

长江中游三个湖泊中华绒螯蟹生长变化研究

曾文涛^{1,2}, 刘家寿¹, 张堂林¹, 叶少文¹, 李钟杰¹

(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)

摘要: 选择长江中游的牛山湖、武湖和东汤逊湖三个典型的河蟹养殖湖区作为研究地点, 从 2009 年 2 月起逐月调查湖泊放流河蟹体重和壳宽的生长变化, 并同时记录投喂管理情况和收集试验湖区的水化特征及底栖生物资源状况。调查发现, 河蟹在 4、5、6 月特定生长率最大, 此时为河蟹生长的高峰期。在三个湖区间, 生长有显著性差异, 在收获季节, 武湖河蟹的平均壳宽和体重均显著性大于另外两个湖区 ($P < 0.05$), 牛山湖和东汤逊湖之间则无显著性的差异 ($P > 0.05$); 这种情形可能主要与为湖泊的天然饵料资源的种类和丰度有关。

关键词: 中华绒螯蟹 (*Eriocheir sinensis*); 湖泊放流; 生长; 牛山湖; 东汤逊湖; 武湖

中图分类号: S966.16

文献标识码: A

文章编号: 1000-6907-(2012)02-0047-08

Growth changes of stocked Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) in lakes along the middle reach of the Yangtze River

ZENG Wen-tao^{1,2}, LIU Jia-shou¹, ZHANG Tang-lin¹, YE Shao-wen¹, LI Zhong-jie¹

(1. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences. Wuhan 430072;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences. Beijing 100049)

Abstract: Niushan Lake, Wuhu Lake and East Tangxun Lake along the middle reach of Yangtze River were selected as research sites. During the period of February to October in 2009, we investigated the weight and carapace width of stocked Chinese mitten crab in these three waters monthly, and collected the data of feeding management, the characters of water quality and density and biomass of zoobenthos in the three lakes. The results showed that April, May, Jun are very critical period for growth of Chinese mitten crab and with most quickly growing. There were significant differences among the three waters on growth. At harvest time, mean weight and carapace of the stocked crabs were higher in Wuhu Lake than the other two waters ($P < 0.05$), and there were no significant differences between the Niushan Lake and the East Tangxun Lake ($P > 0.05$). Growth may be affected by the natural food resource.

Key words: *Eriocheir sinensis*; lake stocking; growth; Niushan Lake; East TangxunLake; Wuhu Lake

自上世纪 70 年代末中华绒螯蟹(通称河蟹)人工繁殖取得突破以来,河蟹的人工养殖开始迅速发展,尤其在长江中、下游地区发展尤为迅猛。2009 年全国河蟹总产量 57.42 万吨,占全国淡水养殖总产量的 2.59%^[1]。在各种水体中,湖泊是河蟹放养最适宜的水体。然而,近年来湖泊河蟹的过度放养和不科学的渔业管理导致了湖泊饵料资源匮乏、生物多样性减少、水质下降,最终导致河蟹成品规格和产量的降低^[2-3]。因此,研究河蟹在湖泊中的

生长规律及放养容量不仅有益于保障河蟹养殖的经济效益和河蟹渔业的可持续发展,而且对湖泊生态环境的保护具有重要意义。虽然湖泊河蟹放养容量^[4-5]及生长规律的研究也有报道^[6-10],但是,探讨河蟹生长特征与湖泊水体理化环境、生物资源状况和投喂管理之间关系的研究鲜见报道。

本实验以位于长江中游的牛山湖、武湖和东汤逊湖为研究地点,比较了人工放养的河蟹在三个湖区的生长特征,分析了水体主要理化因子和饵料生

收稿日期: 2010-09-30; 修回日期: 2011-1-14

资助项目: 国家科技支撑计划(编号 2007BAD37B03); 国家自然科学基金(批准号 30830025 和 30900182); 中国科学院方向课题(编号 KSCX2-YW-N-47-06); 湖北省自然科学基金(编号 2009CDA108)

第一作者简介: 曾文涛,男,湖北黄冈人,博士研究生,主要从事渔业生态和淡水生态学研究

通讯作者: 李钟杰. E-mail: zhongjie@ihb.ac.cn

物对河蟹生长的影响,探讨了人工投喂在湖泊河蟹放养中是否科学的问题,旨在深入探知放流河蟹在湖泊中的生长规律,为建立湖泊河蟹健康、高效和环保的放养技术模式积累科学资料。

1 材料与方法

1.1 研究地点

牛山湖(114°31′-114°35′E, 30°17′-30°20′N)位于长江南岸武汉市江夏区东约10 km处。湖泊面积3 800 hm²,湖长15.8 km,平均湖宽3.0 km,湖岸线长104.5 km。本实验的调查湖区为西片水域,面积1 750 hm²,水草生物量为2 650 g/m²(2009年5月和10月份两次调查的平均值)。浮游植物密度1.14 × 10⁶ ind/L,生物量0.184 mg/L;浮游动物密度8 126 ind/L,生物量0.589 mg/L^[11]。主要功能是渔业、灌溉和调蓄。

