

孙凤仪, 盖帅帅, 纪元, 等. 不同盐度对单环刺螠成活率及行为反应的影响[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(22): 178–185.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.22.034

# 不同盐度对单环刺螠成活率及行为反应的影响

孙凤仪, 盖帅帅, 纪元, 刘峰, 陈克卫

(中国农业大学烟台研究院/中国农业大学海洋与农业工程学院, 山东烟台 100193)

**摘要:**以单环刺螠为研究对象, 研究有水无沙、无水有沙潜沙后、有水有沙条件下不同盐度(10‰、20‰、30‰、40‰、50‰)对单环刺螠存活率、应激行为反应特征、摄食速率、沙下活动(挖掘洞穴数量)、潜沙率和潜沙时间的影响。结果表明, 无水有沙条件下, 单环刺螠存活率在各时间点为  $S30 > S40 > S20 > S10 > S50$ , 以  $S30$  为界存活率随盐度升高而降低幅度比随盐度降低而降低的幅度小, 有沙条件比纯水能延长单环刺螠的存活时间, 在 48 h 时无水有沙条件下盐度改变比有水有沙条件下盐度改变存活率高。有水无沙不同盐度条件下单环刺螠应激行为反应特征明显, 出现低盐度(10‰、20‰)身体膨胀, 高盐度(40‰、50‰)“C”形皱缩和身体分节现象, 并在 30‰盐度下出现“S”形摆动现象, 且在一定时间段内出现,  $S10$  培养 24 h 时均呈内脏溶解, 刚毛炸裂状竖起, 体壁溃烂死亡, 身体逐步分解。无水有沙条件下潜沙后添加不同盐度水, 单环刺螠在 30‰~40‰盐度范围内摄食活动较强, 20‰盐度下摄食受到一定抑制, 盐度为 10‰和 50‰条件下不摄食。单环刺螠挖掘洞穴数量各组均随时间的延长而增多, 洞穴数量在各时间点总体为  $S30 > S40 > S20 > S10$  和  $S50$ , 以  $S30$  为界洞穴数量随盐度升高而降低, 幅度比随盐度降低而降低的幅度小, 规律与存活率相同。有水有沙不同盐度下单环刺螠的潜沙率以  $S30$  处理最高, 其他盐度均有潜沙后又出沙的现象, 潜沙时间为  $S30 < S50 < S40 < S20$ ,  $S50$  较特殊, 潜沙时间短于  $S40$ , 12 h 后会出现重新出沙情况, 而  $S10$  不潜沙, 低盐度下潜沙时间明显长于高盐度。单环刺螠正常生存的盐度范围为 30‰~40‰; 身体分节和“C”形皱缩可以作为对单环刺螠高盐度应激行为反应的判断标准, 身体膨胀可作为对低盐度应激行为反应的判断标准应用于生产实践; 潜沙状态下, 单环刺螠具有更高的存活率、更强的摄食和活动能力; 30‰~40‰盐度条件下, 单环刺螠具有更高的存活率、更强的摄食、活动和潜沙能力; 投放幼螠时应在退潮后, 沙层浸湿时进行, 待其潜沙完全后再加入水, 否则会出现“S”形摆动应激行为, 并影响其潜沙性能。

**关键词:**单环刺螠; 盐度变化; 行为反应; 存活率; 潜沙率

**中图分类号:** S917.4    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1002-1302(2020)22-0178-07

单环刺螠俗称海肠, 隶属于螠虫动物门螠纲无管螠目刺螠科刺螠属, 是一种经济类海洋无脊椎动物<sup>[1]</sup>。单环刺螠生活在沿海泥沙或沙地下潮间带和潮下带的海洋沉积物中<sup>[2-3]</sup>。在我国单环刺螠主要分布于北方沿海泥沙岸潮间带下区及潮下带浅水区, 山东胶东地区是目前我国单环刺螠的最大产区<sup>[4]</sup>, 通常用作食物和垂钓诱饵。

科学家通过研究发现, 盐度波动是包括河口、沿海湖泊和半封闭海域的浅层生境中的一个重要

压力源即影响因素<sup>[5]</sup>。在底质适宜的近岸浅海区和鱼虾养殖池塘进行单环刺螠的增养殖, 正常情况下水质因子能满足其生长、发育需求<sup>[6]</sup>。一般情况下, 养殖水体盐度会在稳定的范围内波动。但是, 在雨季强降水之后, 盐度会骤降到 20‰, 而夏季由于高温水体蒸发, 盐度会骤升至 40‰, 持续的降水和高温会给养殖对象造成盐度改变胁迫, 盐度胁迫会使海洋动物胚胎发育异常<sup>[7]</sup>、生长受到抑制<sup>[8]</sup>、代谢加速<sup>[9]</sup>、生理机能失常<sup>[10-11]</sup>、免疫力下降<sup>[12]</sup>等, 从而使正常状态下处于隐性感染的病原体引发疾病<sup>[13]</sup>, 最终导致养殖产量的损失<sup>[14-15]</sup>。适宜的水体盐度与合理的盐度调节模式, 不仅能降低水产动物病害发生的频率, 而且对海水动物养殖<sup>[16]</sup>及人工育苗有重要的经济和科学指导意义<sup>[17]</sup>。已有研究表明, 单环刺螠成体生活的适盐范围为 15‰~36‰, 最适盐度范围为 24.94‰~35.77‰, 幼螠的盐度适应范围 13.8‰~35.9‰, 适宜范围为 20.8‰~

