

太湖渔业资源现状(2009 – 2010 年) 及与水体富营养化关系浅析*

毛志刚^{1,2}, 谷孝鸿^{1**}, 曾庆飞¹, 周露洪^{1,2}, 孙明波^{1,2}

(1: 中国科学院南京地理与湖泊研究所湖泊与环境国家重点实验室, 南京 210008)

(2: 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 根据 2009 – 2010 年的太湖鱼类资源调查, 结合历年渔业资料和水环境监测数据, 分析太湖渔业资源的发展趋势和结构特征. 结果表明: 本次调查共采集到鱼类 47 种, 隶属 10 目 14 科 37 属, 原常见鱼类种类数明显减少, 鲤科等定居性鱼类成为主体; 同时, 太湖渔业产量近年来增长迅速, 渔获物中湖鲢等小型鱼类比重增加, 渔业资源的单一化和小型化趋势加剧. 根据湖泊水体环境特征的空间差异, 对太湖东部湖区、北部湖区和湖心区 3 个不同类型湖区间的渔业资源特征进行比较. 其中在北部湖区和湖心区, 浮游食性的湖鲢成为绝对优势种, 2008 年其产量分别占湖区总产量的 70.7% 和 80.4%, 其他主要鱼类所占比重仅为 0.2% – 3.0%; 而东部湖区草食性和肉食性鱼类的比例较高, 鱼类结构相对合理, 不同湖区间渔获物的组成差别反映出湖区鱼类组成与环境特征相适应的特点. 针对太湖渔业资源与水体富营养化关系进行探讨, 提出需加强渔业与湖泊环境功能之间关系的研究, 重视水生植被在太湖渔业可持续发展中作用的建议.

关键词: 太湖; 渔业资源; 渔获物组成; 水体富营养化

Status and changes of fishery resources(2009 – 2010) in Lake Taihu and their responses to water eutrophication

MAO Zhigang^{1,2}, GU Xiaohong¹, ZENG Qingfei¹, ZHOU Luhong^{1,2} & SUN Mingbo^{1,2}

(1: *State Key Laboratory of Lake Science and Environment, Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, P. R. China*)

(2: *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, P. R. China*)

Abstract: Based on the historic data of fish catches and an investigation on fish assemblage from 2009 to 2010 in Lake Taihu, the dynamic variation of fishery resources and their responses to water eutrophication were analyzed. Results showed that only 47 species (belonging to 37 genera, 14 families and 10 orders) were recorded in Lake Taihu, the common species of fish were decreased and the fishes of *Cyprinidae* became the major community. The total fishery yield in the lake had increased rapidly in recent years, and the percentage of small fishes, such as *Coilia ectenes taihuensis*, had increased in fish catches; however, the percentage of other large fishes, such as *Culter alburnus*, had decreased rapidly. Because of water eutrophication and imbalance of the fishery structure, the tendency of smaller-scale fishery was more obvious. Compared with fishery resources of the eastern lake area, northern lake area and center area of Lake Taihu, the results showed that *Coilia ectenes taihuensis* had become the dominant specie in the northern lake area and center area, with the percentage of its fish catches reaching 70.7% and 80.4%, respectively. But the percentage of carnivorous fishes and herbivorous fishes was relatively high in the eastern lake area. Such obvious differences among the compositions of catches in different lake regions reflected the influence of environmental factors on the compositions of fish catches. Based on the relationship between water eutrophication and fishery of Lake Taihu, some strategies were suggested, such as strengthening the studies on relation of fishery and water environment and paying attention to the effect of aquatic plants on sustainable development of fishery.

Keywords: Lake Taihu; fishery resources; composition of fish catches; water eutrophication

* 环保部环保公益项目科研专项项目(201009014)、江苏省自然科学基金重点项目(BK2010096)和国家重点基础研究发展计划项目(2008CB418104)联合资助. 2011-01-10 收稿; 2011-04-13 收修改稿. 毛志刚, 男, 1984 年生, 博士研究生; E-mail: dazhaxie217@163.com.

** 通讯作者; E-mail: xhgu@niglas.ac.cn.

太湖湖泊面积 2338 km², 平均水深 1.89 m, 是长江流域最典型的大型浅水湖泊^[1]. 太湖地区气候温和、水网稠密, 渔业资源丰富^[2], 但自 1980s 后期开始, 蓝藻水华频繁发生, 湖泊水环境质量不断下降^[3,4], 同时由于江湖阻隔、过度捕捞及水生植被资源退化等原因使太湖渔业产量和渔业结构发生巨大变化^[5,6].