武湖(114°27′-114°32′E, 30°46′-30°50′N)位于长江北岸江汉平原东部边缘部位的武汉市黄陂

区境内。湖区面积2 000 hm²,长8.8 km,平均宽度2.4 km。水生植被覆盖率30%~40%^[12]。该湖以渔业养殖为主,兼有蓄洪、灌溉等功能。

东汤逊湖(114°18′-114°22′E, 30°23′-30°27′N)位于长江南岸、武汉市江夏区北约7 km处。湖泊面积1 000 hm²,湖长5.8 km,平均湖宽1.7 km,湖岸线长32.5 km。浮游植物密度4.32 × 10⁶ ind/L,生物量0.636 mg/L;浮游动物密度8 546 ind/L,生物量密度0.524 mg/L;底栖无脊椎动物密度685 ind/L,生物量38.3 mg/L^[11]。调查围栏面积134 hm²。

1.2 试验湖区水体理化特性和生物资源

2009年10月份调查了牛山湖西区、武湖、东汤逊湖围栏3个试验湖泊(区)的水体理化特性与叶绿素a含量(表1)。三个湖泊底栖动物数据为2006年至2007年期四次湖泊调查的平均值如表2所示。

表1 三个湖泊理化特征与叶绿素a含量(平均值±标准差)

Table 1 Data on physico-chemical parameters and concentration of Chlorophyll a in target lakes (mean ± SD)

	牛山湖	武湖	东汤逊湖
水深/m	2.73 ± 0.19	1.73 ± 0.19	2.74 ± 0.23
透明度/m	2.16 ± 0.59	见底	0.62 ± 0.21
pH	8.32 ± 0.08	7.90 ± 0.20	8.85 ± 0.04
电导率/(μs/cm)	202.67 ± 0.58	237.40 ± 32.82	398.00 ± 8.49
碱度/(以CaCO ₃ 计, mg/L)*	54.58 ± 10.63	98.09 ± 4.02	76.45 ± 4.63
总硬度/(德国度)*	4.38 ± 0.25	7.04 ± 0.27	5.63 ± 0.19
溶氧/(mg/L)	11.55 ± 0.12	9.53 ± 0.83	11.7 ± 0.23
氨氮/(mg/L)	0.17 ± 0.02	0.37 ± 0.08	0.58 ± 0.36
化学需氧量COD/(mg/l)	4.67 ± 0.20	4.37 ± 0.81	5.73 ± 0.44
总磷/(mg/L)	0.02 ± 0.006	0.04 ± 0.03	0.10 ± 0.02
总氮/(mg/L)	0.53 ± 0.03	0.64 ± 0.33	1.72 ± 0.36
叶绿素a/(μg/L)	3.2 ± 0.45	3.63 ± 2.16	35.37 ± 14.46

*为2006年至2007年湖泊调查时所检测值的平均值

表2 三个湖泊底栖动物密度和生物量(密度 ind/m², 生物量 g/m²; 平均值±标准差)

Table 2 The density and biomass of zoobenthos in target lakes (density ind/m², biomass g/m²; mean ± SD)

	牛山湖		武湖		东汤逊湖	
	密度	生物量	密度	生物量	密度	生物量
寡毛类	30 ± 16	0.58 ± 0.38	58 ± 24	1.08 ± 0.69	220 ± 101	0.98 ± 0.64
水生昆虫	79 ± 18	0.34 ± 0.19	373 ± 29	3.00 ± 1.69	256 ± 125	1.01 ± 0.53
软体动物	33 ± 15	1.89 ± 0.78	50 ± 19	3.41 ± 1.68	13 ± 3	32.19 ± 7.84
其它	2 ± 1	1.21 ± 0.72	5 ± 1	0.05 ± 0.01	2 ± 1	0.03 ± 0.02
合计	144 ± 24	4.01 ± 0.58	485 ± 43	7.54 ± 2.93	491 ± 69	34.19 ± 7.29

1.3 蟹种来源与放养量

三个研究水体的蟹种均来源于江苏省南通市人工繁殖基地, 其规格及放养时间等参数见表3。牛山湖从2月8日至2月21日每日分别在湖区的8

个放流点(均匀的分布于湖区)均匀放流, 武湖的放流时间为2月10日至2月17日, 每日将苗种均匀的分散放流在湖泊的各个湖区, 东汤逊湖在2月8日一次性将2 250 kg 苗种放流到围栏中。

表3 三个湖泊蟹种放养时间、规格、放养量和性比
Table.3 The stocking time, individual size, stocking rate and sex ratio of the crab seedlings in target lakes

湖区	面积/hm ²	放养时间	苗种平均体重/g	放养量/ind	放养密度/(ind/hm ⁻²)	性比(♂:♀)
牛山湖西区	1750	2009年2月	5.88 ± 3.66	2515735	1438	0.87
武湖	2000	2009年2月	4.65 ± 2.89	3236236	1618	1.30
东汤逊湖围栏	134	2009年2月	7.13 ± 4.52	315568	2355	0.89

1.4 饵料投喂

牛山湖西片湖区: 2009年1月20日至4月5日共投放螺类410 000 kg; 3月31日起开始隔日投喂白鲢和小型鱼类碎鱼块, 至7月8日停止, 共投喂32 639 kg; 7月28日开始每日投喂玉米, 至10月6日停止, 共投喂311 305 kg。

