

长江野生和池塘养殖河蟹(*Eriocheir sinensis*) 蟹种早期养殖性能、抗病力和 非特异性免疫性能的比较*

姜晓东¹ 吴旭干^{1,2①} 刘 青^{1,3} 何 杰¹
张庆华¹ 王幼鹏² 成永旭^{1,2}

(1. 上海海洋大学 水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室 上海 201306;

2. 江苏省宿迁旭邦水产科技有限公司 泗洪 223900;

3. 上海海洋大学 上海市教委水产动物遗传育种协同创新中心 上海 201306)

摘要 本研究采用养殖性能评价、攻毒实验和非特异性免疫指标分析方法,比较了 2 个种群河蟹(*Eriocheir sinensis*)扣蟹在成蟹阶段的早期养殖性能[第 1 次蜕壳间隔时间、成活率(SR)和增重率(WGR)、特定生长率(SGR)]、攻毒后的死亡率和免疫性能。结果显示,(1)池塘养殖扣蟹第 1 次蜕壳间隔时间和 SGR 显著短于野生扣蟹($P<0.05$),而 2 种来源扣蟹的 SR 和 WGR 均无显著差异($P>0.05$);(2)野生扣蟹攻毒后的累计死亡率一直低于池塘养殖扣蟹,攻毒 96 h 后,野生扣蟹累计死亡率(28.3%)明显低于养殖扣蟹(50.0%);(3)比较肝胰腺组织非特异性免疫指标发现,无论雌蟹还是雄蟹,野生扣蟹碱性磷酸酶(ALP)活性显著低于养殖扣蟹,野生雄蟹的总抗氧化能力(T-AOC)活性和 NO 含量显著高于养殖雄蟹,而野生雌蟹的丙二醛(MDA)含量显著低于养殖雌蟹;(4)比较血清中非特异性免疫指标发现,野生扣蟹 NO 含量显著高于养殖扣蟹,而养殖扣蟹酸性磷酸酶(ACP)活性显著高于野生扣蟹。此外,野生雌蟹血清中的血蓝蛋白(Hc)含量、T-AOC 及谷胱甘肽还原酶(GR)等活性显著高于养殖雌蟹,而 ALP、 γ -谷氨酰转移酶(γ -GT)及谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)等活性显著低于养殖雌蟹。综上所述,2 种来源蟹种各有优势,池塘养殖扣蟹具有较好的早期养殖性能,野生蟹种具有较强的免疫性能,有关其质量差异形成原因有待进一步深入研究。

关键词 中华绒螯蟹;扣蟹;野生群体;养殖性能;免疫性能

中图分类号 S917.4 文献标识码 A 文章编号 2095-9869(2016)06-0131-07

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*),简称河蟹,是我国最重要的养殖蟹类之一。2014 年,我国成蟹养殖产量高达 79.65 万 t(农业部渔业渔政管理局,2015)。尽管河蟹池塘养殖遍及我国绝大多数省份,但长江流域蟹养殖产量占全国总产量的 90%以上(王武等,

2013)。由于在人工育苗过程中采用小规格亲本近亲繁殖和不同水系间的盲目引种,长江水系主要池塘养殖群体种质退化严重,表现为早熟率越来越高,商品蟹的规格越来越小(He *et al.*, 2014; 何杰等, 2015b、c)。目前,我国已经开始对河蟹进行遗传选育,选育了多

* 国家 863 高技术研究发展计划项目(2012AA10A409-5)、科技部科技型中小企业技术创新项目(14C26213201214)、上海市科委科研计划项目(13231203504)和上海高校水产学一流学科建设(2012-62-0908)共同资助。姜晓东, E-mail: 310410555@qq.com

① 通讯作者: 吴旭干, 副教授, E-mail: xgwu@shou.edu.cn

收稿日期: 2015-11-08, 收修改稿日期: 2015-11-27

个良种(邓燕飞等, 2013; 全国水产技术推广总站, 2014)。He 等(2014)研究表明, 与长江水系养殖群体相比, 在池塘养殖条件下, 长江野生扣蟹蟹种具有成蟹规格大、性腺成熟晚等更为优良的养殖性能。但野生扣蟹数量较少、捕捞难度较大, 价格较高。

