

纯公幼蟹放养密度对六月黄大规格蟹种养殖性能的影响

梁梓龙¹, 吴旭干¹, 陈文彬², 罗明², 姜晓东³

(1. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306; 2. 常州市金坛区水产技术指导站, 江苏 常州 213200; 3. 浙江万里学院 海洋生物种业研究院, 浙江 宁波 315100)

摘要: 为培育出适合中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)六月黄养殖使用的大规格蟹种, 以纯公幼蟹为实验对象, 设置D1(10只/m²)、D2(20只/m²)、D3(30只/m²)和D4(40只/m²)等4个密度组, 通过池塘养殖实验比较分析各密度组在扣蟹阶段的生长性能及养殖效益。结果表明: (1)随着养殖密度的增加, 扣蟹的平均体质量呈下降趋势, D1组扣蟹的平均体质量在养殖期间均显著高于另外3组($P < 0.05$); 增重率及特定生长率方面, D1组在7—10月较其余各组始终具有优势, 但是在10—11月却显著低于其余组; (2)D3组取得了最佳的养殖效果, 具体表现在较为可观的规格及产量, 同时其取得了最高的成活率、最低的早熟率及饵料系数等; (3)就规格分布来看, D1及D2组扣蟹最终规格主要集中在35~45 g, D3及D4组扣蟹体质量主要集中在25~35 g, 随着放养密度的增加, 各密度组小于35 g的扣蟹比例逐渐增加, 大于35 g的扣蟹比例则逐渐减少; (4)经济效益方面, D4组取得了最高的收入及利润, D3组则取得了最高的投资回报率。综合评价, 30只/m²的养殖密度模式下取得了较为可观的产量以及饵料系数, 同时其养成规格也较大, 是六月黄大规格蟹种的最适养殖密度。

关键词: 中华绒螯蟹; 放养密度; 幼蟹; 六月黄

中图分类号: S 966.16 **文献标志码:** A

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)是我国重要的养殖水产品, 2023年统计资料显示, 我国中华绒螯蟹养殖产业商品蟹产量达81万t, 产值大于400亿元, 是我国产值最高的淡水养殖产业^[1-2]。中华绒螯蟹性腺成熟时间通常为10—12月, 过早或过晚捕捞均会影响其食用价值, 因此其上市时间主要集中于10月底至12月初, 集中的上市时间以及过高的竞争压力, 严重阻碍了中华绒螯蟹养殖业的发展^[3-5]。“六月黄中华绒螯蟹”(以下简称六月黄)是指农历六月上市的亚成体中华绒螯蟹, 这些蟹主要可食部分为肝胰腺和肌肉^[6]。近年来由于消费需求的多样化以及养殖模式的更新, 六月黄养殖模式凭借养殖效益高、资金回流快以及风险低等优势快速崛起^[7-8]。由于雄蟹的生长速度与出肉率均高于雌蟹, 因此六月黄上市时消费者更加青睐雄蟹, 选择纯

雄扣蟹进行六月黄养殖往往能取得更高的效益^[9-11]。

甲壳动物的生长必须通过蜕壳才能进行, 研究^[12-13]发现, 中华绒螯蟹每次蜕壳之后其体质量可增长30%~60%, 六月黄中华绒螯蟹在上市前通常只经历2~3次蜕壳, 因此养殖初期投放的苗种对其上市规格具有重要影响。当前六月黄养殖模式缺乏专门的蟹种, 常规的池塘养殖出塘扣蟹规格小, 养殖户需要从出塘的扣蟹中挑选大规格雄蟹进行养殖, 这不仅提高了投入成本, 且在挑苗的过程中会对蟹种造成损害进而影响后续养殖的成活率^[14]。放养密度是影响甲壳类动物生长、存活、产量等生产参数的主要因素, 放养密度通过影响中华绒螯蟹的摄食、提高种间斗争几率, 进而影响中华绒螯蟹的生长发育、营养积累和免疫能力^[15-16]。高放养密度虽然可以得到高产量, 但是

收稿日期: 2024-09-04 修回日期: 2024-12-02

基金项目: 常州市农业科技创新和示范推广项目(KCSF202308); 金坛区农业农村局科技项目(JTNL2019001); 江苏省种业振兴“揭榜挂帅”核心种源攻关项目(JBGS[2021]127)

作者简介: 梁梓龙(2000—), 男, 硕士研究生, 研究方向为河蟹养殖技术和良种培育。E-mail: 2847044155@qq.com

通信作者: 姜晓东, E-mail: jxdcrab@163.com

版权所有 ©《上海海洋大学学报》编辑部(CC BY-NC-ND 4.0)

Copyright © Editorial Office of Journal of Shanghai Ocean University (CC BY-NC-ND 4.0)

