

不同光源及光照时间对凡纳滨对虾生长的影响

游奎^{1,2}, 刘鹰¹, 杨红生¹, 刘石林¹, 俞立东¹

(1. 中国科学院海洋研究所, 山东青岛, 266071; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要:以黑暗条件作为对照, 研究了白炽灯、日光灯、金卤灯作为照明光源及不同光照时间对凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)生长的影响。实验对虾初始平均质量为 $2.108 \text{ g} \pm 0.036 \text{ g}$ (均值 \pm 标准误), 投喂的饲料为海跃牌全价人工配合饲料, 实验持续 50 d。结果表明: (1) 凡纳滨对虾在金卤灯照明的条件下生长最快 ($P < 0.05$), 在日光灯的连续照明下生长最慢 ($P < 0.05$), 在其他的光照条件下与黑暗对照的情况下其生长没有显著差异 ($P > 0.05$)。其中, 金卤灯照明条件下凡纳滨对虾的特定生长率比日光灯连续照明时要快 55.89%。(2) 具昼夜节律日光灯、15 W 白炽灯照明及 15W 连续照明的条件下, 凡纳滨对虾的摄食率与黑暗对照组无显著差异 ($P > 0.05$), 在日光灯连续照明时其摄食率显著低于黑暗对照组 ($P < 0.05$), 在 200 W 白炽灯及金卤灯照明时凡纳滨对虾摄食率显著高于黑暗对照组 ($P < 0.05$), 但黑暗对照组的摄食率并不是零; 说明视觉虽不是凡纳滨对虾主要觅食手段, 但视觉是其辅助觅食手段。(3) 在具昼夜节律低功率白炽灯照明、高功率白炽灯及日光灯持续照明的条件下, 凡纳滨对虾的食物转化率较低 ($P < 0.05$)。其他光照条件下凡纳滨对虾的食物转化率与黑暗对照无显著差异 ($P > 0.05$), 但以金卤灯照明条件下食物转化率最高。(4) 研究表明, 凡纳滨对虾在金卤灯照明时具有较高的生长速度缘于其较高的摄食率和食物转化率; 在日光灯持续照明的条件下, 凡纳滨对虾的摄食率和食物转化率均较低, 因而此条件下凡纳滨对虾生长得较慢。因此, 进行对虾室内养殖时, 金卤灯是首先的照明光源, 而日光灯作为照明光源是不适宜的。

关键词: 凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*); 生长; 光源; 光照时间

中图分类号: S966 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3096(2005)05-0001-05

光照是一个重要的环境因素, 动物的生长虽然不象植物那样受光照决定性的作用, 但光照条件对动物的生长亦具有重要的影响。人们对此进行了较多的研究, 已发现光照的不同对水生动物的行为、摄食、生长有较大的影响^[1,2], 光照对水生动物卵巢的成熟、生长和繁殖也有明显的影响^[3~8]。前人关于光照因素对对虾的影响多集中于繁殖和幼体发育等方面, 亦有关于光照条件对对虾生长的报道^[9,10]。这些相关研究采用的光源多是日光灯, 关于不同光源对对虾的影响较少见到报道。特别是在集约化养殖成为大势所趋的情况下, 采用何种光源及照明方式作为照明条件在对虾集约化室内养殖中是一个相当重要的决策。作者研究了白炽灯、日光灯、金卤灯、黑暗条件及不同光照周期对凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)生长的影响, 希冀能够为对虾的室内集约化养殖提供一定的参考和指导作用。

1 材料与方 法

1.1 材料来源

凡纳滨对虾购自青岛市郊养虾场, 体长 5~6 cm, 对虾初始个体质量平均为 $2.108 \text{ g} \pm 0.036 \text{ g}$ (均值 \pm 标准误)。

1.2 实验设计

研究采用了 15 W 白炽灯、200 W 白炽灯、日光灯、金卤灯作为光源进行照明, 前 3 种光源分别采取了 24 h 连续光照和模拟昼夜节律(14 h 光照 + 10 h 黑

收稿日期: 2004-03-18; 修回日期: 2004-05-16

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目(ZKCX2-211); 中国科学院海洋所知识创新项目(L400223108)

