

光照强度对三疣梭子蟹呼吸代谢的影响

王馨, 王芳*, 路允良, 董双林

(中国海洋大学海水养殖教育部重点实验室, 山东 青岛 266003)

摘要: 在实验室条件下,研究了光照强度(0,200,800,1 500,3 500 lx)对三疣梭子蟹耗氧率、排氮率、肌肉中乳酸含量、血淋巴能源物质及己糖激酶(HK)、丙酮酸激酶(PK)、琥珀酸脱氢酶(SDH)和乳酸脱氢酶(LDH)4种呼吸代谢酶活力的影响。结果发现,5种光照强度下,三疣梭子蟹的耗氧率和排氮率均有显著差异,200~1 500 lx下,蟹的耗氧率显著高于0和3 500 lx处理组($P < 0.05$);1 500 lx下,蟹的排氮率显著低于其他处理组($P < 0.05$);光照强度对三疣梭子蟹血淋巴中的总蛋白含量产生显著影响($P < 0.05$),但对氧氮比和血淋巴中的其他能源物质未产生显著影响($P > 0.05$);光照强度对三疣梭子蟹的肌肉乳酸含量产生显著影响($P < 0.05$),1 500 lx下,蟹肌肉乳酸含量显著低于其他处理组($P < 0.05$),说明该光照强度对蟹机体的胁迫小;1 500 lx光照下,蟹的HK和PK活力处在较高水平,表明机体糖酵解速率较高,产生更多的能量;SDH的活力处在较高水平,LDH处在较低水平,表明蟹的有氧代谢能力高,有利于蟹的持续运动。研究表明,1 500 lx光照下,三疣梭子蟹机体受到的胁迫小,整体代谢水平较高,是工厂化养殖较为理想的光照参数。

关键词: 三疣梭子蟹;光照强度;耗氧率;排氮率;能源物质;呼吸代谢酶;乳酸

中图分类号: Q 591; S 968.25

文献标志码: A

光照是一个复杂而重要的生态因子,包括光照周期,光谱和光照强度。在养殖水域中,对生活在水中的生物而言,光照是一个具体而易变的因子^[1]。由于水中的浮游生物、悬浮颗粒物、溶解有机物以及不同时刻光照和天气的变化,导致甲壳动物的生长过程经常受到不同光照强度的影响^[2-3]。关于光照强度对甲壳动物生理生态特征影响的研究已有报道,Wang等^[4]发现,中国明对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)在不同光照强度下,生长和蜕壳存在显著差异,50~300 lx的光照强度下,中国明对虾生长较佳;Gardner等^[5]发现,较低的光照强度有利于促进巨大拟滨蟹(*Pseudocarcinus gigas*)幼体蜕壳和降低残食率;张胜负等^[6]发现,5 000 lx的光照强度下,拟穴青蟹(*Scylla paramamosain*)幼体的消化酶活力较高并且变态成活率显著高于其他光照强度。

三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)是我国传统养殖品种,以其个体大、肉味鲜美的特点受到国内外消费者的欢迎。在我国的主要养殖方式为池塘养殖,由于其残食习性,养殖产量较低。若采用工厂化笼式吊养,可以有效的降低残食率,提高养殖成活率,进而提高养殖产量。在工厂化养殖生产中,光照强度是一个重要且易于控制的环境因子。关于环境因子对三疣梭子蟹代谢生理特征影响的研究已有相关报道,如路允良等^[7]研究,发现长时间的盐度驯化会减弱甚至消除三疣梭子蟹在不同盐度下代谢的差异;戴超等^[8]发现,低温可以延长三疣梭子蟹蜕壳后的软壳时间,随温度升高,三疣梭子蟹的有氧代谢加强,对氧气的需求增大^[9]。但有关光照对三疣梭子蟹代谢生理特征影响的研究还未见报道。本实验以三疣梭子蟹成蟹为实验材料,研究了5种光照强度下蟹呼

收稿日期:2013-10-08 修回日期:2013-11-29

资助项目:“十二五”国家科技支撑计划(2011BAD13B03)

