

饲养空间大小对单体筐养养殖系统中三疣梭子蟹 (*Portunus trituberculatus*)的摄食行为与生长特性 的影响研究*

徐永健¹ 申屠基康^{1,2} 丁张妮¹

(1. 宁波大学海洋学院 应用海洋生物技术教育部重点实验室 宁波 315211; 2. 宁波市海洋与渔业研究院 宁波 315010)

提要 在三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)的单体筐养养殖(SCBC)系统中, 研究了不同的饲养空间大小对梭子蟹(幼蟹与成蟹)摄食行为与生长的影响。试验设置了四个饲养空间处理: 空间长度分别为养殖蟹平均壳长的 1 倍、1.5 倍、2 倍及 3 倍, 宽为长的一半。经 6 天试验, 结果表明, 1 倍空间的幼蟹摄食行为发生变化, 摄食次数[(1.2 ± 0.45)次/d]和总进食时间[(31.2 ± 6.89)min]比 2 倍与 3 倍的空间[(2.6 ± 0.45)次/d, (83.1 ± 13.66)min]明显减少, 导致摄食量减少[前者为(0.0835 ± 0.0269)g/gBW, 后两者最高为(0.2014 ± 0.0114)g/gBW], 至第 5 天全部死亡。其它处理, 随着空间的增大, 摄食量增大, 幼蟹的生长速率(蜕皮率, 体重增长率)增加。其中, 在 2 倍空间以上处理中, 幼蟹表现有最高的成活率(100%)、蜕皮率(100%)以及体重增长率(86.5%—97.2%), 同时有较低的饵料系数(1.31 ± 0.11)。成蟹的试验结果与幼蟹类似, 除 1.5 倍饲养空间外, 该处理中幼蟹表现出对生长的胁迫, 而成蟹的摄食行为和生长与 2 倍及 3 倍空间无差异。不同空间中梭子蟹的摄食与生长的差异与梭子蟹在这些处理中的保护性酶类(SOD, POD, CAT)和消化酶类(淀粉酶, 蛋白酶, 脂酶)的活性有密切关系。

关键词 三疣梭子蟹; 单体筐养养殖系统; 饲养空间; 摄食行为; 生长特性

中图分类号 S968.25 **doi:** 10.11693/hyhz20140700205

三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)是一种重要的海洋经济动物, 隶属甲壳纲、十足目、梭子蟹科、梭子蟹属, 分布于中国、朝鲜、日本等海域, 是我国重要的渔业资源(乔振国等, 2012)。其肉肥鲜美, 是人们所喜爱的海产品。由于生活水平的提高, 对三疣梭子蟹有着大量需求, 养殖业得到了迅猛的发展, 但仍有一些问题有待于研究解决, 例如养殖成活率低、产量不稳定等(乔振国等, 2012)。

当前, 国内外对梭子蟹的研究主要涉及: 养殖方式(郝志凯等, 2011; 夏金树等, 2012; 张国喜等, 2012)、形态特征(高保全等, 2008)、生长发育(Romano *et al*, 2006; 刘磊等, 2009; Cui *et al*, 2012)、饲料营养(Wu *et al*, 2007; Juliana, 2009)、养殖条件(Bryars *et al*,

2006; Stickle *et al*, 2007; 廖永岩等, 2008; 王冲等, 2010; Liu *et al*, 2014)及病害防治(Wan *et al*, 2011; Mu *et al*, 2012; Zhang *et al*, 2014)等。三疣梭子蟹生性好斗, 喜以大欺小, 以强欺弱, 互相残杀, 从而导致大量幼蟹胸部附肢缺失, 甚至死亡或被同类捕食, 尤其是正在蜕皮的梭子蟹受攻击的概率较大(丁天宝等, 2009)。如何从养殖方法和技术上突破梭子蟹养殖过程中的自残问题, 提高梭子蟹的养殖成活率, 业界也开展过一些尝试, 如采用单个养殖方式(沈烈峰等, 2013)、投放掩体(伊祥华, 2004)等。作者在这些经验的基础上, 发展形成了梭子蟹单体筐养养殖技术(single-crab basket-culture, SCBC), 并开展了规模化生产试验, 较大地提高了梭子蟹的成活率, 获得了较

*宁波市海洋蟹类产业科技创新团队项目资助, 2011B81003 号; 国家自然科学基金项目资助, 41276123 号。徐永健, 教授, E-mail: xuyongjian@nbu.edu.cn

