



引用格式:余沛璇,董明月,王子,等.不同光照强度对翡翠贻贝足行为的影响研究[J].海南大学学报(自然科学版中英文),DOI:10.65658/j.hndk.2026022301.

Citation: Yu Peixuan, Dong Mingyue, Wang Zi, et al. Effects of Different Light Intensities on Foot Behavior of the Green Mussel *Perna viridis*[J]. Natural Science of Hainan University, DOI: 10.65658/j.hndk.2026022301.

Open Access

不同光照强度对翡翠贻贝足行为的影响研究

余沛璇^{1,2},董明月^{1,2},王子¹,胡静³,顾志峰^{1,2},石耀华^{1,2},郑兴^{1,2,3}✉

(1. 海南大学 海洋生物与水产学院, 海南 海口 570228; 2. 海南省热带水生生物技术重点实验室, 海南 海口 570228; 3. 三亚热带水产研究院, 海南 三亚 572000)

摘要: 翡翠贻贝(*Perna viridis*)是一种广泛分布的暖水性海洋经济贝类,常以足丝固着在岩石、海藻或船底等坚硬基质上。为了探究光照强度对翡翠贻贝足丝分泌行为和足移动行为的影响,利用视频监测技术,比较了不同光照强度下翡翠贻贝的足丝分泌率、足丝分泌数量、足运动率、足运动总距离。结果表明,0 lx(黑暗)组翡翠贻贝的存活率($97.20\pm1.90\%$)、足丝分泌率($51.40\pm4.50\%$)、足丝数量(13.50 ± 1.11 根)、足运动率($77.11\pm2.30\%$)和总运动距离(32.38 ± 15.91 cm)均最高,而1200 lx组均显著下降($75.00\pm2.00\%$ 、 $3.67\pm1.20\%$ 、 2.50 ± 0.50 根、 $48.11\pm9.33\%$ 、 13.82 ± 6.00 cm, $P<0.05$)。除此之外,无论翡翠贻贝是否分泌足丝,其足运动距离皆随着光强的增大而增加,并在300 lx时达到最大值(71.50 ± 2.67 cm和 23.95 ± 1.79 cm);之后光强进一步增大,足运动距离则会随之减小。研究结果可为翡翠贻贝的人工养殖和生态修复等方面提供数据支持。

关键词: 光照强度; 翡翠贻贝; 足丝; 足丝分泌; 足移动

中图分类号: G232 文献标志码: A

DOI: 10.65658/j.hndk.2026022301 CSTR: 32403.14.hndk.2026022301

Effects of Different Light Intensities on Foot Behavior of the Green Mussel *Perna viridis*

Yu Peixuan^{1,2}, Dong Mingyue^{1,2}, Wang Zi¹, Hu Jing³, Gu Zhifeng^{1,2}, Shi Yaohua^{1,2}, Zheng Xing^{1,2,3}✉

(1. School of Marine Biology and Fisheries, Hainan University, Haikou 570228, China; 2. Hainan Key Laboratory of Tropical Hydrobiological Technology, Haikou 570228, China; 3. Sanya Tropical Fisheries Research Institute, Sanya 572000, China)

Abstract: *Perna viridis* is a widely distributed warm-water marine economic shellfish, which is often attaches to hard substrates such as rocks, seaweeds, or ship bottoms via byssus. In order to explore the effect of light intensity on the byssal secretion and foot movement behavior of *P. viridis*, video monitoring technology was used to compare the byssus secretion rate, byssus secretion number, foot movement rate, and total foot movement distance under different light intensities. The results showed that the survival rate ($97.20\pm1.90\%$), byssus secretion rate ($51.40\pm4.50\%$), byssus secretion number (13.50 ± 1.11), foot movement rate ($77.11\pm2.30\%$) and total movement distance (32.38 ± 15.91 cm) of *P. viridis* in 0 lx (dark) group were the highest, while those in 1200 lx group were significantly decreased ($75.00\pm2.00\%$, $3.67\pm1.20\%$, 2.50 ± 0.50 , $48.11\pm9.33\%$, 13.82 ± 6.00 cm, $P<0.05$). In addition, regardless of whether the mussels secreted byssus, the

Received: 2026-02-23; **Revised:** 2026-03-01; **Accepted:** 2026-04-03.

✉ **Corresponding author(s):** Zheng Xing, E-mail: 511809958@qq.com.

foot movement distance initially increased with light intensity, reaching its maximum at 300 lx (71.50±2.67 cm and 23.95±1.79 cm), and then decreased with further increases in light intensity. These findings can provide data support for the artificial aquaculture and ecological restoration of *P. viridis*.