通信作者:王芳,E-mail:wangfang249@ouc.edu.cn

吸代谢的变化,通过分析血淋巴中能源代谢物质含量及呼吸代谢酶的活力,探讨光照强度对蟹代谢生理特征影响的机制,以期进一步丰富三疣梭子蟹的代谢生理特征,为三疣梭子蟹工厂化养殖的光照参数设置提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验蟹的来源及驯养

实验所用的三疣梭子蟹取自青岛市郊养殖场,为湿体质量(87.76 ± 2.00)g的成蟹。蟹运回实验室后,在水族箱中暂养1周,待其适应实验室条件后,选取活泼健康个体分别在实验所设的光照处理下驯养两周。暂养和驯养期间,每天(6:00和17:00)足量投喂菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)腹足,实验所用海水为砂滤海水,水温25℃、盐度30,每两天换水1/2。

1.2 实验设计

实验在同一实验室不同可控光小室内(规格为45 cm × 25 cm × 35 cm)同步进行,光源为白光(36W, Fluorescent Lamp, 波峰波长560 nm),光照周期为14L:10D,光照强度设置为:0, 200, 800, 1 500, 3 500 lx(上海学联仪器厂生产的JD-1A型水下照度计测定)。

1.3 实验方法及指标测定

耗氧率和排氮率测定 蟹在各光照强度下驯养2周后,禁食24 h,然后挑选健康的蟹开始实验,采用静水法测定蟹的耗氧率和排氮率。实验在3.5 L的方形聚丙烯容器中进行,每个容器中放一只蟹(每个处理组有6只蟹用于实验),另设一个不放蟹的空白对照(用于校正水呼吸)。将实验容器内贮满海水并溢出一段时间,用保鲜膜密封实验容器口,实验持续1 h,根据实验前后水中溶解氧、氮浓度变化,计算蟹的耗氧率和排氮率。溶解氧采用碘量法测定,氮浓度采用靛酚蓝法测定^[10]。

呼吸代谢酶活力的测定 实验结束后,将蟹放在冰块上,用1 mL的真空注射器从蟹游泳足基部抽取1 mL血淋巴,取鳃和肌肉,放入已标记的离心管中,迅速放入液氮,然后转入超低温冰箱中保存待测。

取0.1~0.3 g蟹待测组织,剪碎,加入9倍的冰冷生理盐水(0.8%),制成10%的组织匀浆,在3 000 r/min离心10 min,取上清液分装待测。采用南京建成生物工程研究所研制的试剂盒测定

肌肉和鳃中已糖激酶(HK)、丙酮酸激酶(PK)、琥珀酸脱氢酶(SDH)、乳酸脱氢酶(LDH)的活力以及肌肉中乳酸(LD)的含量。

血淋巴中能源物质测定 取血淋巴1 mL,在4℃下3 000 r/min离心10 min,采用日立7600全自动生化分析仪检测血淋巴总蛋白、胆固醇和葡萄糖含量。

1.4 数据分析

数据以平均值±标准误(mean±SE)表示,采用SPSS 13.0进行统计分析。利用单因子方差分析(One-Way ANOVA)和Duncan多重比较分析不同处理组间的差异,以 $P < 0.05$ 作为差异显著水平。

2 结果

2.1 不同光照强度下三疣梭子蟹的耗氧率、排氮率、氧氮比和肌肉中乳酸含量

随光照强度的升高,蟹的耗氧率呈先上升后下降的趋势,最大值出现在800 lx,显著大于0和3 500 lx处理组($P < 0.05$),但与200 lx和1 500 lx处理组差异不显著($P > 0.05$);随光照强度的升高,三疣梭子蟹的排氮率则呈先上升再下降而后上升的趋势,在1 500 lx下蟹的排氮率最低,显著低于其他处理组($P < 0.05$);随光照强度的升高,蟹的氧氮比呈先上升而后下降的趋势,1 500 lx下蟹的氧氮比最高,显著高于其它处理组($P < 0.05$),3 500 lx下蟹的氧氮比显著低于其它处理组($P < 0.05$);1 500 lx光照处理下,蟹肌肉乳酸含量最低,显著低于其它处理组($P < 0.05$),而其他处理组间的差异不明显($P > 0.05$)(表1)。