收稿日期: 2014-07-23, 收修改稿日期: 2014-09-29

好的经济效益(王春琳等, 2013)。但在生产中也发现了一些新的问题, 如梭子蟹生长缓慢、性腺发育延后, 病害加剧等(与养殖户交流)。

行为是生物对环境的综合反映, 是动物福利(animal welfare)科学的主要评价指标(Ashley, 2007)。作者针对三疣梭子蟹单体筐养养殖系统开展了系列试验, 从行为(尤其是摄食行为)角度探讨其养殖条件, 评估筐养养殖中各条件对梭子蟹摄食行为的胁迫, 进而对其生长的影响, 对于了解三疣梭子蟹基本生物学特性, 以及更好地改进其养殖设施和养殖方法, 提高养殖效益有指导意义。本文以两种不同规格的三疣梭子蟹为试验对象, 分析饲养的空间大小对其摄食特性及生长的影响, 探讨筐养三疣梭子蟹的适宜养殖空间大小, 为改进养殖设施提供参考。

1 材料与方法

1.1 三疣梭子蟹的来源与暂养

实验用两种规格的三疣梭子蟹: 小规格蟹(以下称幼蟹)体重为(0.89±0.14)g (mean±SD, $n=325$, 下同), 壳长(23.39±1.31)mm, 壳宽(11.07±0.82)mm, 壳高(4.81±0.35)mm, 来自宁波象山陈水产育苗场人工育苗的幼体并经水泥池暂养; 大规格蟹(以下称成蟹)体重为(57.68±6.09)g ($n=125$), 壳长(9.99±0.34)cm, 壳宽(5.01±0.20)cm, 壳高(2.63±0.11)cm, 来自象山鑫亿养殖公司养殖场, 本批成蟹取自上述同批幼蟹经池塘养殖长成的群体中。

试验在宁波大学的水产养殖实验基地开展。幼蟹试验于 2013 年 6 月份进行, 成蟹试验于同年 9 月份进行。试验前两种规格的梭子蟹均暂养于 15m²、底铺沙

(底沙先经高锰酸钾消毒, 再用清水将其漂洗干净晾干待用)的水泥池, 加海水至 15cm, 海水盐度(20±0.5), 水温(26±1)°C, 连续充气。每日更换新鲜海水, 早晨 9:00 投喂食物(饵料为采购于市场的冰冻虾仁)。适应 4d 后, 随机选取四肢健全的健康梭子蟹进行试验。

1.2 试验设计与日常管理

试验容器为聚乙烯塑料箱, 按要求用聚乙烯塑料隔板将其分隔成不同规格大小的饲养空间。空间大小分别为试验梭子蟹的平均壳长 1 倍、1.5 倍、2 倍及 3 倍等四组空间(空间的长宽比均为 2:1)。在各空间内, 分别铺 5cm 底沙和放 15cm 海水。每组设 15 个重复(其中 5 只用于酶活性分析, 10 只用于生长统计分析), 随机选取适宜的梭子蟹, 分别称重后放入到各个试验容器中。让其适应 24h 后, 次日上午 9:00 投喂, 并开始试验。之后的 5 天内, 每天上午清除残饵, 并换 50%海水后, 投喂新饵料。其它条件同暂养。

1.3 分析方法

试验期间, 每天采集 1 只蟹(幼蟹取全蟹匀浆, 成蟹取内脏团匀浆), 用于各项酶活性分析, 包括消化酶类(淀粉酶、蛋白酶、脂酶)和保护性酶类(超氧化歧化酶(SOD)、多酚氧化酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)), 分析酶活采用试验盒测定(南京建成生物工程公司)。其余 10 只幼蟹与成蟹用于生长统计分析, 包括每天的摄食量(g)、蜕皮率(%)、成活率(%), 试验结束时统计各处理的体重增长率(%)等。另外, 根据每只蟹每天的摄食量和其体重来计算各处理梭子蟹的单位体重的食物摄入量(food ration, g/gBW)。各处理中梭子蟹的行为特性采用 SONY 2216E 摄像机(SONY 公司)进行拍摄, 通过反复观察视频来描述各个行为, 各行为分类见表 1。

