

养殖容器颜色对拟穴青蟹幼蟹生长、应激和甲壳颜色的影响

马湘成^{1,2}, 张高立³, 高广春⁴, 王春琳^{1,2}, 母昌考^{1,2}, 叶央芳^{1,2}, 史策^{1,2*}

(1.宁波大学 海洋学院, 浙江 宁波 315832; 2.浙江海洋高效健康养殖协同创新中心, 浙江 宁波 315832; 3.杭州横士蟹客海洋科技有限公司, 浙江 杭州 311106; 4.浙大城市学院 信息与电气工程学院, 浙江 杭州 310015)

摘要: 研究评估了6种养殖容器颜色(红、黄、绿、蓝、黑和白)对拟穴青蟹幼蟹生长、应激及甲壳颜色的影响。结果表明,黄色和蓝色容器中幼蟹存活率和生长率较高,红色存活率最低。在应激方面,红色和黄色组的皮质醇水平较高($P < 0.05$);黄色组的超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化氢酶(CAT)水平、红色组的丙二醛(MDA)水平较高($P < 0.05$);蓝色组的己糖激酶(HK)水平较低($P < 0.05$)。养殖容器颜色还显著影响了幼蟹的甲壳颜色,幼蟹壳色会趋近养殖容器颜色。线性回归方程表明养殖容器颜色对壳色的 L^* 、 a^* 、 b^* 值的贡献分别为80.17%、41.28%、19.13%。本研究的结果表明,蓝色容器能够提高拟穴青蟹幼蟹的存活率和生长率,且其应激较低,因此蓝色容器更适合于拟穴青蟹幼蟹的中间培育。

关键词: 拟穴青蟹; 背景色; 生长性能; 应激; 甲壳颜色

中图分类号: TP274

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2021) 06-0043-07

青蟹(*Scylla* spp.)味道鲜美、营养价值高,深受东亚和东南亚地区消费者喜爱^[1-2]。作为我国主要海水养殖蟹类,其2019年养殖产量为 16.06×10^4 t,占海水蟹类养殖总产量的54.7%^[3],其中,90%以上产量来自拟穴青蟹(*Scylla paramamosain*)^[4]。我国拟穴青蟹生产以池塘养殖为主,但该方式相对粗放,亩产较低,制约了拟穴青蟹养殖业的进一步发展^[5]。工厂化苗种培育为解决上述问题提供了新的途径,但目前拟穴青蟹的工厂化中间培育技术还不成熟,苗种存活率仍然较低^[6]。

现有研究表明,适宜的养殖容器颜色可显著促进养殖对象的生长和存活,提高饵料利用率^[7-9],而不适宜的养殖容器颜色则会导致养殖动物生长迟缓,甚至死亡^[10]。如Eslamlou等^[11]发现金鱼(*Carassius auratus*)在白色背景中生长最快,其血浆的皮质醇水平显著低于红色背景。对于甲壳动物,红螯螯虾(*Cherax quadricarinatus*)在黑色养殖容器中的体重增长量、特定生长率和存活率最高^[12]。而锯缘青蟹(*S. serrata*)幼体在暗色的养殖容器中发

育更快、存活率更高^[13]。

此外,养殖容器颜色还会影响养殖动物的体色^[14]。Kasagi等^[15]发现虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)的体色亮度与养殖容器颜色的亮度呈正相关。而黑色容器能显著促进红樱桃虾(*Neocaridina davidi*)的着色,明显提高其虾青素含量^[16]。养殖动物体色是影响消费者选购的重要依据之一^[17],因此有必要对养殖动物的体色进行调控。

尽管已经发现养殖容器会影响水生生物的生长和体色,但目前其对拟穴青蟹的影响尚未见报道。为此本研究通过46 d的拟穴青蟹幼蟹养殖,评估了6种养殖容器颜色(红、黄、绿、蓝、黑和白)对幼蟹生长、应激和甲壳颜色的影响,以期获得拟穴青蟹幼蟹较适宜的养殖容器颜色,为拟穴青蟹幼蟹的工厂化中间培育提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 实验设计和养殖条件

实验于2020年7月至8月间进行,实验动物

收稿日期: 2021-03-06。

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journalg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 国家自然科学基金(41776164); 宁波市自然科学基金(2019A610424); 宁波市科技创新2025重大专项(2019B10010)。