作者简介: 游奎(1977-), 男, 河南信阳人, 博士研究生, E-mail: ykmch@hotmail.com; 杨红生, 通讯作者, 研究员, 博士生导师, E-mail: hshyang@ms.qdio.ac.cn

暗)两种光照方式,并以黑暗条件作为对照,共计8个处理,每个处理3个重复。各处理采用规格为25 cm×35 cm×45 cm玻璃缸中养殖实验对虾,玻璃缸置于规格为50 cm×150 cm×135 cm木质暗室中,暗室顶部安装照明光源,各处理条件见表1。照度采用上海学联仪器厂生产的ZDS-10型水下照度计测定,调整光源及实验缸位置,尽可能地使各重复的照度相同。

表1 实验条件

Tab.1 The experimental setup

光源种类	光照方式	光源个数	光源功率 (W)	照度 (lx)	处理 代号
白炽灯	具昼夜节律	2	15	18	1
白炽灯	昼夜恒照	2	15	18	2
金卤灯	具昼夜节律	1	200	2 500	3
黑暗对照					4
白炽灯	具昼夜节律	2	200	450	5
白炽灯	昼夜恒照	2	200	450	6
日光灯	具昼夜节律	1	40	210	7
日光灯	昼夜恒照	1	40	210	8

1.3 实验管理

对虾运回后,实验用水条件下驯化10 d。采用千分之一电子天平(上海精密科学仪器有限公司,JA2003N)测量对虾个体质量,随机地分配到各实验缸中。对虾初始湿个体质量平均为2.108 g±0.036 g(均值±标准误),每个实验缸放养凡纳滨对虾6尾,连续

充气增氧。每天早上6:00和下午18:00投喂,实验用的饲料为市售的海跃牌高密度系列对虾配合饲料中虾二号。每次投喂3 h后,将残饵、粪便吸出,并加以分离,脱盐,65℃下烘干保存。发现对虾蜕皮后,及时将蜕皮捞出,烘干保存。每2d全部换水一次。实验用水为沉淀砂滤自然海水,盐度29~32,水温随季节有所变化(21~30℃)。实验期间常规水质指标符合渔业水质标准,溶解氧大于6 mg/L,铵态氮小于0.2 mg/L,亚硝态氮小于0.7 mg/L,pH变化在7.8~8.5之间。

1.4 数据分析

特定生长率 G_s (%/d)、摄食率 F_I (%/d)和食物转化效率 F_C (%)按下列公式计算:

$$G_s = 100 \times (\ln W_2 - \ln W_1) / T$$

$$F_I = 100 \times F / [T(W_2 + W_1) / 2]$$

$$F_C = 100 \times (W_2 - W_1) / F$$

式中: W_2 , W_1 是结束和初始时对虾鲜活个体的平均质量(g), T 为实验持续的时间(d), F 为摄食量(g)。

所得数据采用反正弦函数转换,经方差齐性检验后,采用SPSS10.0统计软件单因子方差分析及Duncan多重比较进行分析处理,以 $P < 0.05$ 作为差异显著水平。

2 结果

实验结果见表2,从表中可以发现各处理之间的特定生长率、摄食率及食物转化率均有所不同,有些处理之间相互差异达到显著程度。

表2 各处理的特定生长率、摄食率,食物转化率及存活率

Tab.2 The data of specific growth rates, food intakes, feed conversion efficiency and survival rates