表 1 梭子蟹行为分类描述
Tab.1 Ethogram of *P. trituberculatus* activity patterns

行为方式	行为分类	行为描述
休息(R)	静息(Rs)	平趴在沙表面(或无沙时静息在底部), 螯足、步足等都保持不动
	沙中穴居(Rh)	身体潜入沙中, 仅露眼睛和触角在外, 少数露出部分或整个头胸甲
活动*(A)	爬行(Ab)	身体趴在沙子表面, 步足有频率摆动, 做横向或不定向的水平运动
	游泳(As)	身体倾斜倒垂于水中, 游泳足频率摆动, 做横向或不定向的上下或水平游动
摄食**(F)	啃食物(Ff)	利用一个或两个大螯夹住食物送入嘴中或食物在顎口边就直接啃食
	抱住食物(Fb)	用大螯将食物夹住放于嘴边或随意举起

* 活动行为是指梭子蟹从沙中钻出, 但并不直接向食物冲去, 而是四处游动; **摄食行为是指从沙中钻出后直接冲向食物进行啃食, 或者抱住食物

1.4 数据分析

采用单因素方差分析(ANOVA), 对各处理的摄食量、蜕皮率、死亡率及增重率等进行差异显著性分

析, 如果 $P>0.05$ 为差异不显著, $P<0.05$ 则为差异显著, $P<0.01$ 则为差异极显著。对各处理中的梭子蟹的行为特性及差异采用 Dunn 检验比较分析(徐永健等,

2011)。

2 结果

2.1 饲养空间大小对摄食行为的影响

饲养空间大小对幼蟹行为的影响显著(表 2)。1 倍空间下, 幼蟹静息沙面(R_s), 摄食时蟹体与沙面呈 90° (步足靠于隔板上); 24h 内, 有 1—2 次啃食或抱食(Ff 或 Fb)的摄食动作, 每次约 30min, 总进食时间为 $(31.2 \pm 6.89)\text{min}$ 。1.5 倍空间, 幼蟹挖洞潜沙休息(R_h); 摄食时蟹体与沙面呈 $30—45^\circ$, 少数趴于沙面进食。有外出游动(A_s)动作; 每天有 2—3 次摄食, 每次 30—40min, 总进食时间 $(72.4 \pm 15.44)\text{min}$ 。在摄食次数($P < 0.05$)与进食时间($P < 0.01$)上与 1 倍处理有明显差异。2 倍与 3 倍空间, 幼蟹也潜沙休息(R_h), 将颚足、

步足、大螯藏于沙中, 露出约 $1/3$ 头胸甲与沙面呈 $30—45^\circ$ 或只露出眼睛和触角。该两处理间摄食行为无差异($Q \leq 3.36$, $P > 0.05$), 但两者与其它处理间在摄食行为($Q \geq 4.67$, $P < 0.01$)、摄食次数($P < 0.05$)及总进食时间($P < 0.05$)上有明显差异。此外, 该两处理中的幼蟹还展示了另外一个行为, 一天内多次(>4 次)从潜藏处出来, 四处爬行或游动, 这是领域行为。

饲养空间大小对成蟹的行为也有影响(表 2)。1 倍空间下, 静息沙面(R_s), 少数潜沙休息(R_h)。进食时, 与幼蟹不同, 不倚靠隔板, 而是将食物置于身下(身体与沙面约呈 $30—45^\circ$)进食。24h 内, 摄食 2—4 次, 每次 15—30min (24.2 ± 3.93), 总进食时间为 $(67.5 \pm 10.85)\text{min}$ 。其余三个空间下, 成蟹的行为表现相似, 且与幼蟹无差异。

表 2 各处理间的行为特性比较
Tab.2 Comparison in feeding behavior among different treatments

规格	空间大小	行为动作	摄食次数(次)	每次持续时间(min)	总进食时间(min)
幼蟹	1 倍	Ff 或 Fb, 体与沙面呈 90°	1.2 ± 0.45^a	26.1 ± 3.44	31.2 ± 6.89^a
	1.5 倍	Ff 或 Fb, 体与沙面呈 $30—45^\circ$	2.4 ± 0.55^b	29.7 ± 1.99	72.4 ± 15.44^b
	2 倍, 3 倍	Ff 或 Fb, 领域行为	2.6 ± 0.45^b	29.2 ± 3.36	83.1 ± 13.66^b
成蟹	1 倍	Ff 或 Fb, 体与沙面呈 $30—45^\circ$	2.8 ± 0.84^b	24.2 ± 3.93	67.5 ± 10.85^b
	1.5 倍, 2 倍, 3 倍	Ff 或 Fb	2.6 ± 0.76^b	27.3 ± 4.33	78.3 ± 9.57^b