第一作者: 马湘成(1995-),男,江苏南通人,在读硕士研究生,主要研究方向: 海水蟹工厂化养殖。E-mail: jemmxc@qq.com

*通信作者: 史策(1985-),男,辽宁锦州人,副教授,主要研究方向: 水产设施养殖技术。E-mail: shice3210@126.com

选用宁波市某水产养殖企业的拟穴青蟹 C1 期幼蟹。实验前,在塑料桶内对幼蟹暂养 3 d,选择健康、活力好且附肢完整的幼蟹(0.02 ± 0.01) g 装于有 0.5 L 海水的聚乙烯养殖容器(内尺寸: 130 mm×83 mm×48 mm)中。养殖容器的颜色分别为红、黄、绿、蓝、黑和白共 6 种,容器颜色的 Lab 值见表 1。每个养殖容器内放 1 只幼蟹,每个颜色处理设置 30 个重复。养殖用海水经过滤和紫外消毒后,盐度 22‰~25‰,温度 21~27 ℃,溶解氧 $> 6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, pH 值 8.0~8.5,总氨氮(TAN) $< 0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。每个养殖盒中都放置 1 个透明聚乙烯网片供幼蟹栖息和躲避(规格: 10 目, 30 mm×20 mm)。实验使用的自然光周期约为 14 h 光照和 10 h 黑暗,光强范围为 2 000~3 000 lx。于每天 7:00 和 18:00 各投喂一次商品饲料(浙江天邦公司, 40.0% 蛋白质、6.0% 脂肪、5.0% 纤维、12.0% 水分、18.0% 灰分、1.2% 总磷、2.0% 赖氨酸),每次投喂后 2 h 收集残留饵料,记录幼蟹前 5 周的日摄食量。每天 6:00 换水,换水率为 100%,记录幼蟹的蜕壳和存活情况。于养殖结束后称量幼蟹体重并拍照,然后液氮冻存备用。

1.2 存活和生长数据测定

存活率、生物量、特定生长率(SGR)、增重率(WG)、重量变异系数(CV)、蜕壳频率和摄食量的计算公式如下:

$$C = O_i / O_f \times 100 \%,$$

$$S = W_f / V,$$

$$Z_{\text{SGR}} = (\ln W_f - \ln W_i) / t \times 100 \%,$$

$$G_{\text{WG}} = (W_f - W_i) / W \times 100,$$

$$V_{\text{CV}} = (100 \times U) / W_f,$$

$$k = K / L,$$

$$n = N / (E \times D),$$

式中: C 为存活率, %; O_i 为实验开始时活蟹数量, 只; O_f 为实验结束时活蟹的数量, 只; S 为生物量, $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$; W_i 为蟹的总质量, g; V 为养殖容器容积, m^3 ;

Z_{SGR} 为特定生长率, $\% \cdot \text{d}^{-1}$; W_f 为蟹最终质量, g; W_i 为蟹的初始质量, g; t 为实验持续时间, d; G_{WG} 为增重率, %; V_{CV} 为质量变异系数; U 为末重标准差; k 为蜕壳频率; K 为存活青蟹总蜕壳次数; L 为存活青蟹数量; n 为摄食量, $\text{g} \cdot (\text{只} \cdot \text{d})^{-1}$; N 为存活青蟹的总摄食量, g; E 为存活青蟹数量, 只; D 为总天数, d。

1.3 代谢物和酶活测定

皮质醇、葡萄糖(Glu)、乳酸(LD)、丙二醛(MDA)和样本的蛋白含量以及超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、丙酮酸激酶(PK)和己糖激酶(HK)活力测定均采用南京建成生物工程研究所的试剂盒,方法参照试剂盒的操作说明。

SOD 的活力定义: 每毫克组织蛋白在 1 mL 反应液中 SOD 抑制率达 50% 时所对应的 SOD 量为 1 个 SOD 活力单位(U)。

CAT 的活力定义: 每毫克组织蛋白每秒分解 $1 \mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ 的量为 1 个活力单位(U)。

PK 的活力定义: 在 37 ℃、pH 7.6 条件下, 每克组织蛋白每分钟分解 $1 \mu\text{mol}$ 磷酸烯醇式丙酮酸(PEP)为丙酮酸为 1 个酶活力单位。

HK 的活力定义: 在 37 ℃、pH 7.6 条件下, 每毫克组织蛋白每分钟生成 1 mmol 还原型烟酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸(NADPH)定义为 1 个酶活力单位。

