

光照对中国对虾稚虾3种消化酶活力的影响

王芳¹, 宋传民², 丁森¹, 董双林¹

(1. 中国海洋大学海水养殖教育部重点实验室, 山东青岛 266003; 2. 山东省东营市河口区海洋与渔业局, 山东东营 257200)

摘要:在实验室条件下研究光照(光照周期、光照强度和光色)对中国对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)稚虾3种消化酶(蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶)活力的影响。在本实验条件下,主要结果如下:(1)4种光照周期下,对虾3种消化酶的活力差异不显著($P > 0.05$);(2)在完全黑暗、 $6 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $30 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $110 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 光照强度下,对虾蛋白酶的活力分别为 $0.361 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 、 $0.081 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 、 $0.088 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 和 $0.273 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$,完全黑暗和 $110 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 下的活力显著高于其他两个光照强度($P < 0.05$),且两者间的差异达到显著水平($P < 0.05$);中国对虾淀粉酶的活力分别为 $0.386 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 、 $0.095 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 、 $0.111 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 和 $0.315 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$,完全黑暗和 $110 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 条件下的活力显著高于其他两个光照强度($P < 0.05$),两者间的差异亦达到显著水平($P < 0.05$);对虾脂肪酶的活力分别为 $0.147 \times 10^{-2} \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 、 $0.150 \times 10^{-2} \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 、 $0.170 \times 10^{-2} \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 和 $0.183 \times 10^{-2} \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$,完全黑暗和 $110 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 条件下的活力差异达到显著水平($P < 0.05$);(3)不同光色下,对虾蛋白酶和淀粉酶的活力差异不显著($P > 0.05$),脂肪酶的活力则存在一定的差异,蓝光和紫光下,对虾脂肪酶的活力分别为 $0.093 \times 10^{-2} \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 和 $0.107 \times 10^{-2} \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$,显著高于白光和绿光下的活力($P < 0.05$),但蓝光组和紫光组间的差异不显著($P > 0.05$)。[中国水产科学, 2006, 13(6): 1 028 - 1 032]

关键词:中国对虾;稚虾;消化酶活力;光照周期;光照强度;光色

中图分类号: S968.2

文献标识码: A

文章编号: 1005 - 8737 - (2006)06 - 1028 - 05

中国对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)是中国重要的海水养殖虾类之一,关于消化酶活力的研究已有相关报道,主要集中在个体发育的不同阶段消化酶活力的变化^[1-2]、温度对消化酶活力的影响^[3]以及消化酶对饵料组成的适应^[2]等方面,这些研究结果为中国对虾的消化生理和营养生理的研究奠定了理论基础。

在甲壳动物生存的环境中,光照是一个重要且复杂的生态因子,可直接或间接地影响甲壳动物的个体发育和存活^[4]、繁殖^[5-9]、摄食^[10-11]和生长^[13-14]等多个方面。已有研究发现,光照是甲壳动物消化酶活力昼夜节律的重要调节因子之一^[15]。而系统研究光照对甲壳动物消化酶活力的影响尚未见报道,本研究以中国对虾稚虾为实验材料,在实验室条件下,探讨光照(光照周期、光照强度和光色)

对中国对虾稚虾消化酶(蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶)活力的影响,并比较其差异,为进一步了解中国对虾的消化生理特征提供基础依据。

1 材料与方法

1.1 实验虾的来源与驯化

中国对虾稚虾购自青岛市郊养虾场,为健康活泼的个体,体长 $3.0 \sim 4.0 \text{ cm}$,湿体质量 $1.940 \sim 2.078 \text{ g}$ 。对虾运回后,在室内暂养1周,使其适应实验室条件,然后取健康活泼的个体分别在实验所设的光照处理下(见1.2实验设计)驯养2周。暂养和驯养期间,每天过量投喂海马牌人工配合饲料,饲料成分:粗蛋白 $(43.39 \pm 0.22)\%$,脂肪 $(9.74 \pm 0.30)\%$,灰分 $(9.91 \pm 0.01)\%$,含水量 $(8.41 \pm 0.06)\%$ 。每2~3 d换水1次,每次换水 $1/2 \sim 1/3$ 。

收稿日期: 2005 - 12 - 27; 修订日期: 2006 - 04 - 06。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30571441)。

作者简介: 王芳(1966 -)女,博士,从事水产养殖生态学研究。E-mail: wangfang249@ouc.edu.cn

1) Radhakrishnan E V, Vijaykumar M. Observations on the feeding and moulting of laboratory reared phyllosoma larvae of the spiny lobster *Panulirus homarus* (Linnaeus) under different light regimes [A]. Proceedings of the Symposium on Coastal Aquaculture Cochin, 1986. 1 261 - 1 266.

