河蟹过度放养对湖泊底栖动物群落的影响

许巧情[1,2] 王洪铸[1] 张世萍[2]
(1. 中国科学院水生生物研究所; 淡水生态与生物技术国家重点实验室, 武汉 430072;
2. 华中农业大学水产学院, 武汉 430070)

摘要: 通过对河蟹养殖的代表湖泊黄湖与参照水体即黄湖围栏外、天然捕捞湖泊龙感湖以及鱼类放养湖泊牛山湖的比较研究, 探讨河蟹过度放养对湖泊底栖动物群落结构和功能的影响。结果表明, 河蟹影响底栖动物群落的途径有两条, 一是直接摄食, 二是破坏沉水植物的间接作用。在蟹苗放养强度约 1kg• hm^{-2}的条件下, 底栖动物的种类多样性明显下降, 密度和生产量减少 60% 以上, 其中对小型螺类的影响尤甚。作者认为目前最适的养殖模式应是河蟹与非草食性鱼类的轮作经营。

关键词: 河蟹放养; 底栖动物; 现存量; 功能摄食类群; 生产量; 蟹鱼轮作
中图分类号: S968.25 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2003)01-0041-006

由于经济价值较高, 河蟹即中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis* Edwards)的湖泊养殖已发展成为一项支柱水产业, 但近年来普遍存在效益滑坡的现象。除苗种因素外, 过度放养导致食料资源枯竭很可能是最主要的原因。底栖动物是河蟹的重要食料[1], 但迄今尚无河蟹养殖对底栖动物群落影响的系统报道。本文将河蟹养殖的代表湖泊黄湖与参照水体即黄湖围栏外、天然捕捞湖泊龙感湖以及鱼类放养湖泊牛山湖进行比较研究, 探讨河蟹放养对底栖动物的胁迫作用, 以期为河蟹养殖业的可持续发展提供科学依据。

1 湖泊概况与工作方法

黄湖(E116°23′—116°32′, N29°56′—30°05′)位于安徽省宿松县, 通过网栏与其上游的大官湖相通, 面积 11860hm^2。河蟹放养始于 1992 年, 多年平均放养量 0.9kg• hm^{-2}。产量曾于 1994 和 1997 年达到高峰, 单产 17—21kg• hm^{-2}, 约占总产的 80%。近年来虽然河蟹放养量变化不大, 但产量急剧下降, 仅 3kg• hm^{-2}, 占总产的 2%。1997—1998 年鱼类单产 30—170kg• hm^{-2}, 其中滤食性鱼类占 55%—75%, 草食性鱼类占 9—11%[2]。

龙感湖(E115°59′—116°18′, N29°51′—30°05′)为湖北省黄梅县与安徽省宿松县的界湖, 经大官湖与黄湖相通, 面积为 25200hm^2。黄梅境内以天然捕捞为主, 几乎不放养, 而宿松则以围栏养殖为主。由于采样点设在黄梅的捕捞区和宿松的航道区, 故本文视龙感湖为天然捕捞湖泊。1997—1999 年的捕捞鱼类单产 50—80kg• hm^{-2}, 主要为鲤、鲫及 鱼, 前两者占 35%—40%, 后者 25%—30%。

牛山湖(E114°27′—38′, N30°16′—22′)位于湖北省武汉市江夏区, 为梁子湖的子湖, 面积 3800hm^2。以放养鱼类为主, 1996—1999 年单产 100—160kg• hm^{-2}, 其中草食性鱼类占 30%—75%, 滤食性鱼类占 20%—55%[2]。

黄湖的河蟹养殖区设置 4 个采样点, 围栏外设一参照点。龙感湖和牛山湖分别设置 6 个点(图 1)。采集时间为 1998 年 4 和 11 月, 以及 1999 年 5 和 7 月。

黄湖养殖区、围栏外, 以及龙感湖、牛山湖主要的环境参数分别为: 水深, 3.0±0.4(均值±标准误), 2.0±0.5, 3.0±0.3, 3.5±0.2m; 透明度, 82±