养殖性能和抗病力是评价水产动物苗种质量的重要指标(Racotta *et al*, 2003), 成活率、增重率和蜕壳间隔时间则是评价蟹类养殖性能的重要指标(Wu *et al*, 2010; 何杰等, 2015a)。He 等(2014)研究表明, 野生扣蟹在成蟹养殖阶段具有一定的生长优势, 但尚不清楚野生和养殖群体在扣蟹阶段的养殖性能和免疫性能, 这非常不利于野生扣蟹的种质资源评价和优势种质发掘利用。本研究较为系统地比较了长江野生和池塘养殖河蟹扣蟹的早期养殖性能、攻毒成活率和非特异性免疫指标, 旨在较全面评价长江野生扣蟹的蟹种质量, 为长江水系河蟹优良性状的发掘利用、良种培育及野生扣蟹资源的合理利用提供基础资料。

1 材料与方 法

1.1 蟹种来源和养殖管理

本研究所用河蟹野生扣蟹于 2015 年 1 月下旬捕自江苏镇江江段(32°11'N, 119°27'E), 渔民通过小型拖网捕捞而得; 养殖群体扣蟹同期采自上海海洋大学崇明河蟹养殖基地的养殖池塘, 养殖过程中全程投喂 0-3#扣蟹配合饲料(蛋白含量分别为 41%、38%、35% 和 32%), 养殖群体大眼幼体于 2014 年 5 月中旬购自光合蟹业公司如东土池育苗基地, 为露天土池培育。2 个种群扣蟹在室内暂养 7 d 后, 分别随机选取规格相近、肢体健全的个体进行实验。实验用野生群体扣蟹雌雄平均体重分别为(7.23±1.62) g 和(8.70±0.58) g, 养殖群体扣蟹雌雄平均体重分别为(6.89±1.15) g 和(7.81±1.07) g, 两种来源扣蟹的初始体重无显著差异。

1.2 攻毒实验

2015 年 1 月底, 分别取附肢健全、活力较好的野生和池塘养殖扣蟹各 240 只用于攻毒实验, 体重均为 6-10 g。每种来源的扣蟹攻毒实验各设 3 个平行组, 每个重复有 40 只扣蟹(雌雄各半), 养殖于体积为 150 L (75 cm×45 cm×55 cm)的循环水族箱中。攻毒菌株为毒力较强的嗜水气单胞菌(*Aeromonas hydrophilia*)Y-2-L-1 株, 由上海海洋大学水产动物医学系张庆华副教授提供。攻毒前, 所有实验用蟹在循环系统中暂养 7 d, 暂养期间如有死亡则补充对应性别和体重的个体。养殖

环境条件为: 日光灯光照, 光照强度约为 800 lx, 光照: 黑暗=12 h: 12 h, 循环水养殖, 水温为(28±1)℃, pH 值为 7.5-8.5、DO>5 mg/L、NH₃-N<0.5 mg/L、亚硝酸盐<0.05 mg/L, 投喂扣蟹 3#配合饲料。根据预实验结果确定嗜水气单胞菌注射量为 2.5×10⁶ CFU/g 蟹体重, 合适的注射剂量为 2.0 μl/g。采用微量注射器从扣蟹第三步足基部进行注射; 采用相等数量的扣蟹注射等剂量生理盐水作为阴性对照, 同时设未注射组为空白对照组。注射后每日正常投喂, 观察和记录各组扣蟹死亡情况, 及时取出死亡个体。在无菌条件下, 分离并辨别死亡个体肝胰腺和头胸部肌肉中感染的病原菌是否为本实验注射的嗜水气单胞菌。持续观察 7 d, 直到连续 3 d 内基本无死亡个体便停止实验(陈彦良等, 2014; Wang *et al*, 2014)。攻毒实验结束后, 分别统计每个水族箱各个时间段的累计死亡率。

1.3 非特异性免疫指标测定

每组分别取雌雄扣蟹各 10 只, 采集血淋巴和肝胰腺, 用于非特异性免疫指标测定。扣蟹的选择要求同 1.2。采用 1 ml 无菌注射器, 从第三步足基部抽取 0.4 ml 血淋巴样品于 1.5 ml 离心管中。解剖扣蟹, 取出整个肝胰腺, 装在冻存管中。肝胰腺和血淋巴样品于-80℃超低温冰箱中保存备用。称取 0.2 g 肝胰腺, 加入 1 ml (W/V=1: 5)预冷的生理盐水, 用微型匀浆器(T10B, 德国 IKA)匀浆 30 s, 在 4℃, 12000 r/min 条件下离心 20 min。取中间清液, 再次离心, 取中间清液用于后续分析。血淋巴解冻后用微型匀浆器匀浆 30 s 后, 在 4℃、12000 r/min 条件下离心 20 min, 取出上清液(血清)待测。采用南京建成生物工程研究所生产的试剂盒测定超氧化物歧化酶(SOD)、总抗氧化能力(T-AOC)、过氧化物酶(POD)、丙二醛(MDA)、酸性磷酸酶(ACP)活性; 使用迈瑞全自动生化分析仪及其配套试剂盒测定碱性磷酸酶(ALP)活性; 采用苏州科铭生物科技有限公司生产的试剂盒测定 γ-谷氨酰转氨酶(γ-GT)活性; 血蓝蛋白(Hc)测定参考 Nickerson 等(1971)的方法, 用 Tris-Ca 缓冲液(50 mmol/L Tris-HCl + 10 mmol/L CaCl₂, pH=8.0)将血清稀释 70 倍后, 在 335 nm 波长下比色测定 OD 值, Hc 含量(mg/ml)=3.717×OD_{335nm}×稀释倍数。