Keywords: light intensity; *Perna viridis*; byssus; byssus secretion; foot movement

0 引言

翡翠贻贝(*Perna viridis*), 隶属于软体动物门(Mollusca), 双壳纲(Bivalvia), 贻贝目(Mytilida), 贻贝科(Mytilidae), 是一种广泛分布于热带和亚热带海域的双壳类软体动物^[1-2]。作为南海岛礁生态系统中极具代表性的底栖贝类, 翡翠贻贝不仅是岛礁生物群落的重要组成部分, 更是我国南海岛礁渔业及海洋牧场建设中的关键经济品种之一。它们通常附着在岩石、海藻或其他硬物表面, 通过分泌足丝进行固着^[3]。因翡翠贻贝的幼体浮游时间较长且易于扩散, 能形成大规模群体, 达成较高的生物量, 成为了附着于人工海洋设施上的污损生物^[4-5]。在沿海冷却系统中常收集到大量的翡翠贻贝, 导致严重的污损问题^[6-7]。因此了解翡翠贻贝足丝分泌与运动的影响因子具有重要意义。

在海洋牧场的现代化转型与岛礁资源开发过程中, 环境因子的精准调控是提升养殖效率的关键。其中, 光照强度是重要的环境因子, 对水生生物的行为活动有显著影响。在贝类中, 相关研究已证实光照条件对其足丝分泌及运动行为具有调控作用。杨蕾等研究了不同光-暗周期对企鹅珍珠贝(*Pteria penguin*)足丝分泌的影响, 结果表明, 光照条件下足丝首次附着率和分泌数量显著低于全黑暗组($P<0.05$), 光照严重抑制足丝分泌, 抑制率最高可达 100%, 而恢复黑暗条件后贝类可重新分泌足丝, 新足丝的拉力和直径不受影响。该研究还发现, 光照对足丝分泌的抑制作用与光周期无关, 只要有光照存在, 足丝分泌即被强烈抑制^[8]。E. Vasquez 等的研究则表明, 光照(无论何种波长)均会强烈抑制企鹅珍珠贝稚贝的运动和足丝再附着活动, 而在黑暗条件下稚贝表现出较高的足丝再附着率^[9]。相似地, 张守都等对紫贻贝(*Mytilus galloprovincialis*)幼贝的研究发现, 光照对足丝分泌产生极显著影响($P<0.01$), 低光照组(10 lx)的足丝分泌能力显著高于高光照组(10 000 lx), 光照与足丝分泌呈现极显著弱正相关($r=0.14$, $P<0.01$)^[10]。而关于翡翠贻贝的研究鲜少。

目前关于翡翠贻贝的研究多集中于其作为污损生物的防治, 而在岛礁渔业养殖环境优化及海洋牧场生态修复方面的研究尚显不足。因此, 探究光照强度对翡翠贻贝足行为的影响, 不仅有助于揭示其在自然岛礁环境下的生态适应机制, 还能为海洋牧场中人工渔礁的选址、投放及精细化光养殖模式提供科学依据。本研究通过比较不同光照强度下翡翠贻贝的足丝分泌率、足丝分泌数量、足运动率、足运动总距离, 探究光照强度对翡翠贻贝足行为的影响。研究结果可为揭示该物种的生态需求和生理机制提供数据支撑, 并为生态修复、环境保护等提供理论依据和实践指导。

1 材料与方法

1.1 实验动物 将收集到的翡翠贻贝去除壳表面的藤壶等附着物, 剪掉足丝, 置于通氧的养殖缸中暂养 24 小时后选取活力好、大小相似的贻贝进行实验。使用游标卡尺和电子秤测量实验用贝的壳长(79.1±5.2 mm)、壳宽(35.1±1.1 mm)和重量(31.53±7.33 g)。养殖海水用经过曝气的淡水和海盐进行调配, 沉淀 2 小时后取表层海水作为实验海水, 盐度范围 30.2~31.4‰。实验期间 pH 范围 8.40~8.60, 亚硝酸盐≤0.01 mg/L, 氨氮≤0.20 mg/L, 水温 24.0~24.8℃。

1.2 实验设计 实验在 49×48×35 cm 的玻璃养殖缸中进行。养殖缸表面贴黑色玻璃贴纸用于遮光, 将水草灯和摄像头固定在养殖缸边缘, 每个养殖缸内注入海水 20 L。调节水草灯亮度并用水下照度计测量水下光强, 设定每 30 min 测量一次光强和水温, 24 小时后查看数据以确定光强和水温的稳定性。实验光照强度设置为 0 lx、300 lx、600 lx、900 lx、1 200 lx 共 5 个梯度, 其中 0 lx 为对照组。每组使用 36 只贻贝, 独