收稿日期: 2001-04-29; 修订日期: 2001-05-23
基金项目: 中国科学院重大项目(KZCX1-SW-12); 中国科学院水生所创新领域前沿项目资助
作者简介: 许巧情(1976—), 女, 湖北省黄梅县人; 硕士; 研究方向: 底栖动物。
野外采集承蒙黄梅县李国华、宿松县水产局陈正坤等同志大力支持, 谢志才副研究员参加了采样工作, 数据处理得到张堂林、解绶启副研究员的帮助, 采样图绘制得到郑英高级实验师的帮助, 在此谨致谢忱
通讯作者: 王洪铸

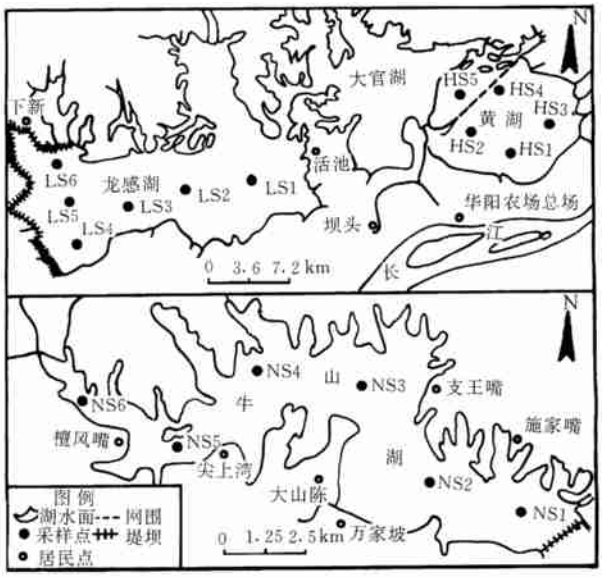


图 1 黄湖(HS1-5)、龙感湖(LS1-6)和牛山湖(NS1-6)采样点分布

Fig. 1 Distribution of sampling sites in Huanghu Lake (HS1-5), Longganhu Lake (LS1-6) and Niushanhu Lake (NS1-6)

23, 31±11, 93±12, 238±11cm; 水温, 26.0±1.3, 23.3±2.7, 25.9±0.8, 22.7±0.9℃; 总磷, 0.06±0.01, 0.11±0.03, 0.08±0.01, 0.04±0.004mg·L^{-1}; 总氮, 1.06±0.09, 1.12±0.27, 1.00±0.06, 0.65±0.05mg·L^{-1}; 沉水植物生物量(湿重), 0±0, 0.04±0.02, 0.30±0.21, 1.02±0.56kg·m^{-2}; 浮叶植物生物量(湿重) 1.66±1.07, 0.02±0.02, 0.02±0.01, 0±0kg·m^{-2}。

底栖动物采集工具系 1/16m^2 的彼得生采泥器。泥样经 16 目·cm^{-1}的铜筛筛洗后, 置于解剖盘中将动物捡出, 并用 10% 的福尔马林固定, 然后进行种类鉴定、计数。湿重的测定方法是: 先用滤纸吸干水份, 然后在电子天平或纽力天平上称量。生产量的估算依据已知的 P/B 系数或相近种类的值[3—5]。功能摄食类群的划分主要参考有关资料[6,7]。如果某动物有几种可能的归属, 则均分到相关类群; 如无资料, 则解剖分析其食性。多重比较采用邓肯多倍距方法(Duncan's multiple range test & critical ranges)。

2 结果

2.1 对种类组成的影响

黄湖养殖区与对照水体底栖动物种类数与优势种类(以现存量占 8% 以上为准)的比较列于表 1。可以看出, 黄湖养殖区的总种数只有龙感湖和牛山湖的 50% —75%。黄湖围栏外一站的种类数, 明显高于养殖区内各站的种类数(均值 10 个), 并且与其总数相差无几。至于优势种类, 黄湖养殖区小型沼螺的优势度明显小于对照湖泊, 尤其是牛山湖。多毛类一种即多鳃齿吻沙蚕(*Nephthys polybranchia*)是龙感湖的优势种, 在黄湖却没有发现。