太湖鱼类的研究开始于 1951 年, 至今已进行了 10 多次渔业资源调查, 内容主要集中在鱼类种属的记录、鱼类区系的演化以及生物学特性的研究^[7,9], 而关于太湖渔业资源及其与湖泊富营养化关系的探讨较少^[10], 特别是太湖不同类型湖区之间鱼类群落结构的比较还未见报道. 本文在对太湖历年渔业资料和水环境监测数据分析的同时, 结合 2009-2010 年在太湖进行的鱼类资源调查, 研究了太湖渔业资源的发展趋势和现状特征, 并探讨水体富营养化对渔业结构的影响, 从而为太湖渔业资源的有序调控及可持续发展提供科学依据.

1 材料与方法

1.1 调查方法

2009 年 9 月至 2010 年 10 月, 在太湖全湖进行渔业资源调查. 在开捕季节, 租用底层拖网渔船, 采用大型拖网(网长 1500 m, 网目 0.5 cm)进行水平拖网调查. 同时, 在太湖洞庭山、平台山、贡湖湾、梅梁湾以及入湖河口等处设置定点网簏(网簏墙网长 200 m, 网目 4 cm), 每月采集鱼样一次. 采集到的鱼类用 10% 甲醛溶液固定, 制成标本保存, 鱼类鉴定依据《太湖鱼类志》及相关文献^[9,11], 并参考鱼类专家的鉴定意见.

太湖水体环境特征的空间差异明显, 为了对太湖不同湖区渔业资源的分布特征进行比较, 将太湖划分为东部湖区、北部湖区和湖心区 3 个湖区. 其中东部湖区(洞庭山和西山大桥以东水域)水生高等植物分布广泛, 水质环境较好; 北部湖区(梅梁湾、竺山湾和大浦口等北部水域)水质污染, 蓝藻水华频发, 水生植被消亡; 湖心区(大湖区)为敞水湖面, 基本无水生植被分布. 3 个湖区分别代表了草型湖区、藻型湖区和敞水湖区.

1.2 数据分析

太湖 1952-2008 年的渔业捕捞产量及沿湖各个区县的渔获量数据由江苏省太湖渔业生产管理委员会提供. 1993-2008 年的太湖水质数据由太湖湖泊生态系统研究站提供, 其中不同湖区的水质指标根据设置在各湖区的采样点数据综合分析得到.

单位捕捞努力渔获量(Catch Per Unit Effort, CPUE)是衡量渔业资源密度的主要指标之一, 代表渔业资源水平的高低, 同时也是反映渔业生产效益的主要依据^[12]. 渔业捕捞努力量 = (机动渔船的马力 + 帆船吨位 × 1.1) × (1 - 封湖禁渔天数/365), 单位捕捞努力渔获量计算方法为: CPUE = 捕捞产量/捕捞努力量. 数据均采用 SPSS 统计软件进行处理分析.

2 结果与分析

2.1 鱼类种类组成及变化

2009-2010 年在太湖共采集到鱼类 47 种, 隶属 10 目 14 科 37 属. 其中鲤科鱼类 31 种, 占总数的 66.0%; 鳊科、银鱼科、鲃科各 2 种, 各占 4.3%; 其它 10 科各 1 种, 各占 2.1%. 与《太湖鱼类志》中的 107 种以及最近的几次调查结果相比^[8], 太湖原常见鱼类的种类数量明显下降, 除洄游型的鳗鲡(*Anguilla japonica*), 以及太湖湖鲚(*Coilia ectenes taihuensis*)、大银鱼(*Protosalanx hyalocranius*)、陈氏短吻银鱼(*Salangichthys jordani*)和回下鱊(*Hyporhamphus intermedius*)因江湖阻隔成为次生的定居性种类外, 洄游性鱼类已基本消失; 半洄游型鱼类也逐渐减少, 鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙(*Aristichthys nobilis*)等仅靠人工放流维持一定数量; 而鲤科等湖泊定居性鱼类种类数量的比例占总数的 76.6%, 成为太湖主要鱼类. 常见的鱼类主要有湖鲚、大银鱼、陈氏短吻银鱼、鲤(*Cyprinus carpio*)、鲫(*Carassius auratus*)、翘嘴鲌(*Culter alburnus*)以及青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)、草鱼(*Ctenopharyngodon idelus*)、鲢、鳙等. 总体上看, 除“四大家鱼”、翘嘴鲌等为大中型鱼类外, 绝大部分为小型鱼类, 太湖中湖鲚等小型鱼类种类占绝对优势.