收稿日期: 2020-03-12

基金项目: 山东省重点研发计划公益类专项(编号: 2018GHY115028); 中国农业大学本科生科研训练计划(编号: U20183042)。

作者简介: 孙凤仪(1999—), 女, 山东烟台人, 研究方向为水产养殖。

E-mail: 2577665475@qq.com。

通信作者: 纪元, 博士, 讲师, 主要从事名特水产养殖研究。E-mail: jiyuan0728@163.com。

35.2‰<sup>[18]</sup>。盐度胁迫会影响单环刺螠的耗氧率<sup>[19-20]</sup>及免疫抗病能力<sup>[21]</sup>。前人多将单环刺螠置于水中进行研究,而单环刺螠为潜沙动物<sup>[1]</sup>,养殖过程中难以直观确定其是否受到盐度胁迫,从而进行预警,在实际养殖中多根据养殖人员的养殖经验来进行判断,比如根据养殖对象的特殊行为变化等来判断养殖对象的健康状况,如沙蚕在盐度突变为 10‰和 15‰时,先有应激扭动,随后运动能力减弱,尾部出现螺旋状内卷,虫体逐渐吸水膨胀变得粗大<sup>[22]</sup>,刺参在盐度高于 32‰时活动和摄食均不积极,排粪也减少,在盐度为 23‰时基本不活动<sup>[23]</sup>;也可以通过观察水质变化情况,及时换水<sup>[24]</sup>。然而单环刺螠在水中和沙层中盐度胁迫下是否有不同的应激状态,表型特征以及存活时间、存活率等情况如何,均无明确报道。

基于此,本研究通过试验初步探讨了 3 种不同环境条件下,盐度骤变对单环刺螠存活、行为反应和应激状况的影响,揭示单环刺螠对盐度变化的外在反应,以期对单环刺螠的生理生态学研究提供资料,并为单环刺螠的养殖生产提供科学的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试验于 2019 年 4 月在中国农业大学烟台研究院海洋与农业工程学院实验室 813 室进行。

单环刺螠苗种购自山东东方海洋科技股份有限公司牟平分公司,平均体质量为 $(0.80 \pm 0.02)$  g。

养殖箱为聚乙烯透明塑料箱(25 cm × 15 cm × 15 cm)。试验用人工海水为由海水晶(浙江蓝海星盐制品有限公司)和充分曝气的自来水配制成的盐度为 30‰的人工海水。试验用沙为烟台东泊子海边细沙(粒径 0.3 mm),用前经过清洗和曝晒。投喂饲料购自山东东方海洋科技股份有限公司牟平分公司,稚参料自配,粉状,过 200 目筛。

### 1.2 试验方法

暂养:将运回的单环刺螠养殖于直径为 1.5 m,高度为 1.0 m 的圆形帆布水池中,温度与室温同步,控制在 15 ℃左右,盐度控制在 30‰左右,24 h 持续充氧,并配置有封闭式水体循环装置。驯化暂养期间,定时定量投喂饲料。进行试验时,挑选体格健壮,应激反应明显且规格大致相同的单环刺螠。每组试验取养殖箱 10 个,分为 5 组,每组 2 个重复。试验期间温度控制在 $(16.5 \pm 1)$  ℃,pH 值为 7.5 ~

8.2,光周期为自然周期。每组试验配置浓度为 10‰、20‰、30‰、40‰、50‰的人工海水备用,分别用 S10、S20、S30、S40、S50 表示,其中 S30 为对照处理组。有沙试验在各箱底铺放厚度为 7 ~ 8 cm 的细沙。

1.2.1 有水无沙条件下盐度改变对单环刺螠的影响 每个养殖箱仅放 4 L 不同盐度的人工海水,分别投放 10 只单环刺螠,试验周期为 4 d。试验期间不换水、不投喂,连续观察 2 h 后,于 1、2、6、12、24 h 时观察单环刺螠的应激反应及行为特征,试验结束时记录各组成活数量,计算成活率。用玻璃棒刺激单环刺螠,通过其是否有正常的反应来判断单环刺螠的存活状况。

1.2.2 无水有沙条件下潜沙后盐度改变对单环刺螠的影响 向各试验箱中铺沙后,加入盐度为 30‰的人工海水,水深 5 ~ 6 cm,充氧曝气 1 d。加入单环刺螠 10 只/箱,暂养 3 d,期间持续充氧,维持溶氧量在 5.0 mg/L 以上,定时投喂,并及时将无法正常潜沙的个体剔除,补充规格相近、数量相同的单环刺螠,保证各箱中均有 10 只正常潜沙存活的个体。暂养 3 d 后,将各箱中原有海水去除,按分组顺序,分别加入盐度为 10‰、20‰、30‰、40‰、50‰的人工海水各 4 L,24 h 连续充氧。第 1 天禁食,于正式试验第 2 天 06:00 投喂,各组投喂量相同,分别于投喂后 10、20、30、40、50 min 时观察水体是否澄清,判断摄食速度,澄清用的时间越短说明摄食速度越快。于第 2 天下午将各组所有洞穴封闭,分别于洞穴封闭后 5、10、20、30、60 min 时记录新出现洞穴数量,同时间数量越多说明活动能力越强。分别于第 2 天和第 5 天晚上将各组水盛于塑料箱中,挖出各组单环刺螠,记录各组成活数量,第 2 天记录后,单环刺螠、水和沙分别归位继续观察。

1.2.3 有水有沙条件下潜沙后盐度改变对单环刺螠的影响 向各试验箱中铺沙后,加入不同盐度人工海水充氧曝气 3 d,使底沙与上层海水充分接触,保证水沙盐度相同并维持稳定。充氧曝气 3 d 后,将单环刺螠(10 只/箱)均匀地投放在水底,注意避免相互接触影响潜沙,记录单环刺螠的潜沙时间。试验开始后 2 h 内持续观察,分别于 5、10、30 min 和 1、2、6、12、18、24、48 h 时记录各组在沙外未潜入个数,从而计算各组的潜沙率和潜沙时间。根据各组单环刺螠的潜沙情况,判断未潜沙个体是否存活,记录各组成活数量,及时剔除死亡个体;在 72 h 后