驯养的水温(25 ± 0.5) $^{\circ}\text{C}$, 盐度 28~30。

1.2 实验设计

1.2.1 光色实验 实验在 $6 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 照度(水下照度,由上海学联仪器厂生产的 JD-1A 型水下照度计测定)、14L: 10D 光照周期下进行,设白光(36 W-Huaxing Fluorescent Lamp, 波峰波长 590 nm)、黄光(36 W-Huaxing Fluorescent Lamp, 波峰波长 560 nm)、绿光(36 W-Huaxing Fluorescent Lamp, 波峰波长 525 nm)和蓝光(36 W-Huaxing Fluorescent Lamp, 波峰波长 435 nm)4 种光照处理。

1.2.2 光照周期实验 实验在白光(同上),光照强度为 $6 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (水下照度)下进行,设 14L: 10D、14D: 10L、24L: 0D、24D: 0L 4 种光周期处理。

1.2.3 光照强度实验 实验在白光(同上),光照周期为 14L: 10D 下进行,设 $0 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $6 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $30 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $110 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (水下照度)4 种光照强度处理。

1.3 样品的采集与制备

1.3.1 样品的采集 对虾驯养 2 周以后,开始实验,此时实验虾的湿体质量(1.971 ± 0.096)g。考虑到生物消化酶活力的节律问题^[15-17],每 3 h 取样 1 次(每次取 3~5 尾,取其肝胰脏),同时将残饵和粪便吸出,重新投喂过量的饵料。重复上述的操作,连续取样 24 h(共 9 次),所取样品暂存于液氮中,待测。

1.3.2 样品的制备 将所取样品(分 3 次)置于冰浴中,加入 10 倍体积(W/V)预冷重蒸水,在玻璃匀浆器中匀浆,取部分匀浆液直接测定脂肪酶的活力,剩余部分用 SIGMA 1-15K 型冷冻离心机,于 4°C 、10 000 r/min 离心 30 min,上清液作其余酶活力测定。3 次所得数据的平均值为该取样时间下的酶活力,对虾消化酶的活力用 9 个取样时间下的酶活力的平均值表示。

1.4 酶活力的测定

蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶活力的测定方法见潘鲁青等^[2]。

酶液蛋白浓度的测定:以牛血清白蛋白作标准,用双缩脲法测定^[18]。

1.5 数据处理

所得数据用 SPSS11.0 统计软件处理,进行单因子方差分析(one-way ANOVA)和 Duncan's 多重比

较,以 $P < 0.05$ 作为差异显著水平。

2 结果

2.1 不同光照周期下中国对虾稚虾消化酶的活力

从表 1 中可以看出:在 14L: 10D、24L: 0D、14D: 10L 和 0L: 24D 光照条件下,中国对虾稚虾蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶的活力分别为 $0.102 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 、 $0.124 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 、 $0.119 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 和 $0.121 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$;淀粉酶的活力分别为 $0.306 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 、 $0.283 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 、 $0.273 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 和 $0.341 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$;脂肪酶的活力分别为 $0.100 \times 10^{-2} \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 、 $0.065 \times 10^{-2} \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 、 $0.077 \times 10^{-2} \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 和 $0.074 \times 10^{-2} \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 。经检验,不同光照周期下,对虾 3 种消化酶的活力差异皆未达到显著水平($P > 0.05$)(表 1)。

2.2 不同光照强度下中国对虾稚虾消化酶的活力

如表 1 所示,在完全黑暗、 $6 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $30 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $110 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 条件下,对虾蛋白酶的活力分别为 $0.361 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 、 $0.081 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 、 $0.088 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 和 $0.273 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 。完全黑暗和 $110 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 下的蛋白酶活力显著高于其他两个光照强度组,且两者间的差异达到显著水平($P < 0.05$);对虾淀粉酶的活力分别为 $0.386 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 、 $0.095 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 、 $0.111 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 和 $0.315 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 。经检验,完全黑暗和 $110 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 下的淀粉酶活力显著高于其他两个光照强度组,且两者间的差异达到显著水平($P < 0.05$);对虾脂肪酶的活力分别为 $0.147 \times 10^{-2} \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 、 $0.150 \times 10^{-2} \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 、 $0.170 \times 10^{-2} \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 和 $0.183 \times 10^{-2} \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 。经检验,完全黑暗和 $110 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 两组间的脂肪酶活力差异达到显著水平($P < 0.05$)。

