

DOI: 10.3724/SP.J.1035.2012.00932

七种捕食性鱼类对中华绒螯蟹幼蟹捕食风险的评估

罗鸣钟^{1,2} 张堂林¹ 张超文^{1,2} 李钟杰¹ 刘家寿¹ 吴小平³

(1. 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049;
3. 南昌大学生命科学与食品工程学院, 南昌 330031)

摘要: 分别以鲤、鳊、斑点叉尾鲴、黄颡鱼、瓦氏黄颡鱼、大口鲶和乌鳢作为捕食者, 以中华绒螯蟹幼蟹作为猎物, 在室内水泥池(2.4 m³)进行捕食试验。以日捕获率和日摄食率为指标, 评估这些鱼类对幼蟹的捕食作用和危害程度, 为提高湖泊幼蟹放流效果、建立蟹—鱼复合的优质高效养殖模式提供科学依据。在幼蟹完全暴露的条件下, 经过多次(至少9次)重复的试验(短期1d和长期7d), 鳊对不同大小的硬壳和软壳(刚蜕壳的)幼蟹没有任何捕食作用; 黄颡鱼对硬壳和软壳幼蟹也没有捕食作用, 但还需做进一步观察; 虽然鲤、瓦氏黄颡鱼对硬壳蟹的捕获率低, 但对软壳的幼蟹有较大的危害性, 对幼蟹的日摄食率分别为0.070%、0.012%; 大口鲶、斑点叉尾鲴、乌鳢对幼蟹具有较强的捕食能力, 对幼蟹的日摄食率分别为0.122%、0.188%和0.284%。根据这些研究结果, 可以建议: (1)在池塘和湖泊河蟹养殖中, 完全可以将鳊作为套养或混养对象, 以期提高养殖效益; (2)在河蟹放养的湖泊, 需要抑制乌鳢和大口鲶种群, 适当减少鲤和瓦氏黄颡鱼丰度, 以期减少这些鱼类的捕食作用, 提高幼蟹存活率; (3)在河蟹养殖池塘, 不能放养乌鳢、大口鲶、斑点叉尾鲴、瓦氏黄颡鱼和鲤。

关键词: 肉食性鱼类; 中华绒螯蟹; 日摄食率; 日捕获率; 捕食

中图分类号: Q958.8 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2012)05-0932-07

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*) 俗称河蟹, 是我国特有的水产养殖种类。河蟹肉质鲜美, 具有较高的营养价值和经济价值。在20世纪60年代, 我国一些地区就开始了河蟹的人工放流增殖, 放流规格多样化, 从100 ind/kg到3000 ind/kg各种规格的幼蟹均可在湖泊中放流^[1]。河蟹的人工育苗技术的成功为我国河蟹人工放流增殖以及集约化养殖的稳步发展奠定了坚实的基础^[2]。

河蟹蟹苗在湖泊放流回捕率往往较低, 一般不超过6%^[3], 这远远小于鱼类湖泊放流增殖的效果^[4, 5], 主要原因是否是因为肉食性鱼类对河蟹的捕食作用, 尚无明确的结论。目前, 关于鱼类对河蟹捕食方面的研究甚少, 金刚等^[6]通过野外湖泊网箱养殖试验, 揭示了乌鳢、黄颡鱼和鲤对幼蟹的存活率有显著的影响, 但没有直接证据表明这三种鱼类是否捕食幼蟹。

鲤(*Cyprinus carpio*)、大口鲶(*Silurus meridionalis*)、黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)、瓦氏黄颡鱼(*Pelteobagrus vachelli*)、鳊(*Siniperca chuatsi*)和乌鳢(*Channa argus*)广泛分布于我国许多江河及其附属湖泊, 是我国重要的淡水养殖种类。斑点叉尾鲴(*Ictalurus punctatus*)虽然是20世纪80年代初从美国引进的, 但也成为我国重要的集约化养殖对象。本研究以日捕获率和日摄食率为指标, 评估了这些鱼类对幼蟹的捕食风险; 研究结果能为提高湖泊幼蟹放流效果、建立蟹—鱼混养的优质高效技术模式提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验生物来源与驯养

试验幼蟹购自武汉市汉南区, 壳宽 9.54—

收稿日期: 2011-06-13; 修订日期: 2012-05-04

基金项目: 国家自然科学基金项目(30830025); 湖北省自然科学基金项目(2009CDA108); 国家科技支撑计划项目(2012BAD25B05和2012BAD25B08)资助