<http://www.shhydx.com>

其养殖成活率低、育成规格偏小;低密度养殖虽然可以得到大规格扣蟹,但是其扣蟹早熟率高、产量低、经济效益低^[17-18]。关于放养密度对中华绒螯蟹扣蟹阶段养殖性能的影响已有相关研究,但是关于六月黄专用蟹种的研究尚处于起步阶段^[19]。鉴于以上原因,本研究拟通过投放不同密度的纯公幼蟹,通过对比各组的生长状况、养殖性能以及规格分布情况等,探明六月黄专属蟹种养殖的适宜放养密度,为六月黄中华绒螯蟹养殖提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验在上海海洋大学金坛基地进行,实验时间为2023年7月至2024年1月,共设有16个等大的池塘(长×宽×高=20 m×10 m×1.2 m),池塘为南北走向的长方形,坡比为1:1.5,每个池塘都铺设底增氧管道,四周的上沿内外均设置25 cm高的防逃塑料板。4月初使用漂白粉对每个池塘进行消毒处理,用量为每个池塘20 kg,泼洒漂白粉7 d后使用大苏打消毒并肥水,放苗前在池塘中种植伊乐藻及水花生,水草的覆盖率保持在60%。

实验幼蟹来源于该基地内养殖生产池塘,7月初挑选体质健康、规格相近、活力充沛的雄性幼蟹进行实验,实验用蟹初始规格为(1.25±0.02)g。设置4个实验密度组:D1(10只/m²,每个池塘放养雄体2 000只)、D2(20只/m²,每个池塘放养雄体4 000只)、D3(30只/m²,每个池塘放养雄体6 000只)和D4(40只/m²,每个池塘放养雄体8 000只)。7月10日,将挑选好的雄性幼蟹按照以上密度随机放入各池塘,每个密度组重复实验4个池塘。

1.2 养殖管理

实验开始后,每日下午17:00投喂1次人工配合饲料,通过检查食台上的残饵情况调整投喂量。养殖期间,根据水草的生长及气温逐渐加深水位,夏天控制在0.8~1.2 m。夜间采用底部增氧设施对各池塘进行增氧。定期检测水体的pH、溶解氧、氨氮和亚硝酸盐含量,根据需要每月换水1~2次,每次不超过1/3,实验期间水质指标:pH为7.0~9.0,DO>3 mg/L,氨氮<0.4 mg/L,亚硝酸盐氮<0.15 mg/L。

1.3 数据采集

每月10号从每个池塘中使用抄网随机采样

40只蟹,擦干体表水分后用电子天平(精确度=0.01 g)精确称重,记录每只蟹的体质量,据此计算每月的增重率(Weight growth rate, WGR)和特定生长率(Specific growth rate, SGR)。

$$R_{WGR} = (W_t - W_{t-1}) / W_{t-1} \times 100\% \quad (1)$$

$$R_{SGR} = (\ln W_t - \ln W_{t-1}) / D \times 100\% \quad (2)$$

式中: R_{WGR} 为增重率,%; R_{SGR} 为特定生长率,%/d; W_{t-1} 和 W_t 分别为 $t-1$ 月和 t 月中华绒螯蟹的平均体质量,g; D 为采样的间隔天数,d。

实验于2024年1月21日结束,从每个池塘中随机捞出100只正常扣蟹,将其按照规格划分为6个等级:(0,15)g、[15,25)g、[25,35)g、[35,45)g、[45,55)g、≥55 g,统计各规格扣蟹所占比例。分别统计各个池塘正常扣蟹、残蟹(缺1个大螯或2条小腿)及早熟蟹的数量和总重,据此计算扣蟹出塘平均规格、成活率、产量、早熟蟹产量、一龄性早熟率和残蟹率,并根据投喂饲料总和计算饵料系数(FCR)。

$$F_{CR} = W_f / (W_t - W_0) \quad (3)$$

式中: F_{CR} 为饵料系数; W_f 为消耗饵料总质量,g; W_t 为产出扣蟹总质量,g; W_0 为投放蟹种总质量,g。

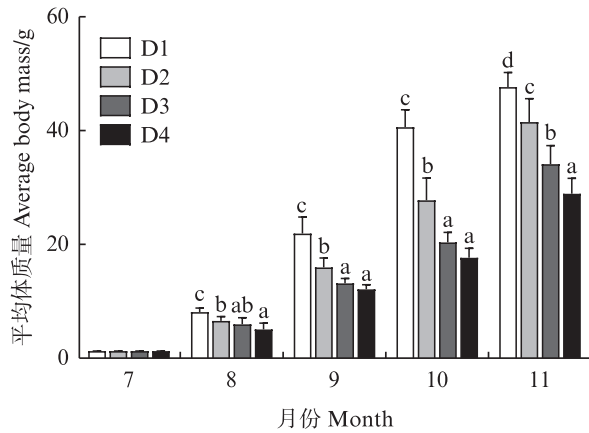
1.4 统计分析

采用SPSS 27.0软件对实验数据进行统计分析,数据均以平均值±标准差(Mean±SD)表示。用Levene法进行方差齐性检验,当不满足齐性方差时进行反正弦或平方根处理。采用ANOVA法对实验结果进行单因素方差分析,采用Duncan's法进行多重比较,取 $P<0.05$ 为差异显著。在GraphPad Prism 8软件上绘制相关图表。