挖出各组单环刺螈,记录各组成活数量。分别于试验开始后 1、6、12、24、48、72 h 记录各组成活数量。

### 1.3 指标计算

#### 1.3.1 成活率的计算

$$\text{成活率}(SR) = N_t / N_0 \times 100\%。$$

式中: $N_t$  为试验结束存活单环刺螈数量,个; $N_0$  为试验开始时单环刺螈的数量。

#### 1.3.2 潜沙率和潜沙时间的计算

$$\text{潜沙时间}(LT) = T_2 - T_1。$$

式中: $T_1$  为单环刺螈自然洒落在底质表面的时间,min; $T_2$  为 1/2 单环刺螈潜入底质中所需的时间,min。

$$\text{潜沙率}(LR) = N_L / N_0 \times 100\%。$$

式中: $N_L$  为已完成潜沙的单环刺螈数量,个。

## 2 结果与分析

### 2.1 有水无沙、无水有沙、有水有沙条件下不同盐度对单环刺螈存活率的影响

由图 1 可知,无水有沙条件下,单环刺螈存活率在各时间点为  $S30 > S40 > S20 > S10 > S50$ ,以  $S30$  为界存活率随盐度升高而降低的幅度比随盐度降低而降低的幅度小(图 1);有沙条件(图 1-B,5 d;图 1-C,72 h)比单纯水(图 1-A,30 h)更能延长单环刺螈的存活时间; $S10$ 、 $S20$ 、 $S50$  在无水有沙条件下(图 1-B,2 d)比有水有沙条件下(图 1-C,48 h)存活率高。

### 2.2 有水无沙不同盐度条件下单环刺螈应激行为反应特征

有水无沙条件下单环刺螈应激行为反应详见图 2。在试验进行中发现, $S40$ 、 $S50$  高盐度组中出现了单环刺螈身体分节蜷缩(图 2-A)和躯体弯曲成“C”形的现象(图 2-C),而在低盐度组 and 对照组中无此现象,由于试验控制盐度为唯一变量,所以初步认为,高盐度是导致单环刺螈身体分节和“C”体型出现的原因;在  $S30$  组中,单环刺螈试验初期有剧烈的“S”形摆动(图 2-B),其余组无此现象,分析认为,单环刺螈在盐度适宜的环境中若从沙中刨出进入水中会有“S”形摆动的应激动作。

有水无沙不同盐度下单环刺螈随时间的行为变化特征见表 1。由表 1 可知,最初各组单环刺螈的行为特征均为蠕动;1 h 时  $S30$  处理出现应激行为反应,身体呈“S”形摆动;2 h 时, $S40$ 、 $S50$  处理出现“C”形皱缩现象,6 h 时, $S40$ 、 $S50$  处理身体分节,

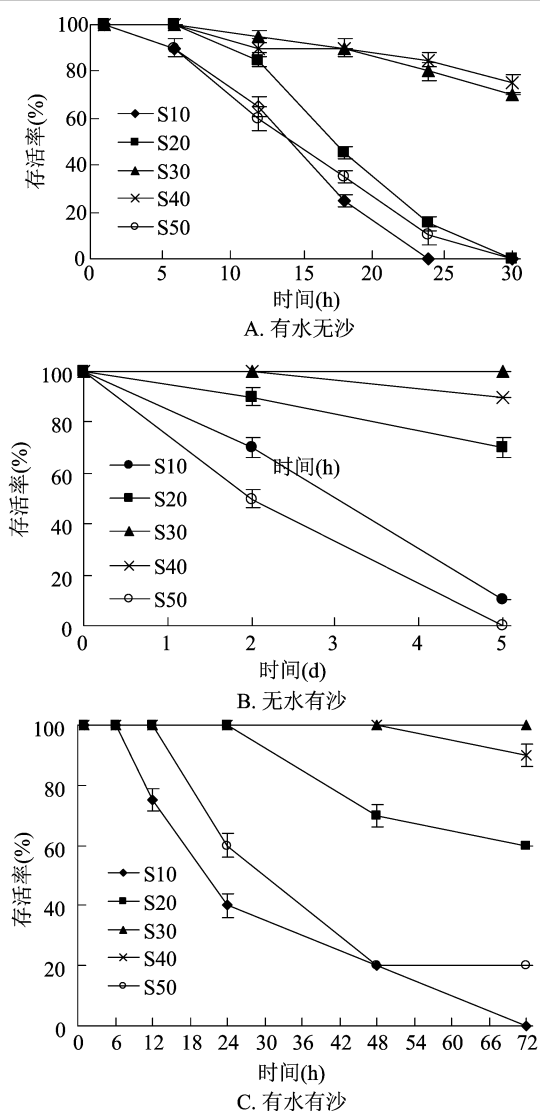


图1 不同条件下不同盐度对单环刺螈存活率的影响

$S10$ 、 $S20$  处理出现身体膨胀现象;12 h 时, $S10$ 、 $S20$ 、 $S50$  处理均出现内脏聚集现象, $S10$  处理的单环刺螈反应较大,口端排脏;24 h 时, $S10$  处理的单环刺螈全部死亡, $S20$ 、 $S50$  处理的单环刺螈大多数死亡, $S30$ 、 $S40$  处理的单环刺螈多数正常存活。