1.4 体色测定

采用数码相机(iphone, MWF12CH/A)拍摄幼蟹, 并选择 Pantone 国际标准色卡作为拍摄比色卡, 以便于校准。拍摄时固定数码相机的相关拍摄系数, 在相同的布光条件下($6\,000 \text{ lx}$, 全光谱)拍摄样本。利用 Lab 颜色模型分析青蟹幼蟹的体色变化, 该模型由 3 个要素组成, 1 个要素是亮度(L^*), 取值范围是 0~100。另 2 个要素是颜色通道 a^* 和 b^* , a^* 代表从绿色到红色的分量, 取值范围是 -128~127; b^* 代表从蓝色到黄色的分量, 取值范围是 -128~

表 1 不同养殖容器颜色的 L^* 值、 a^* 值和 b^* 值

处理组	红色	黄色	绿色	蓝色	黑色	白色
颜色代码	RAL3028	RAL1016	RAL6037	RAL5002	RAL9005	RAL9003
L^* 值	49.60	81.43	66.93	42.24	27.00	85.68
a^* 值	55.54	-9.75	-54.84	44.55	-1.24	-1.36
b^* 值	42.28	72.97	31.95	-82.01	-7.24	-5.55

127. 利用 Adobe Photoshop CS9 软件分析图像 Lab 值.

1.5 数据分析

使用 SPSS 22.0 软件对各处理组进行单因素方差分析(one-way ANOVA)和 Duncan 多重比较, 数据均用“平均值±标准误差”表示. 使用线性回归评估养殖容器颜色和甲壳颜色之间的关系. 决定系数(R^2)表示线性回归的适用性, 当 R^2 的值接近 1 时, 表明可以更好地拟合回归模型.

2 结果与分析

2.1 养殖容器颜色对拟穴青蟹幼蟹生长的影响

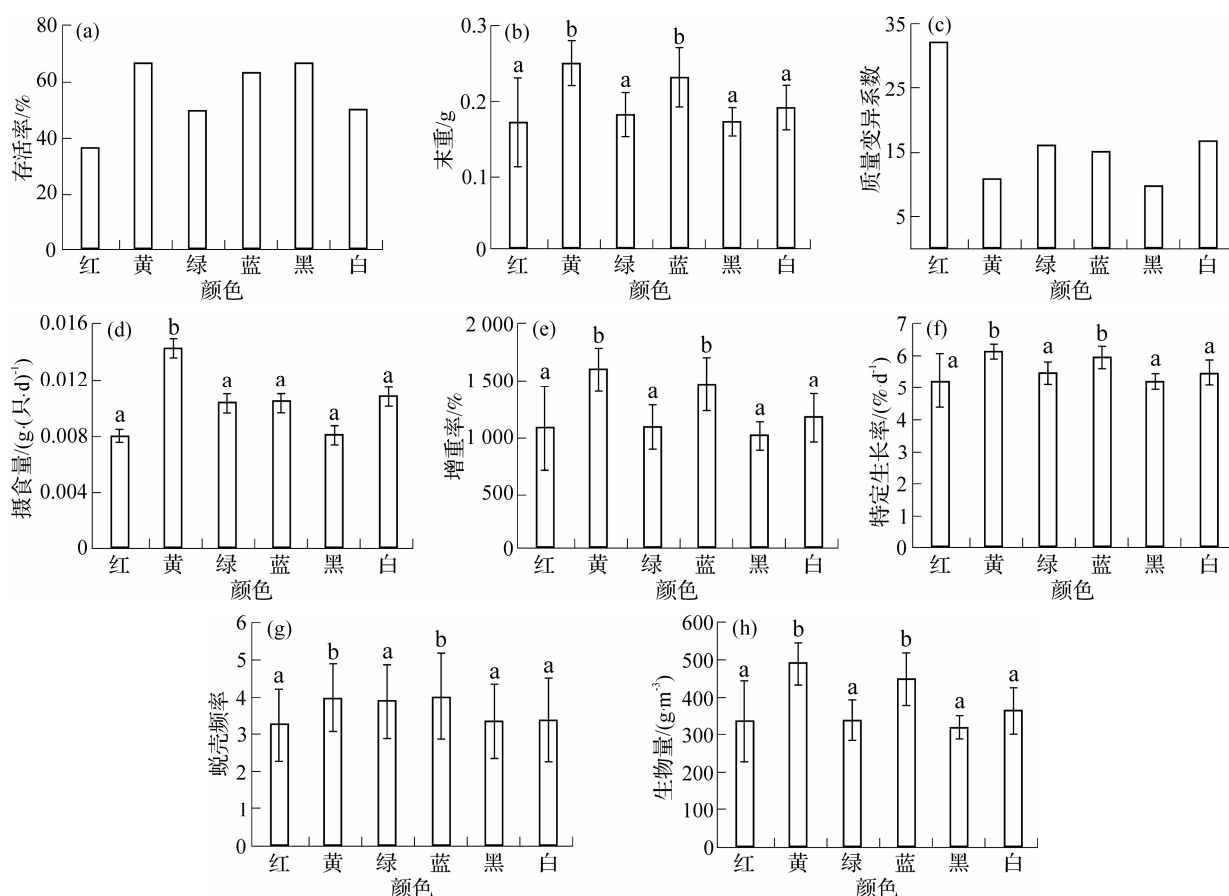
在不同的养殖容器颜色下, 拟穴青蟹幼蟹的生长产生了一定的差异(图 1), 主要表现在黄色组与蓝色组幼蟹的增重率、特定生长率和生物量都显著高于其他组($P < 0.05$). 黄色组、黑色组和蓝色组幼蟹的存活率均大于 63%, 高于白色组(50%)、绿