上标 a、b 示每列各处理间存在显著差异($P < 0.05$)

2.2 饲养空间大小对摄食量的影响

饲养空间大小对幼蟹摄食量的影响(图 1a)。1 倍空间中, 幼蟹前四天摄食量逐日递减, 平均摄食量为 $(0.0835 \pm 0.0269)\text{g/gBW}$, 至第 5 天全部死亡。1.5 倍、2 倍、3 倍空间中, 幼蟹 5 天的平均摄食量分别为 $(0.1367 \pm 0.0082)\text{g/gBW}$ 、 $(0.1830 \pm 0.0105)\text{g/gBW}$ 、 $(0.2014 \pm 0.0114)\text{g/gBW}$ 。后两个处理间差异不显著($P > 0.05$), 与 1 倍及 1.5 倍处理间差异极显著($P < 0.01$)。而 1 倍与 1.5 倍间也差异显著($P < 0.05$)。

试验的各处理中的成蟹均能正常摄食(图 1b)。平均摄食量分别为: 1 倍, $(0.1514 \pm 0.0082)\text{g/gBW}$; 1.5 倍, $(0.1552 \pm 0.0205)\text{g/gBW}$; 2 倍, $(0.2520 \pm 0.0245)\text{g/gBW}$; 3 倍, $(0.2592 \pm 0.0187)\text{g/gBW}$ 。经分析, 1 倍与 1.5 倍、2 倍与 3 倍间差异都不显著($P > 0.05$), 前后两组间差异极显著($P < 0.01$)。

2.3 对梭子蟹蜕皮与成活率的影响

饲养空间大小对幼蟹的蜕皮及成活率都有很大的影响(图 2)。1 倍空间中, 至第 5 天全部死亡; 1.5 倍中有 3 只死亡, 2 倍与 3 倍中无死亡发生。而蜕皮情况, 1 倍空间中有 1 只, 蜕皮后没有硬化就死亡, 1.5

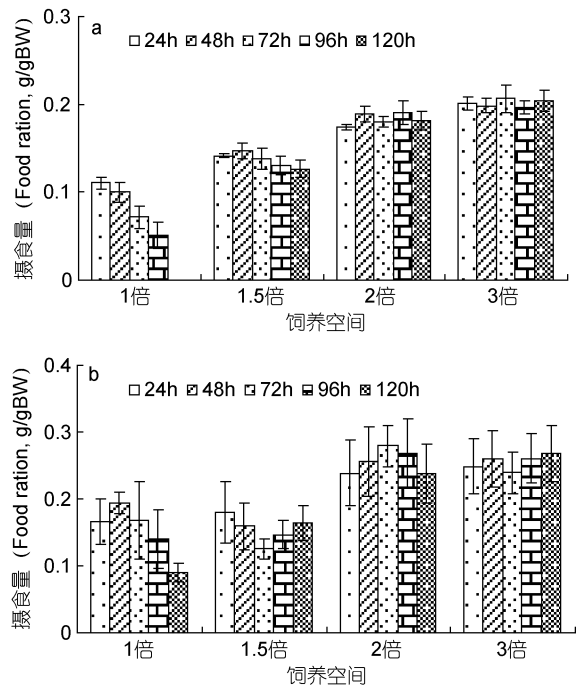


图 1 不同规格饲养空间对幼蟹(a)和成蟹(b)日平均摄食量的影响

Fig.1 The food rations of juvenile (a) and adult (b) crabs in different treatments

倍中有6只、2倍与3倍中各有9只与10只蜕皮。从4个处理看,2倍与3倍处理中幼蟹的体重增长最快,其中3倍空间体重增长为 0.812 ± 0.135 g,增长率为86.5%—97.2%,与2倍处理间差异不显著($P>0.05$);但大大高于其它两处理组($P<0.01$) (图2)。饵料系数(FCR)在处理中分别为:1.5倍、 11.75 ± 3.68 ;2倍、 1.46 ± 0.12 ;3倍、 1.31 ± 0.11 。后两者间差异不显著($P>0.05$),与1.5倍间差异极显著($P<0.01$)。