作者简介: 罗鸣钟(1984—), 男, 湖北黄石人; 博士研究生; 主要从事水产养殖学研究。E-mail: kklmz413@hotmail.com

通讯作者: 张堂林, E-mail: tlzhang@ihb.ac.cn

12.73 mm, 体重 0.49—1.82 g, 小于湖泊和池塘放养的一般规格^[7]。选择鲤、黄颡鱼、瓦氏黄颡鱼、大口鲶、斑点叉尾鮰、鳊和乌鳢作为捕食者; 其中试验用的鲤、鳊、斑点叉尾鮰购自武汉市牛山湖渔场, 黄颡鱼、瓦氏黄颡鱼、乌鳢、大口鲶购自武汉市陶家湖渔场。

所有试验鱼购于 2008 年 3 月 22 日至 5 月 16 日, 分别暂养在室内 20 个大小约 2.4 m³ 的水泥池 (175 cm × 175 cm × 80 cm) 中, 水深保持 60 cm。幼蟹暂养在一个 27 m³ 的水泥池 (9 m × 3 m × 1 m) 中, 水深保持 30 cm。这些水泥池在试验前用 10 mg/L 的高锰酸钾泼洒消毒处理。试验用水为曝气 48h 经生物沉淀的自来水, 水温为 18—21℃, 采用自然光照周期, 定期换水以保持水质清新。暂养期间, 鲤投喂配合饲料, 其他鱼类为鱼食性鱼类, 投喂适量的幼鲫 (全长 10—15 cm) 作为饵料鱼, 每天投喂一次。幼蟹投喂适量的配合饲料和鲜鱼肉。

在试验开始前, 在每种捕食者所在的暂养池投放适量幼蟹作为猎物, 以便捕食者与猎物相互认识和适应。

1.2 试验设计

1d 捕食试验 试验前, 每种捕食者至少暂养 2 个星期, 挑选健康鱼用于试验。捕食试验池和暂养池完全相同。每种肉食性鱼类作为一个捕食试验处理, 一共有 7 个处理, 每个处理设有 5—13 个重复; 除斑点叉尾鮰捕食试验重复 4 次外 (因是外来种, 需重点观察), 其余鱼类捕食试验均重复 2 次 (表 1)。试验前 24h, 将捕食者放入试验池中, 让其适应环境, 而且不投喂任何食料, 以排除胃含物对捕食的影响。试验开始时, 将大小基本相同、肢体健全的 10 只幼蟹 (雌、雄随机选择) 测量总重量后放入每个试验池。经过 24h 捕食后, 观测每个试验池中存活的

幼蟹数量和重量, 并以此确定被捕食的幼蟹数量和重量 (开始时幼蟹重量减去存活幼蟹重量)。

7d 捕食试验 在上述的 1d 捕食试验结束后, 对幼蟹捕食很少或没有捕食的鱼类, 再进行为期 7d 的捕食试验观察, 以确定这些鱼类在饥饿度不断增加、出现蜕壳不久的软壳蟹时是否捕食幼蟹, 进一步评估它们对幼蟹的危害性。7d 捕食试验的设计与过程类似于 1d 捕食试验, 仅将试验期限改为 7d; 同时记录每个试验池中幼蟹的脱壳状况, 根据幼蟹的脱壳数和被捕食数来评估捕食者对刚脱壳的软壳蟹的危害。

7 次捕食试验 对捕食幼蟹较多的鱼类, 每种捕食试验设置 3 个平行处理组, 按照 1d 捕食试验的程序执行, 记录每个平行组中捕食者对幼蟹的捕食数量和重量, 补放与捕食数量相同且大小相似的幼蟹 (即保持幼蟹 10 只), 然后开始下一次捕食试验。以这种方式一共连续重复试验 7 次, 将 7 次试验的结果合并用于计算日摄食率和捕获率, 用以评估它们对幼蟹的捕食作用。

试验开始前, 试验鱼先用丁香酚^[8]进行麻醉后, 测量全长、体重。数字游标卡尺测量鱼口高、口宽和幼蟹壳宽 (第四侧齿之间的长度^[9]), 精确至 0.1 cm。鱼类全长数据也精确至 0.1 cm, 体重数据精确至 0.1 g。各种捕食者全长、体重和口形态测量数据 (表 2)。