色组(50%)和红色组(36.67%)(图 1(a)). 黑色组幼蟹 CV 最低, 其次是黄色组、蓝色组、绿色组和白色组的 CV 在 10~17 之间, 红色组的 CV 最高, 达到 32.25(图 1(c)). 此外, 黄色组的幼蟹摄食量显著高于其他组($P < 0.01$, 图 1(d)).

2.2 养殖容器颜色对拟穴青蟹幼蟹应激的影响

养殖容器颜色对拟穴青蟹幼蟹产生了一定的应激影响. 红色组和黄色组幼蟹的皮质醇水平显著高于蓝色组、黑色组和白色组, 而黑色组幼蟹的皮质醇水平最低, 显著低于红色组、黄色组和绿色组($P < 0.01$). 尽管养殖容器颜色对幼蟹的葡萄糖含量无显著影响($P > 0.05$), 但蓝色组的幼蟹 HK 活力最低, 显著低于红色组、绿色组和白色组($P < 0.05$). 养殖容器颜色对幼蟹的 PK 活力也无显著影响($P > 0.05$), 但红色背景导致幼蟹的乳酸水平显著高于其他组($P < 0.01$).

养殖容器颜色还导致幼蟹膜脂过氧化和抗氧



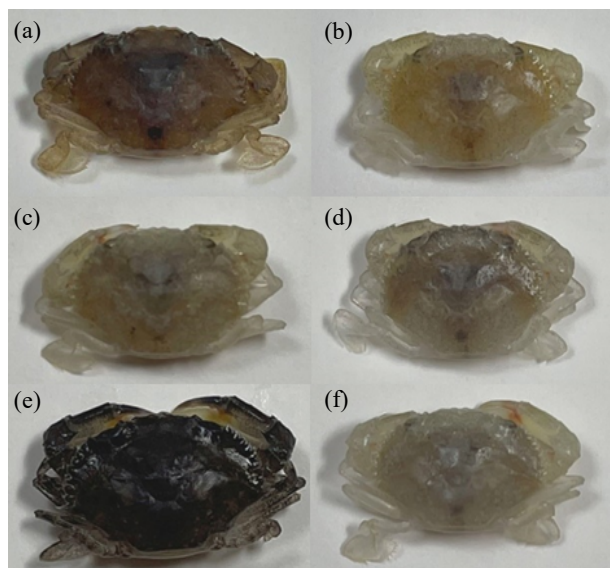
同行数据中上标字母表示差异显著($n=10$, $P < 0.05$)

图 1 不同颜色养殖容器中拟穴青蟹幼蟹的存活率(a)、末重(b)、质量变异系数(c)、摄食量(d)、增重率(e)、特定生长率(f)、蜕壳频率(g)和生物量(h)

化酶活性变化. 如红色组的幼蟹 MDA 含量显著高于其他处理组, 而蓝色和黑色组的幼蟹 MDA 含量显著低于其他处理组($P < 0.01$). 黄色组幼蟹 SOD 活力显著高于其他组($P < 0.01$). 而黄色和蓝色组的幼蟹 CAT 活力显著高于红色组、黑色组和白色组($P < 0.05$).

2.3 养殖容器颜色对拟穴青蟹幼蟹甲壳颜色影响

养殖容器颜色显著影响了拟穴青蟹幼蟹的甲壳颜色(图 2 和表 2). 黑色组幼蟹甲壳亮度 L^* 值(17.73 ± 1.88)最低($P < 0.01$), 其次是红色组和蓝色组, 最高的是绿色组、黄色组和白色组. 黑色组和红色组幼蟹甲壳颜色的 a^* 值显著高于其他组, 其次是蓝色组和白色组, 绿色组和黄色组的最低. 此外, 黄色组幼蟹甲壳颜色的 b^* 值最高, 其次是绿色组、白色组、蓝色组和红色组, 黑色组的 b^* 值最低.