武湖: 2009年2月25日至3月11日共投放螺类600 000 kg; 8月16日开始每日投喂玉米, 至10月6日停止, 共投喂86 930 kg。

东汤逊湖围栏: 2009年2月14日一次性投放螺类21 830 kg; 4月1日开始隔日投喂各种饵料鱼, 至6月30日停止, 共投喂1 071 kg; 6月8日开始每日投喂土豆, 至8月29日停止, 共投喂6 436 kg; 8月9日开始每日投喂玉米, 至9月30日停止, 共投喂7 644 kg。

1.5 河蟹采样

牛山湖河蟹采样日期为2009年2月9日、5月24日、6月25日、8月11日、9月11日和10月14日; 武湖的采样日期为2009年2月8日、4月27日、5月31日、7月5日、8月6日、9月9日和10月13日; 东汤逊湖围栏的采样日期为2009年2月9日、4月28日、6月1日、7月6日、8月7日、9月12日和10月11日。每次采样前提前一天与湖泊管理处联系, 让其帮助在湖泊的固定地点内放置两条地笼, 采样当日直接从地笼中获取河蟹, 上岸后用游标卡尺测量壳宽(精确至0.01 mm), 用电子秤测量体重(精确至0.1 g), 并且鉴定性别, 活体测量后立即放湖。

1.6 数据处理

河蟹的壳宽(CW)和体重(W)的特定生长率、体重大小变动系数(CV)和丰满度(CF)计算公式计算如下:

$$SGR_{CW} = 1000(\ln CW_t - \ln CW_0) / t$$

$$SGR_W = 1000(\ln W_t - \ln W_0) / t$$

$$CV = 100\% SD/W$$

$$CF = 1000 W/CW^3$$

\ln , 自然对数; CW_0 采样起始时河蟹的壳宽, CW_t 为 t 天后河蟹的壳宽; W_0 采样起始时河蟹的体重, W_t 为 t 天后河蟹的体重, CW 和 W 为 t 天内的平均壳宽和体重, t 采样期的间隔天数。

三个湖区河蟹壳宽、体重及丰满度之间的比较用方差分析。各变量经 Kolmogorov - Smirnov 和 Levene's F 检验满足正态分布且方差同质, 单因素方差分析(ANOVA) 差异显著后, 各湖区间差异用 Tukey HSD 检验, 当 $P < 0.05$ 时, 平均值间的差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 河蟹壳宽和体重的生长动态

从2009年2月至10月对牛山湖、武湖和东汤逊湖三个实验水体的二龄河蟹逐月采样, 所得的体重和壳宽生长的月变化情况见图1(时间为月)。体重和壳宽的特定生长率见表4和表5, 2月至10月份大小变动系数和丰满度见表6和表7, 表8记录了每次取样的样本量和雌雄个体的性别构成。

三个湖区的特定生长率的比较, 牛山湖河蟹体重特定生长率在6月份(5月-7月)、7月份(7月-8月)和8月份(8月-9月)均大于武湖和东汤逊湖。武湖河蟹除9月份(9月-10)之外, 其余各月份的体重特定生长率均大于东汤逊湖, 东汤逊湖河蟹在10月份的特定生长率大于牛山湖和武湖(表4)。除蟹种外, 武湖河蟹的体重大小变动系数均小于牛山湖和东汤逊湖(表6)。东汤逊湖河蟹的丰满度(除10月外)均大于牛山湖和武湖(表7)。