2 结果

2.1 幼蟹至扣蟹阶段的生长性能

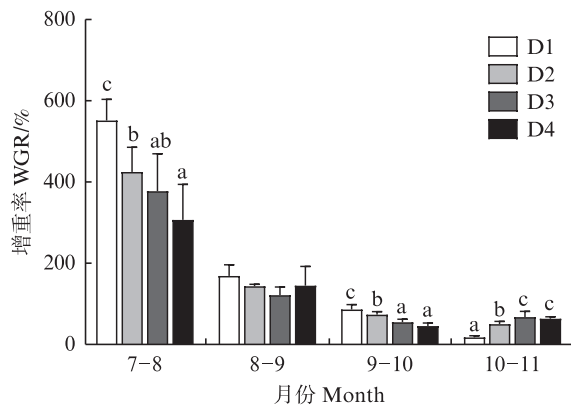
不同密度组纯公幼蟹的生长性能如图1所示。随着放养密度的增大,幼蟹的平均体质量呈下降趋势,D1组最高,D4组最低。在整个养殖实验期间,D1组蟹的平均体质量始终显著高于另外3组($P<0.05$)。图2a为各组幼蟹在养殖期间的增重率变化情况,随着养殖时间的增长,各组增重率总体呈下降趋势。D1组在7—10月间的增重率始终具有优势,其中D1组在7—8月以及9—10月的增重率显著高于其余3组($P<0.05$),但是D1组在10—11月的增重率却显著低于其余3组($P<0.05$),特定生长率的整体变化情况与增重率相似(图2b)。



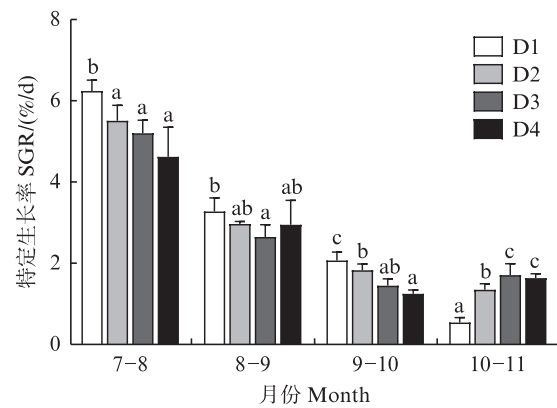
同一时期不同组间字母不同则组间差异显著 ($P < 0.05$)。
The letters were different at the same time indicate significant differences between groups ($P < 0.05$).

图1 不同放养密度对中华绒螯蟹幼蟹平均体质量的影响

Fig. 1 Changes in average body mass of juvenile *E. sinensis* with different stocking densities



(a) 扣蟹养殖阶段的WGR变化情况
Changes in WGR at the stage of juvenile crab



(b) 扣蟹养殖阶段的SGR变化情况
Changes in SGR at the stage of juvenile crab

同一时期不同组间字母不同则组间差异显著 ($P < 0.05$)。
The letters were different at the same time indicate significant differences between groups ($P < 0.05$).

图2 不同放养密度对中华绒螯蟹幼蟹WGR和SGR的影响

Fig. 2 Changes in WGR and SGR of juvenile *E. sinensis* with different stocking densities

表1 不同放养密度对中华绒螯蟹幼蟹养殖效果的影响

Tab. 1 Culture effect of juvenile *E. sinensis* with different stocking densities

项目 Items	养殖密度 Stocking density			
	D1 (10 只/m ²)	D2 (20 只/m ²)	D3 (30 只/m ²)	D4 (40 只/m ²)
平均体质量 Average body mass/g	44.51±1.44 ^d	39.30±2.37 ^c	32.44±1.86 ^b	27.21±1.12 ^a
成活率 Survival rate/%	19.47±1.53 ^a	15.77±1.85 ^a	27.46±3.32 ^b	26.39±2.55 ^b
一龄性早熟率 Precocious rate/%	35.93±2.93 ^c	21.49±3.69 ^b	3.99±1.07 ^a	4.37±1.24 ^a
产量 Field/(g/m ²)	100.69±6.94 ^a	131.83±18.31 ^b	269.75±19.04 ^c	292.13±18.08 ^c
残蟹率 Limb injury rate/%	16.75±3.10 ^b	21.00±4.00 ^b	6.33±1.15 ^a	6.25±2.50 ^a
饵料系数 FCR	3.50±0.29 ^b	3.64±0.60 ^b	2.06±0.14 ^a	2.45±0.07 ^a

注:同一行不同组间字母不同表示组间差异显著 ($P < 0.05$)。

Notes: Different letters between different groups in the same row indicate significant differences between groups ($P < 0.05$).