(a)红色; (b)黄色; (c)绿色; (d)蓝色; (e)黑色; (f)白色.

图 2 不同颜色养殖容器中拟穴青蟹幼蟹

由图 3 可知, L^* 、 a^* 、 b^* 的 R^2 分别为 0.8017、0.4128 和 0.1913, 说明拟穴青蟹幼蟹甲壳颜色的 L^* 、 a^* 、 b^* 值的 80.17%、41.28% 和 19.13% 由养殖容器的颜色决定. 幼蟹甲壳颜色与容器颜色的 L^*

值的拟合程度更好.

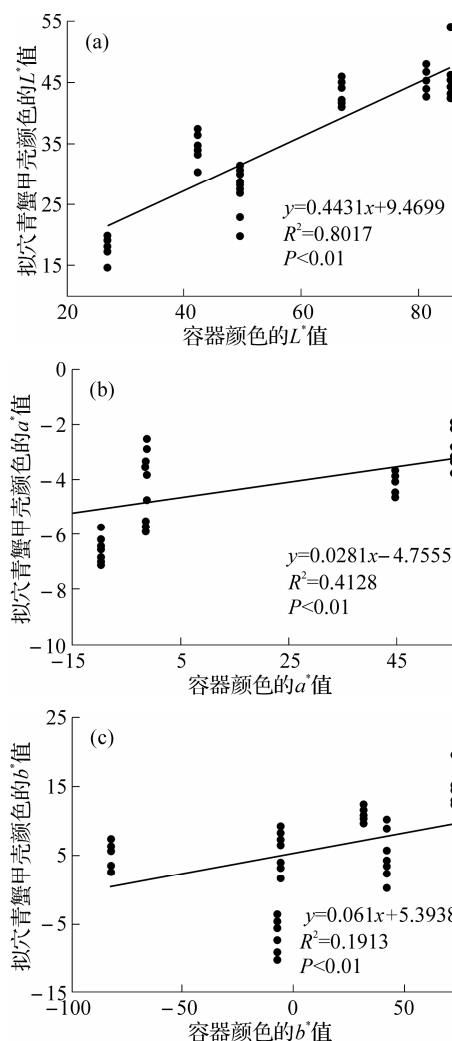


图 3 实验容器颜色的 L^* 、 a^* 、 b^* 值(x)与拟穴青蟹甲壳颜色的 L^* 、 a^* 、 b^* 值(y)的关系

3 讨论

养殖动物的存活和生长会受到养殖容器颜色的影响^[9,18-20]. 同样, 拟穴青蟹幼蟹的存活和生长也受到养殖容器颜色的直接影响. 拟穴青蟹幼蟹在红色养殖容器中存活率最低, 在蓝色和黄色容器中特定生长率和生物量最高, 这与黄颡鱼(*Pelt-*

表 2 不同颜色养殖容器中拟穴青蟹幼蟹甲壳颜色的 Lab 值

项目	红色	黄色	绿色	蓝色	黑色	白色
L^*	27.71 ± 3.76^b	44.82 ± 1.93^d	43.43 ± 1.89^d	34.52 ± 2.03^c	17.73 ± 1.88^a	44.99 ± 3.45^d
a^*	-2.83 ± 0.64^d	-6.53 ± 0.45^a	-6.21 ± 0.56^a	-4.13 ± 0.36^c	-2.76 ± 0.39^d	-5.15 ± 0.98^b
b^*	4.65 ± 3.28^b	14.57 ± 2.04^d	11.09 ± 0.97^c	5.23 ± 1.92^b	-6.28 ± 2.25^a	6.31 ± 2.84^b

注: 同行数据中上标字母不同表示差异显著($n=3$, $P < 0.05$).

eobagrus fulvidraco)幼鱼的研究结果相似^[21]。但与本研究不同的是,锯缘青蟹幼体在深色背景中(黑色、暗红及暗绿)存活率较高^[13],而罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*)幼体在红色和绿色容器中的存活率较高^[22],这可能暗示着养殖动物对养殖容器颜色的偏好具有物种特异性^[23]。