立重复实验 5 次, 每次重复均独立取样。实验时长为 48 h, 每隔 12 h 观察贻贝状态并及时清理死贝, 死亡贻贝不参与后续的数据统计。

1.3 数据处理与分析 使用 iMovie 对监控视频进行剪辑倍速处理, Tracker 软件对处理后视频进行分析, origin 和 Adobe Illustrator 软件进行绘图。其中, 足丝分泌率定义为实验周期内发生足丝分泌行为的翡翠贻贝个体数占该处理组总实验个体数的百分比。足丝分泌数量定义为实验周期内单只翡翠贻贝分泌的足丝根数, 通过计数每只贻贝附着于养殖缸壁或缸底的足丝数量获得。足运动率定义为实验周期内发生足运动的翡翠贻贝个体数占该处理组总实验个体数的百分比。足运动特指贻贝通过足的伸缩与附着实现的位置移动行为。足运动总距离定义为实验周期内发生足运动的翡翠贻贝个体通过足的运动所移动的累计路径长度, 通过 Tracker 软件对监控视频追踪记录每只贻贝的运动轨迹并进行距离测算。实验数据均以“平均值 $\pm$ 标准差”表示, 采用 DPS 14.5 软件对数据进行单因素方差分析, 若组间差异显著, 则采用 Duncan 法进行多重比较。 $P < 0.05$ 表示组间差异具有显著性。

2 实验结果

2.1 不同光照强度对翡翠贻贝存活率的影响 不同光照强度下翡翠贻贝的存活率如图 1 所示, 在持续光照条件下, 存活率随着光照强度的增加而降低, 0 lx 时最高, 为 $97.20 \pm 1.90\%$; 1 200 lx 时则降到最低, 仅为 $75.00 \pm 2.00\%$ 。

2.2 不同光照强度对翡翠贻贝足丝分泌率的影响

如图 2 所示, 翡翠贻贝的足丝分泌率呈现出随光照强度增加而降低的趋势。0 到 1 200 lx 组的足丝分泌率分别为 $51.40 \pm 4.50\%$ 、 $18.22 \pm 1.23\%$ 、 $16.67 \pm 2.36\%$ 、 $17.22 \pm 3.05\%$ 、 $3.67 \pm 1.20\%$ 。

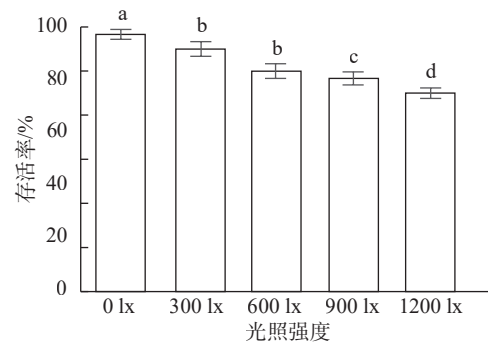


图 1 不同光照强度下翡翠贻贝的存活率

注: 不同字母表示不同组间具有显著差异 ($P < 0.05$)