表 1 河蟹养殖湖泊黄湖与对照水体底栖动物种类组成的比较

Tab 1 Comparison of zoobenthic taxa in the mitterr crabr stocking lake, Huanghu Lake, and in the reference waters

水体 Waters	种类数 Taxa number												密度优势种 Density dominants	生物量优势种 Biomass dominants
	环节动物 Annelida				软体动物 Mollusca			昆虫 Insecta			其他 Others	合计 Total		
	仙女虫科	颤蚓科	其他	小计	腹足类	双壳类	小计	摇蚊类	其他	小计				
黄湖养殖区	1	7	0	8	3	1	4	6	0	6	0	18	尾鳃蚓(29), 盘丝蚓(12), 管水蚓(12), 隐摇蚊(8)	环棱螺(63), 契蚌(18), 沼螺(9)
黄湖围栏外	0	5	1	6	2	1	3	6	0	6	0	15	尾鳃蚓(27), 环棱螺(22), 管水蚓(20)	环棱螺(97)
龙感湖	3	10	2	15	3	1	4	11	1	12	2	33	尾鳃蚓(16), 沙蚕(16), 涵螺(11), 管水蚓(10)	环棱螺(53), 涵螺(26), 沼螺(17)
牛山湖	1	5	1	7	5	1	6	9	1	10	1	24	沼螺(49), 异腹鳃摇蚊(23)	沼螺(84), 环棱螺(11)

注: 1. 学名: 仙女虫科, Naididae; 颤蚓科, Tubificidae; 腹足纲, Gastropoda; 双壳纲, Bivalvia; 摇蚊科, Chironomidae; 齿吻沙蚕, *Nephthys;* 管水蚓, *Aulodrilus;* 盘丝蚓, *Bothrioneurum;* 尾鳃蚓, *Branchiura;* 环棱螺, *Bellamya;* 沼螺, *Parafossarulus;* 涵螺, *Alocinma;* 契蚌, *Cuneopsis;* 隐摇蚊, *Cryptochironomus;* 异腹鳃摇蚊, *Einfeldia*。2. 括号内数据为优势度(%)。

2.2　对动物大小的影响

各类群及相同种类大小的比较见图 2。黄湖养殖区螺类的个体明显大于龙感湖和牛山湖, 约高 1 倍, 重 5—15 倍, 而与黄湖的围栏外相比, 螺类则偏小。黄湖养殖区环节动物的个体显著小于牛山湖, 而水生昆虫则显著大于黄湖围栏外和龙感湖。就具体种类而言, 黄湖养殖区的环棱螺和摇蚊(*chironomus*)显著比对照水体大, 而前突摇蚊(*procladius*) 明显比牛山湖小, 其他种类间的差异则不显著。

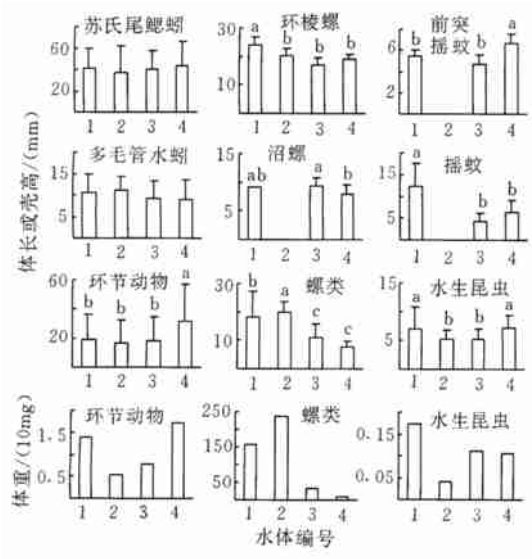


图 2　河蟹养殖湖泊黄湖与对照湖泊底栖动物体长或壳高($\bar{x}\pm SD$)以及平均体重(湿重或带壳湿重)的比较。字母不相同的表示差异显著($p<0.05$)

Fig. 2　Comparison of body length or shell height ($\bar{x}\pm SD$) and mean wet weight (with shells in gastropods) of zoobenthos excluding bivalves in the mitten crab stocking lake, Huanghu Lake, and in the reference waters.