1.3 数据处理

捕食者日捕获率和日摄食率计算公式如下:

$$\text{日捕获率}(\%) = \frac{\text{摄食幼蟹数量} \times 100\%}{(\text{试验开始时幼蟹数量} \times \text{试验天数})}$$

$$\text{日摄食率}(\%) = \frac{\text{摄食幼蟹重量}(\text{湿重}) \times 100\%}{(\text{捕食者重量}(\text{湿重}) \times \text{试验天数})}$$

所有数据采用 SPSS13.0 和 EXCEL 软件进行处

表 1 1d 捕食试验中鱼类和幼蟹的数量及平行处理和试验重复次数

Tab. 1 Number of fish and juvenile crabs in the 1-day-predation experiment with parallel treatments and trial replicates

捕食试验 Predation trials	捕食者数量 No. of fish as predator (ind/pool)	河蟹数量 No. of the crab as prey (ind/pool)	处理重复数 Treatment replicates	试验重复数 Trial replicates
鲤 <i>C. carpio</i>	1	10	13	2
大口鲶 <i>S. meridionalis</i>	1	10	6	2
黄颡鱼 <i>P. fulvidraco</i>	2	10	5	2
瓦氏黄颡鱼 <i>P. vachelli</i>	2	10	8	2
斑点叉尾鮰 <i>I. punctatus</i>	2	10	7	4
鳊 <i>S. chuatsi</i>	1	10	9	2
乌鳢 <i>C. argus</i>	1	10	6	2

表 2 七种捕食性鱼类全长、体重及口裂测量数据
Tab. 2 Data on total length, body weight and mouth size of seven predacious fish used in predation experiments

鱼类 Fish as predators	全长 Total length (cm)		体重 Body weight (g)		口宽 Mouth width (mm)		口高 Mouth height (mm)	
	均值	变幅	均值	变幅	均值	变幅	均值	变幅
	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
鲤 <i>C. carpio</i>	26.89	25.1—28.6	243.3	200—304	19.4	17.9—22.1	18.4	16.5—20.3
大口鲈 <i>S. meridionalis</i>	54.62	52.2—59.6	1132.5	1032—1267	64.3	61.2—67.6	44.6	42.1—49.94
黄颡鱼 <i>P. fulvidraco</i>	22.64	19.3—25.8	94.8	70—115	22.2	19.8—24.8	15.7	14.1—16.8
瓦氏黄颡鱼 <i>P. vachelli</i>	25.73	23.5—28.0	143.8	105—190	22.5	20.4—24.1	16.4	14.6—17.8
斑点叉尾鲷 <i>I. punctatus</i>	36.10	33.0—37.4	445.2	387—462	34.5	29.9—38.2	28.5	25.0—32.6
鳊 <i>S. chuatsi</i>	31.34	27.3—36.2	381.9	271—552	29.6	26.5—32.1	33.0	28.8—38.2
乌鳢 <i>C. argus</i>	44.07	42.1—45.6	1009.0	927—1099	50.2	48.6—52.8	46.1	44.0—48.5

理, 两个或多个均数之间的差异采用单因素方差分析(one-way ANOVA)以及 Duncan's 多重比较法比较, 差异显著水平为 $P < 0.05$ 。

2 结果

2.1 1d 捕食试验

在 1d 捕食试验中, 鲤、鳊和黄颡鱼均没有捕食幼蟹。瓦氏黄颡鱼极少捕食幼蟹, 在第 1 次捕食试验的 8 个平行处理中均未发现捕食幼蟹, 在重复试验中仅发现一个平行处理中捕食 1 只幼蟹。乌鳢、大口鲈和斑点叉尾鲷对幼蟹的日捕获数量、日捕获率显著大于瓦氏黄颡鱼(图 1); 其中有集群摄食特点的斑点叉尾鲷捕食幼蟹数量最多, 共捕食了 49 尾。由于体重和捕食数量的不同, 瓦氏黄颡鱼对幼蟹的日摄食率(0.021%)显著小于斑点叉尾鲷(0.179%)和乌鳢的(0.238%)($P < 0.05$), 但与大口鲈的(0.028%)差异不显著($P > 0.05$)。

2.2 7d 捕食试验

鲤、鳊、黄颡鱼和瓦氏黄颡鱼对幼蟹的 7d 捕食试验结果(表 3)。其中鳊、黄颡鱼对幼蟹仍没有摄食。鲤对幼蟹有少量捕食, 13 个平行处理组共捕食 3 只幼蟹, 而且都是软壳蟹。相对于 1d 捕食试验, 瓦氏黄颡鱼的捕获数和日摄食率显著上升, 共捕食幼蟹 14 只(每个平行处理组均有捕食), 其中 7 只是软壳蟹, 平均日摄食率为 0.07%。