1.4 早期养殖性能比较

2015 年 3 月底, 分别取越冬后的扣蟹各 60 只(雌雄各半)进行养殖性能比较实验。每种来源的扣蟹雌雄各设 3 个重复, 每个重复 10 只。为防止河蟹蜕壳

过程中相互蚕食, 本实验采用单个体养殖方法评价其早期养殖性能(赵亚婷等, 2013)。所有实验用蟹分别单独养殖于小型循环水族箱中(水体体积 18.4 L, 48 cm×32 cm×27 cm, 水深 12 cm), 每箱放置 1 段 PVC 管作为隐蔽物。实验期间光暗周期为 12 h : 12 h, 光照强度约为 800 lx, 日光灯光源; 养殖用水为过滤、沉淀和消毒曝气后的河道淡水。每天 16:00 投喂, 按照蟹体重的 1%–5% 投喂成蟹 1# 配合饲料(浙江欣欣饲料有限公司生产, 蛋白含量为 40%, 脂肪为 10%), 具体根据水温和摄食情况确定。正式实验后, 每日 08:00 开始, 观察和记录每个水族箱中的蜕壳和死亡情况, 同时采用虹吸法去除残饵和粪便; 扣蟹蜕壳后 5–6 d, 用游标卡尺测定甲壳长和甲壳宽, 用电子天平测量体重(精确到 0.01 g); 采用温度自动记录仪记录每日平均水温, 实验期间水温为 13–19℃; 每日测定水体溶氧和 pH 值, 每 3 d 测定、记录 1 次亚硝酸和氨氮, 根据水质情况每 3–5 d 换水 20%–30%。实验期间水质指标要求: pH 为 7.5–9.0、溶氧>5 mg/L、氨氮< 0.3 mg/L、亚硝酸盐<0.10 mg/L。正式实验共持续 70 d 左右, 待所有实验用蟹完成第 1 次蜕壳或者死亡后便结束养殖实验, 统计各实验组的成活率、增重率、特定生长率和第 1 次蜕壳间隔时间, 计算公式为:

成活率(Survival rate, SR, %)=100×终末实验蟹数量/初始实验蟹数量;

增重率(Weight gain rate, WGR, %)=100×(终末体重–初始体重)/初始体重;

特定生长率(Specific growth rate, SGR, %/d)=100×(ln 终末体重–ln 初始体重)/实验天数。

1.5 数据处理

所有数据采用平均值±标准误(Mean±SE)表示。采用 SPSS 17.0 软件对实验数据进行统计分析。用

Levene 法进行方差齐性检验。当数据不满足齐性方差时, 对百分比数据进行反正弦或平方根处理。采用双尾 *t*-test (Independent samples *t*-test) 分析野生和池塘养殖扣蟹各个指标的差异。当数据转换后仍不满足齐性方差时, 采用 Mann-Whitney U-test 进行非参数检验。 $P<0.05$ 为差异显著, 利用 Excel 和 Sigma plot 软件绘制图表。

2 结果与分析

2.1 早期养殖性能比较

长江野生和池塘养殖扣蟹的早期养殖性能参数见表 1。由表 1 可以看出, 野生扣蟹 SR 整体高于养殖扣蟹, 但各组 SR 差异不显著($P>0.05$); 无论雌蟹还是雄蟹, 养殖扣蟹的蜕壳间隔时间均显著短于野生扣蟹($P<0.05$); 野生和养殖扣蟹的第 1 次蜕壳 WGR 差异较小。其中, 雄性野生扣蟹 WGR 略高于养殖扣蟹, 而雌性野生扣蟹 WGR 高于养殖扣蟹, 但差异不显著; 不同种群对扣蟹体重 SGR 的影响较明显, 养殖扣蟹雄体和雌体体重 SGR 分别比野生扣蟹高 70.13% 和 69.23%, 并显著高于野生扣蟹。