2.2 鱼类捕捞产量变动趋势

历年统计资料分析结果表明, 1952-2008 年间, 太湖鱼类捕捞产量总体呈不断增长趋势, 从 1952 年的

4061 t升高到2008年的31595 t,增长6.8倍,单位水域产量达到130.1 kg/hm²(图1).按捕捞产量的增长速度大致可分为缓慢增长和迅速增长2个阶段.缓慢增长阶段:1952-1994年的43年里鱼类捕捞产量从4061 t增长到14571 t,平均每年增长244 t;迅速增长阶段:1995-2004年的10年里捕捞产量从14571 t迅速上升到37955 t,平均每年增长2338 t.

2.3 单位捕捞努力量

总捕捞努力量除在2004年较低,基本保持较稳定状态.CPUE逐年提高,在2004年达到最高值1.33,但之后有所下降(图2).CPUE不仅与单位渔船数量(或渔具数量)和单位渔船主机功率有关,而且还与渔船类型(或性能)、拖网网型、捕捞作业技术水平和作业时间有关.分析太湖渔船机动化的发展趋势(表1),帆船数量和总吨位不断减少,机动船数量增加,可见捕捞渔船普遍机动化是捕捞强度提高的直接动因.CPUE的增长表明渔业生产效率的提高和捕捞强度的加大,而2004年后CPUE下降,表明渔业生产效率降低,捕捞强度有所减小,这也与2004年后太湖鱼类捕捞产量下降相一致.

2.4 渔业结构变化与不同湖区渔获物组成特征

2.4.1 渔业结构变化趋势 比较太湖不同年份自然渔业结构(表1),太湖在1950s渔业单位产量虽然不高,但湖鲚、银鱼、鲢、鳙等鱼类的比例均占15%左右,渔业结构相对合理.从1960s开始,湖鲚产量有较大幅度上升,所占比例从1952年的15.8%增至2008年的62.9%,成为太湖鱼类群落中的绝对优势种.太湖捕捞群体中,小杂鱼的比例从1952年的13.9%增加到近年的30%左右;而太湖的鲢、鳙、鲤、鲫、青鱼、草鱼和鲃鱼等大中型鱼类所占渔获物的比例从1952年的42.2%下降到2008年的12.8%.以湖鲚为代表的这种状况典型地反映了太湖鱼类“优势种单一化”和“小型化”的发展方向.

2.4.2 不同湖区渔获物组成特征及与水质指标的关系 根据太湖3个湖区的划分范围,结合太湖渔管会提供的沿湖各个区县的渔获量数据,统计不同类型湖区的渔获物组成.结果表明,不同湖区间渔获物的鱼类组成差别明显.1993年,太湖东部湖区渔获物的组成以湖鲚和银鱼为主,分别占18.4%和17.5%;北部湖区、湖心区以湖鲚为主(图3),分别占39.6%和43.4%;各湖区的鲢、鳙、鲃鱼等其他鱼类也均占较大比例.2008年大

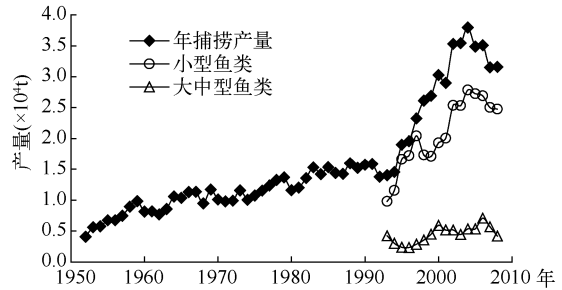


图1 太湖自然渔业产量变动趋势
Fig.1 Changes of fish catches from 1952 to 2008 in Lake Taihu

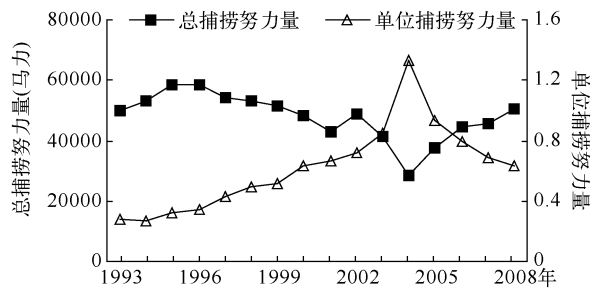


图2 太湖1993-2008年总捕捞努力量与单位捕捞努力量
Fig.2 Total fishing effort and CPUE from 1993 to 2008 in Lake Taihu