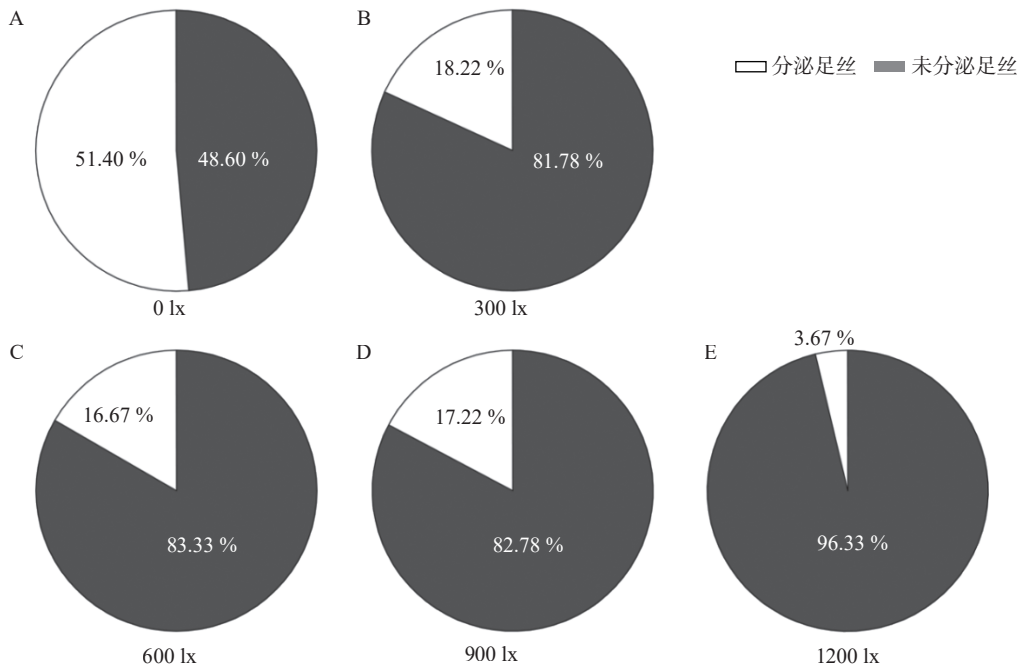


图 2 不同光照强度下翡翠贻贝的足丝分泌率

注: A: 0 lx 组; B: 300 lx 组; C: 600 lx 组; D: 900 lx 组; E: 1200 lx 组

2.3 不同光照强度对翡翠贻贝足丝分泌数量的影响 如图 3 所示, 不同光照强度对翡翠贻贝足丝分泌数

量的影响存在显著差异($P<0.05$)。0 lx 时足丝分泌数量达到最大值,为 13.50 ± 1.11 根,与其他各组均形成显著性差异($P<0.05$)。1 200 lx 时足丝分泌数量达到最小值,为 2.50 ± 0.50 根,与 900 lx (2.67 ± 0.94 根)无显著差异($P>0.05$),但与其他各组形成显著性差异($P<0.05$)。

2.4 不同光照强度对翡翠贻贝足运动率的影响

由图 4 可知,翡翠贻贝在 0 lx、300 lx、600 lx、900 lx、1 200 lx 下的足运动率存在显著性差异($P<0.05$)。随着光照强度的增大,足运动率逐渐减小,并在 900 lx 达到最小值;900 lx 之后,足运动率随着光照强度的增大而增大。

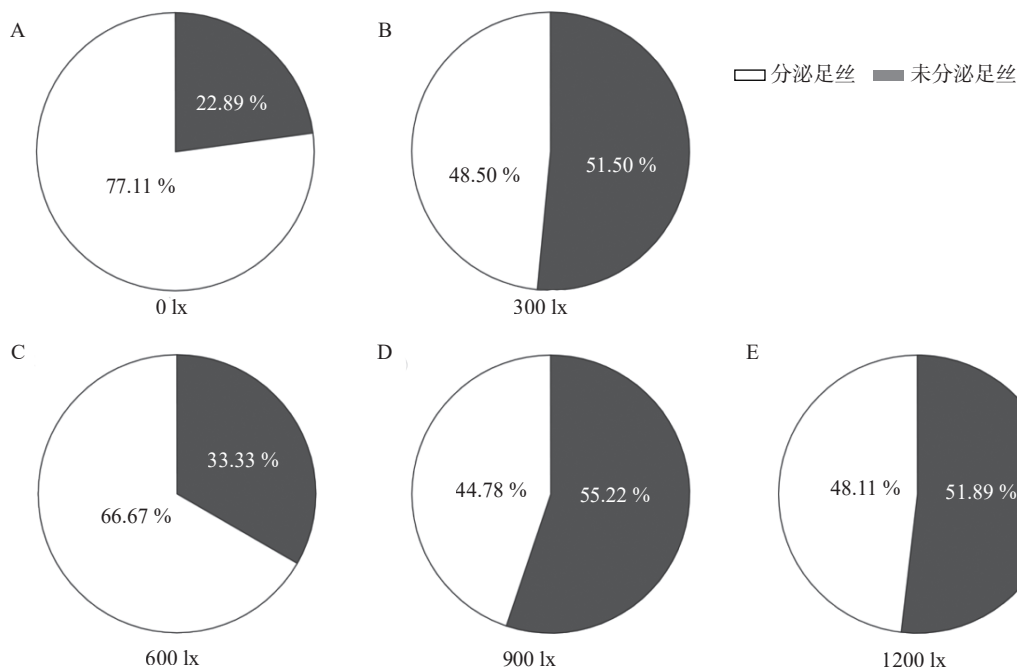


图 4 不同光照强度下翡翠贻贝的足运动率

注: A: 0 lx 组; B: 300 lx 组; C: 600 lx 组; D: 900 lx 组; E: 1200 lx 组

2.5 不同光照强度对翡翠贻贝足运动总距离的影响

翡翠贻贝在不同光照强度下的足运动总距离变化如图 5 所示。其中足运动总距离在 300 lx 时达到最大值(39.80 ± 22.51 cm),并与 1 200 lx 存在显著性差异($P<0.05$)。1 200 lx 时足运动总距离最小,为 13.82 ± 6.00 cm,与 0 lx、300 lx 两组间存在显著性差异($P<0.05$)。

2.6 不同光照强度对翡翠贻贝足行为影响的综合分析

如图 6 所示,选取发生运动的翡翠贻贝进行分析,发现在产生足运动的贻贝中,无论是分泌足丝还是未分泌足丝,其足运动距离随着光照强度的增大而增加,并在 300 lx 时达到最大值(71.50 ± 2.67 cm 和 23.95 ± 1.79 cm)。随后,随着光照强度进一步增