处理代号	对虾个体平均鲜质量(g)		G_s (%/d)	F_I (%/d)	F_C (%)	存活率 (%)
	开始	结束				
1	2.133±0.109	4.717±0.397	1.590±0.103 ^{ab}	3.040±0.101 ^b	11.613±0.424 ^a	93.33±4.08
2	2.185±0.114	5.485±0.333	1.731±0.031 ^{bc}	2.989±0.073 ^{ab}	12.783±0.425 ^{ab}	90.00±6.67
3	2.008±0.075	6.171±0.231	2.220±0.121 ^e	3.332±0.100 ^c	14.130±0.225 ^c	90.00±6.67
4	2.053±0.098	5.453±0.249	1.827±0.020 ^{bcd}	3.062±0.032 ^b	13.067±0.193 ^{bc}	90.00±6.67
5	2.233±0.112	5.897±0.218	1.974±0.058 ^{cde}	3.497±0.103 ^{cd}	12.230±0.052 ^{ab}	93.33±4.08
6	2.088±0.085	5.472±0.483	2.003±0.123 ^{bde}	3.723±0.069 ^d	11.633±0.732 ^a	90.00±6.67
7	1.909±0.098	4.949±0.343	1.847±0.044 ^{cd}	3.120±0.032 ^b	13.351±0.142 ^{bc}	100.00±0.00
8	2.250±0.115	4.522±0.270	1.424±0.071 ^a	2.763±0.086 ^a	11.569±0.464 ^a	93.33±4.08

注:右上角所标字母表示未有共同字母的各处理之间相互差异显著($P < 0.05$)。

2.1 不同光源照明下凡纳滨对虾的生长

各处理特定生长率的差异见图 1。从图 1 中可以看出, 各处理特定生长率的大小顺序为: $G_{S3} > G_{S6} > G_{S5} > G_{S7} > G_{S4} > G_{S2} > G_{S1} > G_{S8}$, 各处理的代号见表 1 或表 2。经统计检验, 凡纳滨对虾在金卤灯照明的条件下生长最快 ($P < 0.05$), 在日光灯的连续照明下生长最慢 ($P < 0.05$), 在其他的光照条件下与黑暗对照的情况下其生长没有显著差异 ($P > 0.05$)。金卤灯照明条件下凡纳滨对虾的特定生长率比日光灯连续照明时要快 55.89%。