2.3 七次捕食试验

乌鳢、大口鲈和斑点叉尾鲷对幼蟹都有较强的捕食能力, 但捕食能力有差别。图 2 显示的是乌鳢、大口鲈和斑点叉尾鲷摄食河蟹的日捕获率和日摄食

率。乌鳢的日摄食率显著高于大口鲈和斑点叉尾鲷($P < 0.05$), 达到了 $0.28\% \pm 0.03\%$, 而大口鲈的日摄食率最低为 $0.12\% \pm 0.03\%$ 。在捕获率方面, 乌鳢仍然最大, 显著高于大口鲈($P < 0.05$)为 $27.6\% \pm 7.3\%$, 但与斑点叉尾鲷差异不显著($P > 0.05$)。

3 讨论

水生甲壳类被认为是一些肉食性鱼类的一种主要食物, 有关鱼类对虾类和水生昆虫捕食方面的报道较多^[10-12], 但对蟹类捕食方面的报道较少^[13,14]。在生命早期阶段, 蟹类活动能力差, 缺乏自我保护能力, 往往存活率较低, 这个阶段成为制约蟹类种群增长的瓶颈^[15-17]。因此, 评估肉食性鱼类对幼蟹的捕食作用有利于揭示天然水域中幼蟹高死亡率的原因, 对指导湖泊河蟹人工放流具有重要意义。

在本研究中, 7 种鱼类对幼蟹的捕食风险存在较大的差异。在 1d 和 7d 捕食试验中, 鳊和黄颡鱼对不同大小的硬壳和软壳幼蟹都没有任何捕食作用, 因而对河蟹没有捕食风险。在 1d 捕食试验中, 虽然没有发现鲤和瓦氏黄颡鱼捕食幼蟹, 但在 7d 捕食试验中, 鲤捕食了软壳蟹, 瓦氏黄颡鱼除了捕食软壳蟹外还能捕食硬壳蟹, 这两种鱼对幼蟹的日摄食率均很低; 这表明鲤和瓦氏黄颡鱼对硬壳河蟹的捕食风险低, 但对软壳蟹有一定的危害性, 这种结果可能与软壳蟹的运动和防御能力较差有关^[18]。在 1d 和 7d 捕食试验中, 发现乌鳢、大口鲈和斑点叉尾鲷捕食幼蟹, 日摄食率显著高于鲤和瓦氏黄颡鱼的, 对幼蟹有较大的危害性, 其中乌鳢的危害性最高; 乌鳢、大口鲈等肉食性鱼类对幼蟹的捕食可能是造