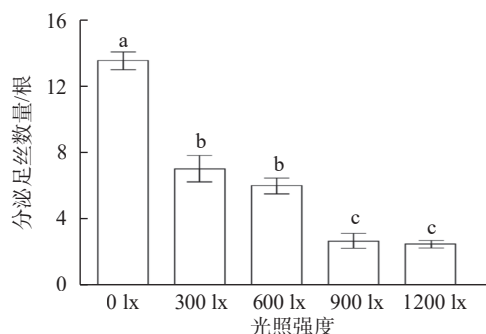


图 3 不同光照强度下翡翠贻贝的足丝分泌数量

注: 不同字母表示不同组间具有显著差异($P<0.05$)

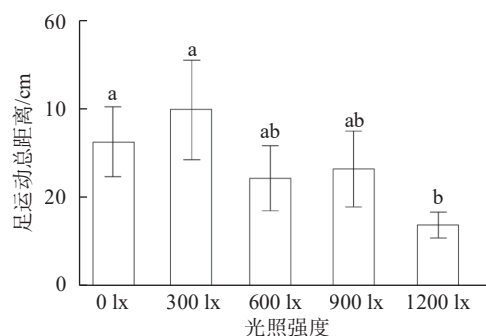


图 5 不同光照强度下翡翠贻贝的足运动总距离

注: 不同字母表示不同组间具有显著差异($P<0.05$)

大,足运动距离开始逐渐减小。不同光照强度下分泌足丝的贻贝和未分泌足丝的贻贝足运动距离组间均存在显著性差异($P<0.05$)。可以看出,300 lx 组与其他各组均存在显著性差异($P<0.05$);1 200 lx 时不论是否分泌足丝,足运动总距离皆为最小值,即(24.55 ± 0.04 cm 和 11.04 ± 2.02 cm),其中分泌足丝的 1 200 lx 组与其他各组存在显著性差异($P<0.05$),未分泌足丝的 1 200 lx 组与 0 lx、300 lx、600 lx 三组间存在显著性差异($P<0.05$)。

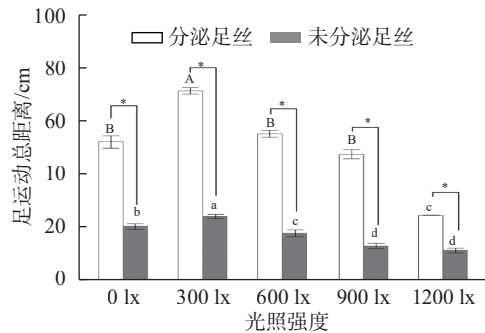


图 6 不同光照强度对发生运动的翡翠贻贝足行为的综合影响

注:不同大写字母表示分泌足丝的翡翠贻贝组间存在显著差异($P<0.05$),不同小写字母表示未分泌足丝的翡翠贻贝组间存在显著差异($P<0.05$),*表示分泌足丝组与未分泌足丝组间存在显著差异($P<0.05$)

3 讨 论

足丝分泌行为是翡翠贻贝对环境变化的适应性响应,其调控机制复杂且多样。在本研究中,光照强度对翡翠贻贝足丝分泌率和足丝分泌数量均存在显著影响($P<0.05$)。0 lx 黑暗条件下足丝分泌率高达 51.40%,足丝数量达到 13.50 根;随着光照增强,两项指标均呈下降趋势,1 200 lx 时足丝分泌率仅 3.67%,足丝数量仅 2.50 根。这一结果与已有研究高度吻合。杨蕾等对企鹅珍珠贝的研究发现,光照条件下足丝首次附着率和分泌数量显著低于全黑暗组,光照对足丝分泌的抑制率最高可达 100%,且只要有光照存在,足丝分泌即被强烈抑制^[8]。Vasquez 等进一步指出,光照显著降低企鹅珍珠贝稚贝的运动及再附着行为,而黑暗条件下再附着率明显提高^[9]。张守都等对紫贻贝的研究同样证实,低光照组(10 lx)的足丝分泌能力显著高于高光照组(10 000 lx),光照与足丝分泌呈现极显著弱正相关^[10]。光照抑制足丝分泌的机制可能涉及神经内分泌调控与能量分配策略。足丝分泌是一个耗能过程,需要足丝腺合成足丝蛋白并通过足部沟槽释放^[11-12]。Lurman 等研究表明,贻贝足丝形成与摄食、呼吸和能量储备之间存在明显权衡关系,当环境胁迫增强时,个体会优先保障基础代谢而降低足丝分泌^[13]。光照可能通过视觉或光感受器信号激活胁迫响应通路,促使贝类将能量优先分配给基础代谢与抗氧化防御,而非足丝合成^[14-16]。此外,光照条件下贝类倾向于收缩足部并闭合贝壳以减少光暴露,这种防御性行为与足丝分泌行为存在拮抗关系^[16-17]。