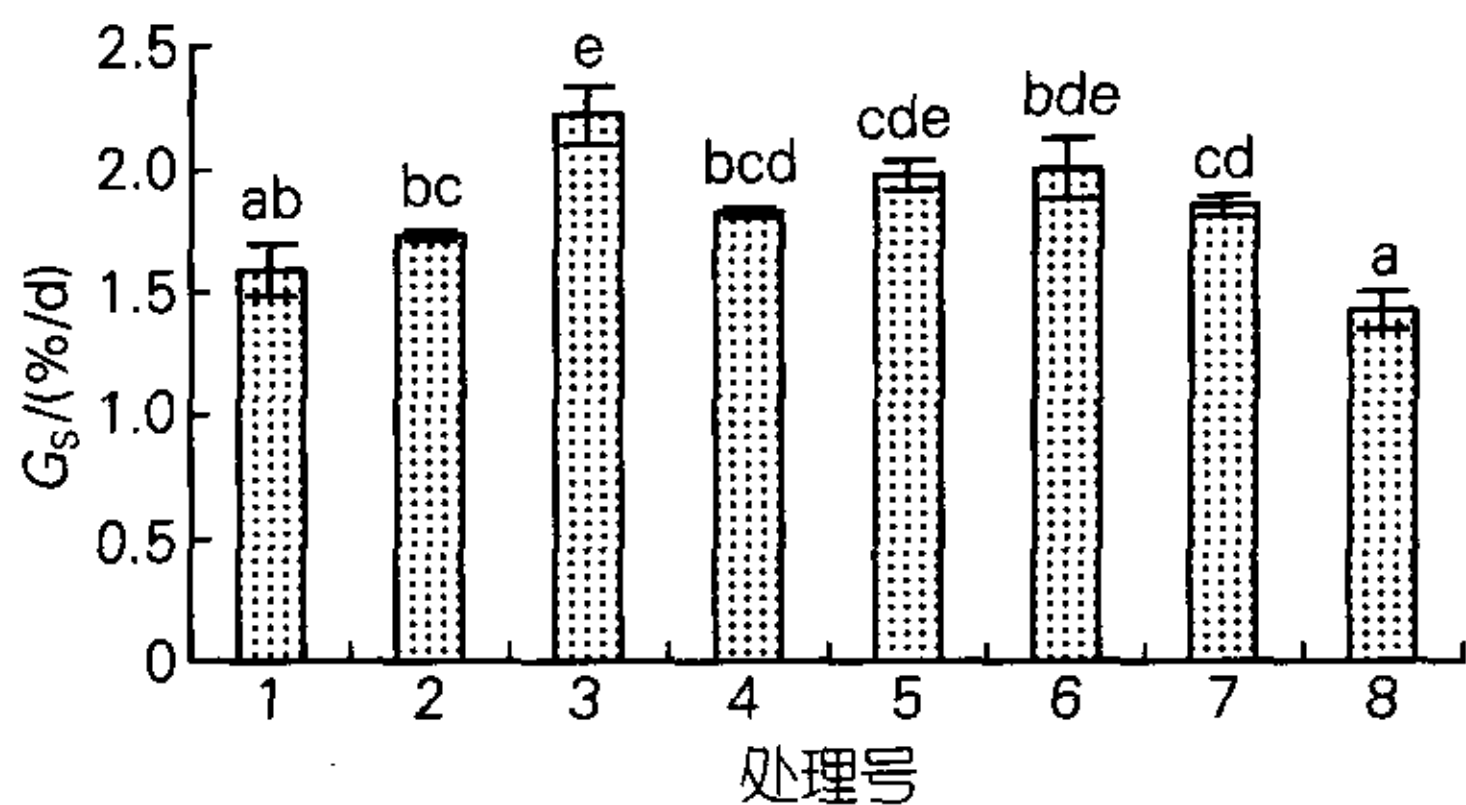


图 1 特定生长率的差异

Fig. 1 Specific growth rates of *Litopenaeus vannamei* in experiment

上方所标字母表示未有共同字母的各处理之间相互差异显著 (图 2, 3 同)

Means with different letter are significantly different ($P < 0.05$), and bars indicate standard errors of the means (the same to Fig. 2 and Fig. 3)

2.2 不同光源照明下凡纳滨对虾的摄食情况

各处理摄食率的差异见图 2。从图 2 中可以看出, 各处理摄食率的大小顺序为: $F_{16} > F_{15} > F_{13} > F_{14} > F_{11} > F_{17} > F_{12} > F_{18}$, 各处理的代号见表 1 或表 2。与黑暗对照相比较, 经统计检验, 凡纳滨对虾在较高功率白炽灯及金卤灯照明时其摄食率较高 ($P < 0.05$), 而日光灯持续照明时其摄食率较低 ($P < 0.05$), 其他光照条件下其摄食率与黑暗对照无显著差异 ($P > 0.05$)。以 200 W 白炽灯连续照明条件的摄食率最高。