2.2 扣蟹阶段的养殖性能及规格分布情况

由表1可知,从平均体质量来看,D1组的平均体质量显著高于其他3组,体质量由高到低分别为D1>D2>D3>D4,且各组之间差异均显著 ($P < 0.05$);成活率方面,D3组取得了最高的成活率,D2组成活率最低,且D3与D4组成活率显著高于D1、D2组 ($P < 0.05$);就一龄性早熟率而言,D1组早熟率最高,达到了35.93%,显著高于其余3个密度组 ($P < 0.05$);产量方面,各组产量随着放养密度的提高而增加,D4组取得了最高的扣蟹产量,达到了289 g/m²,略高于D3组且显著高于D1及D2组 ($P < 0.05$);饵料系数及残蟹率各组差异情况相似,D2组的饵料系数及残蟹率最高,且与D3及D4组差异显著 ($P < 0.05$)。

由图3可知,各密度组纯公幼蟹在扣蟹阶段的最终规格呈正态分布趋势。D1及D2组扣蟹最终规格主要集中在35~45 g,所占比例分别为29.75%和25.25%,显著高于D4组($P<0.05$);D3及D4组扣蟹体质量主要集中在25~35 g,所占比例分别为30.50%和34.50%,显著高于D1和D2组($P<0.05$)。随着放养密度的增加,各密度组小于35 g的扣蟹比例逐渐增加,大于35 g的扣蟹比例则逐渐减少,其中D1组与D4组在各个规格区间内的比例均差异显著($P<0.05$)。

2.3 经济效益分析

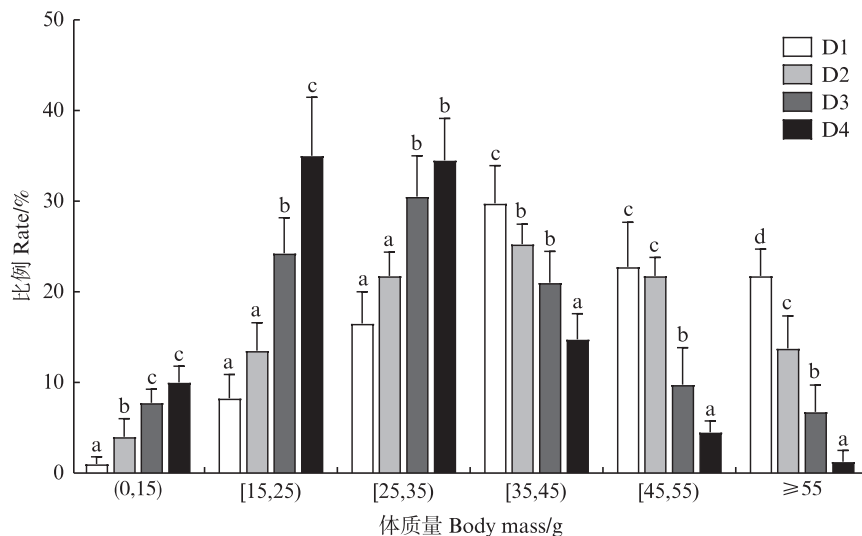
由表2可知,纯公幼蟹养殖成本主要为池塘租金、蟹种、饲料以及人工,这4项占总成本的87.18%~91.29%。蟹种和饲料投入是各密度组成本投入的差别所在,这两项成本随着养殖密度的提高而提高,其中D4组这两项支出总计为D1组的3.55倍,他们分别占各自总成本的44.64%和18.50%。各组收入由扣蟹及早熟蟹两部分组成,D3及D4组扣蟹收入显著高于D1和D2组($P<0.05$),早熟蟹收入则显著低于这两组($P<0.05$)。

D4组取得了最高的收入及净利润,但其成本较高,导致其投资回报率略低于D3组。

3 讨论

3.1 不同纯公幼蟹放养密度对大规格六月黄蟹种生长性能的影响

据以往研究^[20-21]发现,养殖密度是一个重要的环境胁迫因子,过高的密度会加剧生物之间对于食物、空间以及配偶的竞争,进而导致养成规格及成活率受到影响。本研究中4个密度组扣蟹的最终规格随着养殖密度的增加而减小,这与杨志刚等^[22]的研究结果一致,即养殖密度过高会加剧养殖对象之间的争斗行为,促使他们将更多用于生长发育的能量转移到日常活动中,影响其生长速度。D1组在10—11月其增重率出现显著降低,其原因可能是该密度组大批量扣蟹在11月已达到一龄性早熟,研究发现当扣蟹性早熟之后,其体质量基本不再增长,摄入能量主要供应于性腺发育,因此在扣蟹养殖阶段最大程度的降低性早熟比例是确保养殖效益的关键^[23]。



同一时期不同组间字母不同则组间差异显著($P<0.05$)。

The letters were different at the same time indicate significant differences between groups ($P<0.05$).