2.2 攻毒后的累计死亡率比较

开始攻毒实验后, 各实验组的阴性对照组和空白对照组均无死亡个体。无论雌雄, 扣蟹攻毒后的死亡主要发生在 12–48 h, 96 h 后基本无死亡发生。2 组扣蟹攻毒后 12–96 h 的累计死亡率变化情况见图 1。由图 1 可以看出, 野生扣蟹在攻毒后的累计死亡率一直低于养殖扣蟹。攻毒 24 h 后, 野生扣蟹的死亡率低于 20%, 而养殖扣蟹的死亡率高达 33–43%; 攻毒 96 h 后, 野生扣蟹累计死亡率为 28.3%, 明显低于养殖扣蟹(50%), 此后 2 组扣蟹均无发现死亡个体。

表 1 长江野生和池塘养殖扣蟹的早期养殖性能比较

Tab.1 Comparison of early culture performance between wild-caught and pond-reared juvenile *E. sinensis*

项目 Items	野生扣蟹 Wild-caught <i>E. sinensis</i>			养殖扣蟹 Pond-reared <i>E. sinensis</i>		
	雄体 Male	雌体 Female	平均 Mean	雄体 Male	雌体 Female	平均 Mean
成活率 Survival rate (%)	80.00±0.00	85.00±7.07	82.50±5.00	80.00±14.14	80.00±0.00	80.00±8.16
第 1 次蜕壳间隔时间 First molt interval (d)	61.43±15.90*	54.13±16.95*	57.53±16.32*	35.14±10.93	32.60±6.45	33.83±8.82
增重率 Weight gain rate (%)	52.64±15.10	54.97±19.06	53.90±16.68	52.68±10.11	51.98±11.80	52.01±10.81
特定生长率 Specific growth rate (%/d)	0.77±0.22*	0.78±0.21*	0.77±0.23*	1.31±0.30	1.32±0.17	1.32±0.24

*表示两群体间差异显著($P<0.05$)。下同

*indicated significant difference between two populations ($P<0.05$). The same as below

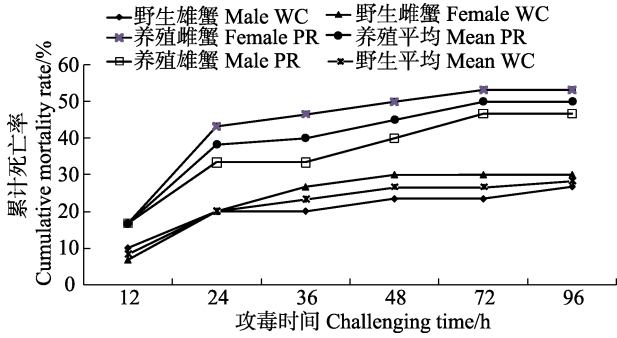


图 1 长江野生和池塘养殖扣蟹攻毒后的累计死亡率比较
Fig.1 Comparison of mortality rate during the pathogen challenge test between wild-caught and pond-reared juvenile *E. sinensis*

2.3 非特异性免疫指标比较

2.3.1 肝胰腺中的非特异性免疫指标 长江野生和池塘养殖扣蟹肝胰腺中的非特异性免疫指标和抗氧化能力差异如表 2 所示。就雄体而言，养殖扣蟹的 ALP 活性显著高于野生扣蟹，而野生扣蟹的 γ -GT、T-AOC、POD、NO 等指标均高于养殖扣蟹($P<0.05$)；

野生扣蟹的 ACP 活性高于养殖扣蟹，而养殖扣蟹的 SOD、MDA、GSH-Px 等活性低于野生扣蟹，但差异不显著($P>0.05$)。

就雌蟹而言，野生扣蟹的 γ -GT、T-AOC、POD、ACP、NO 等指标均高于养殖扣蟹，而养殖扣蟹的 SOD、GSH-Px 活性均高于野生扣蟹，但差异不显著($P>0.05$)。2 个群体扣蟹之间的 ALP 和 MDA 含量差异明显，表现为野生扣蟹的 ALP 活性显著高于养殖扣蟹，养殖扣蟹的 MDA 含量显著高于野生扣蟹($P<0.05$)。