2.2 不同光照强度下三疣梭子蟹血淋巴中的能源物质

不同光照强度下三疣梭子蟹血淋巴中能源物质含量见表2。从表2中可以看出,不同光照强度下,蟹血淋巴中的总蛋白含量存在一定的差异($P < 0.05$)。其中,在800 lx下,蟹血淋巴中总蛋白含量最高,显著高于1 500 lx处理组($P < 0.05$),而与其它处理组间差异不明显($P > 0.05$);1 500 lx下,蟹血淋巴中的总蛋白含量最低,显著低于除黑暗处理组外的其它处理组($P < 0.05$),而与黑暗处理组相比差异不明显($P > 0.05$)。不同光照强度下,蟹血淋巴中的胆固醇和葡萄糖含量差异不明显($P > 0.05$)。

表 1 不同光照强度下三疣梭子蟹的耗氧率、排氨率、氧氮比和肌肉乳酸含量
 Tab.1 The oxygen consumption rate, ammonia excretion rate, oxygen to nitrogen ratio and LD concentration in muscles of *P. trituberculatus* at different light intensity

光照强度/lx light intensity	湿重/g wet weight	耗氧率/ [mg O ₂ /(g·h)] oxygen consumption rate	排氨率/ [μg NH ₄ ⁺ -N/(g·h)] ammonia excretion rate	氧氮比 oxygen to nitrogen ratio	乳酸含量/ (mmol/g prot) lactic acid content
0	89.75 ± 5.28	0.081 ± 0.002 ^a	10.64 ± 0.27 ^a	16.51 ± 0.75 ^b	0.74 ± 0.05 ^a
200	82.95 ± 3.51	0.100 ± 0.006 ^b	14.25 ± 1.45 ^a	16.24 ± 0.71 ^b	0.87 ± 0.06 ^a
800	93.08 ± 4.27	0.109 ± 0.002 ^b	20.62 ± 0.35 ^b	19.24 ± 0.15 ^b	0.83 ± 0.01 ^a
1 500	83.86 ± 3.12	0.105 ± 0.007 ^b	4.55 ± 0.55 ^c	24.05 ± 0.25 ^a	0.49 ± 0.03 ^b
3 500	89.52 ± 6.40	0.069 ± 0.004 ^a	16.23 ± 0.75 ^a	8.41 ± 0.20 ^c	0.87 ± 0.06 ^a

注:同列中不同字母代表差异显著($P < 0.05$),下同

Notes: The different letters mean significant difference ($P < 0.05$). The same as the following

表 2 不同光照强度下三疣梭子蟹血淋巴中能源物质含量
 Tab.2 Energetic contents in the hemolymph of *P. trituberculatus* at different light intensity

光照强度/lx light intensity	总蛋白含量/ (g/L) TP concentration	胆固醇/ (mmol/L) cholesterol concentration	葡萄糖含量/ (g/L) glucose concentration
0	34.25 ± 1.97 ^{ab}	0.61 ± 0.04	1.23 ± 0.18
200	40.32 ± 3.07 ^{bc}	0.58 ± 0.04	1.25 ± 0.18
800	43.99 ± 0.40 ^{bc}	0.60 ± 0.02	1.23 ± 0.14
1 500	28.64 ± 4.60 ^a	0.53 ± 0.07	1.36 ± 0.33
3 500	41.82 ± 1.83 ^{bc}	0.57 ± 0.04	1.17 ± 0.21

2.3 不同光照强度下三疣梭子蟹呼吸代谢酶活力

随光照强度的升高,蟹前鳃的 PK 活力呈升高的趋势,但各处理组间的差异不显著($P > 0.05$);而蟹后鳃中的 PK 活力呈先升高再降低的趋势,在 1 500 lx 时达到最大值,并显著高于除 3 500 lx 处理组以外的其它各处理组($P < 0.05$),与 3 500 lx 处理组间的差异不明显。不同光照强度下三疣梭子蟹肌肉的 PK 活力差异不显著($P > 0.05$)(图 1)。