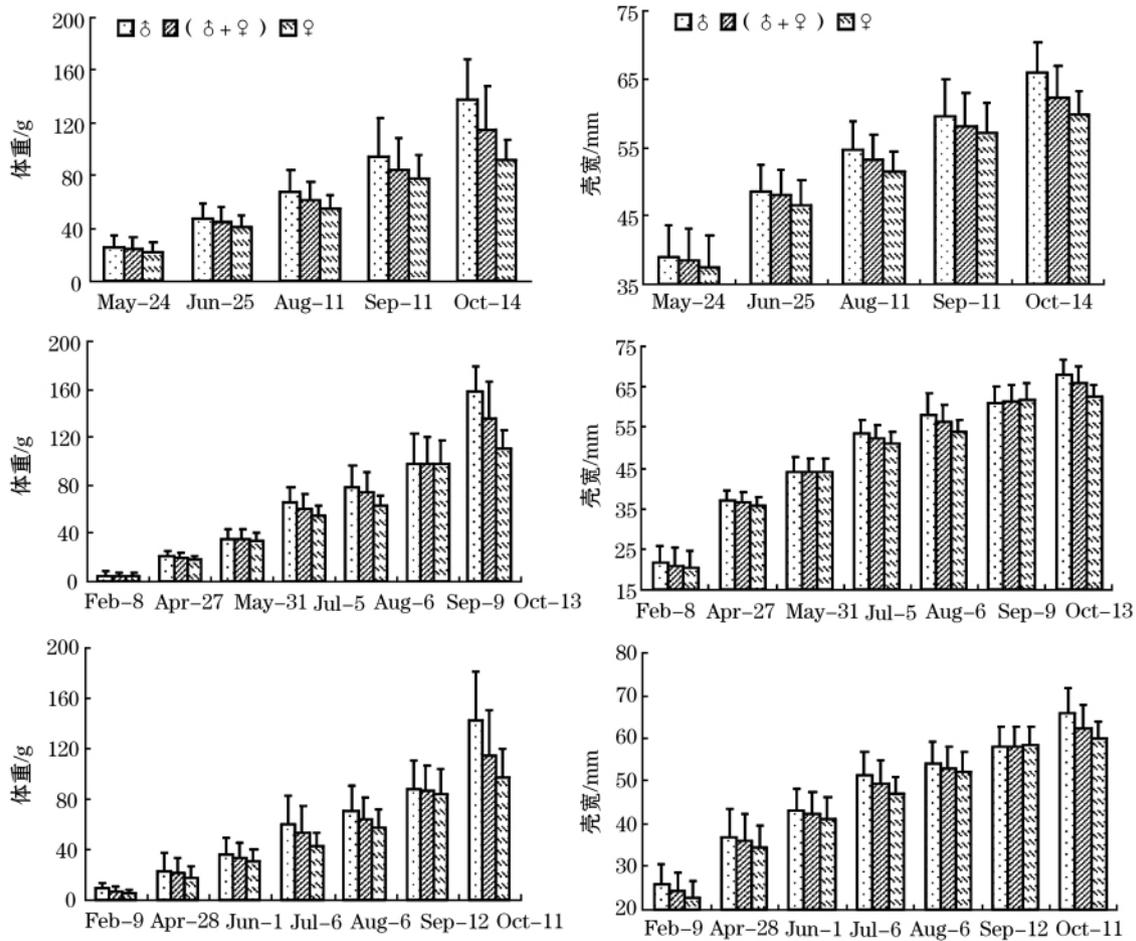


图1 三个湖泊放流河蟹体重和壳宽的月变化(A和B:牛山湖、C和D:武湖、E和F:东汤逊湖)(平均值±标准差)

Fig.1 Monthly changes in body weight and carapace width of stocked Chinese mitten crab in 2009(A&B: in Niushan Lake, C&D: in Wuhu Lake, E&F: in East Tangxun Lake) (mean ± SD)

表4 三个湖泊河蟹体重特定增长率/(%/d)

Table.4 The specific growth rate(SGR) in body weight of Chinese mitten crab bodyweight in target lakes/(%/d)

时间	牛山湖			武湖			东汤逊湖		
	♂	♂ + ♀	♀	♂	♂ + ♀	♀	♂	♂ + ♀	♀
2月-4月	—	—	—	18.26	18.57	18.80	12.13	14.18	15.10
4月-5月	—	—	—	16.13	16.36	17.78	12.89	13.40	15.77
5月-7月	17.25	17.06	17.44	17.01	15.99	13.53	14.53	13.02	9.86
7月-8月	7.44	6.37	6.22	6.44	6.39	4.46	5.27	5.82	9.34
8月-9月	10.60	9.79	11.01	6.38	8.30	13.42	5.85	7.93	10.43
9月-10月	11.32	9.76	5.08	13.83	9.74	3.65	16.66	9.93	4.88

表5 三个湖泊河蟹壳宽特定增长率/(%/d)

Table.5 The specific growth rate(SGR) in carapace width of Chinese mitten crab in target lakes/(%/d)

时间	牛山湖			武湖			东汤逊湖		
	♂	♂ + ♀	♀	♂	♂ + ♀	♀	♂	♂ + ♀	♀
2月-4月	—	—	—	6.81	7.01	7.23	4.65	5.14	5.32
4月-5月	—	—	—	5.40	5.60	6.05	4.74	4.83	5.28
5月-7月	6.09	5.96	5.89	5.47	4.85	4.15	4.85	4.45	3.70
7月-8月	2.51	2.17	2.10	2.43	2.25	1.66	1.77	2.15	3.23
8月-9月	2.72	2.89	3.29	1.46	2.55	4.17	1.99	2.58	3.13
9月-10月	2.76	2.20	1.24	3.30	2.04	0.46	4.33	2.30	0.98

表 6 三个湖泊河蟹体重大小变动系数(%)
Table. 6 The coefficient of variation for weight(CV) of crab in target lakes(%)

时间	牛山湖			武湖			东汤逊湖		
	♂	♂ + ♀	♀	♂	♂ + ♀	♀	♂	♂ + ♀	♀
2 月	—	—	—	61.97	62.22	60.71	59.82	63.44	51.38
4 月	—	—	—	23.57	22.41	16.44	59.18	58.76	50.08
5 月	37.84	37.65	35.21	23.45	23.44	23.02	35.59	35.35	31.73
7 月	22.46	23.03	20.44	21.15	20.74	17.31	37.95	38.69	24.93
8 月	23.16	23.26	16.89	21.60	23.39	15.87	26.82	27.84	24.42
9 月	31.25	28.85	23.57	24.43	22.65	20.42	26.41	24.13	22.91
10 月	22.59	29.16	16.56	13.56	22.13	13.66	22.62	31.92	22.62

表 7 三个湖泊河蟹丰满度(平均值 ± 标准差)
Table. 7 The condition factor(CF) of Chinese mitten crab in target lakes(mean ± SD)