表1 太湖主要年份渔获物组成及捕捞船只数量变化
Tab.1 Composition of fish catches and changes of fishing boats in Lake Taihu

	1952年	1993年	2003年	2008年
渔获物总产量(t)	4063	14072	35453	31594
湖鲚	15.8%	24.8%	55.7%	62.9%
银鱼	12.9%	12.6%	1.9%	2.7%
鲢、鳙	15.7%	10.5%	3.2%	5.4%
鲤、鲫	18.2%	5.8%	6.8%	6.0%
青、草鱼	2.8%	3.2%	0.9%	0.9%
鲃鱼	5.5%	6.6%	0.4%	0.5%
小杂鱼	13.9%	35.1%	30.4%	21.2%
单位水域产量(kg/hm ²)	16.7	58.0	146.0	130.1
帆船(艘)	-	964	596	259
机动船(艘)	-	4489	4499	4650
捕捞船总吨位(t)	-	45696	26308	22330

太湖东部湖区渔获物的组成以湖鲚和银鱼为主,分别占18.4%和17.5%;北部湖区、湖心区以湖鲚为主(图3),分别占39.6%和43.4%;各湖区的鲢、鳙、鲃鱼等其他鱼类也均占较大比例.2008年大

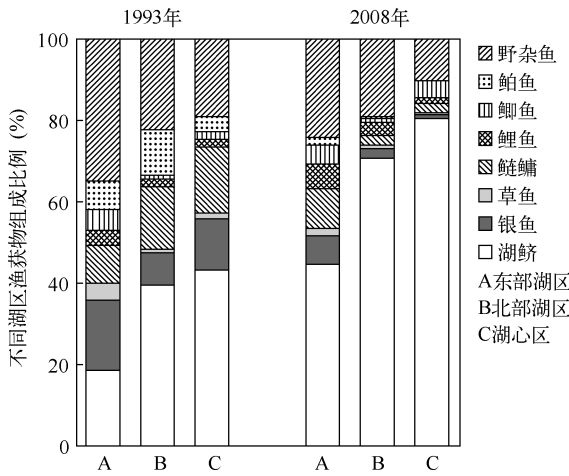


图3 太湖不同湖区渔获物组成
Fig. 3 Composition of fish catches in different lake regions of Lake Taihu

湖各湖区湖鲢产量比例均有提高,其中北部湖区和湖心区增加明显,分别达到 70.7% 和 80.4%,湖鲢成为这 2 个湖区的绝对优势种.而银鱼、四大家鱼等除东部湖区还分别维持在 4.9% - 9.7% 的比例,北部湖区和湖心区所占比重仅为 1.2% - 3.0%,鱼类组成结构严重失调.同时,东部湖区高等水生植物丰富,草食性鱼类分布集中,多数以水草为摄食生活场所的小杂鱼及相应的捕食小杂鱼的肉食性鱼类的捕获量也相对较高;而北部湖区和湖心区浮游生物资源丰富,水域开阔,适合湖鲢等浮游食性的群聚性种群生长,不同湖区间渔获物组成的差别一定程度上反映出湖区鱼类组成与其环境特征相适应的特点^[5].

对 1993 - 2008 年太湖全湖及各湖区主要鱼类的渔获物量和水质主要指标进行相关关系分析.结果表明,湖鲢与全湖和各湖区的总氮(TN)

含量均表现出显著正相关关系(表 2),但与总磷(TP)、高锰酸盐指数(COD_{Mn})和叶绿素 a(Chl.a)含量相关关系不显著.其他主要鱼类除银鱼产量与 TN 表现出显著负相关外,亦无显著相关关系(表 2).