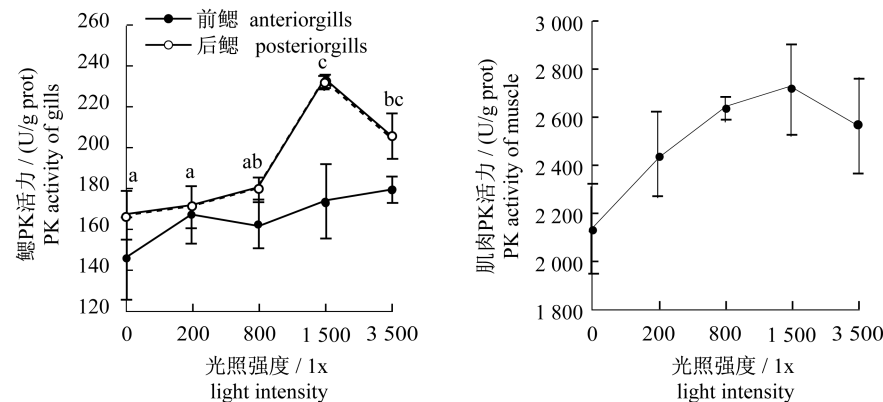


图 1 不同光照强度下三疣梭子蟹的 PK 活力

Fig.1 PK activity of *P. trituberculatus* at different light intensity

随光照强度的增加,蟹前鳃中 HK 活力呈现先升高再下降的趋势,在 0 lx 有最小值,1 500 lx 出现最大值,但各处理组间差异不明显($P > 0.05$);而蟹后鳃的 HK 活力在 1 500 lx 达到最高值,显著高于其它各处理($P < 0.05$)。不同光照强度下三疣梭子蟹肌肉 HK 活力差异不明显($P > 0.05$)(图 2)。

1 500 lx 下,蟹前鳃和后鳃的 SDH 活力均达到最大值,在前鳃 SDH 活力与 200 lx 处理组有显著差异($P < 0.05$),与其他处理组没有显著差异

($P > 0.05$),而在后鳃显著高于其他各处理组($P < 0.05$)。蟹肌肉中的 SDH 活力随光照强度的增加先升高后降低,在 1 500 lx 时最高,并与黑暗处理组差异显著($P < 0.05$)(图 3)。

随光照强度的增加,蟹前鳃 LDH 活力在 800 lx 有最小值,但各处理组间差异不明显($P > 0.05$);而蟹后鳃在 1 500 lx 有最小值,显著低于其它各处理组($P < 0.05$)。光照强度对蟹肌肉中的 LDH 活力影响不显著($P > 0.05$)(图 4)。