时间	牛山湖		
	♂	♂ + ♀	♀
2 月	—	—	—
4 月	—	—	—
5 月	0.412 ± 0.023	0.406 ± 0.024	0.393 ± 0.020
7 月	0.411 ± 0.038	0.407 ± 0.036	0.401 ± 0.030
8 月	0.406 ± 0.035	0.403 ± 0.029	0.399 ± 0.021
9 月	0.431 ± 0.026	0.417 ± 0.029	0.409 ± 0.028
10 月	0.483 ± 0.029	0.456 ± 0.036	0.429 ± 0.018

时间	武湖		
	♂	♂ + ♀	♀
2 月	0.428 ± 0.028	0.424 ± 0.034	0.419 ± 0.023
4 月	0.408 ± 0.019	0.403 ± 0.022	0.394 ± 0.025

续表 7

时间	武湖		
	♂	♂ + ♀	♀
5 月	0.406 ± 0.021	0.396 ± 0.025	0.387 ± 0.026
7 月	0.420 ± 0.057	0.417 ± 0.027	0.406 ± 0.024
8 月	0.411 ± 0.044	0.410 ± 0.026	0.395 ± 0.022
9 月	0.430 ± 0.030	0.420 ± 0.031	0.408 ± 0.027
10 月	0.496 ± 0.028	0.473 ± 0.035	0.444 ± 0.018

时间	东汤逊湖		
	♂	♂ + ♀	♀
2 月	0.434 ± 0.018	0.425 ± 0.023	0.418 ± 0.024
4 月	0.428 ± 0.031	0.427 ± 0.065	0.423 ± 0.104
5 月	0.432 ± 0.019	0.429 ± 0.057	0.425 ± 0.087
7 月	0.428 ± 0.027	0.420 ± 0.026	0.409 ± 0.020
8 月	0.436 ± 0.046	0.420 ± 0.043	0.404 ± 0.032
9 月	0.439 ± 0.035	0.426 ± 0.033	0.420 ± 0.031
10 月	0.480 ± 0.030	0.460 ± 0.041	0.448 ± 0.042

表 8 三个湖泊河蟹性比组成(雄:雌)及样本数量
Table. 8 Sex composition(male to female) of Chinese mitten crab in target lakes

时间	牛山湖	武湖	东汤逊湖
	♂ : ♀ (n = ind)	♂ : ♀ (n = ind)	♂ : ♀ (n = ind)
2 月	0.87 (n = 1176)	1.30 (n = 154)	0.89 (n = 53)
4 月	—	1.85 (n = 114)	1.96 (n = 232)
5 月	2.67 (n = 55)	0.95 (n = 217)	1.48 (n = 216)
7 月	1.68 (n = 214)	1.16 (n = 123)	1.63 (n = 105)
8 月	0.90 (n = 118)	2.29 (n = 115)	0.94 (n = 161)
9 月	0.64 (n = 54)	1.28 (n = 98)	0.51 (n = 116)
10 月	1.03 (n = 229)	1.21 (n = 188)	0.62 (n = 180)

注: 括号内为样本数量

2.2 三个湖区河蟹生长的比较

三个试验湖区蟹种来源相同,但是蟹种的规格经抽样后方差分析,武湖蟹种的平均体重显著性小于牛山湖和东汤逊湖($P < 0.05$),而后两者之间差异不显著($P > 0.05$)。

2009 年 10 月(河蟹起捕季节),牛山湖、武湖和东汤逊湖放流河蟹的平均体重、壳宽和丰满度存

在显著性差异(图 2 至图 4)。在相同性别构成中,武湖个体的平均体重、壳宽均显著大于牛山湖和东汤逊湖($P < 0.05$),牛山湖和东汤逊湖之间没有显著性差异($P > 0.05$)。丰满度在全部的雄性样本和全部混合个体(雌 + 雄)中,武湖河蟹显著高于牛山湖和东汤逊湖($P < 0.05$),牛山湖和东汤逊湖之间没有显著性的差异($P > 0.05$);在所有雌性个体

的比较中,武湖和东汤逊湖个体均显著高于牛山湖,武湖和东汤逊湖的雌性个体的丰满度之间没有显著性差异($P > 0.05$)。

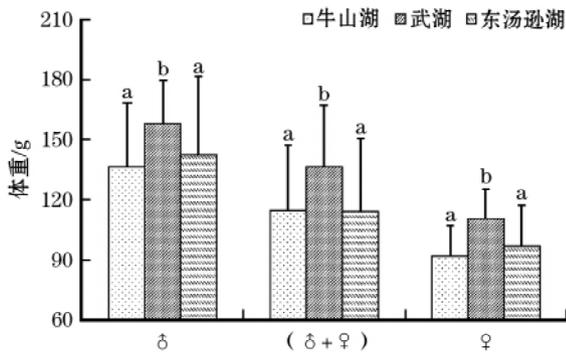


图2 三个湖泊平均体重的比较
(不同的字母表示差异显著, $P < 0.05$ 下同)