基于以上研究结果,对发现的单环刺螈特殊应激行为反应特征作如下定义。

(1) 身体分节:单环刺螈在无沙高盐度条件下 6~12 h 时身体中部出现缢缩的应激行为反应,可作为单环刺螈身处高盐度水中 6~12 h 的标志性行为反应。

(2) “S”形摆动:单环刺螈在盐度为 30‰条件下身体出现的一种在水中呈“S”形左右摆动的应激行为反应,可作为单环刺螈身处适宜盐度水中初始的标志性行为反应。

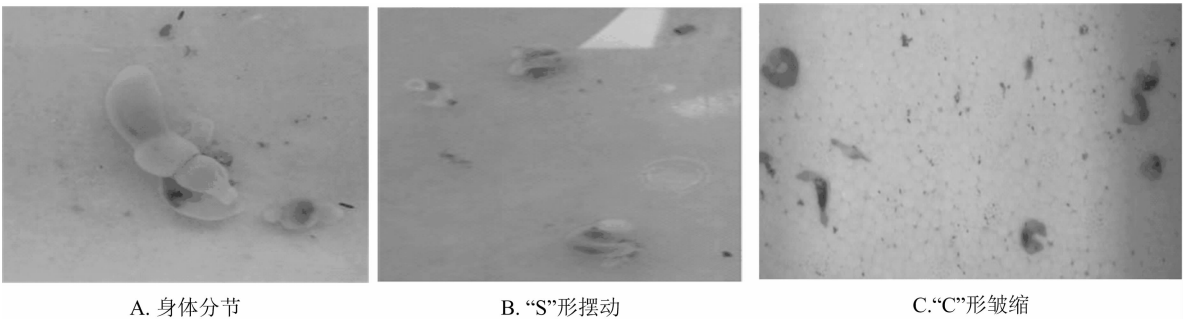


图2 有水无沙不同盐度条件下单环刺螭特殊行为与体型

表 1 有水无沙盐度改变条件下单环刺螭行为特征随时间变化

时间 (h)	行为特征				
	S10	S20	S30	S40	S50
1	轻微蠕动,水底静止	水底蠕动	“S”形摆动,水底蠕动	水底蠕动	水底蠕动,水底静止
2	水底静止,身体膨胀	水底静止,身体正常	水底蠕动,身体正常	水底静止,“C”形皱缩	“C”形皱缩,身体分节
6	水底静止,身体膨胀	水底静止,身体膨胀	水底蠕动	身体分节	身体分节,“C”形消失
12	口端排脏,内脏聚集	内脏聚集	正常存活	正常存活,分节消失	皱缩加剧,内脏聚集
24	全部死亡,体壁溶解,刚毛炸裂	多数死亡,身体膨胀	多数存活,活动正常	多数存活,活动正常	多数死亡,体壁灰白,内脏消失

(3)“C”形皱缩:单环刺螭在无沙高盐度条件下 2~6 h 时身体蜷缩成“C”形的应激行为反应,可作为单环刺螭身处高盐度水中 2~6 h 的标志性行为反应。

(4)身体膨胀:单环刺螭在无沙低盐度条件下 2~12 h 时因低渗透压身体充水而膨胀变粗大的应激行为反应,可作为单环刺螭身处低盐度水中 2~12 h 的标志性行为反应。

2.3 无水有沙条件下潜沙后添加不同盐度水对单环刺螭摄食速率和沙下活动的影响

无水有沙条件下潜沙后添加不同盐度水对单环刺螭摄食速率的影响详见表 2。

表 2 无水有沙条件下潜沙后添加不同盐度水单环刺螭摄食所需时间

饲料投喂后 时间(min)	S10	S20	S30	S40	S50	空白
10	-	-	-	-	-	-
20	-	-	+	+	-	-
30	-	+	+	+	-	-
40	+	+	+	+	+	+

注:“+”表示水体澄清,“-”表示水体还未澄清。

根据水澄清时间判断不同盐度下单环刺螭的摄食速率,从而体现不同盐度下单环刺螭的活力。S30 与 S40 处理水体澄清所需时间最短,说明摄食速度最快。在 S10、S50 处理组中,水体澄清速度与空白对照相似,故认为在 10‰、50‰盐度下,单环刺

螭无摄食行为。基于以上结果得出,单环刺螭在 30‰~40‰盐度范围内摄食活动较强,在 20‰盐度下摄食受到一定抑制,在 10‰和 50‰盐度条件下不摄食。

无水有沙条件下潜沙后添加不同盐度水对单环刺螭沙下活动的影响详见图 3。

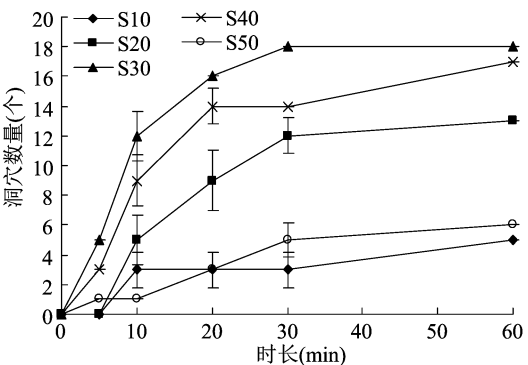


图3 无水有沙盐度改变条件下单环刺螭洞穴数量随时间的变化

由图 3 可知,潜沙后添加不同盐度水,各组单环刺螭挖掘的洞穴数量均随时间的延长而增多,洞穴数量在各时间点总体为 S30>S40>S20>S10 和 S50,以 S30 为界洞穴数量随盐度升高而降低的幅度比随盐度降低而降低的幅度小(图 3),规律与存活率(图 1)相同。

2.4 有水有沙条件下不同盐度对单环刺螭潜沙率和潜沙时间的影响

由图 4 可知,盐度改变对单环刺螭的潜沙有明

显的影响。作为对照的 S30 处理单环刺螠活力最强,5 min 内潜沙率达到 50%,S40、S50 处理稍差,S10 和 S20 处理的个体无潜沙行为。S30 处理在 30 min 内完成全部潜沙,S40 和 S50 处理在 2 h 内完成全部潜沙,此时 S10 和 S20 处理的潜沙率只有

10%和 20%。S50 处理在 12 h 后开始有出沙个体,到 48 h 后,潜沙率只剩 20%,出沙个体呈细长条状,表现为严重的失水现象并全部死亡。48 h 后 S10 至 S50 处理的最终潜沙率分别为 0%、60%、100%、90%和 20%。