图3 不同放养密度对中华绒螯蟹幼蟹最终规格分布的影响

Fig. 3 Body mass distribution of juvenile *E. sinensis* with different stocking densities

表 2 不同放养密度对中华绒螯蟹幼蟹的经济效益影响
Tab. 2 Economic benefits of juvenile *E. sinensis* with different stocking densities 10³元/hm²

项目 Items	养殖密度 Stocking density			
	D1(10 只/m ²)	D2(20 只/m ²)	D3(30 只/m ²)	D4(40 只/m ²)
投入 Input				
池塘租金 Land rental	22.50	22.50	22.50	22.50
蟹种 Crab seed	3.75	7.50	11.25	15.00
饲料 Feed	7.05±0.24 ^a	11.60±1.00 ^b	18.65±1.35 ^c	23.20±1.47 ^d
人工 Labor	15.00	15.00	15.00	15.00
肥料和药物 Fertilizer and drug	0.75	0.75	0.75	0.75
池塘维护 Pond maintenance	0.75	0.75	0.75	0.75
电费 Electric charge	4.00	4.00	4.00	4.00
其他杂费 Others	1.50	1.50	1.50	1.50
总成本 Total cost	55.30±0.24 ^a	63.60±1.00 ^b	74.40±1.35 ^c	82.70±1.47 ^d
产出 Output				
扣蟹 Juvenile crab	33.30±3.25 ^a	48.88±8.38 ^b	101.70±8.05 ^c	108.70±10.11 ^c
早熟蟹 Precocious crab	22.59±3.34 ^b	20.45±4.01 ^b	7.75±1.63 ^a	8.94±1.80 ^a
总收入 Total return	55.89±3.74 ^a	69.33±9.44 ^b	109.45±7.54 ^c	118.64±6.91 ^c
净利润 Net profit	0.59±3.50 ^a	5.73±8.46 ^a	35.05±6.61 ^b	35.94±5.45 ^b
投资回报率 Return-on-investment/%	1.05±6.33 ^a	8.87±13.22 ^a	47.05±8.44 ^b	43.38±5.82 ^b

注:同一行不同组间字母不同表示组间差异显著($P<0.05$)。
Notes: Different letters between different groups in the same row indicate significant differences between groups ($P<0.05$).

3.2 不同纯公幼蟹放养密度对大规格六月黄蟹种养殖效果的影响

中华绒螯蟹群体之间具有较强的领地意识以及争食性,因此放养密度将对其成活率等方面产生巨大的影响^[24-26]。根据张嘉晨等^[21]的研究,随着放养密度的增加,养殖对象的成活率会降低,其产量会获得显著提高。本实验中低密度养殖组(D1组及D2组)的成活率远低于预期,这与以往关于放养密度的实验结果相违背^[27-28]。根据残蟹率判断,D1组及D2组幼蟹的打斗行为远高于另外2组,这也是造成其成活率低于预期的主要原因。戴习林等^[29]研究发现低密度养殖会促使罗氏沼虾出现性早熟现象,影响其最终养成规格;李艺^[30]发现当中华绒螯蟹完成生殖蜕壳之后,雄性为了争夺配偶其攻击性会显著提高;DVORETSKY等^[31]发现当池塘养殖过程中规格差异较大时,较小规格的中华绒螯蟹更容易受到攻击,进而影响其成活率。通过分析养殖过程中存在的现象以及查阅有关资料总结为以下3个原因:(1)养殖过程中部分敌害生物会越过防逃网(如白鹭、青蛙、鸭子等),这些生物会将幼蟹作为食物^[7],由于D1及D2组放苗量较少,因此在各组死亡相同数量的幼蟹时,这两组的成活率会受到

较大影响;(2)由于密度越低饵料投喂量越少,各个密度组的池塘面积相同,因此D1及D2组幼蟹在食物的摄取上更为困难,饥饿的情况下幼蟹之间更易因为食物而发生争斗,进而影响其成活率;(3)D1组及D2组过高的早熟率意味着更多的早熟蟹存在,早熟蟹攻击性强且规格大,极易对池塘中未成熟的个体造成损伤甚至死亡,继而影响实验最终成活率。中华绒螯蟹的生长必须伴随着蜕壳,在成蟹养殖过程中,雄蟹每次蜕壳后其体质量增长率可达80%^[32]。根据市场调研,六月黄中华绒螯蟹上市时规格在100 g以上的蟹在价格上具有巨大的优势,因此六月黄专用蟹种的养成规格至关重要。本实验中D1组及D2组在最终养成规格以及大规格扣蟹(大于35 g)比例方面显著具有优势,但是限制于其较低的养殖密度以及成活率,其产量远低于D3组和D4组,导致其并未取得实质性的养殖效益。