表 2 太湖全湖及各湖区主要鱼类渔获量与 TN 之间的相关关系
Tab. 2 Relationships between fish catches of different species and TN in Lake Taihu

湖区	湖鲢	银鱼	鲢鳙	鲫鱼	鮰鱼	总渔获量
全湖	0.643 **	-0.537 *	0.491	0.291	-0.163	0.598 *
东部湖区	0.557 *	-0.686 **	0.589 *	0.042	-0.153	0.180
北部湖区	0.646 **	-0.392	0.388	0.219	-0.049	0.585 *
湖心区	0.515 *	-0.510 *	0.317	0.280	0.175	0.521 *

* 表示 $P < 0.05$, ** 表示 $P < 0.01$.

3 讨论

3.1 水体富营养化与太湖鱼类群落结构的关系

鱼类为湖泊生态系统食物链的顶级消费者,湖泊渔业与湖泊生物群落结构、营养物质水平等密切相关并相互影响.随着湖泊富营养化趋势的加剧,渔业与富营养化的关系倍受学者的关注^[13].

水体富营养化通常会造成长浮游植物迅速增长和湖泊初级生产力的提高,太湖自 1980s 起富营养化日趋严重,浮游生物食性鱼类的饵料基础也随之改变^[14].湖鲢是浮游生物食性鱼类,其食物种类随着个体大小有一定差异,1 龄以下个体主食浮游动物和藻类,而太湖湖鲢的捕捞群体 1 龄以下个体占 82% - 98%^[9].太湖水体富营养化为浮游生物提供了丰富的营养物质^[5],低龄湖鲢的食物饵料充足,种群迅速增长.对湖鲢与全湖和各湖区的 TN 进行相关性分析,结果均呈显著正相关(表 2),太湖湖鲢产量及整体渔业产量的不断增加与太湖营养水平逐渐上升具有一致性.鲢、鳙也为浮游生物食性鱼类,但其产量受人工放流数目限制,与 TN 无显著相关关系.太湖湖鲢的渔获量与 TP、Chl.a 等水质因子的相关关系则不显著($r = -0.008, P > 0.05$; $r = -0.091, P > 0.05$).陈宇炜等研究发现适合浮游植物生长的水体 TP 浓度为 100 - 800 $\mu\text{g/L}$ ^[15],而近年来太湖水体 TP 含量基本维持在 100 $\mu\text{g/L}$,TP 水平已经达到藻类的最佳生长条件.但 TP 浓度的年际变化相对较小,在磷素不成为限制因子的情况下,浮游植物生物量主要受水体 TN 浓度变化的影响,因此湖鲢渔获量与 TP 之间没有表现出显著的相关关系. Chl.a 浓度除与水体营养盐水平相关外,还受气候和水文影响,朱广

伟发现太湖近年来少雨、高温的异常气候条件导致蓝藻水华现象更趋严重^[16];同时,夏季Chl.a浓度最高时,微囊藻对Chl.a值的贡献最高,但鱼类对微囊藻的消化利用率相对其他藻类较低^[17],因此Chl.a的浓度也不能很好地代表浮游生物食性鱼类的饵料水平.由此可见,鱼类产量与湖泊富营养化及水环境质量间主要通过食物饵料进行联系,而鱼类食物资源的多样性和复杂性则需要进一步研究^[18].

水体富营养化提高水体鱼产量的同时也可能带来严重的生态后果,如氨氮浓度过高、藻类毒素的毒害作用加剧、溶解氧降低等^[19].其中银鱼的渔获物量就与TN呈显著负相关关系(表2).银鱼的产卵场以湖湾或近岸湖区较多,这些地点正是污染河道的入湖口和污染物的聚集地,因此容易遭到破坏,影响银鱼种群的繁殖和恢复.而湖鲢的产卵场多分布在水流缓慢的湖心区,除温度外对环境条件要求不严,其繁殖受水质影响较小^[9].

太湖水体富营养化水平的空间差异也是造成不同湖区间水体环境特征差别的原因之一,梅梁湾等富营养化较重的北部湖区已逐步演替为以浮游藻类为主的藻型生态系统,湖心区也处于不断发展阶段^[16].藻型生态系统下蓝藻水华频发,水质恶化,水生植物资源减少或消失,生态系统的环境异质性和生物多样性下降.北部湖区和湖心区的银鱼、草鱼和鲈鱼等主要鱼类资源锐减,鱼类的种群结构简单化,群落多样性下降(图3).而富营养化水平较低的东部湖区,银鱼、鲢、鳙、鲤、鲫等鱼类均占一定比重,鱼类的组成结构相对合理.东部湖区丰富的水草资源为鱼类提供了食物、繁殖场所、栖息地等,各类生物之间通过摄食与被食关系形成一个复杂而稳定的食物网,保证了鱼类群落结构的多样性和稳定性^[2],可见水生植被在湖泊渔业资源的稳定和可持续发展中具有积极作用.