试验期间,成蟹没有蜕皮发生;体重的增长也不很明显,但饲养空间大小对成活率还是有一定影响。1倍空间中,试验第2天死亡1只、第3天又1只,整个试验共死亡3只;1.5倍与2倍都各死亡1只,分别于第3天与第4天;只有3倍空间中没有死亡。

2.4 饲养空间大小对梭子蟹酶活影响

饲养空间大小对不同规格梭子蟹的酶活影响见

图3, 图中柱状显示值为每个处理中5天酶活测定的

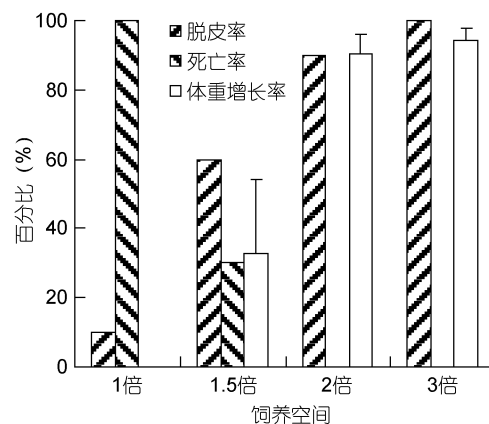


图2 各处理的幼蟹蜕皮率、死亡率及体重增长率

Fig.2 The rates of molting, mortality, and body weight gain in different treatments