Fig. 2 Comparisons of Chinese mitten crab in target lakes

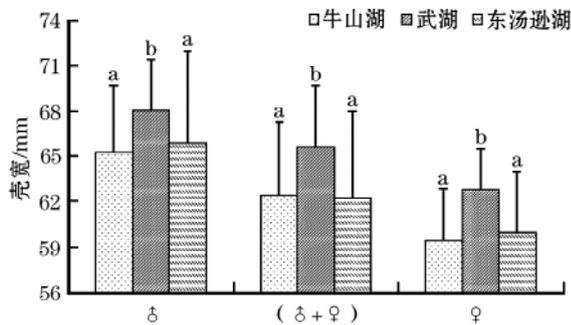


图3 三个湖泊河蟹壳宽的比较
(图上不同的字母表示差异显著, $P < 0.05$)

Fig. 3 Comparisons of carapace width of Chinese mitten

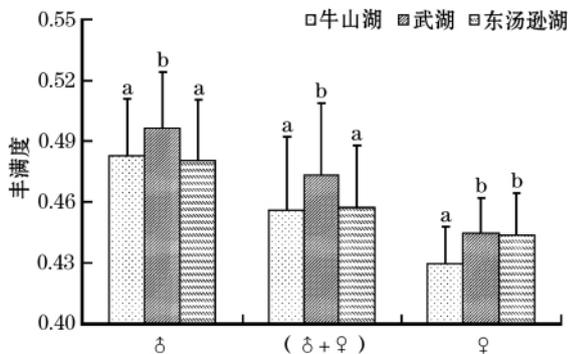


图4 三个湖泊河蟹丰满度的比较

Fig. 4 Comparisons of condition factor of Chinese mitten crabs in target lakes

3 讨论

3.1 河蟹生长率差异的比较

蟹种投放至淡水湖泊后,整个生长过程中,武湖河蟹的特定生长率和平均规格(体重和壳宽)大于牛山湖和东汤逊湖。这一差异的产生,根据各湖区对河蟹的投喂情况分析,三个湖区均投喂螺类和玉米,但是相对投喂量(平均每只河蟹的投喂量,投喂总数/河蟹总数)不同。螺类投喂,牛山湖相对投喂量大于东汤逊湖而小于武湖。玉米相对投喂量,牛山湖投喂量最大,东汤逊湖投喂量最小,武湖居中。除此之外,武湖在2月至7月份未针对河蟹进行任何投喂管理,牛山湖和东汤逊湖在7月份之前投喂白鲢等经破碎的饵料鱼。由底栖动物丰度分析(表2),作为河蟹优质饵料的水生昆虫和水生寡毛类,武湖的生物量密度大于牛山湖和东汤逊湖,相对占有量(底栖动物生物量密度(g/m^2)/河蟹的放养密度(ind/m^2))也大于牛山湖和东汤逊湖(表2)。武湖和牛山湖的苗种放养密度相似,并且牛山湖的水质状况要比武湖优良(表1),这样看来,针对河蟹投喂的各种饵料(螺类暂时无法判断),似乎对河蟹的生长贡献不大,支持河蟹生长的主要营养物质为湖泊本身的天然饵料资源的种类和丰度。由饵料的投喂时间和相关时间段河蟹的体重特定生长率分析,武湖的玉米投喂开始时间为8月16日,东汤逊湖的为8月9日,投喂的截止时间是在起捕前夕。如果比较投喂前后月份间雄性个体体重特定生长率的变化不难发现,武湖7月份(7月6日-8月7日,没有任何投喂)的生长率与8月份(8月6日-9月9日,开始投喂玉米)之间特定生长率没有明显的差异,与预期的相反,8月份雄性河蟹的期特定生长率还略小于7月份。东汤逊湖这两个月份(玉米投喂的前后)之间,雄性个体特定生长率也没有很显著的差异,由此可知,人工投喂的玉米对河蟹的生长贡献视乎不大,河蟹的生长主要取决于湖泊天然饵料资源种类和丰度。

武湖和牛山湖西区体重和甲壳的生长基本同步,而东汤逊湖略有不同,在有些月份甲壳生长相对于体重增长稍有滞后。这说明东汤逊湖的生长环境可能不利于甲壳生长的因素,而牛山湖和武湖的环境资源能够充分满足河蟹甲壳的生长。有学者提出河蟹体重的生长主要与蛋白质和脂肪的积累有关,而甲壳的生长主要受水体中钙和磷等无机元素的影响^[13]。但是从我们对三个湖区的水质调查情

况看(表 1), 东汤逊湖的电导率、总硬度(主要是 Ca、Mg 等离子)、总碱度以及总氮和总磷的浓度要远大于牛山湖, 电导率也高于武湖, 按照上述理论, 东汤逊湖河蟹甲壳生长的水质营养条件要好于另外两个湖泊, 那么, 为什么东汤逊湖围栏甲壳生长滞后于体重的生长, 可能的原因有两个: 一、上述结论不准确, 水体中 Ca 和 P 等无机元素并非影响河蟹甲壳生长的主要因素; 二、影响河蟹甲壳生长的因素不仅仅是水中 Ca、P 等无机元素, 饵料、光照、温度等因素可能更大程度的影响河蟹甲壳的生长, 三个实验湖区中东汤逊湖的藻类含量高, 透明度非常小, 光照条件较差。