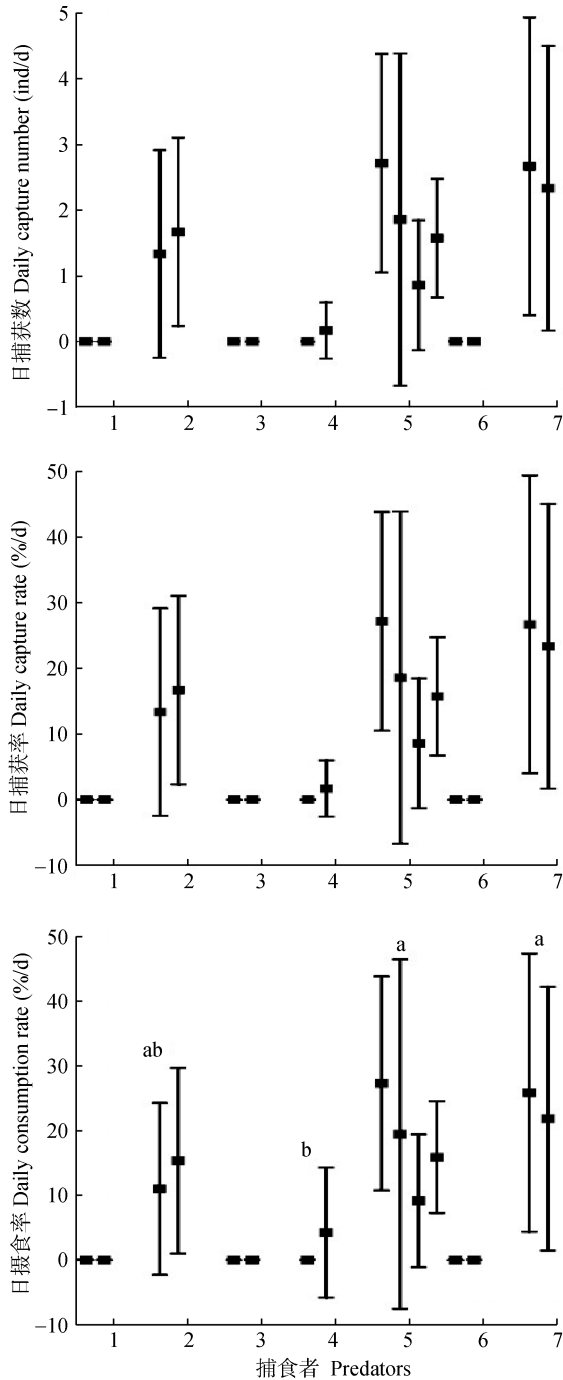


图 1 1d 捕食试验中 7 种捕食性鱼类对幼蟹的日捕获数、日捕获率和日摄食率

Fig. 1 Daily capture number, capture rate and consumption rate of seven predacious fish preying upon the juvenile crabs in the 1-day-predation experiments

1. 鲤; 2. 大口鲶; 3. 黄颡鱼; 4. 瓦氏黄颡鱼; 5. 斑点叉尾鲴; 6. 鳊; 7. 乌鳢(图中误差线表示标准差; 不同上标表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著)

1. *C. carpio*; 2. *S. meridionalis*; 3. *P. fulvidraco*; 4. *P. vachelli*; 5. *I. punctatus*; 6. *S. chuatsi*; 7. *C. argus* (Error bars represent standard deviation; values with different letters show significant differences at $P < 0.05$)

成湖泊河蟹回捕率较低的主要原因之一。

某些鱼类对蟹类不仅有较强的捕食能力, 而且将蟹类作为其主要食物^[19]。Frederick, *et al.*^[19]分析了美国 Galveston 湾一种拟石首鱼(*Sciaenops ocellatus*)的胃含物, 结果显示一年四季中美洲蓝蟹(*Callinectes sapidus*)是这种鱼的主要食物。在本研究中, 幼蟹作为试验中仅有的一种饵料生物, 没有其他任何替代的食物, 乌鳢、大口鲶和斑点叉尾鲴虽然对幼蟹表现了较强的捕食能力, 但日摄食率非常低, 大大小于在养殖环境下以鱼为饵料的摄食水平; 这表明它们对幼蟹的捕食有可能是在饥饿情况下被迫的, 也就是说幼蟹可能不是这些鱼类的喜好食物。本研究结果与天然水域中相关鱼类食性分析的结果并不一致^[20—24], 这些鱼类的食性研究均没有报道胃或肠含物中出现河蟹, 主要原因是那些水域要么没有河蟹存在, 要么河蟹密度低, 而且鱼类的饵料生物丰富多样; 这也暗示: 尽管在试验条件下乌鳢、大口鲶和斑点叉尾鲴对幼蟹的危害性较大, 但在天然水域中生境结构的复杂性和饵料生物的多样性可能会降低这些鱼类对幼蟹的捕食风险。

口裂大小是影响鱼类捕食猎物的一个重要因素^[25—27]。本研究中, 乌鳢、大口鲶和斑点叉尾鲴口裂较大, 口裂宽为幼蟹壳宽的 3—6 倍, 这些鱼类对幼蟹均有较大的危害性。然而, 鳊也有较大的口裂, 但没有捕食河蟹, 这可能与它的摄食行为和摄食器官有关。鳊对食物的化学刺激不敏感, 主要利用对运动刺激敏感的视觉及侧线来发现和定位猎物, 拒食静止的食物^[28]。幼蟹一般只在试验池的底部活动, 活动范围小, 且常栖息在池角静止不动; 这种情形可能不利于伏击捕食的鳊察觉到幼蟹的运动, 因而不能诱导鳊的攻击捕食反应。

总之, 本研究表明: 鳊和黄颡鱼不捕食幼蟹; 瓦氏黄颡鱼和鲤对硬壳蟹的捕食风险低, 但对软壳蟹具有一定的危害性; 乌鳢、大口鲶和斑点叉尾鲴对幼蟹具有较高的捕食风险, 表现出较大的危害性。基于本研究结果, 可以建议: (1)在池塘和湖泊河蟹养殖中, 完全可以将鳊作为套养或混养对象, 以期提高养殖效益。(2)在河蟹放养的湖泊, 需要抑制乌鳢和大口鲶种群, 降低鲤和瓦氏黄颡鱼丰度, 以期减少这些鱼类的捕食作用, 提高幼蟹存活率;