当外界环境或机体内环境发生剧烈变化时,生物体内往往产生活性氧(ROS),过量的ROS对生物体造成氧化损伤^[24]。蟹类作为无脊椎动物,含非特异性免疫系统,特别是抗氧化系统在抵抗外界环境胁迫方面发挥着重要作用^[25]。正常状态下,生物体内抗氧化系统可清除代谢产生的多余ROS^[26]。抗氧化系统主要由SOD和CAT组成,其中SOD能够清除机体内部的活性氧自由基,将其转化为H₂O₂,随后CAT将H₂O₂完全分解成水和氧气,保护生物体的组织和细胞不受氧化损伤^[27]。本研究中,红色组幼蟹的SOD和CAT活力较低,而脂质过氧化产物MDA的含量较高,说明红色背景会使拟穴青蟹幼蟹产生较多氧化应激。与红色相反,黄色对幼蟹氧化应激是适中的,没有造成严重氧化损伤,这可能是由于黄色组青蟹通过增加摄食获得更多能量,以抵抗应激胁迫。Kang等^[28]发现明亮的养殖容器颜色可促进牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)血液中的皮质醇适当增加,反而增强了其摄食和生长。

皮质醇是生物体在应激状态下产生的一种类激素,其水平的高低反映了生物体的应激状态^[29]。抵抗胁迫是一个能量消耗的过程,需要消耗大量的储能物质以补充机体消耗的能量^[30]。皮质醇可促进糖原分解,增加葡萄糖含量,并通过糖异生作用促进脂质的利用,进而为机体供能^[31]。本研究中,红色组和黄色组青蟹的皮质醇水平较高,表明其受到了更多胁迫。另一方面,在有氧呼吸产生的能量不足以满足代谢需求时,生物体会通过糖酵解途径来补充能量^[32]。糖酵解途径是葡萄糖在无氧条件下分解供能的过程,其中丙酮酸激酶(PK)和己糖激酶(HK)是糖酵解途径两个关键限速酶^[33]。本研究中红色养殖容器激活了幼蟹的HK活性,并导致了乳酸积累,表明幼蟹已借助糖酵解途径产能以抵抗应激。

甲壳动物的体色不但能够作为个体间的通讯

讯号,也可以作为生理变化的表现表现^[34],是基因和环境因素共同作用的结果^[35]。本研究表明拟穴青蟹幼蟹的甲壳颜色逐渐趋近于养殖容器颜色。如黄色组幼蟹甲壳颜色的+b*值趋近黄色,红色组幼蟹甲壳颜色的+a*值趋近红色,而绿色组幼蟹甲壳颜色的-a*值趋近绿色,黑色组幼蟹甲壳颜色的L*值亮度最低。斑节对虾(*Penaeus monodon*)也表现出类似的颜色适应反应,在暴露于深色或浅色的基质时会扩张或收缩其皮下的着色结构^[36]。该过程往往是通过富集虾青素完成^[37],而虾青素的富集需要消耗能量,从而负面影响了甲壳动物的生长^[38],鱼类中也存在类似现象^[39]。保护色无疑有助于动物躲避敌害,但过于强烈的体色变化可能意味着更多的能量消耗。前人研究发现,黑色容器中养殖的三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)幼蟹体色变化剧烈,导致了最低的生长速度^[40]。因此,本研究中黑色组幼蟹强烈的体色变化可能影响了其存活和生长。

4 结语

尽管拟穴青蟹幼蟹在黄色和蓝色的容器都具有较好的生长表现,但黄色组具有较高的皮质醇和无氧呼吸水平,可能表明其消耗了更多能量以抵抗应激。因此,蓝色容器更适合拟穴青蟹幼蟹的中间培育。

参考文献:

- [1] Hamasaki K, Matsui N, Nogami M. Size at sexual maturity and body size composition of mud crabs *Scylla* spp. caught in Don Sak, Bandon Bay, Gulf of Thailand[J]. Fisheries Science, 2011, 77(1):49-57.
- [2] Xu H, Wang J, Han T, et al. Effects of dietary phospholipids levels on growth performance, lipid metabolism, and antioxidant capacity of the early juvenile green mud crab, *Scylla paramamosain* (Estampador)[J]. Aquaculture Research, 2019, 50:513-520.
- [3] 农业农村部渔业渔政管理局. 2020 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2020.
- [4] 王桂忠, 李少菁, 陈志刚. 青蟹(*Scylla* spp.)养殖现状及拟穴青蟹(*S. paramamosain*)种群生物学研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2016, 55(5):617-623.
- [5] 林琼武, 刘涛, 陈学雷, 等. 室外虾池笼养拟穴青蟹(*Scylla paramamosain*)的存活、蜕壳与生长[J]. 福建水