2.3 不同光色下中国对虾稚虾消化酶的活力

从表 1 中可以看出,在白光、黄光、绿光和蓝光下,对虾蛋白酶的活力分别为 $0.130 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 、 $0.136 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 、 $0.113 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 和 $0.138 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$;淀粉酶的活力分别为 $0.212 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 、 $0.237 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 、 $0.191 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 和 $0.193 \text{ U} \cdot$

$\text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 。经检验,不同光色下,对虾蛋白酶和淀粉酶的活力差异不显著($P > 0.05$)。在蓝光和黄光下,对虾脂肪酶的活力分别为 $0.093 \times 10^{-2} \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 和 $0.107 \times 10^{-2} \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$, 显著高于白光和绿光下的酶活力($P < 0.05$),而蓝光和黄光间、白光和绿光间的差异则不显著($P > 0.05$)。

表 1 不同光照处理下中国对虾稚虾消化酶活力

Tab. 1 Specific activities of protease, amylase and lipase enzymes under different light treatments in juvenile *Fenneropenaeus chinensis*

		$\bar{X} \pm \text{SD}; \text{U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$		
处 理		蛋白酶	淀粉酶	脂肪酶 ²⁾
Treatment		Protease enzyme	Amylase enzyme	Lipase enzyme
光照周期 Photoperiod	14L:10D	0.102 ± 0.015	0.306 ± 0.065	0.100 ± 0.025
	24L:0D	0.124 ± 0.017	0.283 ± 0.030	0.065 ± 0.010
	14D:10L	0.119 ± 0.021	0.273 ± 0.036	0.077 ± 0.017
	0L:24D	0.121 ± 0.018	0.341 ± 0.041	0.074 ± 0.010
光照强度 Light intensity	0 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	0.361 ± 0.006 ^a	0.386 ± 0.014 ^a	0.147 ± 0.013 ^a
	6 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	0.081 ± 0.001 ^b	0.095 ± 0.007 ^b	0.150 ± 0.001 ^a
	30 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	0.088 ± 0.001 ^b	0.111 ± 0.001 ^b	0.170 ± 0.001 ^{ac}
	110 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	0.273 ± 0.005 ^c	0.315 ± 0.009 ^c	0.183 ± 0.013 ^c
光色 Light color	白光 White	0.130 ± 0.014	0.212 ± 0.011	0.064 ± 0.007 ^a
	黄光 Yellow	0.136 ± 0.014	0.237 ± 0.039	0.107 ± 0.015 ^b
	绿光 Green	0.113 ± 0.012	0.191 ± 0.031	0.063 ± 0.001 ^a
	蓝光 Blue	0.138 ± 0.013	0.193 ± 0.022	0.093 ± 0.002 ^b

注:1)表中同一列中的不同字母上标表示差异显著($P < 0.05$).
2)脂肪酶活力为 $10^{-2} \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$.
Note:1)Figures with different superscript letters in the same column are significantly different from each other($P < 0.05$).
2)Activity of lipase enzyme was expressed as $10^{-2} \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$.

3 讨论

已有研究发现,对虾消化酶的活力受两种相互拮抗的激素的调节^[7-8],而 X 器官-窦腺复合体和眼柄内激素的合成和分泌与眼柄上的神经分泌细胞和视网膜细胞有关^[19],因此,光照周期对甲壳动物消化酶活力的昼夜节律产生一定的影响^{[16,20]1)},而系统研究光照对中国对虾(*F. chinensis*)稚虾消化酶活力的影响还未见报道。本研究在实验室条件下,初步研究了光照(光照周期、光照强度和光色)对中国对虾稚虾蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶活力的影响。结果表明,光照周期对对虾蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶的活力未产生显著的影响($P > 0.05$);光色对对虾蛋白酶和淀粉酶的活力未产生显著的影响($P > 0.05$),但对对虾脂肪酶的活力产生了显著的影响($P < 0.05$);而光照强度则对对虾蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶的活力皆产生了一定的影响($P < 0.05$)。