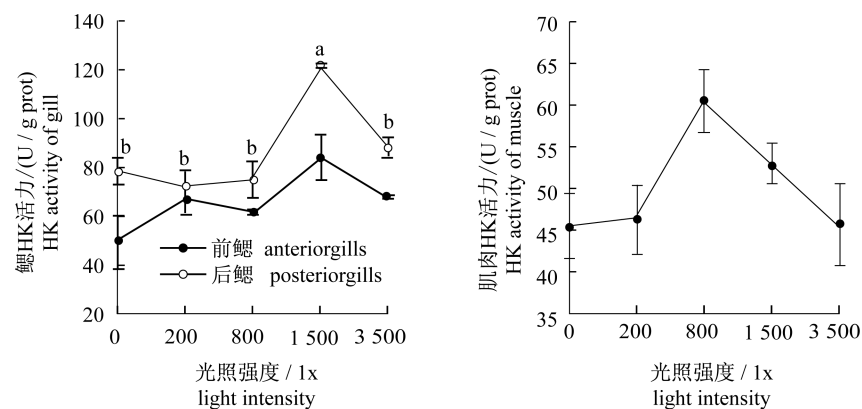


图2 不同光照强度下三疣梭子的HK活力

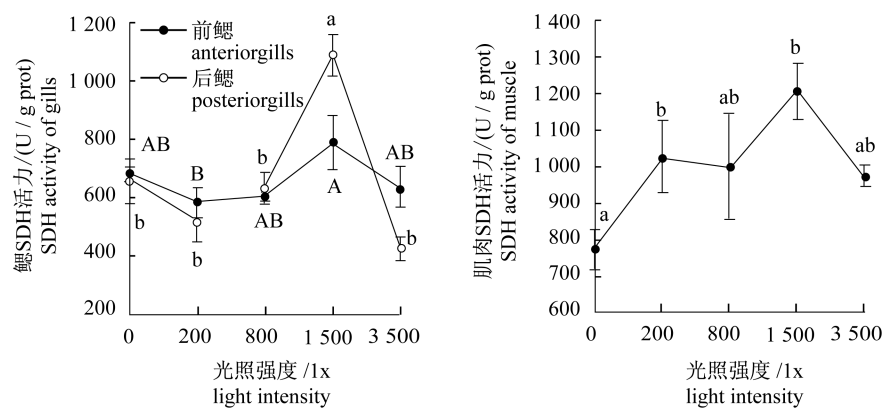
Fig. 2 HK activity of *P. triber culatus* at different light intensity

图3 不同光照强度下三疣梭子的SDH活力

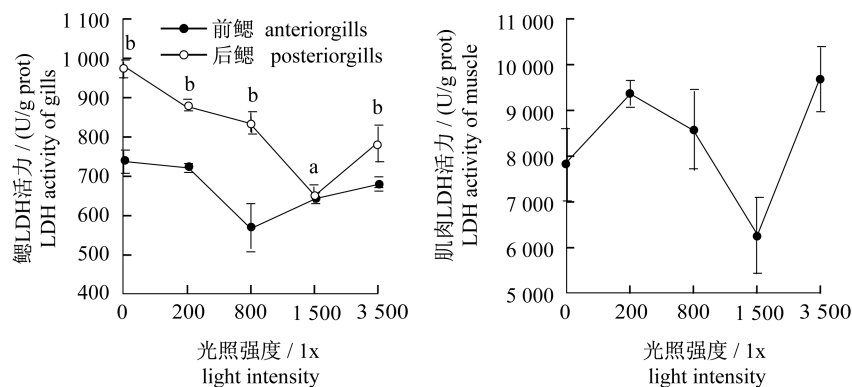
Fig. 3 SDH activity of *P. triber culatus* at different light intensity

图4 不同光照强度下三疣梭子的LDH活力

Fig. 4 LDH activity of *P. triber culatus* at different light intensity

3 讨论

3.1 光照强度对三疣梭子蟹代谢率的影响

关于光照强度对甲壳动物代谢率的影响已有相关报道。王芳^[11]研究发现,5 500 lx下,中国明

对虾耗氧率显著高于100和420 lx下的耗氧率。林小涛等^[12]发现罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*)耗氧率不受光照强度的影响。本研究发现,200~1 500 lx下三疣梭子蟹的耗氧率显著大于0和3 500 lx下的耗氧率。这表明光照强

度对甲壳动物耗氧率的影响因种而异。罗会明等^[13]发现,三疣梭子蟹的趋光行为随着光照强度的增大先增大再减小。本实验中,200 ~ 1 500 lx 下三疣梭子蟹的耗氧率显著大于 0 和 3 500 lx 下的耗氧率,这与该光照范围内蟹的运动活跃有关。研究发现,甲壳动物排氮率的变化反映其对蛋白质的利用情况,氮排泄受神经内分泌控制^[14-15]。本实验中 1 500 lx 下蟹的排氮率最低,提高或降低光照强度,其排氮率都会显著增大。表明同高光强和低光强相比,在 1 500 lx 下,三疣梭子蟹降低了蛋白质作为机体代谢能源的比例,而最低的排氮率可能与代谢相关的激素活性有关^[16-18]。