3.3 不同纯公幼蟹放养密度对大规格六月黄蟹种养殖经济效益的影响

扣蟹池塘养殖的收入一般由早熟蟹以及扣蟹这两部分组成,其中早熟蟹作为商品蟹而言规格较小且单价低,因此扣蟹的产量及规格是影响养殖效益的主要因素^[19]。本研究中虽然D1及

D2组的成本较低,但低密度养殖导致其一龄性早熟率较高进而影响其扣蟹产量^[23]。这两组的扣蟹虽然规格较大在价格上具有优势,但是较低的产量导致其收入以及净利润均较低。D3及D4组属于高投入高产出的养殖模式,其净利润接近,但D3的成本较低,综合下来D3组取得了最高的投资回报率。LI等^[19]发现在稻蟹养殖系统中,密度为15只/m²时取得了最高的净利润,这与本研究结果不同,主要原因是北方的稻蟹养殖模式属于低投入低产出的产业,北方人均拥有土地较多且租金低(约为南方的1/9),虽然单位利润较低但是总面积大,最终也能取得较为可观的收益。因此在实际养殖过程中需考量当地的养殖条件,根据实际情况选择适宜的养殖密度进行养殖。

4 结论

综上所述,关于六月黄专用蟹种养殖密度的研究,低密度养殖虽然可以提高其整体规格以及大规格扣蟹比例,但是其成活率以及产量受到了巨大影响,提高放养密度则会降低其养成规格。综合来看,30只/m²的养殖密度模式下取得了较为可观的产量以及经济效益,同时其养成规格也较大,是六月黄大规格蟹种的最适养殖密度。

作者声明本文无利益冲突。

参考文献:

- [1] GU S Q, WANG X C, TAO N P, et al. Characterization of volatile compounds in different edible parts of steamed Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. Food Research International, 2013, 54(1): 81-92.
- [2] 农业农村部渔业渔政管理局, 全国水产技术推广总站, 中国水产学会. 2023中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2023: 24-59.
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China, National Fisheries Technology Extension Center, China Society of Fisheries. 2023 China fishery statistical yearbook [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2023: 24-59.
- [3] WU X G, ZHU S C, ZHANG H C, et al. Fattening culture improves the gonadal development and nutritional quality of male Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* [J]. Aquaculture, 2020, 518: 734865.
- [4] 滕炜鸣, 吴旭干, 成永旭, 等. 莱茵种群和长江种群子一代中华绒螯蟹性腺发育及相关生物学指数变化的比较[J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(1): 65-71.
- TENG W M, WU X G, CHENG Y X, et al. A comparative study on some biological index changes concerned with gonad development between two population of the Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*): rhine and Yangtze [J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2008, 17(1): 65-71.
- [5] GUI J F, TANG Q S, LI Z J, et al. Aquaculture in China: success stories and modern trends [M]. Oxford: Wiley-Blackwell, 2018: 197-217.
- [6] 王帅, 吴旭干, 陶宁萍, 等. 中华绒螯蟹六月黄营养及风味品质研究[J]. 中国食品学报, 2017, 17(4): 219-227.
- WANG S, WU X G, TAO N P, et al. Nutritional and flavor quality analysis of Liu Yuehuang (*Eriocheir sinensis*) [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2017, 17(4): 219-227.
- [7] 王武, 王成辉, 马旭洲. 河蟹生态养殖[M]. 2版. 北京: 中国农业出版社, 2013: 59-84.
- WANG W, WANG C H, MA X Z. Ecological breeding of Chinese mitten crab [M]. 2nd ed. Beijing: China Agriculture Press, 2013: 59-84.
- [8] HE J, WU X G, LI J Y, et al. Comparison of the culture performance and profitability of wild-caught and captive pond-reared Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) juveniles reared in grow-out ponds: implications for seed selection and genetic selection programs [J]. Aquaculture, 2014, 434: 48-56.
- [9] 庄振俊, 张冬冬, 姜晓东, 等. 中华绒螯蟹“长荡湖1号”奇数年子一代的成蟹养殖性能评估[J]. 海洋渔业, 2022, 44(6): 747-758.
- ZHUANG Z J, ZHANG D D, JIANG X D, et al. Evaluation on culture performance of the first generation of odd year “Changdang Lake 1” *Eriocheir sinensis* during the adult culture stage [J]. Marine Fisheries, 2022, 44(6): 747-758.
- [10] 丁昊翔, 唐美君, 姜晓东, 等. 中国主要产地“六月黄”中华绒螯蟹的营养品质比较[J]. 中国水产科学, 2022, 29(7): 1052-1063.
- DING H X, TANG M J, JIANG X D, et al. Comparative study of the nutritional quality of outseason crab at lunar June (*Eriocheir sinensis*) from major Chinese production areas [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2022, 29(7): 1052-1063.
- [11] 王友成, 倪康达, 江芝娟, 等. 中华绒螯蟹“六月黄”与成蟹肝胰腺营养成分比较[J]. 水产科技情报, 2021, 48(4): 181-186.
- WANG Y C, NI K D, JIANG Z J, et al. Comparison on major nutritional quality in hepatopancreas tissues between the June-caught and adult Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis* [J]. Fisheries Science & Technology Information, 2021, 48(4): 181-186.