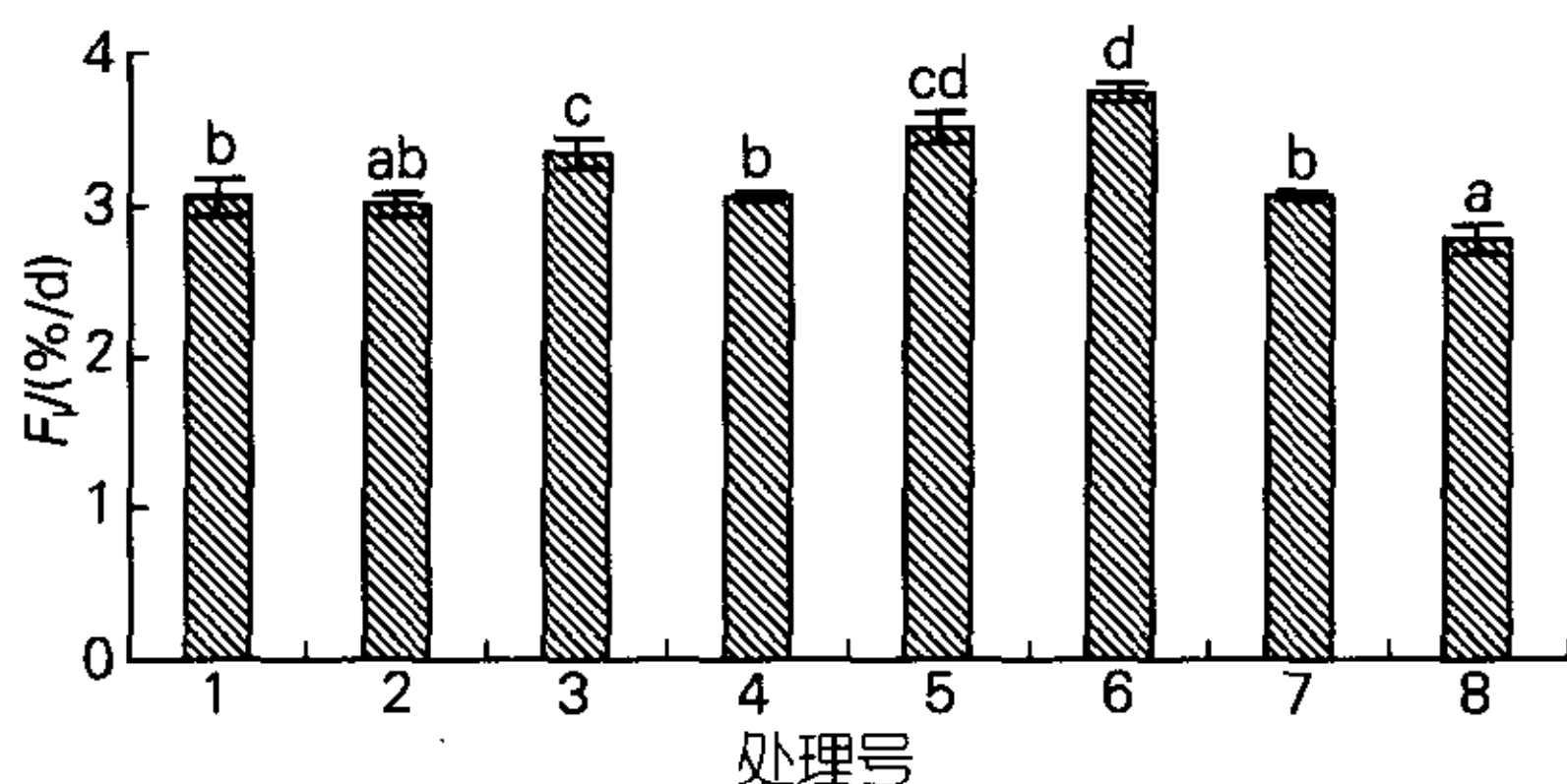


图 2 湿重摄食率的差异

Fig. 2 Food intakes of *Litopenaeus vannamei* in experiment

2.3 不同光源照明下凡纳滨对虾的食物转化率

各处理食物转化率的差异见图 3。从图 3 中可以看出, 各处理食物转化率的大小顺序为: $F_{C3} > F_{C7} > F_{C4} > F_{C2} > F_{C5} > F_{C6} > F_{C1} > F_{C8}$, 各处理的代号见表 1 或表 2。与黑暗对照相比较, 经统计检验, 具昼夜节律低功率白炽灯照明、高功率白炽灯及日光灯持续照明的条件下, 凡纳滨对虾的食物转化率较低 ($P < 0.05$); 其他光照条件下凡纳滨对虾的食物转化率与黑暗对照无显著差异 ($P > 0.05$), 但以金卤灯照明条件下最高; 日光灯持续照明的条件下最低。