- 产, 2014, 36(3):234-240.
- [6] 张胜负, 蒋科技, 顾孝连, 等. 光照强度对拟穴青蟹幼体生长及能量收支的影响[J]. 海洋渔业, 2011, 33(2): 187-194.
- [7] Kesbiç O S, Yiğit M, Acar Ü. Effects of tank color on growth performance and nitrogen excretion of European seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences, 2016, 86(1):205-210.
- [8] Ostrowski A C. Effect of rearing tank background color on early survival of dolphin larvae[J]. The Progressive Fish-Culturist, 1989, 51(3):161-163.
- [9] Santisathitkul N, Thongprajukaew K, Saekhow S, et al. Optimal background colour for rearing Asian seabass (*Lates calcarifer*)[J]. Aquaculture Research, 2020, 51(4): 1743-1752.
- [10] Palińska-Żarska K, Krejszeff S, Łopata M, et al. Effect of water hardness, temperature, and tank wall color, on the effectiveness of swim bladder inflation and survival of Eurasian perch (*Perca fluviatilis*, L.) larvae reared under controlled conditions[J]. Aquaculture International, 2019, 27(4):931-943.
- [11] Eslamloo K, Akhavan SR, Eslamifar A, et al. Effects of background colour on growth performance, skin pigmentation, physiological condition and innate immune responses of goldfish, *Carassius auratus*[J]. Aquaculture Research, 2015, 46(1):202-215.
- [12] 魏淼, 顾志峰, 潘志, 等. 背景色对红螯螯虾生长、存活、体色及栖息行为的影响[J]. 海洋科学, 2020, 44(10): 60-65.
- [13] Rabbani A G, Zeng C. Effects of tank colour on larval survival and development of mud crab *Scylla serrata* (Forskål)[J]. Aquaculture Research, 2005, 36(11):1112-1119.
- [14] 沈志刚, 杨磊, 孙存军, 等. 养殖鱼类体色改良研究进展[J]. 河北渔业, 2009, 10(11):48-51.
- [15] Kasagi S, Miura M, Okazaki T, et al. Effects of tank color brightness on the body color, somatic growth, and endocrine systems of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* [J]. General and Comparative Endocrinology, 2020, 298: 113581.
- [16] Tomas A L, Sganga D E, Lopez Greco L S. Effect of background color and shelters on female pigmentation in the ornamental red cherry shrimp *Neocaridina davidi* (Caridea, Atyidae)[J]. Journal of the World Aquaculture Society, 2020, 51(3):775-787.
- [17] 冷向军, 李小勤. 水产动物着色的研究进展[J]. 水产学报, 2006, 30(1):138-143.
- [18] Jirsa D, Drawbridge M, Stuart K. The effects of tank color and light intensity on growth, survival, and stress tolerance of white seabass, *Atractoscion nobilis*, larvae[J]. Journal of the World Aquaculture Society, 2009, 40(5): 702-709.
- [19] Ullmann J F, Gallagher T, Hart N S, et al. Tank color increases growth, and alters color preference and spectral sensitivity, in barramundi (*Lates calcarifer*)[J]. Aquaculture, 2011, 322:235-240.
- [20] Üstündağ M, Rad F. Effect of different tank colors on growth performance of rainbow trout juvenile (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792)[J]. Tarim Bilimleri Dergisi, 2015, 21(1):144-151.
- [21] Pichirikkat R R, Zhu X M, Lei W, et al. Rearing tank color influences survival and growth of the early larvae of the yellow catfish, *Pelteobagrus fulvidraco*, Richardson [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2013, 37(2):177-184.
- [22] Yasharian D, Coyle S D, Tidwell J H, et al. The effect of tank colouration on survival, metamorphosis rate, growth and time to metamorphosis freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) rearing[J]. Aquaculture Research, 2005, 36(3):278-283.
- [23] McLean E. Fish tank color: An overview[J]. Aquaculture, 2021, 530:735750.
- [24] 亢玉静, 郎明远, 赵文. 水生生物体内抗氧化酶及其影响因素研究进展[J]. 微生物学杂志, 2013, 33(3):75-80.
- [25] 李亚男, 张海滨. 海洋无脊椎动物抗氧化酶研究进展[J]. 海洋通报, 2018, 37(3):241-253.
- [26] Lushchak V I, Bagnyukova T V, Lushchak V, et al. Hypoxia and recovery perturb free radical processes and antioxidant potential in common carp (*Cyprinus carpio*) tissues[J]. The International Journal of Biochemistry & Cell Biology, 2005, 37(6):1319-1330.
- [27] 李笑, 曲艺, 张倩倩, 等. 海水酸化和热应激对日本鼓虾氧化应激和能量代谢的影响[J]. 海洋与湖沼, 2020, 51(6):1412-1421.
- [28] Kang D Y, Kim H C. Influence of density and background color to stress response, appetite, growth, and blind-side hypermelanosis of flounder, *Paralichthys olivaceus*[J]. Fish Physiology and Biochemistry, 2013, 39(2):221-232.
- [29] 赵建华, 杨德国, 陈建武, 等. 鱼类应激生物学研究与应用[J]. 生命科学, 2011, 23(4):394-401.
- [30] 吕为群, 桂建芳. 鱼类应激应对策略及其在抗逆育种中的应用[J]. 水产学报, 2020, 44(3):505-513.
- [31] 连慧香, 王俊锋, 郭峰. 应激状态下内分泌变化对家禽