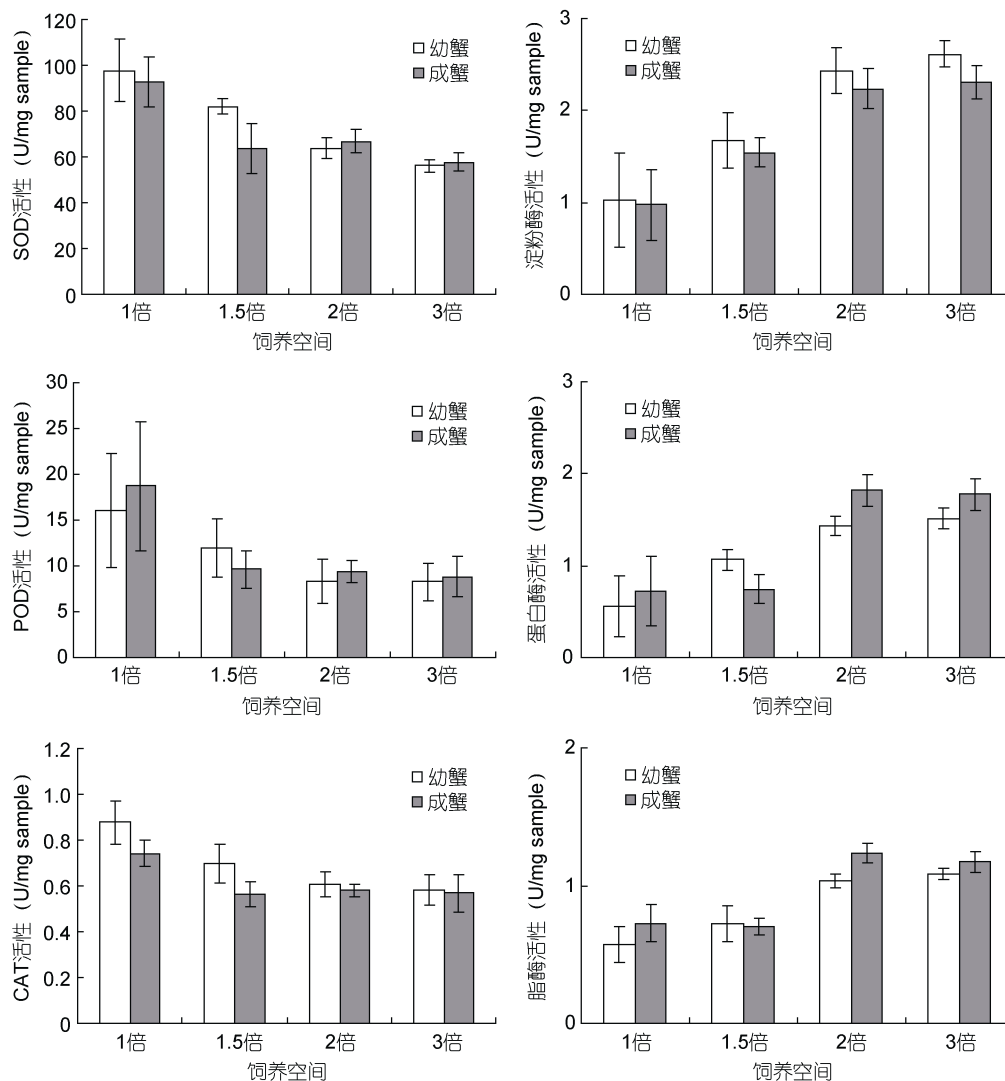


图3 各处理蟹体中消化酶及保护性酶类活性的变化

Fig.3 Variations in the activities of 8 enzymes in different treatments

平均值。总体上, 三种保护性酶类(SOD, POD, CAT)在两种规格蟹体中的变化趋势相似, 都随空间的增大而活性下降, 而消化酶类(淀粉酶、蛋白酶、脂酶)则相反, 随空间变大而活性增加。此外, 在幼蟹组中, 2 倍与 3 倍空间的各种酶类的活性差异不大($P>0.05$), 而与 1.5 倍及 1 倍处理差异显著($P<0.05$); 但对于成蟹, 1.5 倍空间中保护性酶的活性已下降, 并与 2 倍与 3 倍空间相似($P>0.05$), 而显著差异于 1 倍处理($P<0.05$); 但消化酶类活性却依然较低, 差异于 2 倍与 3 倍空间处理($P<0.05$)。

3 讨论

3.1 饲养空间对摄食量与摄食行为的影响

在与体长等长的空间中, 三疣梭子蟹幼蟹的摄食活动与行为发生较大的改变, 主要以静息为主活动不活跃、反应不敏感, 而摄食时由于空间太小, 步足靠在侧板上、身体与沙面呈 90° 进食, 这种胁迫的状态, 造成了摄食次数减少, 进而影响到进食量; 此外, 对外界刺激反应迟钝, 活力差, 在试验过程中相继死亡, 第 5 天时全部死亡。这一空间中, 成蟹的表现也较不正常, 试验期间有 30% 的死亡率。这些胁迫都可以从保护性酶类的活性得以证实, SOD、POD、CAT 等保护酶类活性强、变化大, 表明环境胁迫强(廖永岩等, 2008; Ding *et al.*, 2010); 而消化酶类的活性低也反映了梭子蟹的食欲不强(Chang, 1995)。随着饲养空间的扩大, 相对的保护性酶类的活性下降, 而消化酶类的活性上升, 反映出梭子蟹的摄食反应增强, 表现为摄食行为的正常化, 导致梭子蟹摄食量增加。而相应的死亡率下降, 反应敏感, 幼蟹有了蜕皮和增重等生长特征。具体表现为随着饲养空间增大摄食量增加, 生长加快。综合分析, 梭子蟹的单体筐养的饲养空间建议在 2 倍以上体长空间较好。由于幼蟹生长要频繁蜕壳, 显然频繁更换养殖场所会很麻烦, 因此, 作者认为可根据养殖生产要求, 以养成蟹(目标产物)的体长来设计饲养筐, 养成过程不用频繁更换。

3.2 摄食与生长的关系

三疣梭子蟹的生长是一个复杂的过程, 认为是不连续的生长(高保全等, 2008; 刘磊等, 2009)。其蜕皮成功一次, 就快速生长一次, 如本试验大空间中的幼蟹, 5d 内所有幼蟹均蜕皮一次, 体重增长了 86.5%—97.2%。蜕皮(蜕壳)是一个复杂的生理过程, 且需要消耗大量的能量, 但新皮合成及维持代谢通过利用贮存物质及旧壳的再吸收才能完成(Romano *et al.*,

2006; Stickle *et al.*, 2007; 王冲等, 2010)。因此, 三疣梭子蟹需要在蜕皮间期增加摄食量, 储存足够的营养物质, 从而满足其蜕皮生长的需要(Stickle *et al.*, 2007; Cui *et al.*, 2012)。在小空间中, 胁迫造成幼蟹摄食行为发生变化, 进而影响到摄食, 一天内的摄食次数及总摄食时间都缩短(表 2), 造成摄食量大大缩减。此外, 胁迫还导致幼蟹将提供更多的能量来抵抗胁迫造成的生理影响(Bryars *et al.*, 2006; Stickle *et al.*, 2007)。摄入食物仅能(甚至不足)维持自身活动及抗逆消耗, 不足以储备足够物质与能量满足其蜕皮及生长所需, 生理功能异常致使其没有物质和能量来进行蜕皮与生长。本试验结果表明摄食量(摄食行为)与蜕皮率(生长速率)有密切关系。