3.2 光照强度对三疣梭子蟹 O/N 和血淋巴中的能源物质的影响

氧氮比是甲壳动物呼吸排泄的重要生理指标之一,根据氧氮比可以估计甲壳动物代谢能源物质的化学本质。研究显示,如果机体完全以蛋白质为能源物质,其 O/N 为 7;以蛋白质和脂肪共同为代谢底物时,其 O/N 为 24;而完全由脂肪和糖类提供能量时,其 O/N 无限大^[19-21],O/N 越低则能源物质中的蛋白质比例越大。本实验中,在 0 ~ 3 500 lx 下三疣梭子蟹的 O/N 为 8.0 ~ 24.4,表明三疣梭子蟹的能源代谢物质以蛋白质为主,脂肪和碳水化合物次之。不同光照强度下血淋巴中的葡萄糖和胆固醇含量没有显著差异,总蛋白含量存在一定差异,进一步说明蛋白质是三疣梭子蟹的主要代谢能源物质。另外,研究发现 O/N 还能作为海洋无脊椎动物的环境胁迫指标^[22]。本实验中,三疣梭子蟹的 O/N 随光照强度增大先升高后降低,在 1 500 lx 下最大,3 500 lx 下最小,说明 1 500 lx 对三疣梭子蟹的胁迫较小。

3.3 光照强度对三疣梭子蟹呼吸代谢酶活力的影响

己糖激酶和丙酮酸激酶是糖酵解反映过程的关键限速酶,其活性的变化在调节糖代谢过程有重要作用,反应糖酵解水平的高低^[23]。本实验发现,1 500 lx 下,三疣梭子蟹鳃的 HK 和 PK 活力均维持在一个较高的水平,说明同较高和较低的光照强度相比,该光照强度下机体糖酵解速率较高,产生更多的能量,对环境的适应能力较强;1 500 lx 下,蟹肌肉中 PK 活力达到最高水平,而 HK 活力在 800 lx 达到最大值,这种差别与酶的

组织特异性有关,同时表明与黑暗和高光照强度相比,在较明亮的光照环境下,肌肉的代谢水平相对较高。

SDH 是三羧酸循环(TCA 循环)中唯一嵌入到线粒体内膜的酶,在 TCA 过程中起着关键作用,同时是呼吸链的第一个酶,SDH 的活力反映有氧代谢的水平。LDH 可催化丙酮酸转化为乳酸,是机体无氧代谢的标志酶^[23]。本实验中,1 500 lx 下,蟹 SDH 的活力处在较高水平,表明该光照下蟹的有氧代谢能力高,有利于蟹的持续运动;而蟹 LDH 活力处在较低水平,且有氧呼吸比无氧呼吸水平高,说明该光照强度下蟹的生存环境好,对机体的胁迫小。1 500 lx 下蟹肌肉中乳酸含量显著低于其他光照处理,也进一步说明这一问题。

无氧糖酵解是甲壳动物唯一的厌氧代谢途径,乳酸是此途径的无氧代谢终产物^[24-25],一直以来都被视作胁迫指标^[22]。存在环境胁迫时,生物体对能量的需求会增加。本实验中,不同光照强度下,蟹肌肉乳酸含量在 1 500 lx 的光照处理下较低,说明该光照强度下机体处在生理平衡状态,有利于三疣梭子蟹的生长;而在其他光照条件下,三疣梭子蟹肌肉乳酸含量较高,说明机体无氧代谢水平高,机体处在胁迫状态下,蟹需要较多的能量抵御不良环境。

综上所述,在 200 ~ 1 500 lx 光照下,三疣梭子蟹的耗氧率较高;1 500 lx 下,三疣梭子蟹的排氮率和肌肉乳酸含量最低;0 ~ 3 500 lx 下三疣梭子蟹的能源代谢物质以蛋白质为主;过弱的光照(0 ~ 800 lx)下,三疣梭子蟹的代谢水平较低,而过高的光照(3 500 lx)对蟹的胁迫大,1 500 lx 下三疣梭子蟹的机体处于生理平衡状态,对环境的适应性好。因此,三疣梭子蟹工厂化养殖的适宜光照强度为 1 500 lx。

参考文献:

- [1] Gilles Boeuf, Pierre-Yves Le Bail. Does light have an influence on fish growth? [J]. *Aquaculture*, 1999, 177(1-4): 129-152.
- [2] Blaxter J H S. Visual thresholds and spectral sensitivity of herring larvae [J]. *Journal of Experimental Biology*, 1968, 48: 39-53.
- [3] McFarland W N. Light in the sea-correlations with behaviors of fishes and invertebrates [J]. *American*