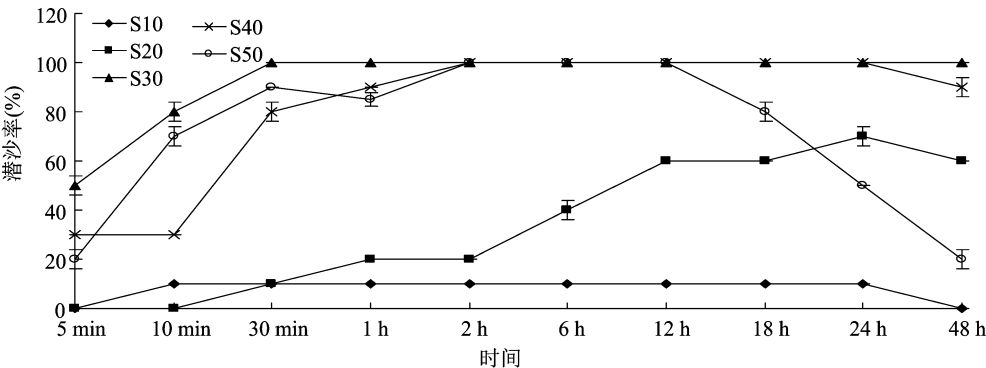


图4 有水有沙盐度改变条件下单环刺螠潜沙率随时间的变化

由表 3 可知,有水有沙盐度改变条件下单环刺螠潜沙时间为 S30 < S50 < S40 < S20,S50 处理较特殊,潜沙时间短于 S40 处理,12 h 后会重新出现出沙情况(图 4),而 S10 处理不潜沙,低盐度的潜沙时间明显长于高盐度。

表 3 有水有沙盐度改变条件下单环刺螠潜沙时间变化					
盐度处理	S10	S20	S30	S40	S50
潜沙时间	-	12 h	5 min	30 min	10 min

注:“-”表示不潜沙。

3 讨论

水产动物生活在水环境中,水体盐度的高低直接影响体液渗透压,从而影响其存活、生长和繁殖。高强度的盐胁迫会导致水产动物生长速度降低、生产性能下降、发病甚至死亡<sup>[25]</sup>。不同水产动物对盐度的适应和行为反应不同,有鱼类会出现浮头、摄食抑制等现象,盐度升高会触发吞水行为;对单环刺螠而言,由于其为潜沙穴居动物,水体盐度的变化对其存活率、应激行为反应特征、摄食速率、沙下活动(挖掘洞穴数量)、潜沙率和潜沙时间等指标的影响研究还属空白。无脊椎海产动物也相对缺乏研究参考。

3.1 不同盐度对单环刺螠存活率的影响

无水有沙条件下,单环刺螠存活率在各时间点均为 S30 > S40 > S20 > S10 > S50,以 S30 为界存活率随盐度升高而降低幅度比随盐度降低而降低的幅度小(图 1),与李涛等于 2014 年在黑鲷仔鱼上的

研究结果一致<sup>[26]</sup>,但在低盐度条件下,单环刺螠存活率较低,而黑鲷仔鱼在盐度为 10‰条件下,仍有 90%的存活率。有沙条件比单纯水更能延长单环刺螠的存活时间,这与于忠利等于 2008 年得出的锯缘青蟹蟹苗在潜沙后的存活率比无沙条件要提高 10%的结果<sup>[27]</sup>一致。在 48 h 时无水有沙条件下盐度改变比有水有沙条件下盐度改变存活率高。单环刺螠在盐度为 15‰~36‰内均能正常生活<sup>[28]</sup>。本试验结果也表明,在 30‰~40‰盐度条件下单环刺螠均能较好地适应,属于广盐性耐盐种类,本试验研究结果较以往的研究结果<sup>[18]</sup>高,有水有沙条件下培养 48 h 后 S20 会降到 80%以下,已满足不了生产需要。

无水有沙条件下单环刺螠潜沙无法直接观察其存活情况,须要定期挖掘来记录存活数量。挖掘过程中对单环刺螠造成的机械损伤以及挖掘后单环刺螠因无法潜沙而死于表面,均会对结果造成影响。S30 处理的存活率在挖沙后保持不变,故推断单环刺螠死亡是由盐度胁迫引起的。

极端盐度下海洋动物的短期生存可以通过行为回避来实现,例如深入沉积物或关闭外壳,以防止与周围水接触<sup>[29]</sup>,单环刺螠可以通过潜沙行为来降低盐度胁迫作用,从而提高存活率,无水有沙条件下盐度骤变存活率较有水有沙条件下盐度骤变和有水无沙条件下盐度骤变高,对于同一盐度潜沙后相较于潜沙之前存活率上升的情况,与王垚等对于潜沙对大竹蛏的存活率影响研究结果一致,当不潜沙时,大竹蛏死亡率 50%,潜沙后可以降低到

16.7%<sup>[30]</sup>。因此,可以说明单环刺螠在潜沙状态下的适应能力较无沙状态强,可以适应更大的盐度变化,原因可能是沙层对水体盐度的变化起缓冲作用,且单环刺螠体表分泌物与沙结合可辅助应对盐度变化。

### 3.2 不同盐度对单环刺螠应激行为反应的影响

有水无沙不同盐度条件下单环刺螠应激行为反应特征明显,出现低盐度(10‰、20‰)身体膨胀,高盐度“C”形皱缩和身体分节(40‰、50‰)现象,并在 30‰盐度下出现“S”形摆动现象,且在一定时间段内出现的现象可初步作为检验海水盐度是否变化的依据应用于生产当中。“S”形摆动这一现象,与 Abe 等发现的单环刺螠在夜间低潮时观察到的游泳行为(swimming behavior)现象一样,此时盐度处于 30‰~35‰之间,符合本试验的试验环境<sup>[31]</sup>。Abe 等认为,此行为出现的原因是在 1 月或 2 月退潮搁浅后重新放入水中<sup>[31]</sup>。本试验认为,出现的“S”形摆动现象是幼螠到成螠从潜沙状态挖出泥沙后被置于 30‰海水中环境突变所致的一种应激反应,无论是冬季还是夏季,在实验室养殖条件下每次换沙称质量时再置于水中均会出现的一种应激反应。