从岛礁生态学的角度来看,这种行为模式对于应对复杂的海洋牧场环境具有进化意义。在南海岛礁水域,由于水质清澈,浅表层光照强度极高,翡翠贻贝倾向于在夜间或光线较弱的岩石缝隙中活跃,以降低被捕食风险。足丝是贻贝抵御风浪冲击及捕食者拉拽的核心结构,尤其是在黑暗(0 lx)条件下的高效分泌(13.50 ± 1.11 根),反映了其在岛礁低光生态位中的竞争优势。Cheung 等研究发现,翡翠贻贝在捕食风险高时会迅速调整足丝产量,提高附着强度,也从侧面证明了这一点^[18-19]。

足丝在翡翠贻贝的运动中起到重要的辅助作用,帮助其在基质上稳定附着并实现定向移动。本研究发现,翡翠贻贝的足运动率与足运动总距离随光照强度增加呈现出非线性变化特征。足运动率在 0 ~ 600 lx 范围内随光强增加而减小,900 lx 后略有回升。足运动总距离则在 300 lx 时达到峰值(39.80 cm),随后逐渐降低,1 200 lx 时降至最低(13.82 cm)。这一结果揭示了光照强度对足运动行为的复杂调控模式:300 lx 的光照可能激发贝类的避光运动行为,而过高或过低光照则抑制运动活性。类似现象在斑马贻贝(*Dreissena polymorpha*)的研究中也有报道——光照条件下斑马贻贝的运动能力显著增强,这可能与贝类趋避光线的行为策略有关^[7,16]。Nishida 等研究发现,翡翠贻贝在附着前能够主动识别并选择更适宜的

表面,其附着率与足丝分泌数量呈显著相关关系,说明该物种在足丝分泌前具备环境筛选能力^[20]。从生态适应角度看,翡翠贻贝在适度光照下表现出较高的运动能力,可能是为了寻找更适宜的附着基质;而强光照条件下运动能力下降,则可能与其采取防御性闭合行为、减少能量消耗有关。

同时,这种非线性的运动策略在海洋牧场的生态管理中具有重要启示。翡翠贻贝在 900 lx 时表现出的足运动率最低点,可能暗示了高强度光照产生了一定的生理应激或“光抑制”现象。已有研究显示,多种环境胁迫均可削弱贻贝附着和行为活性。例如,Wang 等发现低氧和低盐环境会降低翡翠贻贝的抗捕食行为与闭壳反应能力^[21];Zhao 等指出,人为噪音暴露可显著削弱贻贝足丝附着强度^[22];Mo 等研究表明,夜间人工光照会改变海洋夜行性贝类的行为节律和代谢模式^[16]。这些研究说明,外界刺激虽类型不同,但均可能通过应激通路影响贝类行为表达。本研究中的高光照抑制效应,很可能属于同类生态胁迫响应。在实际养殖或海洋牧场建设中,如果人工渔礁或养殖浮架过于靠近光强超过 1 200 lx 透光度极高的浅水表层,翡翠贻贝的移动活跃度仅 13.82 ± 6.00 cm,这将严重限制其在附着基上的空间分布与觅食效率。

通过对翡翠贻贝足丝分泌和足运动的整合分析,细化其足行为的类型,发现在运动的贻贝中,分泌足丝的和未分泌足丝的在不同光照条件下的运动趋势相同且组间差异显著($P < 0.05$)。足运动距离随着光照强度的增大先增加后减小,并在 300 lx 时达到最大值。造成这一现象的原因可能是 300 lx 是翡翠贻贝探索觅食与受到胁迫的平衡点,值得关注。

4 结 论

本研究利用视频监控技术,探讨了不同光照强度对翡翠贻贝足丝分泌行为、足移动行为的影响,以及综合影响。研究结果显示,光照强度显著影响翡翠贻贝的存活率、足丝分泌及足运动行为。黑暗环境(0 lx)有利于足丝分泌与长期固着,300 lx 时贻贝足运动距离最大,光照强度 ≥ 900 lx 时则对存活率和足丝分泌产生显著抑制。本研究结果不仅揭示了光照强度对翡翠贻贝足丝分泌和足运动的影响,还为翡翠贻贝的生态适应性研究和人工养殖提供了重要的理论支持。

参考文献:

- [1] 邱起宇,胡亮. 广东东海岛与硃洲岛海域底栖贝类物种多样性及其地理分布[J]. *生物多样性*, 2024, 32(5): 24065.
KUANG Q Y, HU L. Species diversity and geographical distribution of marine benthic shell-bearing mollusks around Donghai Island and Naozhou Island, Guangdong province[J]. *Biodiversity Science*, 2024, 32(5): 24065.
- [2] GARCÍA M, SEIJO C L, FREITES L, et al. Comparative performance of the mussels *Perna perna* and *Perna viridis*, cultivated at four different depths[J]. *Brazilian Journal of Oceanography*, 2016, 64(3): 249–262.
- [3] HUH M, ZAMANI N P, LENZ M. A ferry line facilitates dispersal: Asian green mussels *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) detected in eastern Indonesia[J]. *BioInvasions Records*, 2015, 4(1): 23–29.
- [4] MCFARLAND K, BAKER S, BAKER P, et al. Temperature, salinity, and aerial exposure tolerance of the invasive mussel, *Perna viridis*, in estuarine habitats: implications for spread and competition with native oysters, *Crassostrea virginica*[J]. *Estuaries and Coasts*, 2015, 38(5): 1619–1628.
- [5] BAKER P, FAJANS J S, ARNOLD W S, et al. Range and dispersal of a tropical marine invader, the Asian green mussel, *Perna viridis*, in subtropical waters of the southeastern United States[J]. *Journal of Shellfish Research*, 2007, 26(2): 345–355.
- [6] Rajagopal S, van der Velde G. Invasive species: implications for industrial cooling water systems[M]//Rajagopal S, Jenner H A, Venugopalan V P. Operational and environmental consequences of large industrial cooling water systems. Boston: Springer, 2011: 127–162. doi:10.1007/978-1-4614-1698-2_7.
- [7] KOBAL J. Factors influencing the attachment strength of *Dreissena polymorpha* (Bivalvia) [J]. *Biofouling*, 2006, 22(3): 141–150.
- [8] 杨蕾,严杰,陈一,等. 不同光-暗周期对企鹅珍珠贝足丝分泌的影响[J]. *海洋科学*, 2022, 46(10): 59–67.

- YANG L, YAN J, CHEN Y, et al. Effects of different light-dark cycles on byssus attachment in the winged pearl oyster *Pteria penguin*[J]. *Marine Sciences*, 2022, 46(10): 59–67.
- [9] VASQUEZ H E, ZHENG X, ZHAN X, et al. The effect of light on the locomotion and byssal reattachment of winged pearl oyster *Pteria Penguin* (Röding, 1798) juveniles[J]. *Journal of Shellfish Research*, 2018, 37(5): 1061–1066.
- [10] 张守都, 张伟, 吴莹莹, 等. 几种影响紫贻贝幼贝足丝分泌的环境因素分析 [J]. *海洋科学*, 2025, 49(2): 56–66.
- ZHANG S D, ZHANG W, WU Y Y, et al. The effects of environmental factors on byssus production in *Mytilus galloprovincialis*[J]. *Marine Sciences*, 2025, 49(2): 56–66.
- [11] 严杰. 企鵝珍珠贝足丝分泌行为和环境因子对足丝分泌影响的研究 [D]. 海口: 海南大学, 2021. doi:10.27073/d.cnki.ghadu.2022.000887.
- Yan J. The secretory behavior of *Pteria penguin* byssus and effects of environmental factors on byssus secretion of *Pteria penguin*[D]. Haikou: Hainan University, 2021. doi:10.27073/d.cnki.ghadu.2022.000887.
- [12] 陈一. 基于超微结构和组学技术探究企鵝珍珠贝足丝分泌机理 [D]. 海口: 海南大学, 2022. doi:10.27073/d.cnki.ghadu.2022.000887.
- Chen Y. Investigating the mechanism of byssus secretion in *Pteria penguin* based on ultrastructural and omics technology[D]. Haikou: Hainan University, 2022. doi:10.27073/d.cnki.ghadu.2022.000887.
- [13] LURMAN G J, HILTON Z, RAGG N L C. Energetics of byssus attachment and feeding in the green-lipped mussel *Perna canaliculus*[J]. *The Biological Bulletin*, 2013, 224(2): 79–88.
- [14] 孔清. 光照对长牡蛎血浆中生理过程影响的组学研究 [D]. 烟台: 鲁东大学, 2023. doi:10.27216/d.cnki.gysfc.2023.000163.
- Kong Q. Effects of light on physiological process in plasma of *Crassostrea gigas*[D]. Yantai: Ludong University, 2023. doi:10.27216/d.cnki.gysfc.2023.000163.
- [15] 牛林洋, 董宏标, 郑晓婷, 等. 光照在甲壳动物养殖中的应用研究进展 [J]. *渔业现代化*, 2024, 51(1): 1–10.
- NIU L Y, DONG H B, ZHENG X T, et al. Research progress on the application of light in crustacean culture[J]. *Fishery Modernization*, 2024, 51(1): 1–10.
- [16] ZHANG M, GAO X L, LUO Q, et al. Risk assessment of persistent exposure to artificial light at night revealed altered behavior and metabolic patterns of marine nocturnal shellfish[J]. *Ecological Indicators*, 2024, 160: 111807.
- [17] LUO Q, GAO X L, ZHANG M, et al. Behavioral and physiological responses of nocturnal marine shellfish to predation pressure[J]. *Applied Animal Behaviour Science*, 2024, 274: 106265.
- [18] CHEUNG S G, YANG F Y, CHIU J M Y, et al. Anti-predator behaviour in the green-lipped mussel *Perna viridis*: byssus thread production depends on the mussel's position in clump[J]. *Marine Ecology Progress Series*, 2009, 378: 145–151.
- [19] CHEUNG S G, LUK K C, SHIN P K S. Predator-labeling effect on byssus production in marine mussels *Perna viridis* (L.) and *Brachidontes variabilis* (Krauss)[J]. *Journal of Chemical Ecology*, 2006, 32(7): 1501–1512.
- [20] NISHIDA A, OHKAWA K, UEDA I, et al. Green mussel *Perna viridis* L.: attachment behaviour and preparation of antifouling surfaces[J]. *Biomolecular Engineering*, 2003, 20(4/5/6): 381–387.
- [21] WANG Y J, HU M H, CHEUNG S G, et al. Antipredatory responses of *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) under acute hypoxia and low salinity[J]. *Journal of Molluscan Studies*, 2013, 79(1): 42–50.
- [22] ZHAO X G, SUN S G, SHI W, et al. Mussel byssal attachment weakened by anthropogenic noise[J]. *Frontiers in Marine Science*, 2021, 8: 821019.