3.3 摄食行为研究对养殖方式和养殖技术的影响

本试验结果表明: 摄食行为正常时, 三疣梭子蟹的反应敏感、生长正常(蜕皮与增重); 而摄食行为异常时, 会导致梭子蟹不生长而死亡。因此, 在三疣梭子蟹的养殖过程中, 满足其适宜的生长条件, 维持其正常的行为特性, 可促进快速生长(Romano *et al.*, 2006; 廖永岩等, 2008)。这就需要不断改进三疣梭子蟹的养殖设施和条件, 提高养殖方法和技术。而对其适宜生长条件的了解与掌握, 可通过对梭子蟹的日常行为(如摄食行为)方式的观察与分析, 并在此基础上不断地改进养殖方式和逐步提高养殖技术而达到。这就是动物福利(animal welfare)科学, 在国内还处于研究和执行的起步阶段, 动物福利问题是需要引起重视的新问题(Ashley, 2007), 可以从行为角度出发, 探讨维持动物正常行为的生长条件, 减少影响生长的胁迫。

参 考 文 献

- 丁天宝, 刘振华, 2009. 影响梭子蟹池塘养殖成活率的因素及应对措施. 河北渔业, 8: 21—22
- 王 冲, 姜令绪, 王仁杰等, 2010. 盐度骤变和渐变对三疣梭子蟹幼蟹发育和摄食的影响. 水产科学, (29): 510—514
- 王春琳, 母昌考, 李荣华等, 2013. 三疣梭子蟹单体筐养高产高效生产技术. 中国水产, 1: 72—76
- 乔振国, 王春琳, 房文红等, 2012. 海水蟹类安全生产技术指南. 北京: 中国农业出版社, 152—153
- 伊祥华, 2004. 关于三疣梭子蟹养殖的几点思考. 中国水产, 6: 61—63
- 刘 磊, 李 健, 高保全等, 2009. 三疣梭子蟹不同日龄生长性状相关性及其对体重的影响. 水产学报, 33(6): 9764—9771
- 沈烈峰, 洪 挺, 顾建明等, 2013. 三疣梭子蟹单体养殖技术

- 研究. 现代农业科技, 6: 264—267
- 张国喜, 费忠智, 殷秋所等, 2012. 蟹池套养小龙虾高效生态养殖对比试验. 水产养殖, 6: 10—12
- 郝志凯, 郭建军, 孔祥青, 2011. 日照沿海虾蟹生态混养试验. 河北渔业, (6): 30—31
- 夏金树, 周庆华, 倪红军等, 2012. 日本对虾、三疣梭子蟹混养存在的问题与对策. 河北渔业, (4): 19—20
- 徐永健, 戴广谱, 陆慧贤, 2011. 大海马昼夜活动节律与缠绕物偏好的观察. 宁波大学学报(理工版), 24(1): 1—4
- 高保全, 刘 萍, 李 健等, 2008. 三疣梭子蟹形态性状对体重影响的分析. 海洋水产研究, 29(1): 44—50
- 廖永岩, 肖展鹏, 袁耀阳, 2008. 三疣梭子蟹幼体和幼蟹的温度适应性. 水生生物学报, 32(4): 535—541
- Ashley P J, 2007. Fish welfare: current issues in aquaculture. Applied Animal Behavior Science, 104(3): 199—235
- Bryars S R, Havenhand J N, 2006. Effects of constant and varying temperatures on the development of blue swimmer crab (*Portunus pelagicus*) larvae: Laboratory observations and field predictions for temperate coastal waters. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 329(2): 218—229
- Chang E S, 1995. Physiological and biochemical changes during the molt cycle in decapod crustaceans: An overview. J Exp Mar Biol Ecol, 193(1—2): 1—14
- Cui Z, Song C, Liu Y *et al*, 2012. Crustins from eyestalk cDNA library of swimming crab *Portunus trituberculatus*: molecular characterization, genomic organization and expression analysis. Fish Shellfish Immunol, 33(4): 937—945
- Ding X, He Z, Qiu X, 2010. A study on digestive enzyme activities and their effects by compound feed during different growth stages of *Portunus trituberculatus*. Chinese Journal of Animal Nutrition, 22(2): 492—497
- Juliana C B, 2009. Appropriate food type, feeding schedule and *Artemia* density for the zoea larvae of the mud crab *Scylla tranquebarica* (Crustacea: Decapoda: Portunidae). Aquaculture, 288: 190—198
- Liu Y, Shi G, Cui Z, 2014. PtSerp from the swimming crab *Portunus trituberculatus*, a putative regulator of prophenoloxidase activation with antibacterial activity. Fish Shellfish Immunol, 35(1): 167—173
- Mu C K, Liu S, Song W *et al*, 2012. Enhanced resistance of *Portunus trituberculatus* to *Vibrio alginolyticus* by selective breeding. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 30(4): 638—643
- Romano N, Zeng C S, 2006. The effects of salinity on the survival growth and haemolymph osmolality of early juvenile blue swimmer crabs, *Portunus pelagicus*. Aquaculture, 260: 151—162
- Stickle W B, Wyler H J, Dietz T H, 2007. Effects of salinity on the juvenile crab physiology and agonistic interactions between two species of blue crabs, *Callinectes sapidus* and *C. similis* from coastal Louisiana. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 352: 361—370
- Wan X H, Shen H, Wang L B *et al*, 2011. Isolation and characterization of *Vibrio metschnikovii* causing infection in farmed *Portunus trituberculatus* in China. Aquaculture International, 19(2): 351—359
- Wu X G, Cheng Y X, Sui L Y, 2007. Effect of dietary supplementation of phospholipids and highly unsaturated fatty acids on reproductive performance and offspring quality of Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*, female broodstock. Aquaculture, 273: 602—613
- Zhang X J, Bai X S, Yan B L *et al*, 2014. *Vibrio harveyi* as a causative agent of mass mortalities of megalopa in the seed production of swimming crab *Portunus trituberculatus*. Aquaculture International, 22(2): 661—672