- 营养代谢的影响[J]. 养禽与禽病防治, 2009, 5(10):4-8.
- [32] 李英, 王芳, 赵卓英, 等. 盐度突变对凡纳滨对虾渗透调节中血红蛋白和糖酵解影响的初步研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2012, 42(9):28-34.
- [33] 郭彪, 王芳, 侯纯强, 等. 温度突变对凡纳滨对虾已糖激酶和丙酮酸激酶活力以及热休克蛋白表达的影响[J]. 中国水产科学, 2008, 15(5):885-889.
- [34] Horch K, Salmon M, Forward R. Evidence for a two pigment visual system in the fiddler crab, *Uca thayeri*[J]. Journal of Comparative Physiology A, 2002, 188(6):493-499.
- [35] 游奎, 杨红生, 刘鹰, 等. 不同光源及光照时间对凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)游离虾青素含量及生长的影响[J]. 海洋与湖沼, 2005, 36(4):296-301.
- [36] Wade N M, Anderson M, Sellars M J, et al. Mechanisms of colour adaptation in the prawn *Penaeus monodon*[J]. Journal of Experimental Biology, 2012, 215(2):343-350.
- [37] 龚志, 吴韬, 沈建明, 等. 环境胁迫与河蟹体色[J]. 水产养殖, 2014, 35(7):21-24.
- [38] You K, Yang H, Liu Y, et al. Effects of different light sources and illumination methods on growth and body color of shrimp *Litopenaeus vannamei*[J]. Aquaculture, 2006, 252(2):557-565.
- [39] Hur S P, Hyeon J Y, Moon K, et al. Effects of background tank color on the growth and feeding-related gene expression of olive flounder, *Paralichthys olivaceus*[J]. Aquacult Biology, 2018, 7(1):132-145.
- [40] Wang J, Peng K, Lu H, et al. The effect of tank colour on growth performance, stress response and carapace colour of juvenile swimming crab *Portunus trituberculatus*[J]. Aquaculture Research, 2019, 50(9):2735-2742.

Effects of tank color on growth, stress and carapace color of juvenile mud crab *Scylla paramamosain*

MA Xiangcheng^{1,2}, ZHANG Gaoli³, GAO Guangchun⁴, WANG Chunlin^{1,2},
MU Changkao^{1,2}, YE Yangfang^{1,2}, SHI Ce^{1,2*}

(1.School of Marine Science, Ningbo University, Ningbo 315832, China;

2.Collaborative Innovation Center for Zhejiang Marine High-efficiency and Healthy Aquaculture, Ningbo 315832, China;

3.Hangzhou Crab Ocean Technology Co., Ltd., Hangzhou 311106, China;

4.School of Information and Electrical Engineering, Zhejiang University City College, Hangzhou 310015, China)

Abstract: This study evaluated the effects of tank colors (red, yellow, green, blue, black and white) on the growth, stress and carapace color of juvenile *Scylla paramamosain*. The results showed that the survival rate and growth rate of juvenile crabs in yellow and blue tanks were higher, and the survival rate of crabs in red tank was the lowest. In terms of stress, cortisol levels of crabs in the red and yellow groups were higher ($P<0.05$). The levels of superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT) in the yellow group and malondialdehyde (MDA) levels in the red group were higher ($P<0.05$). The hexokinase (HK) level in the blue group was lower ($P<0.05$). Tank color also significantly affected the color of carapace. Linear regression equation shows that the contribution of the color of the tank to the L^* , a^* and b^* values of the carapace is 80.17%, 41.28% and 19.13% respectively. The results of this study show that the blue tank can improve both the survival rate and the growth rate of the young crabs, with the stress response being reduced as well. The blue tank is more suitable for the intermediate rearing of juvenile *S. paramamosain*.

Key words: *Scylla paramamosain*; tank color; growth performance; stress; carapace color

(责任编辑 章践立)