鱼类属于湖泊生态系统中食物网的顶级消费者,鱼类也可以通过“下行效应”对水体的富营养化产生影响^[20].草鱼的放养是很多湖泊水生植被减少的主要原因之一,并由此导致草型湖泊向藻型湖泊演替,加速水体富营养化进程.滤食性鱼类在湖泊富营养化过程中所起的作用在学术界则存在分歧,国内外大部分研究认为滤食性鱼类大量利用浮游动物和个体较大的浮游植物,导致湖泊中的小型浮游植物快速增殖,加速了湖泊富营养化^[21-22].而谢平等提出利用鲢、鳙控制蓝藻的非经典生物操纵技术^[23],认为我国湖泊中危害性最大的是微囊藻水华,浮游动物则根本不能摄食这种微囊藻,并且在武汉东湖放入适当密度的鲢、鳙后,短期内东湖的蓝藻水华消失.太湖渔业资源中,浮游食性的湖鲢种群在鱼类群落中占绝对优势,人工放流的鲢、鳙也有一定数量,浮游食性鱼类种群的数量变动及其对太湖水体富营养化的影响需要尽快进行深入研究.

3.2 典型食性鱼类种群间关系及相互影响

鱼类种群之间都存在特定的相互关系,随着外部环境条件和群落内环境的改变,鱼类种群的数量和种群特征也会发生变动.对1993-2008年近20年来太湖主要鱼类的渔获量进行相关分析(图4),结果显示湖鲢与鲈鱼、银鱼均呈显著负相关.鲈鱼是太湖鱼类组成中数量最多的肉食性鱼类,其中主要为翘嘴鲈和红鳍原鲈.研究发现翘嘴鲈食物中湖鲢占59.2%,出现率为95.2%,表明湖鲢是翘嘴鲈的主要食物^[24].鲈鱼成体不仅主要以湖鲢为食,在幼鱼阶段还与湖鲢进行食物竞争^[25].但近年来由于捕捞强度加大和鲈鱼等大中型鱼类种群的补偿调节能力相对较低,太湖鲈鱼资源持续下降,2003-2008年其渔获量仅占0.23%-0.79%,失去鲈鱼等肉食性鱼类抑制,湖鲢产量进一步增加.

太湖银鱼渔获量中包括大银鱼和陈氏短吻银鱼,目前以陈氏短吻银鱼为主.陈氏短吻银鱼主要摄食浮游动物,生活环境与湖鲢基本相同,两者在食物上存在竞争关系.银鱼为一年生性成熟而死亡鱼类,人为过度捕捞使其资源保有量减少,与湖鲢的竞争力下降,利于湖鲢种群的迅速扩张.鲤、鲫捕捞产量则与湖鲢产量呈显著正相关关系(图4).鲤、鲫为杂食性鱼类,刘恩生对太湖鲫鱼的食性分析表明,鲫鱼主要以浮游植物以及藻类碎屑为食物,其中微囊藻在蓝藻发生时期占食物体积的85%-90%;而大量沉积到湖底的藻类碎屑也成为底栖生物和鲤鱼的饵料^[26].水体富营养化为鲤、鲫提供了丰富的食物来源,同时禁渔期、禁渔区等措施的实施使其繁殖得到保障,而这些条件也是促使湖鲢种群数量提高的因素.

3.3 过度捕捞及江湖阻隔对鱼类区系的影响

太湖渔业捕捞时间较长、酷捕性渔具多,捕捞强度高,对太湖鱼类组成产生较大影响.目前太湖渔船普遍实现了机动化,机动船比例由1993年的78.5%增加至2008年的94.4%.另外,在捕捞期间渔民非法下设“地笼”,将大小鱼类全部捕获,可见太湖目前的捕捞工具对鱼类规格几乎没有选择性,捕捞强度过大影响着