EFFECT OF SPACE SIZE ON FEEDING BEHAVIOR AND GROWTH OF SWIMMING CRAB *PORTUNUS TRITUBERCULATUS* IN SINGLE-CRAB BASKET-CULTURE (SCBC) SYSTEM

XU Yong-Jian¹, SHENTU Ji-Kang^{1,2}, DING Zhang-Ni¹

(1. School of Marine Sciences, Key Lab of Applied Marine Biotechnology of MOE, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

2. Ningbo Academy of Ocean and Fishery, Ningbo 315010, China)

Abstract To understand the impact of individual size of a single-crab basket-culture (SCBC) system on feeding behavior and growth of swimming crab *Portunus trituberculatus*, four sizes were designed in a 6-day experiment with polyethylene boxes in dimensions of, i.e., 1, 1.5, 2, 3 times of the average carapace length of tested animal as the length, and the half size as the width. The crabs for experiment included two sizes in average weight of (0.89 ± 0.14) g (juvenile) and (57.68 ± 6.09) g (adult) and acclimated in salinity of (20 ± 0.5) at $(26 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ in sandy bottom for 4 days. Feeding was provided at 9:00 am daily, and the animal ate the feed for 25—30 minutes in 70 min. Water was refreshed daily before feeding. Results show that the size groups of 2 and 3-times of carapace length showed a slight difference in feeding behavior from that of 1 time-length group. The crabs from different treatments had different molting rates and mortality rates. All juveniles in 2 and 3 time-length sizes molted during the experiment, which was significantly higher than that in other treatments. The mortality rate showed the opposite pattern as that of the molting rate, all juveniles were alive in 2 and 3 time-length groups. The adult crabs showed similar results with the juvenile except in 1.5 time-length group, which had no difference from that of 2 and 3 time-length groups. The juveniles had the highest value of food ration for (0.2014 ± 0.0114) g/gBW, average body weight gain of (0.812 ± 0.135) g, gain rate of 86.5%—97.2%, and food conversion ratio for (1.31 ± 0.11) in 2 and 3 time-length groups; in addition, the treatment also had the lowest activities of protective enzymes (SOD, PO, CAT) and the highest activities of digestive enzymes (amylase, protease, lipase). Therefore, the size dimension affected the activities of protective and digestive enzymes, causing the difference that mentioned above.

Key words swimming crab *Portunus trituberculatus*; single-crab basket-culture (SCBC); space size; feeding behavior; growth