3.2 河蟹个体大小变动系数差异的比较

一般而言, 体重的大小变动系数可作为社群结构的一个指标, 大小变动系数的增大, 说明群体中的种内个体竞争由于优势个体(dominance hierarchies)的形成而增大^[14-15]。Schram 等人^[16]认为在某一群体中, 大小变动系数增加和平均体重的减小是由于该群体中, 处于从属地位个体(subordinate individuals)体重变小而产生的^[16]。在通常情况下, 群体中大小变动系数的增加是由于放养密度过高产生拥挤胁迫或对有限资源的竞争而产生的^[17-18], 在我们的调查湖区, 放养密度可能不构成个体间的拥挤胁迫, 在牛山湖和武湖个体的大小变动系数的比较中, 两个湖区放养密度相似, 而且牛山湖水体中有丰富的水草更利于河蟹个体之间的躲避和减少个体间的觅食干扰, 武湖只有在五月份之前有少量的菹草分布, 东汤逊湖放养密度高于武湖和牛山湖, 其养殖湖区内几乎没有沉水植物存在。这样看来武湖放流河蟹大小变动系数小于牛山湖, 东汤逊湖与牛山湖的大小变动系数相近这一结果的产生可能是由于河蟹对优质饵料的竞争差异所导致的。这样看来, 湖泊放流河蟹体重大小变动系数是由河蟹对湖泊中优质饵料资源的竞争而产生的, 而不是空间利用上的竞争所导致的。武湖河蟹养殖历史较短(只有 1 年, 另外两个湖泊均为 10 年以上), 湖泊中饵料资源丰富, 河蟹个体之间的竞争小, 所以体重的大小变动系数小于其它两个湖泊。

3.3 各湖区河蟹丰满度差异的比较

Rodriguez 提出影响甲壳类丰满度的因素包括内因和外因两个方面, 内因包括营养情况、性别和性腺成熟程度; 外因主要是环境因子^[19-20]。本文丰满度的计算方法是参照鱼类丰满度的计算方法而得出的, 是体重与壳宽三次方的比值, 丰满度的大

小取决于体重的增长和甲壳宽度的增长。前文中已提到, 甲壳类体重的增长和甲壳的增长的控制、影响因素可能不同, 从本研究的调查结果看, 东汤逊湖放流河蟹的丰满度高于另外两个湖区, 而每月的体重、壳宽及其特定生长率, 都要略小于武湖和牛山湖西区湖区中的河蟹。可以看出, 导致东汤逊湖河蟹丰满度增大的原因可能为河蟹甲壳的生长与体重的增长不同步, 甲壳的生长速度相对滞后于体重的生长。如前文所述, 东汤逊湖水质较差、藻类含量高、透明度小而影响湖区河蟹生活的光照条件, 这些因素可能影响了河蟹甲壳的生长。图 4 中显示, 在起捕季节, 武湖河蟹雄性个体的丰满度显著性高于牛山湖和东汤逊湖。在起捕季节, 湖区中河蟹基本都完成了生命中的最后一次蜕壳(生殖蜕壳), 河蟹的甲壳不再增长, 而体重由于身体和性腺的增长不断的积累。此时, 影响河蟹丰满度的因素主要是饵料, 各调查湖区投喂管理相似, 但是天然饵料资源不同, 武湖的水生昆虫和水生寡毛类生物量密度要高于东汤逊湖, 东汤逊湖高于牛山湖, 这两类底栖动物为最易被河蟹利用的优质饵料生物, 这样就不难解释各湖区河蟹丰满度的差异了。另外, 武湖和东汤逊湖雌蟹个体的丰满度无显著性差异, 雄蟹个体丰满度大于东汤逊湖, 由于武湖雌性比大于东汤逊湖而致使武湖河蟹丰满度总体规格大于东汤逊湖。

4 结论及建议

河蟹的生长包括体重的增加和甲壳的增长, 并且各自的主要影响因素可能有所差异, 生产中欲培育出大规格的优质商品蟹, 不仅要创造优质的饵料基础, 而且要保障养殖水体拥有良好的环境条件。在大水面湖泊河蟹养殖中, 应该保持良好的水质, 注意湖泊天然饵料的养护, 优化外源性饵料投喂的种类和方法, 尽量减少甚至停止投喂外源性饵料。

参考文献:

- [1] 中国渔业年鉴. 农业部渔业局, 北京: 中国农业出版社, 2010: 2-27.
- [2] 许巧晴, 王洪铸, 张世萍. 河蟹过度放养对湖泊底栖动物群落的影响[J]. 水生生物学报, 2003(27): 41-46.
- [3] 赵乃刚. 我国的河蟹业及其发展前景[J]. 科学养鱼, 2000(6): 5-6.
- [4] 金 刚, 李钟杰, 谢 平. 草型湖泊河蟹养殖容量初探. 水生生物学报, 2003, 27(4): 345-351.
- [5] Wang H J, Pan B Z, Liang X M, et al. Stocking density models of