- [12] 黄健, 马旭洲, 张文博, 等. 长江水系的中华绒螯蟹幼蟹在川东地区的生长性能研究[J]. 湿地科学, 2023, 21(5): 753-760.
HUANG J, MA X Z, ZHANG W B, et al. Growth performance of juvenile Chinese mitten crabs from the Yangtze River system in eastern Sichuan [J]. Wetland Science, 2023, 21(5): 753-760.
- [13] 陈娇, 岳武成, 陈晓雯, 等. 中华绒螯蟹蜕壳生长及其与相关基因表达的关联分析[J]. 动物学杂志, 2016, 51(6): 1059-1070.
CHEN J, YUE W C, CHEN X W, et al. Observation on individual molting, growth and association analysis with relative gene expression in Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. Chinese Journal of Zoology, 2016, 51(6): 1059-1070.
- [14] 梁梓龙, 解志龙, 姜晓东, 等. 中华绒螯蟹“长荡湖1号”选育第二代扣蟹阶段养殖性能研究[J]. 水产科技情报, 2024, 51(1): 8-14.
LIANG Z L, XIE Z L, JIANG X D, et al. A evaluation on culture performance of second selective generation of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) “Changdang Lake 1” during juvenile culture stage [J]. Fisheries Science & Technology Information, 2024, 51(1): 8-14.
- [15] NARANJO-PÁRAMO J, HERNANDEZ-LLAMAS A, VILLARREAL H. Effect of stocking density on growth, survival and yield of juvenile red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae) in gravel-lined commercial nursery ponds[J]. Aquaculture, 2004, 242(1/4): 197-206.
- [16] WANG Q D, LIU J S, ZHANG S Y, et al. Sustainable farming practices of the Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) around Hongze Lake, lower Yangtze River Basin, China[J]. Ambio, 2016, 45(3): 361-373.
- [17] YUAN Q, QIAN J, REN Y, et al. Effects of stocking density and water temperature on survival and growth of the juvenile Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*, reared under laboratory conditions [J]. Aquaculture, 2018, 495: 631-636.
- [18] 何正侃, 印骏, 朱雅珠. 密度、营养与河蟹蟹种生长及性早熟之间的相关关系[J]. 水产科技情报, 1999, 26(2): 73-75, 81.
HE Z K, YIN J, ZHU Y Z. Co-relation between density nutrition and growth prematuration of Young Mitten Crab [J]. Fisheries Science & Technology Information, 1999, 26(2): 73-75, 81.
- [19] LI X D, DONG S L, LEI Y Z, et al. The effect of stocking density of Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* on rice and crab seed yields in rice - crab culture systems [J]. Aquaculture, 2007, 273(4): 487-493.
- [20] 邓梦颖, 吴志强, 肖英平, 等. 养殖密度对克氏原螯虾幼虾生长、摄食和饵料利用影响[J]. 淡水渔业, 2010, 40(3): 13-17.
DENG M Y, WU Z Q, XIAO Y P, et al. Effects of rearing density on growth, food-intake and feed utilization of juvenile *Procambarus clarkii* [J]. Freshwater Fisheries, 2010, 40(3): 13-17.
- [21] 张嘉晨, 刘建勇, 袁瑞鹏, 等. 养殖密度对凡纳滨对虾杂交和自交子一代生长与成活的影响[J]. 南方水产科学, 2015, 11(4): 53-58.
ZHANG J C, LIU J Y, YUAN R P, et al. Effect of stocking density on growth and survival of inbred and hybrid offspring of *Litopenaeus vannamei* [J]. South China Fisheries Science, 2015, 11(4): 53-58.
- [22] 杨志刚, 刘启彬, 姚琴琴, 等. 养殖密度和饵料组成对河蟹仔蟹生长和存活的影响[J]. 生物学杂志, 2015, 32(6): 34-39.
YANG Z G, LIU Q B, YAO Q Q, et al. Effects of different stocking densities and diets on growth and survival of *Eriocheir sinensis* in larval stages [J]. Journal of Biology, 2015, 32(6): 34-39.
- [23] 付龙龙, 周刚, 李跃华, 等. 中华绒螯蟹种性早熟研究进展[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(12): 19-23.
FU L L, ZHOU G, LI Y H, et al. Research progress on precocious puberty of Chinese mitten crab species [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2017, 45(12): 19-23.
- [24] 彭涛, 张冬冬, 张光宝, 等. 放养密度对中华绒螯蟹“六月黄”养殖性能和经济效益的影响[J]. 上海海洋大学学报, 2024, 33(6): 1324-1334.
PENG T, ZHANG D D, ZHANG G B, et al. Effects of stocking density on culture performance and economic profits of ut-season E. sinensis marketing in lunar June [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2024, 33(6): 1324-1334.
- [25] STEVENS B G, SWINEY K M. Post-settlement effects of habitat type and predator size on cannibalism of glaucothoe and juveniles of red king crab *Paralithodes camtschaticus* [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2005, 321(1): 1-11.
- [26] 张聪, 黄根勇, 徐敏杰, 等. 蟹类附肢的自切与再生研究进展[J]. 生态学杂志, 2018, 37(5): 1584-1588.
ZHANG C, HUANG G Y, XU M J, et al. Research progress on limb autotomy and regeneration of crabs [J]. Chinese Journal of Ecology, 2018, 37(5): 1584-1588.
- [27] 赵玉超, 秦浩, 李玉全, 等. 密度和饲料种类对凡纳滨对虾 *Litopenaeus vannamei* 争胜行为和生长的影响[J]. 水产学杂志, 2016, 29(3): 44-48.
ZHAO Y C, QIN H, LI Y Q, et al. Effects of stocking density and food types on growth and agonistic Behavior in Pacific White Leg Shrimp *Litopenaeus vannamei* [J]. Chinese Journal of Fisheries, 2016, 29(3): 44-48.
- [28] 秦浩, 王仁杰, 来守敏, 等. 养殖密度、饵料种类和丰度对日本囊对虾 (*Marsupenaeus japonicus*) 争胜行为的影