2.3.2 血清中的非特异性免疫指标 长江野生和池塘养殖扣蟹血清中的非特异性免疫指标和抗氧化能力差异如表 3 所示。就雄蟹而言，野生扣蟹的 T-AOC、Hc、PO 等指标高于养殖扣蟹，而养殖扣蟹的 ALP、 γ -GT、SOD、MDA、GSH-Px、GR 等指标均高于野生扣蟹，但差异不显著($P>0.05$)。野生扣蟹的 NO 含量高于养殖扣蟹，而养殖扣蟹的 ACP 活性高于野生扣蟹，且差异显著($P<0.05$)。

表 2 长江野生和池塘养殖扣蟹肝胰腺中的非特异性免疫指标和抗氧化能力比较

Tab.2 Comparison of immune indices and antioxidant ability in the hepatopancreas of wild-caught and pond-reared juvenile *E. sinensis*

指标 Indices	雄体扣蟹 Male <i>E. sinensis</i>		雌体扣蟹 Female <i>E. sinensis</i>	
	野生 Wild-caught	养殖 Pond-reared	野生 Wild-caught	养殖 Pond-reared
ALP (U/g prot)	61.26±7.12	98.11±15.10*	44.01±8.24	90.86±15.55*
γ -GT (U/g prot)	30.78±7.75	8.86±0.23	35.09±9.60	19.65±8.86
T-AOC (U/mg prot)	1.53±0.27*	0.69±0.22	0.69±0.21	0.42±0.14
SOD (U/mg prot)	7.24±2.31	7.79±1.99	5.32±0.78	7.20±1.75
POD (U/mg prot)	25.40±4.21	10.21±1.91	17.70±1.04	14.67±3.52
ACP (U/mg prot)	8.10±1.07	6.94±2.52	7.75±1.76	7.43±0.64
MDA (nmol/g)	2.54±0.52	3.17±0.82	2.89±0.67	5.30±0.49*
NO (μ mol/g prot)	32.18±12.98*	11.56±3.20	20.30±3.99	15.73±3.97
GSH-Px (U/mg prot)	52.38±11.91	54.84±9.72	44.53±8.23	53.82±13.53

表 3 长江野生和池塘养殖扣蟹血淋巴中非特异性免疫指标和抗氧化能力比较

Tab.3 Comparison of immune indices and antioxidant ability in the hemolymph of wild-caught and pond-reared juvenile *E. Sinensis*

指标 Indices	雄体扣蟹 Male <i>E. Sinensis</i>		雌体扣蟹 Female <i>E. Sinensis</i>	
	野生 Wild-caught	养殖 Pond-reared	野生 Wild-caught	养殖 Pond-reared
ALP (U/g prot)	1.29±0.27	1.42±0.31	1.15±0.08	1.58±0.29*
γ -GT (U/g prot)	12.15±5.10	20.23±4.92	13.49±4.28	74.11±25.02*
T-AOC (U/mg prot)	8.94±2.78	5.83±0.98	11.47±1.26*	6.09±1.53
SOD (U/mg prot)	34.39±2.11	35.42±2.57	34.10±2.89	35.91±2.63
Hc (mg/ml)	63.92±7.30	52.24±9.72	75.87±8.89*	55.44±7.34
ACP (U/100 ml)	2.04±0.51	2.99±0.48*	1.96±0.36	3.84±0.45*
MDA (nmol/ml)	6.58±1.37	8.08±1.51	7.58±0.08	6.81±0.99
NO (μ mol/ml)	2.82±0.48*	1.04±0.11	3.86±1.19*	1.08±0.10
GSH-Px (U)	594.83±89.74	653.79±70.12	540.00±80.10	710.69±59.04*
GR (U/g prot)	80.39±11.14	82.32±12.37	94.86±3.22*	73.31±7.33
PO (U/mg prot)	7.73±0.80	7.24±1.80	6.95±1.44	7.90±1.72

就雌蟹而言,野生扣蟹血清内的MDA含量高于养殖扣蟹,而养殖扣蟹的ACP活性高于野生扣蟹,但各组之间差异不显著($P>0.05$)。野生扣蟹的T-AOC、Hc、NO、Gr等活性显著高于养殖扣蟹,而养殖扣蟹的ACP、T-AOC、ACP、GSH-Px等活性显著高于野生扣蟹($P<0.05$)。