- Chinese mitten crab (*Eriocheir japonica sinensis*) in Yangze lakes [J]. *Aquaculture*, 2006, 255(1-4): 456-465.
- [6] 舒少武. 二龄中华绒螯蟹在湖汉中的生长规律[M]. 梁彦龄等主编, 北京: 科学出版社, 1995, 254-258.
- [7] 金 刚. 梁子湖、牛山湖和保安湖沉水植被资源现状[J]. 水生生物学报, 1999, 23(1): 87-89.
- [8] 赵乃刚, 堵南山, 包祥生, 等. 1988. 中华绒螯蟹的人工繁殖与增养殖[M]. 合肥: 安徽省科技出版社. pp. 75-77.
- [9] 金 刚, 李钟杰, 雷 武. 长江中游湖泊放流河蟹的生长动态[J]. 水生生物学报, 1999, 23(3): 249-256.
- [10] Golam, K. Studies on molting, molting frequency and growth of shrimp (*Penaeus monodon*) fed on natural and compounded diets [J]. *Asian Fish Sci*, 1993, 6(2): 203-211.
- [11] 张堂林, 李钟杰, 郭青松. 长江中下游四个湖泊鱼类与渔业研究[J]. 水生生物学报, 2008, 32(2): 167-177.
- [12] 何绪刚, 龚世园, 张训蒲, 等. 武湖日本沼虾繁殖生物学研究[J]. 应用生态学报, 2003, 14(9): 1538-1542.
- [13] 陈立侨, 堵南山, 赖 伟. 水体中和配合饲料中钙、磷含量对河蟹生长的影响[J]. 淡水渔业 1994, 24(1): 13-15.
- [14] Jobling M. Simple indices for the assessment of the influences of social environment on growth performance, exemplified by study on Arctic charr [J]. *Aquacult Int* 1995, 3(1): 60-65.
- [15] North B P, Turnbull J F, Ellis T, et al. The impact of stocking density on the welfare of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. *Aquaculture*, 2006, 255(1-4): 466-479.
- [16] Schram E, Van der Heul J W, Kamstra A, et al. 2006. Stocking density-dependent growth of Dover sole (*Solea solea*) [J]. *Aquaculture*, 2006, 252(2-4): 339-347.
- [17] Irwin S O, Halloran J, Fitzgerald R D. Stocking density, growth and growth variation in juvenile turbot, *Scophthalmus maximus* (Rafinesque) [J]. *Aquaculture*, 1999, 178(1-2): 77-88.
- [18] Salas-Leiton E, Anguis V, Manchado M, et al. Growth, feeding and oxygen consumption of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles stocked at different densities [J]. *Aquaculture*, 2008, 285(1-4): 84-89.
- [19] Rodríguez A. Biología del langostino *Penaeus kerathurus* (Forsk., 1775) Del golfo de Cádiz. III. Biometría, edad y crecimiento [J]. *Invest Pesq*, 1987, 51(1): 23-38.
- [20] Pinheiro M A A, Fiscarelli A G. Length - weight relationship and condition factor of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Brachyura, Ucidiidae) [J]. *Braz Arch Biol Technol*. 2009, 52(2): 397-406.

《淡水渔业》征稿简则

《淡水渔业》是中国水产学会主办, 中国水产科学研究院长江水产研究所编辑出版的学术性期刊, 现为双月刊。主要刊载水产基础科学、生物技术、遗传与育种、渔业生态与资源、水生生物多样性、渔业环境与保护、渔业设施与机械、网具与捕捞、水产养殖与增殖、水产生物病害控制、水产动物营养与饲料、水产品质量安全、水产品加工与综合利用等方面的科学研究论文, 适量刊载研究简报、生产报告和综述, 力求全面反映我国淡水渔业新进展、新成果。

本刊是中文核心期刊、中国科技论文统计源核心期刊、中国科学引文数据库(CSCD) 入录期刊, 且被多种国内外权威文献数据库收录, 曾获全国优秀学术期刊、全国优秀农业期刊等荣誉。本刊坚持“百家争鸣, 学术至上”的办刊原则, 热忱欢迎国内外学者投稿。

本刊设研究论文、研究简报、生产报告、综述等栏目。(1) 研究论文: 报道科研项目的创新性和高水平研究成果。篇幅不超过 6500 字。(2) 研究简报: 报道某研究工作的阶段性成果和初步结论。篇幅不超过 4000 字。(3) 生产报告: 报道某项新技术的示范性试验结果。篇幅不超过 4000 字。(4) 综述: 刊载对某一专题领域的历史背景、前人工作、争论焦点、研究现状与发展前景等所作的严谨而系统的评论性、资料性科技论文。篇幅不超过 6000 字。

投稿约定: (1) 文稿要求用 word 文档。要求作者采用《淡水渔业》采编平台 <http://dsyy.cbpt.cnki.net> 在线投稿。(2) 稿件一经受理, 需即时缴纳审稿费(150 元/篇), 对刊用稿件还收取版面费。来稿一经发表, 即酌致稿酬, 并赠送当期期刊 2 册。本刊所致稿酬包括本刊刊登稿件被收入相应的光盘版、期刊网、各类文摘及数据库等使用费。(3) 稿件实现两位同行专家评审、主编终审制度。在此期间作者不得将该稿投往他处, 编辑部一般在 3 个月内通报稿件处理意见。(4) 稿件文责自负。若发现作者一稿多投或有剽窃、抄袭等行为, 本编辑部将追补对本刊造成的损失并通报作者单位。(5) 作者务必严格遵守国家有关保密规定, 不得泄露国家秘密。

《淡水渔业》编辑部