表3 鲤、鳊、黄颡鱼和瓦氏黄颡鱼对幼蟹的7d捕食试验的数据

Tab. 3 Data on the 7-day-predation experiment for *C. carpio*, *S. chuatsi*, *P. fulvidraco* and *P. vachelli* preying upon the juvenile crabs

试验处理 Treatments	平行处理数 Treatment replicates	幼蟹蜕壳数量 No. of molted crab (ind)	总捕食数 No. of consumption (ind)	日摄食率 Daily consumption rate (%)
鲤 <i>C. carpio</i>	13	9	3 (3)	0.012
鳊 <i>S. chuatsi</i>	9	18	0	0
黄颡鱼 <i>P. fulvidraco</i>	5	6	0	0
瓦氏黄颡鱼 <i>P. vachelli</i>	8	7	14 (7)	0.07

注: 括号中数值表示捕食的软壳蟹数量

Note: Values in bracket indicate No. of crabs with soft shell captured by predators

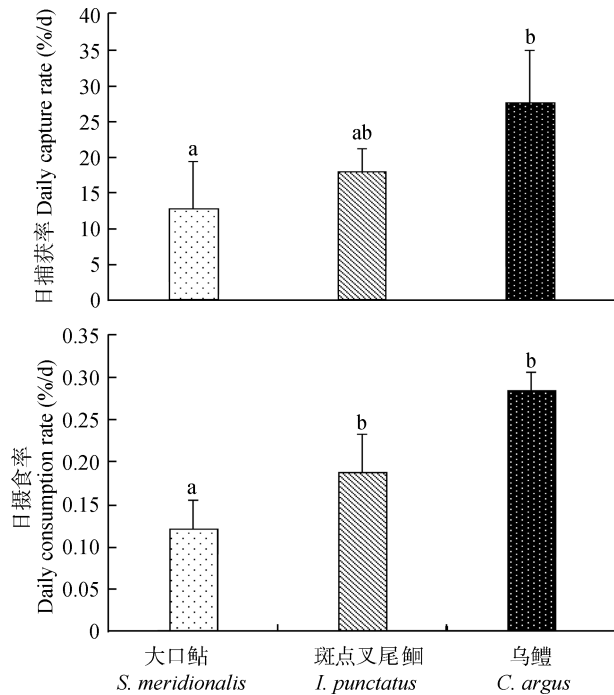
图2 大口鲶、斑点叉尾鲷和乌鳢对幼蟹的日捕获率和日摄食率(柱状图中不同上标表示差异显著, $P < 0.05$)

Fig. 2 Daily capture rate and consumption rate for *S. meridionalis*, *I. punctatus* and *C. argus* on the juvenile crabs (Values with different letters on the histograms show significant differences, $P < 0.05$)

(3)在河蟹养殖池塘中,不能放养乌鳢、大口鲶、斑点叉尾鲷、瓦氏黄颡鱼和鲤。

参考文献:

- [1] Wang Y P, Zhao N G. The culture of Chinese mitten crab and the prospect of its development [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1999, **23**(6): 735—740 [王怡平, 赵乃刚. 中国的河蟹养殖及其发展前景. 水生生物学报, 1999, **23**(6): 735—740]
- [2] Zhao N G. Experiments on the artificial propagation of the Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) in artificial sea water [J]. *Journal of Fisheries of China*, 1980, **4**(1): 95—104 [赵乃刚. 用配制海水进行中华绒螯蟹人工繁殖的试验. 水产学报, 1980, **4**(1): 95—104]
- [3] Sun J P. Stocking technology of Chinese mitten juvenile crab (*Eriocheir sinensis*) in lakes [J]. *Journal of Aquaculture*, 1994, (4): 25—26 [孙家平. 湖泊人工放流蟹苗技术的探讨. 水产养殖, 1994, (4): 25—26]
- [4] Gu L W. Preliminary studies on stocking in Taihu Lake [J]. *Journal of Fisheries of China*, 1986, **10**(2): 223—228 [顾良伟. 太湖人工放流的初步探讨. 水产学报, 1986, **10**(2): 223—228]
- [5] Kong Y J, Tong H Y. Technical improvement of fish stocking in Gehu Lake and its benefits [J]. *Journal of Lake Science*, 1994, **6**(1): 55—61 [孔优佳, 董合一. 太湖人工放流技术的改进及其效益分析. 湖泊科学, 1994, **6**(1): 55—61]
- [6] Jin G, Li Z J, Xie P. Effects of fishes on the growth and survival of Chinese mitten crab, *Eriocheir Sinensis* [J]. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 2000, **18**(4): 355—359
- [7] Li C H, Li S F, Xing Y Y, et al. Growth performance and its genotype-environment interaction analysis of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) populations from the Yangtze River and the Liaohe River in ponds [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2002, **26**(4): 335—341 [李晨虹, 李思发, 邢益于, 等. 池养长江蟹、辽河蟹生长性能及其遗传环境交互作用分析. 水生生物学报, 2002, **26**(4): 335—341]
- [8] Wei S C. Anesthetics for fishes and anesthesia management [J]. *Journal of Northwest Minorities University for Nationalities (Natural Science)*, 2005, **26**(56): 43—45 [魏锁成. 用于鱼类的麻醉剂及麻醉管理. 西南民族大学学报, 2005, **26**(56): 43—45]
- [9] Zhang T L, Li Z J. Aspects of biology of the Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) reared in a pond [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2001, **25**(5): 433—438 [张堂林, 李钟杰. 池养条件下中华绒螯蟹的若干生物学特征. 水生生物学报, 2001, **25**(5): 433—438]
- [10] Stoner A W. The influence of benthic macrophytes of the foraging behavior of pin fish *Lagodon rhomboids* (Linnaeus) [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 1982, **58**: 271—284
- [11] Dean R L, Connell J H. Marine invertebrates in an algal succession. III. Mechanisms linking habitat complexity with

- diversity [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 1987, **109**(3): 249—273
- [12] Maria B H, Charles H P, Mark E H. Does algal morphology affect amphipod susceptibility to fish predation [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 1990, **139**: 65—83
- [13] Moksnes P O, Pihl L, van Montfrans J. Predation on postlarvae and juveniles of the shore crab *Carcinus maenas*: importance of shelter, size and cannibalism [J]. *Marine Ecology Progress Series*, 1998, **166**: 211—225
- [14] Morgan S G. Impact of planktivorous fishes on dispersal, hatching, and morphology of estuarine crab larvae [J]. *Ecology*, 1990, **71**(5): 1639—1652
- [15] Menge B A, Sutherland J P. Community regulation: variation in disturbance, competition, and predation in relation to environmental stress and recruitment [J]. *The American Naturalist*, 1987, **130**(5): 351—369
- [16] Smith K N, Herrnkind W F. Predation on early juvenile spiny lobsters *Panulirus argus* (Latreille): influence of size and shelter [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 1992, **157**(1): 3—18
- [17] Gosselin L A, Qian P E. Early post-settlement mortality of an intertidal barnacle: a critical period for survival [J]. *Marine Ecology Progress Series*, 1996, **135**: 69—75
- [18] Zhang T L, Li Z J. Ecological observations on molting of juveniles of Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis* [J]. *Journal of Lake Sciences*, 1999, **11**(4): 333—337 [张堂林, 李钟杰. 中华绒螯蟹幼蟹蜕壳的生态学观察. 湖泊科学, 1999, **11**(4): 333—337]
- [19] Frederick S S, Kurtis K S. Feeding habits of red drum (*Sciaenops ocellatus*) in Galveston bay, Texas seasonal diet variation and predator-prey size relationships [J]. *Estuaries*, 2000, **23**(1): 128—139
- [20] Yang R B, Xie C X, Yang X F. Investigation of the component of the food for six piscivorous fishes in Liangzi Lake [J]. *Reservoir Fisheries*, 2002, **22**(3): 1—3 [杨瑞斌, 谢从新, 杨学芬. 梁子湖 6 种凶猛鱼食物组成的研究. 水利渔业, 2002, **22**(3): 1—3]
- [21] Ma T W, Xie C X. Feeding habits of adult *Channa argus* Cantor in Liangzi Lake [J]. *Reservoir Fisheries*, 1999, **19**(5): 1—3 [马陶武, 谢从新. 梁子湖乌鳢成鱼食性研究. 水利渔业, 1999, **19**(5): 1—3]
- [22] Li C W. Review on biology and culture of *Silurus meridionalis* Chen [J]. *Modern Fisheries Information*, 1998, **13**(6): 18—27 [李传武. 南方大口鲶(*Silurus meridionalis* Chen)生物学及其养殖技术概述. 现代渔业信息, 1998, **13**(6): 18—27]
- [23] Bernard L, Griswold, Richard A T. Food of yellow perch, white bass, freshwater drum, and channel catfish Sandusky bay, lake Erie [J]. *Ohio Journal of Science*, 1977, **77**(1): 43—47
- [24] Craig G L, Robert P R, Paul A. Diet and food assimilation by channel catfish and malaysian prawns in polyculture as determined by stomach content analysis and stable carbon isotope ratios [J]. *Journal of World Aquaculture Society*, 2007, **18**(4): 278—288
- [25] Persson L, Anderson J, Wahlstrom E, et al. Size-specific interactions in lake systems: predator gape limitation and prey growth rate and mortality [J]. *Ecology*, 1996, **77**(3): 900—911
- [26] Dorner H, Wagner A. Size-dependent predator-prey relationships between perch and their fish prey [J]. *The Journal of Fish Biology*, 2003, **62**(5): 1021—1032
- [27] Schael D M, Rudstam L G, Post J R. Gape limitation and prey selection in larval yellow perch (*Perca flavescens*), freshwater drum (*Aplodinotus grunniens*) and black crappie (*Pomoxis nigromaculatus*) [J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1991, **48**: 1919—1925
- [28] Liang X F. On the feeding behaviour of mandarin fish (*Siniperca chuatsi*) [J]. *Oceanologia Et Limnologia Sinica*, 1995, **26**(5): 119—125 [梁旭方. 鳊捕食行为的研究. 海洋与湖沼(增刊), 1995, **26**(5): 119—125]