1—黄湖养殖区 stocked zone in Huanghu Lake; 2—黄湖围栏外 unstocked vicinity of Huanghu Lake; 3—龙感湖 Longganhu Lake; 4—牛山湖 Niushanhu Lake

2.3　对现存量的影响

密度和生物量的比较见图 3。黄湖养殖区底栖动物的生物量显著小于围栏外; 密度为 140ind•m^{-2}, 仅及其他水体的 25%—40%。虽然密度的差异不显著, 但考虑到野外工作的特殊性以及均值差别之大, 可以认为这些差异仍具有相当的意义。黄湖养殖区螺类的生物量不到围栏外的 10%, 环节动物和水生昆虫的密度多小于对照水体。

2.4　对功能摄食类群的影响

功能摄食类群种类数以及密度和生物量的比较见图 4。黄湖养殖区刮食者的生物量显著小于围栏外; 刮食者的密度是其他水体的 5%—25%。此外, 黄湖养殖区过滤收集者密度和生物量不到龙感湖的 20%, 直接收集者的密度是对照水体的 40%—55%, 捕食者亦少于对照水体。在龙感湖, 多毛类等撕食者较多。其他方面的差别不大。

2.5　对生产量的影响

生产量(湿重或带壳湿重)的比较列于表 2。黄湖养殖区底栖动物的生产量为 33g•m^{-2}, 仅及对照水体的 25%—40%。至于各类群, 黄湖养殖区的螺类生产量远小于对照水体, 昆虫的生产量小于牛山湖但大于其他水体, 环节动物的生产量小于龙感湖但大于其他水体。

表 2　河蟹养殖湖泊黄湖与对照水体底栖动物(不包括双壳类)生产量的比较

Tab. 2　Comparison of productions (g•m^{-2}) of zoobenthos excluding bivalves in the mitten crab stocking lake, Huanghu Lake, and in the reference waters

类群	黄湖养殖区	黄湖围栏外	龙感湖	牛山湖
环节动物	7.1	5.1	14.5	3.0
螺类	25.7	135.4	70.6	104.1
水生昆虫	0.2	0.1	0.1	1.0
底栖动物(不含双壳类)	33.0	140.6	85.2	108.2

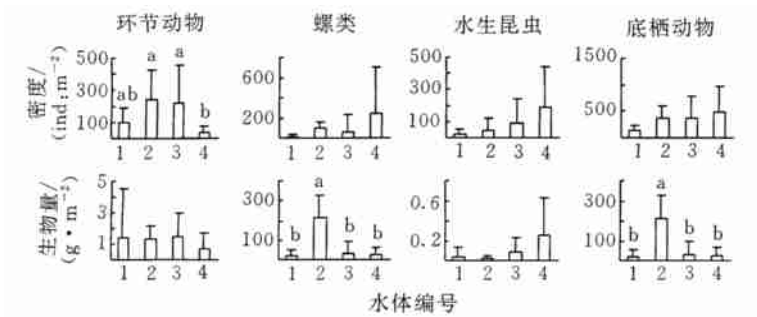


图 3　河蟹养殖湖泊黄湖与对照水体底栖动物(不含双壳类)密度和生物量(湿重或带壳湿重)($\bar{x}\pm SD$)的比较。水体编号及字母含义同图 2

Fig. 3　Comparison of density and wet biomass (with shells in gastropods) ($\bar{x}\pm SD$) of zoobenthos excluding bivalves in the mitten crab stocking lake, Huanghu Lake, and in the reference waters