- 响[J]. 渔业科学进展, 2015, 36(4): 105-108.
- QIN H, WANG R J, LAI S M, et al. Effects of stocking density and food on agonistic behavior of *Marsupenaeus japonicus* [J]. Progress in Fishery Sciences, 2015, 36(4): 105-108.
- [29] 戴习林, 周梦颖, 鞠波, 等. 养殖密度对罗氏沼虾生长、性别分化与性腺发育的影响[J]. 水产学报, 2016, 40(12): 1874-1882.
- DAI X L, ZHOU M Y, JU B, et al. Effects of stocking density on growth, sexual differentiation and gonad development of *Macrobrachium rosenbergii* [J]. Journal of Fisheries of China, 2016, 40(12): 1874-1882.
- [30] 李艺. 中华绒螯蟹攻击行为与交配行为的研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2019.
- LI Y. Research on aggressive behavior and mating behavior of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2019.
- [31] DVORETSKY A G, DVORETSKY V G. Limb autotomy patterns in *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815), an invasive crab, in the coastal Barents Sea [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2009, 377(1): 20-27.
- [32] 董江水, 陈红军, 王新华. 河蟹池塘生态养殖生长特性及投饵技术研究[J]. 江苏农业科学, 2010, 38(6): 378-380.
- DONG J S, CHEN H J, WANG X H. Study on ecological culture growth characteristics and feeding technology of Chinese mitten crab in pond culture [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2010, 38(6): 378-380.

Effect of stocking density of juvenile crab on culture performance of exclusive crabseed for out-season crab at lunar June (*Eriocheir sinensis*)

LIANG Zilong¹, WU Xugan¹, CHEN Wenbin², LUO Ming², JIANG Xiaodong³

(1. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Changzhou Jintan District Fisheries Technical Extension Station, Changzhou 213200, Jiangsu, China; 3. Institute of Mariculture Breeding and Seed Industry, Zhejiang Wanli University, Ningbo 315100, Zhejiang, China)

Abstract: To explore the optimal breeding density of exclusive crabseed for out-season crab at lunar June (*Eriocheir sinensis*), this study took juvenile crab as the test object, and set 4 density groups: D1 10 ind./m², D2 20 ind./m², D3 30 ind./m² and D4 40 ind./m². The growth performance and culture benefit of each density group were compared and analyzed by pond culture experiment. Results indicated: (1) With the increase of culture density, the average body mass of crabs in group D1 was significantly higher than that in the other three groups during culture. In terms of weight gain rate and specific growth rate, group D1 always had an advantage over the other groups from July to October, but was significantly lower than the other groups from October to November. (2) D3 group achieved the best breeding effect, which was reflected in relatively impressive size and yield, and achieved the highest survival rate, the lowest early maturing rate and feed coefficient. (3) In terms of size distribution, the final size of buckled crabs in groups D1 and D2 was mainly concentrated in the range of 35–45 g, and the weight of buckled crabs in groups D3 and D4 was mainly concentrated in the range of 25–35 g. With the increase of stocking density, the proportion of juvenile crabs in each density group less than 35 g gradually increased, while the proportion of juvenile crabs greater than 35 g gradually decreased. (4) In terms of economic benefits, D4 group achieved the highest income and profit, while D3 group achieved the highest return-on-investment. According to the comprehensive evaluation, the breeding density model of 30 ind./m² can obtain relatively considerable yield and feed coefficient, and its harvest size is also larger, which is the optimal breeding density of June yellow large size crab species.

Key words: Chinese mitten crab; stocking density; juvenile crab; out-season crab at lunar June