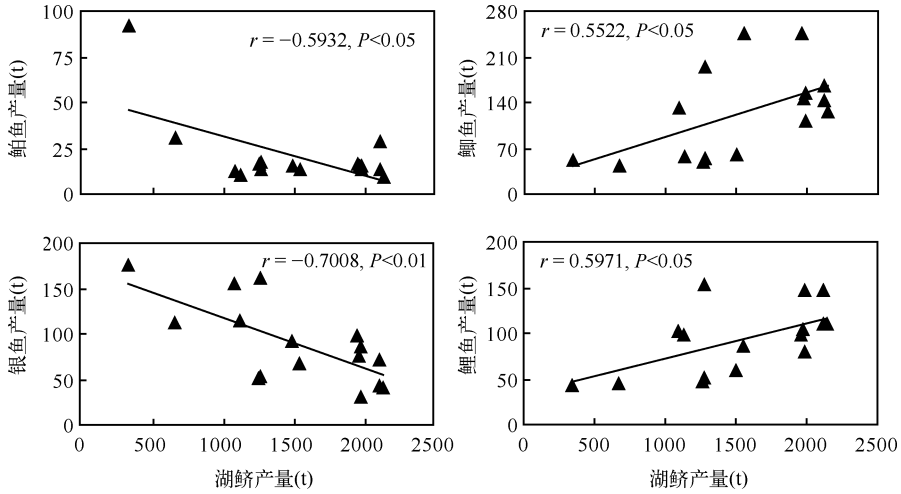


图4 太湖主要鱼类渔获量之间的相关关系

Fig. 4 Relationships between fish catches of different species in Lake Taihu

鱼类的资源潜力. 同时, 高强度的捕捞条件下, 那些生命周期较长、综合繁殖力相对较低的鱼类, 如翘嘴鲌、鳊 (*Elopichthys bambusa*) 等肉食性鱼类的数量逐渐减少^[10], 而湖鲢等小型鱼类较之中大型鱼类具有较强的补偿调节能力, 环境变化和捕捞对其种群产生的伤害较小^[6].

自 1958 年起, 太湖沿江沿湖大量兴建闸坝、围湖造田, 造成江湖阻隔及沿岸带水生植被破坏, 导致湖泊为洄游和半洄游鱼类提供索饵场、育肥场、繁殖场和洄游通道的功能丧失^[27], 洄游和半洄游鱼类基本消失, 沿岸带产卵的定居性鱼类资源减少, 鱼类区系向湖泊定居型占主体的方向发展. 江湖连通对湖泊自然渔业和鱼类多样性有着重要的生态作用, 近几年的“引江济太”过程一定程度上沟通和加强了江湖之间的联系, 消失多年的生殖洄游性鱼类——鳊再次出现. 因此, 恢复江湖联系对太湖鱼类区系合理完善及自然鱼类资源的有效保护有着重要意义.

4 小结

2009-2010 年在太湖共采集到鱼类 47 种, 隶属 14 科 37 属, 鲤科等定居性鱼类成为太湖鱼类主体. 太湖渔业产量近年增长迅速, 但鱼类结构的小型化和优势种单一化趋势明显. 比较太湖东部湖区、北部湖区和湖心区 3 个湖区间的渔业资源特征, 浮游食性的湖鲢在北部湖区和湖心区成为绝对优势种, 而东部湖区草食性和肉食性鱼类的比例相对较高, 反映出湖区鱼类组成与环境特征相适应的特点. 太湖富营养化提高了湖泊初级生产力, 为湖鲢等浮游生物食性鱼类提供了充足的食物, 但也对部分鱼类的产卵场造成破坏. 太湖渔业的发展必须严格控制捕捞强度, 保护鱼类产卵场, 适当提高肉食性鱼类的比例以控制浮游动物食性的鱼类, 同时重视水生植被在湖泊渔业的稳定与可持续发展中的重要作用.

致谢: 在野外调查中得到了江苏省太湖渔业管理委员会和密根兴师傅的帮助; 在鱼类鉴定等方面, 承蒙朱松泉研究员指导, 在此谨致谢忱!