作者贡献声明

余沛璇: 参与研究构思与设计、数据收集与处理及论文初稿撰写。董明月: 从事数据收集与处理、数据分析与解释, 并修订论文内容。王子: 参与数据收集与处理, 并协助进行数据分析与解释。胡静: 参与数据分析与解释, 并协助进行论

文修订与语言润色。顾志峰: 提供学术指导与方向把握, 提供实验设备与数据资源, 并对论文内容提出关键修改意见。石耀华: 提供学术指导, 并参与论文的评审与修改。郑兴: 提出研究构思并设计整体研究框架, 提供经费与资源支持, 提供整体指导与监督, 并负责论文的最终评审与修订。

利益冲突声明

作者声明, 其不存在已知的可能影响本论文所报告工作的竞争性经济利益或个人关系。

AI 使用声明

本文未使用人工智能(AI)协助撰写。

伦理声明

不适用: 本研究中使用的翡翠贻贝属于双壳类无脊椎动物, 无中枢神经系统, 不具备疼痛感知与痛苦体验能力。实验过程严格遵循科研伦理与 3R 原则。

致谢/Acknowledgements

本文得到海南省重点研发项目(ZDYF2024XDNY166), 科技部国家重点研发项目(2024YFD2401084), 海南省热带水生生物技术重点实验开放课题(SWJS202406), 海南省自然科学基金(325RC655), 和海南省深远海渔业资源高效利用与加工重点实验室开放课题(KLEU-2024-1)支持。

This work was supported by the Hainan Key R&D Program (No. ZDYF2024XDNY166), the National Key R&D Program of China (No. 2024YFD2401084), the Open Project of Hainan Key Laboratory of Tropical Hydrobiological Technology (No. SWJS202406), the Hainan Natural Science Foundation (No. 325RC655), and the Open Project of Hainan Key Laboratory of Efficient Utilization & Processing of Offshore Fishery Resources (No. KLEU-2024-1).

作者简介

余沛璇(2001—), 女, 广东韶关人, 海南大学海洋生物与水产学院 2023 级海洋生物学专业硕士研究生, 研究方向为贝类繁育和生态养殖。邮箱: 23210707030014@hainanu.edu.cn。

董明月, 男, 海南大学海洋生物与水产学院 2024 级渔业发展专业硕士研究生。邮箱: 1832480627@qq.com。

王 子, 男。邮箱: 646942319@qq.com。

胡静(1987—), 女。邮箱: hijklnm123@sina.com。

顾志峰(1975—), 男, 江苏武进人, 海南大学海洋生物与水产学院教授、博士生导师。邮箱: hnugu@163.com。

石耀华(1970—), 男, 湖北咸宁人, 海南大学海洋生物与水产学院教授、硕士生导师。邮箱: stone70@126.com。

郑 兴(1990—), 男, 浙江安吉人, 海南大学海洋生物与水产学院副教授, 主要从事贝类种质利用和增殖技术研究。E-mail: 511809958@qq.com。

(责任编辑: 王玖琪)



This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0, <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

© The Author(s) 2026. Published by Journal Editorial Department of Hainan University.