3 讨论

3.1 早期生长性能差异

本研究表明,在相同的养殖条件下(饵料和养殖环境一致),长江野生和池塘养殖扣蟹在成蟹阶段早期养殖性能差异较大,主要表现为养殖扣蟹蜕壳周期短和生长速度快等特点,这可能与2个群体蟹种在扣蟹阶段的生长环境差异较大有关。水体积温是影响甲壳动物蜕壳的重要因素之一,通常积温越高,蜕壳周期越短(陈再忠, 2002¹⁾; Verhoef *et al.*, 1998; Daoud *et al.*, 2010)。野生蟹种在扣蟹阶段的水体积温低于养殖扣蟹,主要因为:一方面,长江水体5–12月的平均水温要低于长江流域的养殖池塘水体温度(何杰等, 2015b);另一方面,长江水系野生大眼幼体出现时间通常晚于池塘养殖群体的土池培育大眼幼体近1个月,野生大眼幼体出现时间为6月初,池塘培育大眼幼体在5月上中旬出现(张列士等, 2002)。这可能是造成野生扣蟹蜕皮周期较长的重要原因之一。其次,由于长江野生扣蟹的活动空间较大、食性较杂,而池塘养殖群体扣蟹经过多代人工繁殖和养殖,已经适应人工养殖环境和配合饲料,长江野生扣蟹对人工养殖环境和配合饲料不适应可能也是其蜕壳周期较长的重要原因。有关2种来源扣蟹的活动规律和摄食行为差异有待今后进一步深入研究。

此外,由于长江水体深度(6–11 m)远大于池塘(0.6–1.2 m),且水体体积也远大于养殖池塘,故每年1–3月初长江底部平均水温应高于池塘水温(何杰等, 2015b)。将野生和养殖扣蟹同时转移到水温为13–19℃的室内养殖系统,池塘养殖群体的升温幅度远大于野生群体。短期内较高幅度的升温可以提高甲壳动物体内酶活力,加快新陈代谢,从而促进其蜕壳频率(Hartnoll, 1982)。因此,养殖群体扣蟹升温幅度较大,也可能是其蜕皮较快的原因之一。养殖群体扣蟹的SGR显著高于野生扣蟹,这是其蜕皮周期较短造成的。

3.2 非特异性免疫指标和攻毒成活率差异

研究结果显示,长江野生扣蟹攻毒死亡率明显低于池塘养殖扣蟹,表明长江野生扣蟹具有较强的免疫性能和抗病力。非特异性免疫指标分析也表明,无论雌雄,野生扣蟹肝胰腺和血淋巴中的T-AOC、NO显著高于养殖群体。此外,野生扣蟹血淋巴中的Hc含量也显著高于养殖扣蟹,这也暗示野生扣蟹具有较强的免疫性能和抗氧化能力。Hc是甲壳动物血淋巴的主要蛋白,具有载氧、转运金属离子、储存蛋白质、调节渗透压、参与蜕壳后新表皮组织的形成和固化、抗细菌和抗病毒等多种生理功能(潘鲁青等, 2008)。张秀丽等(2008)研究表明,Hc免疫裂解后形成的多肽具有较强的抗菌作用。血淋巴中的Hc含量及其基因表达水平与甲壳动物免疫性能有关,通常Hc含量越高,其免疫性能越强(Qiu *et al.*, 2011; Sun *et al.*, 2013)。长江野生和池塘养殖扣蟹免疫性能及抗病力差异的形成原因较为复杂,可能与如下几个因素有关:(1)野生扣蟹冬季的营养状况优于池塘养殖扣蟹。由于长江流域的池塘养殖扣蟹在越冬期间(12月–翌年3月)水温较低,扣蟹很少摄食(张列士等, 2002),而长江底部的冬季水温相对较高,长江中的野生扣蟹在越冬期间可能仍然有摄食活动。因此,野生扣蟹的肝胰腺指数和总脂含量高于池塘养殖扣蟹(何杰等, 2015b),二者的脂肪酸组成存在较大差异,生化组成差异可能会影响其免疫性能(赵亚婷等, 2013)。(2)野生扣蟹的种质状况优于池塘养殖扣蟹。最近的研究表明,长江野生扣蟹仍具有较好的养殖性能和较高的遗传多样性(何杰等, 2015a; 刘青等, 2015),而养殖群体扣蟹经过多代人工繁育,由于小规格亲本、近亲繁殖和种质混杂等原因,种质退化严重,免疫性能和养殖性能下降严重(He *et al.*, 2014)。中国明对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)经过多代近交后,养殖性能和抗病力显著下降(刘萍等, 2004; Luo *et al.*, 2014),类似现象可能也存在于河蟹养殖群体中。(3)长江及长江口区水体中含有大量细菌等病原生物(刘子琳等, 2001),野生扣蟹长期生活在这种环境中,其机体抗菌能力也得到相应提升。而扣蟹养殖的池塘水体由于定期消毒和种植水草等措施(何杰等, 2015a、b),水体中含有的病原菌相对较少,故其免疫抗病力相对较差。(4)野生扣蟹的生长速度慢于养殖群体。生长和免疫抗病通常是两个相互矛盾的生理过程,通常生长较快的水生动物,其抗病力和免疫性能低于生长较慢的个体(Moss *et al.*, 2005)。