ASSESSMENT OF PREDATION RISKS OF SEVEN PREDACIOUS FISH ON JUVENILE CHINESE MITTEN CRAB (*ERIOCHEIR SINENSIS*)

LUO Ming-Zhong^{1, 2}, ZHANG Tang-Lin¹, ZHANG Chao-Wen^{1, 2}, LI Zhong-Jie¹,
LIU Jia-Shou¹ and WU Xiao-Ping³

(1. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. College of Life Sciences and Food Engineering, Nanchang University, Nanchang 330031, China)

Abstract: The lake and pond cultures of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) are two main farming modes with high commercial benefits in the Changjiang River basin. Unfortunately, recapture rates of the released crabs are often considerably lower mainly due to the predation of predacious fish. In order to provide scientific bases for improving the survival of the crab stocked in lakes and establishing a crab-fish polyculture mode with high returns on investment, a series of predation experiments of indoor cement pools were conducted to assess predation risks on juvenile *E. sinensis* by *Cyprinus carpio*, *Siniperca chuatsi*, *Ictalurus punctatus*, *Pelteobagrus fulvidraco*, *Pelteobagrus vachelli*, *Silurus meridionalis* and *Channa argus*. The minimum mouth width of all predators was more than 17.9 mm and the experimental crabs were 9.5-12.7 mm in carapace width and 0.49-1.82 g in body weight. The predation risk of each predacious fish on the exposed juvenile crabs was measured in terms of daily capture rate and daily consumption rate. In the present study, *S. chuatsi* and *P. fulvidraco* were not found to forage on juvenile crabs, either hard- or soft-shelled, and thus showed no predation risks on the crab. *C. carpio* and *P. vachelli* were also not observed to prey on hard-shelled crabs in the 1-day-predation experiment, but to capture soft-shelled crabs in the 7-day-predation experiment, with low daily consumption rates (0.07% and 0.012%, respectively), which revealed that the two species were harmful to the crab and displayed relatively low predation risks. In all experiments, *C. argus*, *I. punctatus* and *S. meridionalis* can prey on both hard- and soft-shelled juvenile crabs and their daily consumption rates were 0.284%, 0.188% and 0.122%, respectively, which indicated that the three species possessed strong predation ability and show high predation risks on the crab. Based upon the results of this study, three suggestions were listed as follow: (1) *S. chuatsi* and the crab may be stocked together in ponds and lakes for improving fishery benefits; (2) It was necessary to limit the population size of *C. argus* and *S. meridionalis* to the minimum level and maintain low abundance of *C. carpio* and *P. vachelli* in the crab-culturing lakes in order to increase the survival rate of the stocked crab; (3) Any one of *C. argus*, *S. meridionalis*, *I. punctatus*, *P. vachelli* and *C. carpio* with some predation risks on the crab must be not cultured in the crab-culturing ponds.

Key words: Predacious fish; *Eriocheir sinensis*; Daily consumption rate; Daily capture success; Predation