“C”形皱缩、身体分节、“S”形摆动和身体膨胀属首次报道并定义,可以作为单环刺螠对盐度检验的判断标准应用于生产当中。

### 3.3 不同盐度对单环刺螠摄食速率和沙下活动的影响

无水有沙条件下潜沙后添加不同盐度水,单环刺螠在 30‰~40‰盐度范围内的摄食活动较强,S20 条件下摄食受到一定抑制,S10 和 S50 条件下不摄食。与丁张妮等于 2014 年得出的三疣梭子蟹在低盐度和高盐度条件下摄食均受到抑制的结果<sup>[32]</sup>一致。单环刺螠挖掘洞穴数量研究结果显示,规律与存活率相同。基于此,根据洞穴数量判断单环刺螠在沙下的活动情况的方法在本试验中具有较强的可行性,且简单易行,能够应用于生产。

### 3.4 不同盐度对单环刺螠潜沙率和潜沙时间的影响

有水有沙条件下单环刺螠在不同盐度下潜沙率以 30‰最高,其他盐度均较低,与张嵩于 2014 年对青蛤、文蛤在不同盐度下的潜沙时间研究结果<sup>[33]</sup>一致,且高盐度下潜沙率比低盐度下高,说明单环刺螠是耐盐性种类。早期的研究表明,盐度偏离物种特定的最佳值可能会损害沉积生物的穴居行

为<sup>[34-35]</sup>,本研究中的高盐度 S50 处理出现单环刺螠重新出沙情况,而 S10 处理不潜沙,也证实了这一点。

试验中发现,单环刺螠有潜沙后又出沙的现象,潜沙时间为 S30 < S50 < S40 < S20, S50 处理较特殊,潜沙时间短于 S40 处理,12 h 后会出现重新出沙情况,而 S10 处理不潜沙,低盐度的潜沙时间明显长于高盐度。由于来自陆地输出、风暴以及波浪和潮汐的作用,浅海岸栖息地经历了高沉积动力学<sup>[36]</sup>作用。沉积物再悬浮可暴露海洋底栖穴居动物,导致其因捕食或冲刷海岸而死亡,或被埋在沉积物层下,从而阻止进料和气体交换<sup>[37-40]</sup>。为了在这些变化中生存下来,海洋底栖穴居动物需要积极地挖洞,以达到能够获得水和食物的深度,同时获得保护以抵御捕食者和极端环境<sup>[39,41]</sup>。因此建议幼螠投放时应待其潜沙后再加入海水,海滩养殖幼螠投放应选择退潮后撒播,不能直接投放于海水中,这样可以提高幼螠的存活率和降低潜沙时间。如果发现有出沙的情况可考虑是否是盐度改变的原因。

挖洞被认为是一种能量昂贵的运动方式<sup>[42-44]</sup>。Haider 等的研究表明,盐度胁迫能够降低蛤蜊的穴居性能,不是由于能量供应或有氧能力的限制,而是涉及其他机制(如肌肉性能受损)<sup>[45]</sup>,关于这些应激源对海洋底栖穴居动物生存和生态功能的影响还有待进一步的研究。

## 4 结论

(1) 单环刺螠正常生存的盐度范围为 30‰~40‰;

(2) 身体分节和“C”形皱缩可以作为单环刺螠对高盐度(40‰~50‰)应激行为反应的判断标准,身体膨胀可作为低盐度(10‰~20‰)应激行为反应的判断标准应用于生产实践;

(3) 潜沙状态下,单环刺螠具有更高的存活率、更强的摄食和活动能力;

(4) 30‰~40‰盐度条件下,单环刺螠具有更高的存活率、更强的摄食、活动和潜沙能力。

(5) 投放幼螠时应在退潮后,沙层浸湿时进行,待其潜沙完全后再加入水,否则会出现“S”形摆动应激行为,并影响其潜沙性能。

### 参考文献:

- [1] 李凤鲁,王 玮,周 红. 黄渤海螠虫动物(螠虫动物门)的研究[J]. 青岛海洋大学学报,1994(2):203-210.