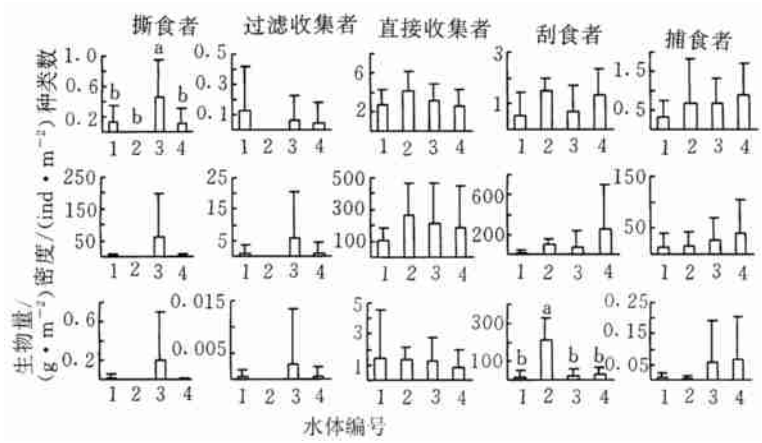


图 4 河蟹养殖湖泊黄湖及其对照水体底栖动物(不含双壳类)各功能摄食类群种类数,密度和生物量(湿重或带壳湿重)($\bar{x}\pm SD$)的比较。水体编号及字母含义同图2

Fig. 4 Comparison of taxa numbers, density and wet biomass (with shells in gastropods) ($\bar{x}\pm SD$) of zoobenthic functional feeding groups excluding bivalves in the mitterr-crabr-stocking lake, Huanghu Lake, and in the reference waters

3 讨论与结论

黄湖围栏外的采样点几乎无沉水植物,与黄湖养殖区的自然环境比较接近,主要区别是围栏外底栖动物被摄食的压力较小。两个水体虽然均以大型刮食者环棱螺为优势种类,但围栏外的个体大于养殖区的,并且生物量和生产量分别为后者的约 10 倍和 4 倍。由于养殖区的主养鱼类是鲢及鳙,对底栖动物的直接影响比较小,故可以推断两者的区别主要是由河蟹直接摄食螺类而造成的。这与堵南山关于河蟹喜食软体动物的报道一致。

龙感湖和黄湖均属华阳河水系,其间有水道相连,水位变动一致,水深和底质相同,因此它们之间生态差异的主要原因是利用方式的不同。与黄湖养殖区相比,龙感湖的生产量约大1.5倍,这主要是因为前者的小型螺类较多,其年 P/B 系数一般为4—5,而后者主要为大型螺类,生产力甚低,年 P/B 系数仅为0.5—1。小型螺类与沉水植物密切相关,因为沉水植物不仅是小型螺类的栖息和繁殖场所,而且它们的细枝嫩叶以及附着藻类是螺类的主要食料[8—10]。相反地,环棱螺等大型螺类与沉水植物则呈负相关,因为它们的成体皆在底部生活,以底部着生的藻类等为食。虽然 1998—1999 连续两年的洪水对沉水植物的生长有一定的影响,但龙感湖的沉水植物并没有灭绝,在黄梅区域的某些点生物量还很高。而黄湖养殖区的沉水植物则消失,取而代之的是泛滥成灾的浮叶植物——菱。由于黄湖养殖区的草食性鱼类较少,故推断河蟹过度放养是黄湖沉水植物消失的主要原因,且有报道表明河蟹也摄食沉水植物[11]。因此,河蟹除直接摄食软体动物外,还通过破坏沉水植物间接地影响它们的生存。