- Zoologist, 1986, 26(2): 389 - 401.
- [4] Wang F, Dong S, Dong S, *et al.* The effect of light intensity on the growth of Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis* [J]. Aquaculture, 2004, 234(1 - 4): 475 - 483.
- [5] Gardner C, Maguire G B. Effect of photoperiod and light intensity on survival, development and cannibalism of larvae of the Australian giant crab *Pseudocarcinus gigas* [J]. Aquaculture, 1998, 165(1 - 2): 51 - 63.
- [6] Zhang S F. The effect of light on growth and development of the larvae of the *Scylla paramamosain* [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2011. [张胜负. 光照对拟穴青蟹幼体生长发育的影响. 上海: 上海海洋大学, 2011.]
- [7] Lu Y L, Wang F, Gao Q F, *et al.* Effects of salinity on the respiratory metabolism of pre-and post-maturity swimming crab (*Portunus trituberculatus*) [J]. Journal of Fisheries of China, 2012, 36(9): 1392 - 1399. [路允良, 王芳, 高勤峰, 等. 盐度对三疣梭子蟹成熟前后呼吸代谢的影响. 水产学报, 2012, 36(9): 1392 - 1399.]
- [8] Dai C, Wang F, Fang Z H, *et al.* Effects of temperature on energy metabolic enzymes of swimming crab (*Portunus trituberculatus*) in the post-molt stage [J]. Journal of Fisheries of China, 2013, 37(9): 1334 - 1340. [戴超, 王芳, 房子恒, 等. 温度对蜕壳后期三疣梭子蟹能量代谢酶活力的影响. 水产学报, 2013, 37(9): 1334 - 1340.]
- [9] Dai C. Effect of temperature on molting, physiological character and respiratory metabolism of the swimming crab *Portunus trituberculatus* [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2013. [戴超. 温度对三疣梭子蟹蜕壳、钙化生理及呼吸代谢的影响. 青岛: 中国海洋大学, 2013.]
- [10] Lei Y Z. Freshwater aquaculture water chemistry [M] (2nd ed). Nanning: Guangxi science and Technology Press, 1992: 34 - 37. [雷衍之. 淡水养殖水化学. 2 版. 广西科学技术出版社, 1992: 34 - 37.]
- [11] Wang F. Effects and mechanism of light on the growth of Chinese shrimp, *Fenneropenaeus chinensis* [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2004. [王芳. 光照对中国明对虾生长的影响及其机制. 青岛: 中国海洋大学, 2004.]
- [12] Lin X T, Huang C J, Liang X F, *et al.* Effects of feeding, body weight and light condition on respiration of the larvae of *Macrobrachium rosenbergii* [J]. Chinese Journal of Ecology, 1998, 17(4): 14 - 17. [林小涛, 黄长江, 梁旭芳, 等. 摄食、体重和光照条件对罗氏沼虾幼体氧代谢的影响. 生物学杂志, 1998, 17(4): 14 - 17.]
- [13] Luo H M, Zheng W Y. Experimental Studies On The Phototactic Reaction Of *Portunid* (*Portunus trituberculatus* (MIERS)) in horizontal photogradients [J]. Acta Oceanologica Sinica, 1981, 3(2): 300 - 305. [罗会明, 郑微云. 水平光梯度下三疣梭子蟹趋光反应的实验研究. 海洋学报, 1981, 3(2): 300 - 305.]
- [14] Raghavaiah K, Ramamurthi R, Chandrasekharam V, *et al.* Neuroendocrine control of nitrogen metabolism in the Indian field crab *Oziotelphusa senex Fabricius*: I End-products and elimination [J]. Comparative Biochemistry and Physiology-Part B: Comparative Biochemistry, 1980, 67(3): 437 - 445.
- [15] Raman K V, Shakuntala K, Reddy S R. Influence of endogenous factors on the pattern of ammonia excretion in the prawn *Macrobrachium lanchesteri* (de Man) [J]. Indian Journal of Experimental Biology, 1981, 19: 42 - 45.
- [16] 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, 2002, 208(1): 159 - 168.
- [17] 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, 2002, 209(1): 347 - 358.
- [18] 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]. Aquaculture Research, 2002, 33(5): 351 - 357.
- [19] Mayzaud P. Respiration and nitrogen excretion of zooplankton. IV. The influence of starvation on the metabolism and the biochemical composition of some species [J]. Marine Biology, 1976, 37(1): 47 - 58.
- [20] Ikeda T. Nutritional ecology of marine zooplankton [J]. Memoirs of the Faculty of Fisheries, 1974, 22(1): 1 - 97.
- [21] Conover R J, Corner E D S. Respiration and nitrogen excretion by some marine zooplankton in relation to their life cycles [J]. Journal of the Marine Biological, 1968, 48(1): 49 - 75.
- [22] Sabourin T D, Stickle W B. Effect of salinity on respiration and nitrogen excretion in two species of echinoderms [J]. Marine Biology, 1981, 65(1):