- [2] Satō H. Studies on the echiuroidea, sipunculoidea and priapulioidea of Japan. Science Report of the Tohoku Imperial University, 4th Ser [J]. Biology, 1939, 14: 339–460.
- [3] 周红, 李凤鲁, 王玮, 等. 中国动物志[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [4] Zhang Z F, Shao M Y, Kang Q H, et al. Studies on the tolerating mechanism for sulfide in *Urechis unicinctus* (Echiura: Urechidae) – Cytological observation on *Urechis unicinctus* in different hydrogen sulfide environment [J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2003, 21(1): 86–90
- [5] McLusky D S, Elliott M. The estuarine ecosystem. Ecology, threats and management[M]. Oxford: Oxford University Press, 2004.
- [6] 李诺, 宋淑莲, 唐永政, 等. 单环刺螠增殖生物学的研究[J]. 齐鲁渔业, 1998(1): 11–14.
- [7] Hamel J F, Mercier A. Early development, settlement, growth, and spatial distribution of the sea cucumber *Cucumaria frondosa* (Echinodermata: Holothuroidea) [J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1996, 53(2): 253–271.
- [8] Wang T, Li Q. Effects of salinity and temperature on growth and survival of juvenile iwagaki oyster *Crassostrea nippona* [J]. J Ocean Univ China, 2018, 17(4): 941–946.
- [9] Kirschner L B. The energetics of osmoregulation in ureotelic and hypoosmotic fishes [J]. Journal of Experimental Zoology, 1993, 267(1): 19–26.
- [10] Allan G L, Maguire G B. Effects of pH and salinity on survival, growth and osmoregulation in *Penaeus monodon* Fabricius [J]. Aquaculture, 1992, 107(1): 33–47.
- [11] Chen J C, Nan F H. Oxygen consumption and ammonia – n excretion of *Penaeus chinensis* (Osbeck, 1765) juveniles at different salinity levels (Decapoda, Penaeidae) [J]. Crustaceana, 1995, 68(6): 712–719.
- [12] Martello L B, Friedman C S, Tjeerdema R S. Combined effects of pentachlorophenol and salinity stress on phagocytic and chemotactic function in two species of abalone [J]. Aquatic Toxicology, 2000, 49(3): 0–225.
- [13] Brito R, Chimal M E, Rosas C. Effect of salinity in survival, growth, and osmotic capacity of early juveniles of *Farfantepenaeus brasiliensis* (Decapoda: Penaeidae) [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2000, 244(2): 253–263.
- [14] 王忠菊, 卫广松, 温泽民, 等. 海水池塘立体生态养殖模式探讨[J]. 河南农业, 2018(18): 41–42.
- [15] Mak K K Y, Chan K Y K. Interactive effects of temperature and salinity on early life stages of the sea urchin *Heliocidaris crassispina* [J]. Marine Biology, 2018, 165(3): 57.
- [16] Asha P S, Muthiah P. Effects of temperature, salinity and pH on larval growth, survival and development of the sea cucumber *Holothuria spinifera* Theel [J]. Aquaculture, 2005, 250(3/4): 823–829.
- [17] 柳旭东, 王际英, 张利民, 等. 盐度对水产动物生长代谢与生殖发育相关指标影响的研究[J]. 水产养殖, 2019, 30(4): 42–46
- [18] 郑岩, 白海娟, 王亚平. 单环刺螠对水温、盐度和 pH 的耐受性的研究[J]. 水产科学, 2006, 25(10): 513–516.
- [19] 王爱敏, 冯俊荣, 杨秀兰. 氨氮及盐度对单环刺螠耗氧率的影响研究[J]. 齐鲁渔业, 2009, 26(5): 1–5.
- [20] 孙涛, 纪元, 于海瑞, 等. pH 值对单环刺螠呼吸排泄的影响[J]. 应用海洋学学报, 2017, 36(4): 533–537.
- [21] 许星鸿, 朱晓莹, 阙义进, 等. pH、温度和盐度对单环刺螠消化酶和溶菌酶活力的影响[J]. 水产科学, 2017, 36(2): 138–142.
- [22] 冯善聪, 黄国强, 赖祖鹏, 等. 双齿围沙蚕对温度、盐度和干露的耐受性研究[J]. 海洋湖沼通报, 2014(1): 109–114.
- [23] 陈勇, 高峰, 刘国山, 等. 温度、盐度和光照周期对刺参生长及行为的影响[J]. 水产学报, 2007, 31(5): 687–691
- [24] 许星鸿, 霍伟, 孟宵, 等. 单环刺螠人工育苗及养殖技术[J]. 科学养鱼, 2016(2): 53–55.
- [25] Wang Q L, Yu S S, Qin C X, et al. Combined effects of acute thermal and hypo – osmotic stresses on osmolality and *hsp70*, *hsp90* and *sod* expression in the sea cucumber *Apostichopus japonicas* Selenka [J]. Aqua Intern, 2014, 22(3): 1149–1161.
- [26] 李涛, 吕国敏, 黄小林, 等. 温度和盐度骤变对黑鲷仔鱼存活率的影响[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(4): 181–182.
- [27] 于忠利, 乔振国, 王建钢. 底质和遮蔽物在锯缘青蟹种苗中间培育中的作用[J]. 现代渔业信息, 2008(5): 26–28.
- [28] 李诺, 宋淑莲, 唐永政. 单环刺螠体壁氨基酸组分与含量的分析[J]. 齐鲁渔业, 2000, 17(5): 26–27.
- [29] Sokolova I M, Bock C, Pörtner H O. Resistance to freshwater exposure in White Sea *Littorina* spp. I: Anaerobic metabolism and energetics [J]. Journal of Comparative Physiology, 2000, 170(2): 91–103.
- [30] 王垚, 董莎莎, 李东东, 等. 不同底质厚度和泥沙比例对大竹蛏潜沙行为及酶活力的影响[J]. 经济动物学报, 2019, 23(2): 84–88, 93.
- [31] Abe H, Sato – Okoshi W, Tanaka M, et al. Swimming behavior of the spoon worm *Urechis unicinctus* (Annelida, Echiura) [J]. Zoology, 2014, 117(3): 216–223.
- [32] 丁张妮, 徐永健, 林建华, 等. 盐度对三疣梭子蟹摄食行为及生长特性的影响[J]. 生态科学, 2014, 33(5): 899–903.
- [33] 张嵩. 生态因子对青蛤、文蛤的潜沙及其苗种生长与存活的影响[D]. 大连: 大连海洋大学, 2014.
- [34] Lardies M A, Clasing E, Navarro J M, et al. Effects of environmental variables on burial depth of two infaunal bivalves inhabiting a tidal flat in southern Chile [J]. Journal of the Marine Biological Association of the Uk, 2001, 81(5): 809–816.
- [35] Przeslawski R, Zhu Q, Aller R. Effects of abiotic stressors on infaunal burrowing and associated sediment characteristics [J]. Marine Ecology Progress Series, 2009, 392(6): 33–42.
- [36] Carniello L, Silvestri S, Marani M, et al. Sediment dynamics in shallow tidal basins: in situ observations, satellite retrievals, and numerical modeling in the Venice Lagoon [J]. Journal of Geophysical Research: Earth Surface, 2014, 119(4): 802–815.
- [37] Emerson C W, Grant J. The control of soft – shell clam (*Mya arenaria*) recruitment on intertidal sandflats by bedload sediment transport [J]. Limnology and Oceanography, 1991, 36(7): 1288–1300.

