ ($r^2 = 0.876, P < 0.01$), $R_G = 0.163W^{-1.398}e^{0.174T}$ ($r^2 = 0.784, P < 0.01$), $E_F = 0.384W^{-0.546}e^{0.046T}$ ($r^2 = 0.529, P < 0.05$).

(本文编辑:刘珊珊)

(上接第 42 页)

The study of the stability of phycobilisomes in algae, *Spirulina platensis*

ZHANG Xi-ying¹, LIU Lu-ning¹, CHEN Xiu-lan¹, ZHANG Yu-zhong¹, ZHOU Bai-cheng^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Microbial Technology, Shandong University, Jinan 250100, China; 2. Institute of Oceanology, The Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China)

Received: Feb., 5, 2004

Key words: *Spirulina platensis*; phycobilisomes; fluorescence spectra; stability

Abstract: The effects of ionic strength, phycobiliprotein concentrations, pH and dextran on the stability of the phycobilisomes in *Spirulina platensis* were studied by room temperature fluorescence emission spectra measurement. The phycobilisomes with 0.6~1.2 g/L phycobiliprotein concentrations exhibited high stability and did not easily dissociate. The fluorescence emission maxima were between 676 nm and 681 nm. The phycobilisomes were unstable and readily dissociated into various subparticles under low ionic concentration (< 0.75 mol/L). The speed and the degree of dissociation were increased with the decrease of the ionic concentration. Phycobilisomes in buffer solution at pH 7 were stable and slightly dissociated. But at pH 5, 6, 8 or 9, it showed that phycobilisomes exhibited stable within broad pH range. When 10% dextran was added into the phycobilisomes solution, the phycobilisomes could keep intact for 30 days at 20°C, it could be concluded that dextran had protection effect on the stability of phycobilisomes.

(本文编辑:张培新)