- 91 - 99.
- [23] Wang J Y, Zhu S G, Xu C F. Biochemistry [M] (3rd ed). Beijing: Higher Education Press, 2002: 104 - 105. [王镜岩, 朱圣庚, 徐长法. 生物化学. 3 版. 北京: 高等教育出版社, 2002: 104 - 105.]
- [24] van Aardt W J, Wolmarans C T. Effects of anoxia on the haemolymph physiology and lactate concentrations in the freshwater crab *Potamon warreni* calman [J]. Comparative Biochemistry and Physiology-Part A: Physiology, 1987, 88 (4): 671 - 675.
- [25] Albert J L, Ellington W R. Patterns of energy metabolism in the stone crab, *Menippe mercenaria*, during severe hypoxia and subsequent recovery [J]. Journal of Experimental Zoology, 1985, 234 (2): 175 - 183.
- [26] Paterson B D. The rise in inosine monophosphate and l-lactate concentrations in muscle of live penaeid prawns (*Penaeus japonicus*, *Penaeus monodon*) stressed by storage out of water [J]. Comparative Biochemistry and Physiology-Part B: Comparative Biochemistry, 1993, 106(2): 395 - 400.

Effects of light intensity on the respiratory metabolism of swimming crab (*Portunus trituberculatus*)

WANG Xin, WANG Fang*, LU Yunliang, DONG Shuanglin

(Key Laboratory of Mariculture, Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

Abstract: Indoor experiments were conducted to investigate the effect of constant light intensity on physiology and ecology characteristics of swimming crab (*Portunus trituberculatus*). The oxygen consumption rate (OCR), ammonia excretion rate (AER), O:N ratio, lactic acid (LD), energetic contents in hemolymph and respiratory enzyme activities including hexokinase (HK), pyruvate kinase (PK), succinate dehydrogenase (SDH) and lactate dehydrogenase (LDH) were tested in five constant light intensity treatments (0, 200, 800, 1 500, 3 500 lx). The main results were as follows: 1. Light intensity influenced the OCR and AER significantly ($P < 0.05$). The oxygen consumption rate of the crab under 200 - 1 500 lx was significantly higher than those of the crab under 0 lx and 3 500 lx ($P < 0.05$). The ammonia excretion rate of the crab under 1 500 lx was significantly lower than others ($P < 0.05$). 2. Light intensity influenced total protein, but did not influence other energetic contents and O:N ratio significantly ($P > 0.05$). Our results suggest that protein is used preferentially as energy source. 3. Marked differences were found in LD ($P < 0.05$). The LD in muscle of the crab under 1 500 lx was lowest. 4. Different light intensity influenced different respiratory enzymes differently. Under 1 500 lx, the activity of HK and PK were at a high level. Glycolysis went faster and produced more energy. The activity of SDH was at a high level, while LDH was low. Aerobic metabolism was at a higher level, providing more energy for a continuous motion of crab. The results revealed that light intensity affected respiratory metabolism, and the crab at 1 500 lx had higher metabolism while under less stress. So about 1 500 lx may be the better illumination condition of the crab culture industry.

Key words: *Portunus trituberculatus*; light intensity; respiratory metabolism; oxygen consumption rate; ammonia excretion rate; respiratory enzyme; lactic acid

Corresponding author: WANG Fang. E-mail: wangfang249@ouc.edu.cn