姜巨峰,刘文军,张先光,等. 血鸚鵡温室工程化循环水养殖系统构建与应用[J]. 江苏农业科学,2020,48(22):185-189.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.22.035

# 血鸚鵡温室工程化循环水养殖系统构建与应用

姜巨峰<sup>1</sup>, 刘文军<sup>2</sup>, 张先光<sup>2</sup>, 刘克明<sup>1</sup>, 史东杰<sup>3</sup>, 周 勇<sup>1</sup>, 王永辰<sup>1</sup>, 刘肖莲<sup>1</sup>, 李春艳<sup>1</sup>, 白晓慧<sup>1</sup>, 庄保陆<sup>4</sup>

(1. 天津市水产研究所/天津市观赏鱼技术工程中心, 天津 300221; 2. 天津嘉禾田源观赏鱼养殖有限公司, 天津 301809;

3. 北京市水产科学研究所/国家淡水渔业工程技术研究中心, 北京 100068; 4. 中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所, 上海 200092)

**摘要:**为提升血鸚鵡(*Cichlasoma citrinellum* ♂ × *Cichlasoma synspilum* ♀)的养殖效益,降低能耗,构建血鸚鵡工程化养殖系统(A 棚)。该系统以传统温棚养殖系统为对照(B 棚),通过将各养殖池交叉串联,配置集中输水管道和多层级物理+生物过滤等处理设施。通过比较在不同养殖模式下,血鸚鵡养殖出产的品级、养殖成本及效益,研究血鸚鵡工程化养殖系统的养殖性能及效果。结果表明,A 棚养殖的成活率为 96.6%,比 B 棚高 1.06 百分点;参照国家标准 GB/T 30946—2014 观赏鱼分级规则血鸚鵡鱼,A 棚出产 AAA 级、AA 级和 A 级血鸚鵡的比例分别为 19.70%、35.78% 和 29.64%,分别比 B 棚高 4.1 百分点、3.07 百分点和 1.87 百分点;A 棚出产返黑现象血鸚鵡和 B 级血鸚鵡所占比例分别为 13.19%、1.69%,分别比 B 棚低 2.23 百分点、6.81 百分点。表明该工程化养殖系统能够提高血鸚鵡的成活率和上级品的产出率,并能提高养殖效益。

**关键词:**血鸚鵡;设施化循环水养殖系统;品级;养殖效益

**中图分类号:**S965.89 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)22-0185-05

血鸚鵡原产于我国台湾,是国内从业者智慧与繁殖技术的结晶。从血鸚鵡问世初期的养殖数量少、繁殖技术未成熟,到目前短短二十几年,已发展成为我国重要的观赏鱼类之一。据初步统计,我国

大陆地区每年养殖血鸚鵡约有 5 亿尾,血鸚鵡养殖业的发展对构建我国都市型休闲渔业、推动社会经济发展具有重要作用。

近几年来,国内外对血鸚鵡的研究主要集中在遗传育种、营养发育、养殖模式、病害防治、运输技术和体型评价等方面<sup>[1-6]</sup>。目前,我国血鸚鵡主要有传统的室内土池温棚养殖、工厂化养殖及外塘养殖等模式<sup>[7-10]</sup>,而血鸚鵡工程化循环水养殖技术模式尚未见相关报道。本研究针对观赏鱼养殖尾水处理的技术要求,以血鸚鵡室内温棚养殖为对照,对养殖设施进行提升改造,构建了血鸚鵡温棚工程化养殖系统,并进行了应用,比较工程化养殖血鸚

收稿日期:2020-04-29

基金项目:天津市水产产业技术体系(编号:ITFRS2017016);观赏鱼产业技术体系北京市创新团队建设专项资金(编号:BAIC03)。

作者简介:姜巨峰(1981—),男,河北怀来人,硕士,高级工程师,主要从事观赏鱼种质创新与品级提升研究。E-mail:jufengjiang@163.com。

通信作者:庄保陆,硕士,助理研究员,主要从事设施养殖工程研究。E-mail:94044841@qq.com

[38] Rowell T W, Grant J, Emerson C W. Indirect effects of clam digging on the viability of soft-shell clams *Mya arenaria* L. [J]. Netherlands Journal of Sea Research, 1990, 27(1): 109-118.

[39] Powilleit M, Graf G, Kleine J, et al. Experiments on the survival of six brackish macro-invertebrates from the Baltic Sea after dredged spoil coverage and its implications for the field [J]. Journal of Marine Systems, 2009, 75(3/4): 441-451.

[40] Probert P K. Disturbance, sediment stability, and trophic structure of soft-bottom communities [J]. Journal of Marine Research, 1984, 42(4): 893-921.

[41] Zwarts L, Wanink J H. Siphon size and burying depth in deposit- and suspension-feeding benthic bivalves [J]. Marine Biology, 1989, 100(2): 227-240.

[42] Brown A C. The energy cost and efficiency of burrowing in the sandy-beach whelk *Bullia digitalis* (Dillwyn) (Nassariidae) [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 1979, 40(2): 149-154.

[43] Dorgan K M, Lefebvre S, Stillman J H, et al. Energetics of burrowing by the cirratulid polychaete *Cirriformia moorei* [J]. Journal of Experimental Biology, 2011, 214(13): 2202-2214.

[44] Willmer P, Stone G, Johnston J. Environmental physiology of animals [M]. Oxford: Blackwell Science, 2000.

[45] Haider F, Sokolov E P, Sokolova I M. Effects of mechanical disturbance and salinity stress on bioenergetics and burrowing behavior of the soft shell clam, *Mya arenaria* [J]. The Journal of Experimental Biology, 2018, 221: jeb172643.