考虑到黄湖养殖区有一定量的草食性鱼类,鱼类放养湖泊牛山湖被选作另一个参照湖泊,以提高比较的可信度。牛山湖的鱼产量高于黄湖养殖区,且草食性鱼类占较大比重,故鱼类对沉水植物的影响要大于黄湖养殖区。除水略深外,牛山湖的自然条件以及近年来的水位变动情况均与黄湖类似。与黄湖养殖区相比,牛山湖的刮食者显著较多,密度约大 15 倍,底栖动物总生产量大 2 倍多。尽管近年来由于洪水和草鱼放养增加等原因,牛山湖沉水植物也有较大幅度的衰退,但仍保持一定的生物量,使螺类等刮食者拥有较适的生境。这一比较进一步印证了河蟹对底栖动物的间接作用途径。

黄湖养殖区的水生昆虫少于牛山湖和龙感湖。一方面可能是因为沉水植物的灭绝。陈其羽等发现湖泊中大部分水生昆虫的密度随水草的增加而增大。另一方面则可能是河蟹的摄食。陈炳良等曾在河蟹胃含物中发现昆虫[12],其出现率为12%。龙感湖有个体较大的多毛类,而黄湖没有,这似乎也与河蟹放养有关。

综上所述,河蟹影响底栖动物群落的途径有两条,一是直接摄食,二是破坏沉水植物的间接作用。黄湖的河蟹放养强度约 $1kg\cdot hm^{-2}$,底栖动物的种类多样性明显下降,密度和生产量较对照水体减少60%以上,其中对小型螺类的影响尤甚。

全国的湖泊河蟹养殖企业大多存在不同程度的资源过度利用问题,黄湖是一个典型代表。最初几年由于资源丰富,河蟹产量甚高。受短期经济利益

的驱使,经营者随后加大投放量,而资源却日益枯竭,因此效益迅速滑坡,出现严重亏损。由于经营者一时还认识不到亏损的真正原因是资源的过度利用,于是为挽回损失,继续加大投放,但亏损却成倍扩大,如此反复,陷入投资、亏损、再投资、再亏损的恶性循环的怪圈。由于河蟹渔产潜力尚无成熟的估算方法,蟹苗的合理放养量至今难以确定。为达到持续利用资源、长期保持高效益的目的,目前最适的养殖方式应是蟹鱼轮作经营,即面积小的湖泊或湖汊采用河蟹和滤食性鱼类隔年交替放养的模式,面积较大的湖泊可以应用分室对策,即部分区域养殖河蟹,部分区域养殖非草食性鱼类,并逐年轮换。

参考文献:

[1] Du N S. Crustaceology (Volume 2.) [M]. Beijing: Science Press, 1993,744. [堵南山. 甲壳动物学(下册). 北京: 科学出版社, 1993,744]

[2] Cui Y. B. Fisheries and conservation of environment in the Yangtze Lakes [M]. Beijing: Science Press, 2003 (in press). [崔奕波. 长江流域湖泊渔业与资源环境保护[M]. 北京: 科学出版社, 2003(刊印中)]

[3] Yan Y J. Liang Y L, Wang H Z. Production of Gastropods in Lake Biandantang I. Annual production of *Bellamya aeruginosa* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1999, **23**(4): 346—351. [阎云君, 梁彦龄, 王洪铸. 扁担塘螺类生产力的研究Ⅰ. 铜锈环棱螺的周年生产量[J]. 水生生物学报, 1999, **23**(4): 346—351]

[4] Yan Y J, Liang Y L, Wang H Z. Production of Gastropods in Lake Biandantang Ⅱ. Annual production of *Parafossarulus striatulus* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2001, **25**(1): 36—41. [阎云君, 梁彦龄, 王洪铸. 扁担塘螺类生产力的研究Ⅱ. 纹沼螺的周年生产量[J]. 水生生物学报, 2001, **25**(1): 36—41]

[5] Chen Q Y. A Preliminary study on population dynamics and annual production of *Bellamya aeruginosa* (Reeve) in Lake Dong Hu, Wuhan [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1987, **11**(2): 117—130. [陈其羽. 武汉东湖铜锈环棱螺的种群变动和生产量的初步观察[J]. 水生生物学报, 1987, **11**(2): 117—130]