作者^[21]曾研究了不同光照周期下,中国对虾稚虾蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶活力的昼夜节律,结果发现,对虾这 3 种消化酶活力峰值出现的时间随光照周期而改变;同一种光照周期下,对虾蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶活力峰值出现的时间不同。这表明光照周期对中国对虾蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶活力的昼夜节律产生了影响,不同种类酶的合成与分泌机制可能存在一定的差异。在本实验中,光照周期对中国对虾稚虾蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶活力未产生显著的影响,其机制有待于进一步研究。

Nadarajalingam^[22]研究发现,高光照强度下,蟹类(*Ocypoda platytarsis*、*O. macrocera*)眼柄和胸脑内的神经分泌细胞的活性增强;Hoang 等^[14]发现,高光照强度下,对虾蜕皮促进激素和与代谢有关的激素的活性增强。在本实验中,高光照强度下($110 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$),中国对虾稚虾蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶的活力分别为 $0.273 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{pro-})$

1) Mackeviciene G. Circadian variations of proteolytic activity in the digestive system of the crayfish *Astacus astacus* L[A]. 5. Int. Symp. On Freshwater Crayfish, Davis, CA(USA), 16 Aug 1981.

tein)、 $0.315 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 和 $0.183 \times 10^{-2} \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$,显著高于 $6 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $30 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 下的活力($P < 0.05$),这可能与高光照强度下与酶活力有关的激素的合成和分泌增强有关。但在完全黑暗条件下,对虾的蛋白酶和淀粉酶的活力亦较高,分别为 $0.361 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 和 $0.386 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$,显著高于 $6 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $30 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 下的活力($P < 0.05$),其机制有待进一步研究。

陈四清等^[23]研究发现,中国对虾对蓝光和黄光敏感。本实验中,蓝光和黄光下,对虾脂肪酶的活力 $[0.093 \times 10^{-2} \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ 、 $0.107 \times 10^{-2} \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$]分别比白光和绿光高45.3%和47.6%、67.2%和69.8%($P < 0.05$),但对虾蛋白酶和淀粉酶的活力未表现出相似的趋势。这进一步说明了不同种类酶的合成与分泌机制可能存在一定的差异。

4 结论

光照强度对中国对虾稚虾蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶活力的影响最显著,光色的影响次之,光照周期对这3种消化酶的活力未产生显著的影响。

参考文献:

- [1] 刘玉梅,朱谨钊,吴厚余,等.中国对虾幼体及仔虾消化酶活力及氨基酸组成的研究[J].海洋与湖沼,1991,22(6):571-575.
- [2] 潘鲁青,王克行.中国对虾幼体消化酶活力的实验研究[J].水产学报,1997,21(1):26-31.
- [3] 吴垠,孙建明,周遵生.温度对中国对虾、日本对虾主要消化酶活性的影响[J].大连水产学院学报,1997,12(2):15-22.
- [4] Dalley R. Effects of non-circadian light/dark cycles on the growth and moulting of *Palaeomonetes elegans* reared in the laboratory[J]. Mar Biol, 1980, 56: 71-78.
- [5] 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.
- [6] Hoang T, Lee S Y, Keenan C P, et al. Maturation and spawning performance of pond-reared *Penaeus merguensis* in different combinations of temperature, light intensity and photoperiod[J]. Aqu Res, 2002a, 33(15): 1 243-1 252.
- [7] Hoang T, Lee S Y, Keenan C P, et al. Ovarian maturation of the banana prawn, *Penaeus merguensis* de Man under different light intensities[J]. Aquaculture, 2002b, 208: 159-168.
- [8] Hoang T, Lee S Y, Keenan C P, et al. Effects of light intensity on maturation and spawning of ablated female *Penaeus merguensis* [J]. Aquaculture, 2002c, 209: 347-358.
- [9] Hoang T, Lee S Y, Keenan C P, et al. Spawning behaviour of *Penaeus merguensis* de Man and the effect of light intensity on spawning[J]. Aqu Res, 2002d, 33(5): 351-357.
- [10] 黄旭雄,陈马康.光周期对卤虫摄食、生长和存活的影响[J].水产科技情报,2000,27(3):110-113.
- [11] 林小涛.不同光周期条件下罗氏沼虾幼体摄食量及发育的研究[J].海洋与湖沼,1997,28(1):13-20.
- [12] Al-Ablani S A, Farmer A D D. The effects of different levels of illuminance on the survival and growth of the shrimp (*Penaeus semisulcatus*)[J]. Kuwait-Bull Mar Sci, 1986, 9: 165-172.
- [13] Hoang T, Barchiesi M, Lee SY, et al. Influences of light intensity and photoperiod on moulting and growth of *Penaeus merguensis* under laboratory condition[J]. Aquaculture, 2003, 216(1-4): 343-354.
- [14] Van Wormhoudt A. Activites enzymatiques digestive chez *Palaeomonetes serratus*: Variations annuelles de l'acrophase des rythmes circadiens[J]. Biochem System Ecol, 1977, 5: 301-307.
- [15] Van Wormhoudt A. Activites des proteases et amylases chez *Penaeus kerathurus*: existence d'un rythme circadian. C. r. hebdo. S. e. acad. Sci., 1972, 274: 1 208-1 211.
- [16] 李少菁,汤鸿,王桂忠.锯缘青蟹幼体消化酶活力昼夜节律的实验研究[J].厦门大学学报(自然科学版),2000,39(6): 831-836.
- [17] 北京大学生物系生物化学教研室.生物化学实验指导[M].北京:人民教育出版社,1990,71-72.
- [18] Arechiga H, Cortes J L, Garcia U, et al. Neuroendocrine correlates of circadian rhythmicity in crustaceans[J]. Amer Zool, 1985, 25(1): 265-274.
- [19] 王芳,董双林,董少帅,等.光照周期对中国对虾稚虾消化酶活力的昼夜变化节律的影响[J].海洋与湖沼,2003(973增刊):36-41.
- [20] Nadarajalingam K, Subramoniam T. Influence of light on endocrine system and ovarian activity in the ocypodid crabs *Ocypoda platytarsis* and *O. macrocera* [J]. Mar Eco-Progr Series, 1987, 36: 43-53.
- [21] 陈四清,李爱杰,王椿.中国对虾(*Penaeus chinensis*)眼的结构及生理功能[J].海洋水产研究,1996,(17):30-34.

Effects of light on specific activities of three digestive enzymes in juvenile Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis*

WANG Fang¹, SONG Chuan-min², DING Sen¹, DONG Shuang-lin¹

(1. Key Laboratory of Chinese Ministry of Education for Mariculture Research, Ocean University of China, Qingdao 266003, China;

2. Ocean and Fisheries Department of Shandong Province, Hekou District, Dongying 257200, China)

Abstract: The effects of light (photoperiod, light intensity and light color) on specific activities of three digestive enzymes (protease, amylase and lipase) in juvenile Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis* were studied under laboratory conditions. The main results were as follows: 1, Photoperiod did not influence the specific activities of protease, amylase and lipase significantly ($P > 0.05$). 2, The values of specific activity of protease were $0.361 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$, $0.081 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$, $0.088 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ and $0.273 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ under light intensities of $0 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, $6 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, $30 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ and $110 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, respectively. The specific activities under light intensity of $0 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ were significantly higher than that of $110 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, and both were significantly higher than the other treatments ($P < 0.05$). The specific activities of amylase were $0.386 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$, $0.095 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$, $0.111 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ and $0.315 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ under the four light intensities (from low to high), respectively, and were similar to protease enzyme variation in pattern. The specific activities of lipase under the four light intensities (from low to high) were $0.147 \times 10^{-2} \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$, $0.150 \times 10^{-2} \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$, $0.170 \times 10^{-2} \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ and $0.183 \times 10^{-2} \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$, respectively, and there was significant difference between $0 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ and $110 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ treatments ($P < 0.05$). 3, No significant difference was found in specific activities of protease nor amylase under different light color treatments ($P > 0.05$). Under blue and yellow lights, the specific activities of lipase were $0.093 \times 10^{-2} \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$ and $0.107 \times 10^{-2} \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}(\text{protein})$, respectively, and were significantly higher than those under white and green lights ($P < 0.05$); no significant differences were found between blue light and yellow light treatments ($P > 0.05$). [Journal of Fishery Sciences of China, 2006, 13(6): 1 028 – 1 032]

Key words: *Fenneropenaeus chinensis*; juvenile; digestive enzyme activity; photoperiod; light intensity; light color