5 参考文献

- [1] 孙顺才, 黄漪平. 太湖. 北京: 海洋出版社, 1993: 1-5.
- [2] 谷孝鸿, 白秀玲, 江 南等. 太湖渔业发展及区域设置与功能定位. 生态学报, 2006, 26(7): 2247-2254.
- [3] Chen YW, Fan CX, Teubner K *et al.* Changes of nutrients and phytoplankton chlorophyll-a in a large shallow lake, Taihu, China: an 8-year investigation. *Hydrobiologia*, 2003, 506/509: 273-279.
- [4] Dokulil M, Chen W, Cai Q. Anthropogenic impacts to large lakes in China: the Taihu example. *Aquatic Ecosystem Health*

- and Management*, 2000, **3**: 81-94.
- [5] 谷孝鸿, 朱松泉, 吴林坤等. 太湖自然渔业及其发展策略. 湖泊科学, 2009, **21**(1): 94-100.
- [6] 朱松泉, 刘正文, 谷孝鸿. 太湖鱼类区系变化和渔获物分析. 湖泊科学, 2007, **19**(6): 664-669.
- [7] 伍献文. 五里湖 1951 年湖泊调查(五): 鱼类区系及其分析. 水生生物学集刊, 1962, (1): 99-113.
- [8] 朱松泉. 2002-2003 年太湖鱼类学调查. 湖泊科学, 2004, **16**(2): 121-123.
- [9] 倪 勇, 朱德成. 太湖鱼类志. 上海: 上海科学技术出版社, 2005: 78-81.
- [10] 刘恩生. 太湖鱼类群落变化规律、机制及其对环境影响分析. 水生态学杂志, 2009, **2**(4): 8-14.
- [11] 伍献文. 中国鲤科鱼类志. 上海: 上海人民出版社, 1977: 245-570.
- [12] 过龙根, 谢 平, 倪乐意等. 巢湖渔业资源现状及其对水体富营养化的响应研究. 水生生物学报, 2007, **31**(5): 700-705.
- [13] 孙 刚, 盛连喜, 冯 江等. 中国湖泊渔业与富营养化的关系. 东北师大学报(自然科学版), 1999, (1): 74-78.
- [14] 刘恩生, 刘正文, 鲍传和等. 太湖鲢鱼和鳙鱼的食物组成及相互影响研究. 湖泊科学, 2007, **19**(4): 451-456.
- [15] Chen YW, Qin BQ, Teubner K *et al.* Long-term dynamics of phytoplankton assemblages: *Microcystis*-domination in Lake Taihu, a large shallow lake in China. *Journal of Plankton Research*, 2003, **25**(1): 445-453.
- [16] 朱广伟. 太湖富营养化现状及原因分析. 湖泊科学, 2008, **20**(1): 21-26.
- [17] 曾庆飞, 谷孝鸿, 毛志刚等. 鲢鳙控藻排泄物生态效应研究进展. 生态学杂志, 2010, **29**(9): 1806-1811.
- [18] Hansona CE, Hyndesa GA, Wang SF. Differentiation of benthic marine primary producers using stable isotopes and fatty acids: Implications to food web studies. *Aquatic Botany*, 2010, **93**: 114-122.
- [19] Tammi J, Lappalainen A, Mannio J *et al.* Effects of eutrophication on fish and fisheries in Finnish lakes: a survey based on random sampling. *Fisheries Management and Ecology*, 1999, **6**: 173-186.
- [20] Northcote TG. Fish in the structure and function of freshwater ecosystems: a "top-down" view. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1988, **45**(2): 361-379.
- [21] Carpenter SR, Kitchell JF, Hodgson JR *et al.* Regulation of lake primary productivity by food web structure. *Ecology*, 1987, **68**: 1863-1876.
- [22] 陈少莲, 刘肖芳, 华 俐. 鲢、鳙在东湖生态系统的氮磷循环中的作用. 水生生物学报, 1991, **15**(1): 8-15.
- [23] 刘建康, 谢 平. 用鲢鳙直接控制微囊藻水华的围隔试验和湖泊实践. 生态科学, 2003, **22**(3): 193-196.
- [24] 刘恩生, 吴林坤, 曹 萍等. 太湖鲢鱼数量变化规律及生态效应分析. 水利渔业, 2007, **27**(3): 70-73.
- [25] 殷名称, 缪学祖. 太湖常见鱼类生态学特点和增殖措施探讨. 湖泊科学, 1991, **3**(1): 31-32.
- [26] 刘恩生, 刘正文, 鲍传和. 太湖鲫鱼数量变化的规律及与环境间关系的分析. 湖泊科学, 2007, **19**(3): 345-350.
- [27] 王利民, 胡慧建, 王 丁. 江湖阻隔对涨渡湖区鱼类资源的生态影响. 长江流域资源与环境, 2005, **14**(3): 287-292.