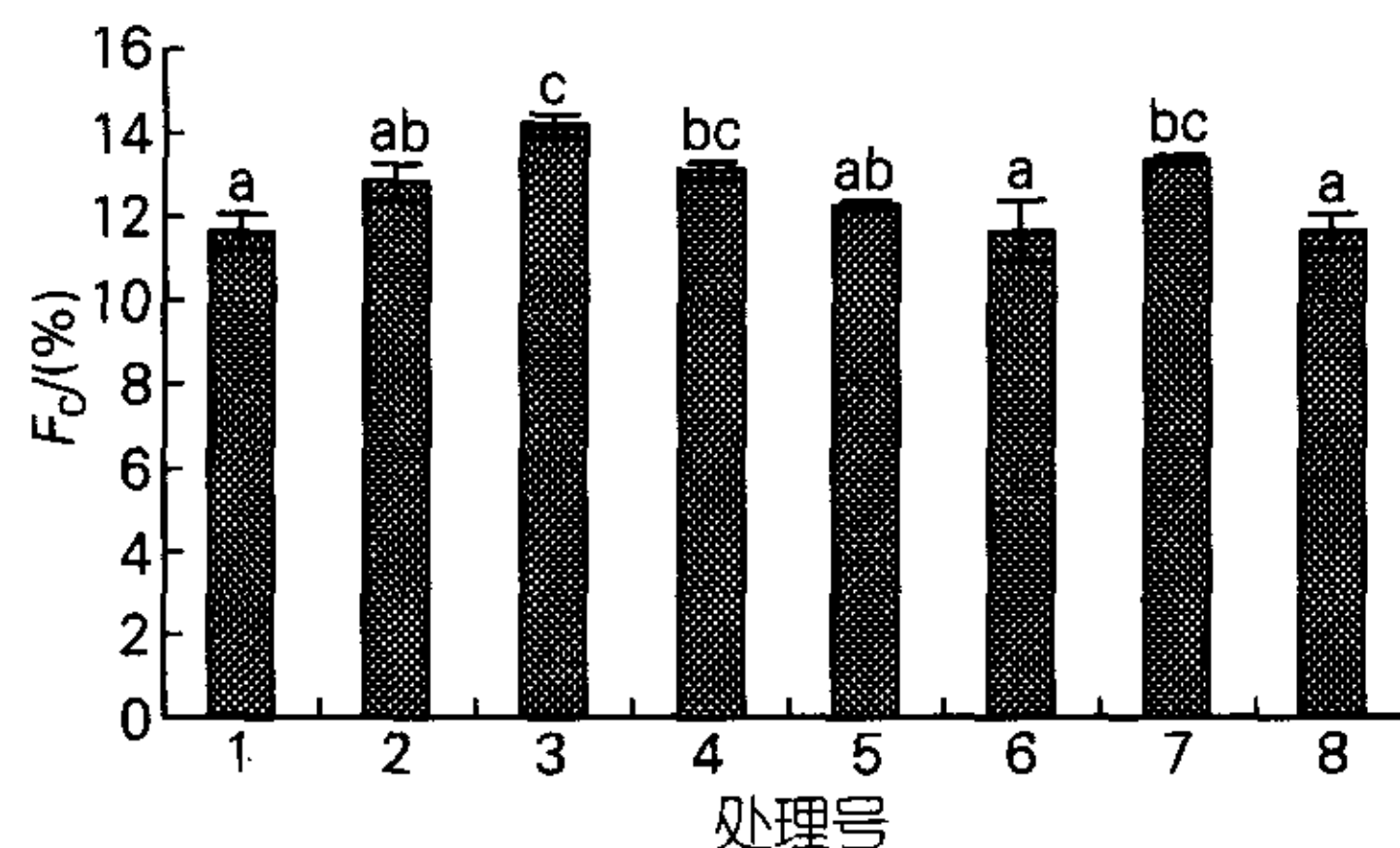


图 3 饵料转化效率的差异

Fig. 3 Feed conversion efficiency of *Litopenaeus vannamei* in experiment

3 讨论

人们很早就注意到不同的光照条件对水生动物生理、生态学的影响。许多人研究了鱼类与光照的关系^[1,2], 以确定不同鱼类的适宜水层, 提高渔业捕捞成功率。在甲壳动物方面, 人们多注重光照条件对于繁殖的影响及其视觉系统的研究^[3-8]。Wang^[9]发现中国对虾在自然光 (白炽灯模拟) 的条件下要比其他颜色光照条件生长地更快。