1) 陈再忠. 中华绒螯蟹性早熟及其机理的研究. 上海海洋大学博士研究生学位论文, 2002

综上所述,池塘养殖扣蟹在成蟹养殖早期的养殖性能优于长江野生扣蟹,这可能与其蟹种阶段的积温和环境适应性有关;长江野生扣蟹比池塘养殖扣蟹具有更强的抗氧化能力、免疫性能及抗病能力,可能与其遗传特性、越冬期的营养状况和生长较慢有关。野生和池塘养殖河蟹扣蟹 2 种蟹种各有优缺点,本研究可为河蟹蟹种质量评价和来源辨别提供基础资料。

致谢: 上海海洋大学水产与生命学院季策、黄根勇等同学参与攻毒实验,潘杰同学参与部分免疫指标的测定,在此表示感谢。

参 考 文 献

- 王武,王成辉,马旭洲. 河蟹生态养殖. 北京: 中国农业出版社, 2013: 59-84
- 邓燕飞,夏爱军,潘建林,等. 中华绒螯蟹“长江 1 号”的选育. 水产养殖, 2013, 34(4): 43-47
- 全国水产技术推广总站. 水产新品种推广指南. 北京: 中国农业出版社, 2014
- 刘子琳,越川海,宁修仁,等. 长江冲淡水区细菌生产力研究. 海洋学报, 2001, 23(4): 93-99
- 刘青,刘皓,吴旭干,等. 长江、黄河和辽河水系中华绒螯蟹野生和养殖群体遗传变异的微卫星分析. 海洋与湖沼, 2015, 46(4): 958-968
- 刘萍,李健,何玉英,等. 中国明对虾种质资源研究现状与保护策略. 海洋水产研究, 2004, 25(5): 80-85
- 农业部渔业渔政管理局. 2015 年中国渔业统计年鉴. 北京: 中国农业出版社, 2015
- 何杰,吴旭干,龙晓文,等. 长江水系中华绒螯蟹野生和养殖群体选育子一代养殖性能和性腺发育的比较. 海洋与湖沼, 2015a, 46(4): 808-818
- 何杰,吴旭干,龙晓文,等. 池塘养殖和野生长江水系中华绒螯蟹扣蟹形态学及生化组成的比较研究. 水产学报, 2015b, 39(11): 1665-1678
- 何杰,吴旭干,姜晓东,等. 野生和人工繁育大眼幼体在成蟹阶段的养殖性能比较. 上海海洋大学学报, 2015c, 24(1): 66-67
- 张列士,李军. 河蟹增养殖技术. 北京: 金盾出版社, 2002, 5-248
- 张秀丽,刘庆慧,程江峰,等. 血蓝蛋白研究进展. 动物医学进展, 2008, 29(7): 86-89
- 陈彦良,李二超,禹娜,等. 豆油替代鱼油对中华绒螯蟹幼蟹生长、非特异性免疫和抗病力的影响. 中国水产科学, 2014, 21(3): 511-521
- 赵亚婷,吴旭干,常国亮,等. 饲料中 DHA 含量对中华绒螯蟹幼蟹生长、脂类组成和低氧胁迫的影响. 水生生物学报, 2013, 37(6): 1133-1144
- 潘鲁青,金彩霞. 甲壳动物血蓝蛋白研究进展. 水产学报, 2008, 32(3): 484-491
- Daoud D, Lambert Y, Audet C, *et al.* Size and temperature-dependent variations in intermolt duration and size increment at molt of Northern Shrimp, *Pandalus borealis*. Mar Biol, 2010, 157(12): 2655-2666
- Hartnoll RG. Growth. In: Abele LG (ed). The Biology of Crustacea. New York: Academic Press, 1982, 2: 11-96
- He J, Wu X, Li J, *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. Aquaculture, 2014, 434: 48-56
- Luo K, Kong J, Luan S, *et al.* Effect of inbreeding on survival, WSSV tolerance and growth at the postlarval stage of experimental full-sibling inbred populations of the Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis*. Aquaculture, 2014, 420-421: 32-37
- Moss SM, Doyle RW, Lightner DV. Breeding shrimp for disease resistance: challenges and opportunities for improvement. Diseases in Asian Aquaculture V, 2005: 379-393
- Nickerson KW, van Holde KE. A comparison of molluscan and arthropod hemocyanin-I. Circular dichroism and absorption spectra. Comp Biochem Phys B Comp Biochem, 1971, 39(4): 855-872
- Qiu R, Cheng Y, Huang X, *et al.* Effect of hypoxia on immunological, physiological response, and hepatopancreatic metabolism of juvenile Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis*. Aquacult Int, 2011, 19(2): 283-299
- Racotta IS, Palacios E, Ibarra AM. Shrimp larval quality in relation to broodstock condition. Aquaculture, 2003, 227(1-4): 107-130
- Sun S, Qin J, Yu N, *et al.* Effect of dietary copper on the growth performance, non-specific immunity and resistance to *Aeromonas hydrophila* of juvenile Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*. Fish, 2013, 34(5): 1195-1201
- Verhoef GD, Austin CM, Jones PL, *et al.* Effect of temperature on molt increment and intermolt period of a juvenile Australian fresh-water crayfish, *Cherax destructor*. J Crustacean Biol, 1998, 18(4): 673-679
- Wang L, Chen L, Qin J, *et al.* Effect of dietary lipids and vitamin E on growth performance, body composition, anti-oxidative ability and resistance to *Aeromonas hydrophila* challenge of juvenile Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis*. Aquac Res, 2014, 46(10): 2544-2558
- Wu X, Cheng Y, Zeng C, *et al.* Reproductive performance and offspring quality of wild-caught and pond-reared swimming crab, *Portunus trituberculatus* broodstock. Aquaculture, 2010, 301(1-4): 78-64