[6] Liu J K. Advanced Hydrobiology [M]. Beijing: Science Press, 1999, 241—259. [刘建康. 高级水生生物学[M], 北京: 科学出版社, 1999, 241—259]

[7] Morse J C, Yang L F, Tian L X. Aquatic insects of China useful for monitoring water quality [M]. Nanjing: Hohai University Press, 1994, 1—570

[8] Chen Q Y, Xie C X, Liang Y L, et al. Preliminary study on population densities and seasonal fluctuation of zoobenthos in Wangtian Lake, Hubei Province [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica* 1982, **13**(1): 78—86. [陈其羽, 谢翠娴, 梁彦龄, 等. 望天湖底栖动物种群密度与季节变动的初步观察[J]. 海洋与湖沼, 1982, **13**(1): 78—86]

[9] Wu T H. Preliminary study on zoobenthic resource and its seasonal fluctuation in Baoan Lake [J]. Journal of Lake Sciences, 1989, **1**(1): 71—78. [吴天惠. 保安湖底栖动物资源及季节动态的研究[J]. 湖泊科学, 1989, **1**(1): 71—78]

[10] Berg, M S, Coops H, Noordhuis R, et al. Macroinvertebrate communities in relation to submerged vegetation in two *Chara*-dominated lakes [J]. *Hydrobiologia*, 1997, **342/343**: 143—150

[11] Wen Z R, Liu H J, Wu L H, et al. Food preference and consumption of Chinese Mitten Crab for some aquatic Macrophytes [J]. *Reservoir Fisheries*, 2000, **20**(1): 16—17, 53[温周瑞, 刘慧集, 吴琅虎, 等. 河蟹对几种水草的选择性与摄食量的研究[J]. 水利渔业, 2000, **20**(1): 16—17, 53]

[12] Chen B L, Du N S, Ye H F. Analysis on the feeding habit of the Mitten Crab *Eriocheir sinensi*. Fisheries Science & Technology Information, 1989, **16**(1): 2—5. [陈炳良、堵南山, 叶鸿发. 中华绒螯蟹的食性分析[J]. 水产科技情报, 1989, **16**(1): 2—5]

THE IMPACT OF OVERSTOCKING OF MITTEN CRAB, *ERIOCHEIR SINENSIS*, ON LACUSTRINE ZOOBENTHIC COMMUNITY

XU Qiao-qing[1,2], WANG Hong-zhu[1] and ZHANG Shi-ping[2]

(1. *Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences; State key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology Wuhan* 430072;
2. *Fishery college, Huazhong Agricultural University, Wuhan* 430070)

Abstract: To examine the impact of mitten crabs (*Eriocheir sinensis*) on zoobenthic community, a comparative study was conducted along Changjiang River in 1998—1999 between crab-overstocking-lake, Huanghu Lake, and the reference waters, *viz*. unstocked vicinity of Huanghu Lake, natural-fishing-lake, Longganhu Lake, and fish-stocking-lake, Niushanhu Lake. The parameters include species composition, body size, standing crop, functional feeding group and production. The results showed that the species diversity of Huanghu was substantially lower than that of the references. Due to the extinction of submerged macrophytes, small scrappers on the plants were greatly decreased in Huanghu, and subsequently, big gastropods, *Bellamya*, feeding on the bottom, became dominant. Under the stocking density of about 1kg·hm^{-2} of crab larvae or juveniles, zoobenthic density and production were reduced by more than 60%. Inferentially, zoobenthos are affected by mitten crabs in two ways, *i. e.* direct feeding on benthos, and indirect effect through damage of submerged macrophytes. Considering that the method of capacity estimation of mitten crabs has not yet been established, the authors are of the opinion that mitten crabs and planktonivorous fishes should be in rotation of stocking for the purpose of sustainable utilization of natural resources.

Key words: Mitten-crab-stocking; Zoobenthos; Standing crop; Functional feeding group; Production; Rotation of Stocking Crab and fish