实验表明, 不同的光源对凡纳滨对虾的生长具有明显的影响。凡纳滨对虾在金卤灯照明的条件下生长最快, 在日光灯的连续照明下生长最慢, 二者相差 55.89%; 在其他的光照条件下与黑暗对照的情况下其生长没有显著差异, 但高功率白炽灯照明条件下凡纳滨对虾的生长速度稍快于剩余各处理。低功率白炽灯照明条件下凡纳滨对虾的特定生长率略低于黑暗对照, 即使延长光照时间也未见显著的改善。在具昼夜节律日光灯照明条件下凡纳滨对虾的特定生长率稍高于黑暗对照, 但延长日光灯照明的时间反而显著降低了凡纳滨对虾的生长速度。出现上述情况可能与作为光源的各种灯具的光谱范围、光色、光强等属性有关。日光灯的光谱通常包含含有紫外线的成份^[11], 可

能是对虾生长较慢的原因之一。Wang^[10]也发现高强度的日光灯照射会延缓中国对虾幼虾的生长。白炽灯光谱范围较宽,但其光电转化效能较差。在脱硫细菌培养中采用金卤灯比较适宜^[12],金卤灯也可以促进草莓苗的生长^[13]。金卤灯的光谱含有较多近红外线成份^[14],更接近于太阳光线,这可能是金卤灯更适宜于生物生长的原因。不同灯具照明对对虾生长产生显著影响的更深层次机理,例如对对虾神经内分泌等生理机制的影响需要进一步的研究。

各处理对虾的摄食率及食物转化率的差异能够为对虾生长差异提供解释。以 200 W 白炽灯连续照明条件下凡纳滨对虾的摄食率最高,但该条件下凡纳滨对虾的食物转化率比金卤灯照明条件下低 12.33%,因而此条件下凡纳滨对虾并不具有最快的生长速度。在金卤灯照明条件下,凡纳滨对虾的摄食率显著高于黑暗对照,并具有各处理中最高效的食物转化率,此时凡纳滨对虾的生长速度最快。与黑暗对照相比较,采用正常的日光灯照明虽不降低凡纳滨对虾的生长速度,但延长日光灯照明的时间则显著降低了凡纳滨对虾的摄食率和食物转化率,因此延长日光灯的照明时间对凡纳滨对虾的生长最不利。在生产中,从节约能源方面考虑常选择光电转化效能较高的日光灯,但本实验结果表明这种选择不一定是最恰当的。

通常认为,对虾主要是靠嗅觉来觅食的。研究表明,具昼夜节律 15 W 白炽灯、日光灯及 15 W 连续照明的条件下,凡纳滨对虾的摄食率与黑暗对照组无显著差异,甚至在日光灯连续照明时其摄食率显著低于黑暗对照组,但高光照的金卤灯及高功率白炽灯处理组摄食率显著高于黑暗对照组。首先黑暗对照组的摄食率并不是零,说明凡纳滨对虾不会是完全依靠视觉觅食的。虽然低光照不会提高凡纳滨对虾的摄食率,但本实验中,高光照显著促进了凡纳滨对虾的摄食,说明视觉可能是凡纳滨对虾摄食的一种辅助手段。

致谢: 本实验由大连水产学院庄百兵、张锦友协助完成,特此致谢。

参考文献:

- [1] Blaxter J H S. Light intensity, vision and feeding in young plaice [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 1968, 2(3): 293 - 307.
- [2] Gehrke P C. Influence of light intensity and wavelength on phototactic behaviour of larval silver perch *Bidyanus bidyanus* and golden perch *Macquaria ambigua* and the effectiveness of light traps [J]. *J Fish Biol*, 1994, 44: 741 - 751.
- [3] Fanjul-Moles ML, Fuentes-Pardo B. Spectral sensitivity in the course of the ontogeny of the crayfish *Procambarus clarkii* [J]. *Comp Biochem Physiol*, 1988, 91A: 61 - 66.
- [4] Fanjul - Moles M L, Miranda - Anaya M, Fuentes - Pardo B. Effect of monochromatic light upon the ERG circadian rhythm during ontogeny in crayfish (*Procambarus clarkii*) [J]. *Comp Biochem Physiol* 1992, 102A: 99 - 106.
- [5] Hillier A G. Artificial conditions influencing the maturation and spawning of subadult *Penaeus monodon* (Fabricius) [J]. *Aquaculture*, 1984, 36: 179 - 184.
- [6] Kelemec J A, Simth I R. Induced ovarian development and spawning of *Penaeus plebejus* in a recirculating laboratory tank after unilateral eyestalk enucleation [J]. *Aquaculture*, 1980, 21: 55 - 62.
- [7] Primavera J H, Caballero R M V. Light color and ovarian maturation in unablated and ablated giant tiger prawn *Penaeus monodon* (Fabricius) [J]. *Aquaculture*, 1992, 108: 247 - 256.
- [8] Wallace J C. Observations on the effect of light intensity on the growth of Arctic charr fingerlings [J]. *Fish Biol*, 1988, 17: 405 - 407.
- [9] Wang F, Dong S L, Huang G Q, et al. The effect of light color on the growth of Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis* [J]. *Aquaculture*, 2003, 228: 351 - 360.
- [10] Wang F, Dong S L, Huang G Q, et al. The effect of light intensity on the growth of Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis* [J]. *Aquaculture*, 2004, 234: 475 - 483.
- [11] Gróf P, Rontó G, Sage E. A computational study of physical and biological characterization of common UV sources and filters, and their relevance for substituting sunlight [J]. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 2002, 68: 53 - 59.
- [12] An J Y, Kim B W. Biological desulfurization in an optical-fiber photobioreactor using an automatic sunlight collection system [J]. *Journal of Biotechnology*, 2000, 80: 35 - 44.
- [13] Nishizawa T, Shishido Y, Kudo M, et al. Petiole length, chlorophyll and carbohydrate levels, and photosynthetic rates of June-bearing strawberry plants as influenced by red - light irradiation during storage under cool conditions [J]. *Scientia Horticulturae*, 1997, 72(1): 25 - 33.
- [14] Richards J T, Schuenger A C, Capelle G, et al. Laser - induced fluorescence spectroscopy of dark- and light-adapted bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) plants grown under three irradiance levels and subjected to fluctuating lighting conditions [J]. *Remote sensing of Environment*, 2003, 84: 323 - 341.

Different illumination schemes effect growth of shrimp *Litopenaeus vannamei*

YOU Kui^{1,2}, LIU Ying¹, YANG Hong-sheng¹, LIU Shi-lin¹, YU Li-dong¹

(1. Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Graduate School, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Received: Mar., 18, 2004

Key words: *Litopenaeus vannamei*; growth; light source; illuminating time

Abstract: Effect of different illumination schemes, such as light sources (incandescent lamp, I L; fluorescent lamp, FL; metal halide lamp, MHL) and illuminating time (illuminating only in day, IOD; illuminating day and night, IDN) on growth of *Litopenaeus vannamei* were studied in laboratory conditions. The *L. vannamei* was about $2.108 \text{ g} \pm 0.036 \text{ g}$ (mean \pm S.E.) at beginning of the experiment has that lasted 50 days. The results are as follow. (1) The specific growth rates of shrimp was the highest under IOD by MHL ($P < 0.05$), while it was the lowest under IDN by FL ($P < 0.05$), and the former is 1.558 9 times of the latter. There were no obvious difference among other treatments ($P > 0.05$). (2) When shrimp under IOD by FL or 15 watts I L and under IDN by 15 watts I L, the food intakes of *L. vannamei* were no obvious difference compared to the control group without lamp ($P < 0.05$). Even when shrimp under IDN by FL, the food intakes of *L. vannamei* were significantly lower than control groups ($P < 0.05$). And the food intakes of the rest three groups are significantly higher than that of the control group. However the food intakes of control group shrimp under darkness were not zero. So, vision is not a principal mean to shrimp for finding food. (3) When shrimp under IDN by 200 watts I L or FL, the feed conversion efficiency of *L. vannamei* for significantly lower than other groups ($P < 0.05$). There were no obvious different among the rest treatments ($P > 0.05$), but the feed conversion efficiency of MHL illuminating groups was the highest among these groups. (4) In sum, when shrimp were illuminated by MHL, *L. vannamei* had higher food intakes and higher feed conversion efficiency than that of other groups and grew faster comparing to other groups, so MHL is the appropriate light source when shrimp are cultured in door. On the contrary, FL is not recommended.

(本文编辑:刘珊珊)