(编辑 马瑾艳)

Comparison of the Early Culture Performance, the Disease Resistance, and the Non-Specific Immunity Between Wild-Caught and Pond-Reared Juvenile Chinese Mitten Crab *Eriocheir sinensis*

JIANG Xiaodong¹, WU Xugan^{1,2①}, LIU Qing^{1,3}, HE Jie¹, ZHANG Qinghua¹,
WANG Youpeng², CHENG Yongxu^{1,2}

(1. Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306; 2. Jiangsu Suqian Xubang Fisheries Science and Technology Ltd. Co., Sihong 223900;

3. Collaborative Innovation Center of Aquatic Animal Breeding Center Certificated by Shanghai Municipal Education Commission, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306)

Abstract It has been revealed that wild juvenile *Eriocheir sinensis* (WC) are advantageous in culture performance compared to pond-reared juvenile crabs (PR), however, their differences in the disease resistance, immunity, and the early culture performance remained unclear. In this study we addressed these questions by conducting the culture experiment, the pathogen challenge test, and the analysis of non-specific immune indices. The early culture performance included the first molt interval, survival rate, and weight gain rate. The mortality during the pathogen challenge test and immune indices of WC and PR populations were also examined. Our results were described as follows: (1) Both male and female WC showed significantly lower first molt interval and weight gain rate (WGR) than PRs, but there was no significant difference in the survival rate and the specific growth rate (SGR) between the two groups ($P>0.05$). (2) Within 12–96 hours in the pathogen challenge test, the cumulative mortality of WC was lower than that of PR, and after 96 hours the cumulative mortality of WC and PR were 28.3% and 50.0% respectively. (3) In terms of the non-specific immune indices in hepatopancreas, the alkaline phosphatase (ALP) activities of both male and female individuals were significantly lower in the WC population than in the PR population. For males, total antioxidant capacity (T-AOC) and nitric oxide (NO) were higher in WC, and for females, malondialdehyde (MDA) was lower in WC. (4) In terms of the non-specific immune indices in hemolymph, WC had significantly higher NO and lower acid phosphatase (ACP) than PR in both sexes. Moreover, for female, WCs had higher T-AOC, hemocyanin (Hc), and glutathione reductase (GR) than PR, but lower ALP, γ -glutamyl transferase (γ -GT), and glutathione peroxidase (GSH-Px). In conclusion, the pond-reared juveniles showed better culture performance during the early culture stage, while wild juveniles had stronger immune ability and lower mortality than the pond-reared juveniles. Each type of the crab seeds may have advantages in certain aspects, and the mechanisms underlying the differences need to be investigated in future studies.

Key words Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*); Juvenile crab; Wild population; Culture performance; Immune performance

① Corresponding author: WU Xugan, E-mail: xgwu@shou.edu.cn