

傀儡湖鱼类群落结构及其食物组成研究

张晶晶

(安徽农业大学生命科学学院,合肥 230036)

摘要:为了分析傀儡湖鱼类对环境的影响,于2010年1-12月研究了傀儡湖的渔获量、组成比例和主要鱼类食物组成。结果表明,傀儡湖渔获物中,发现有9科、26种鱼类,其中鲤科鱼类最多,有18种,占鱼类种数的69.23%;鱼类组成中,鲢和鳙为优势种,分别占总渔获量的 $(20.82 \pm 8.06)\%$ 和 $(41.58 \pm 19.24)\%$;主要鱼类的食物组成中,优势种鲢、鳙摄食浮游植物,以蓝藻门和硅藻门为主,摄食的浮游动物中以枝角类为主,鳃和翘嘴鲇等肉食性鱼类主要摄食鱼类和虾类。傀儡湖鱼类种类较少,可能是因为投放鱼苗种类单一以及鳃对其它鱼类造成危害所致;鱼类生物量偏高,主要由于鳙投放数量过多造成的;底层鱼类数量偏多。根据 Shapiro 经典生物操纵理论,应该减少鳙的鱼种投放量,增加浮游动物数量,从而控制浮游植物的生长,以达到改善水质和恢复鱼类资源的效果。

关键词:傀儡湖;鱼类群落;食物组成

中图分类号:Q145 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2011)06-0066-06

湖泊生态系统修复是改善水质的一项重点内容,其主要任务是调整生态系统结构,恢复水生生物功能(秦伯强,2005;刘正文,2006;秦伯强,2007)。近些年,很多湖泊进行了生态系统恢复研究,除了水生植物的恢复、岸带湿地的恢复、底栖动物的恢复,还包括鱼类和其它水生生物种类的恢复(李文朝,1996;邱东茹,1997;刘正文,2006;秦伯强等,2006;秦伯强,2007)。鱼类是湖泊生态系统中重要水生生物资源之一,与湖泊环境相互作用、相互影响。环境因子的变化通过上行效应作用于鱼类群落,改变鱼类种群结构和数量(黄玉瑶,2001;McQueen,1990);此外,鱼类群落的改变通过下行效应作用于环境,影响水体的理化特征(Northcote,1988)。由于我国湖泊生态系统不断受到破坏和干扰,富营养化程度不断增加,导致鱼类种类不断减少,水质逐年下降,许多湖泊的鱼类结构出现了小型化、低龄化、杂鱼化现象(黄玉瑶,1993;张国华,1997;刘恩生,2009;夏建宏,2009)。因此,为了恢复湖泊生态系统和改善水质,有必要研究鱼类群落变化的内部机制及其对外界环境的影响。

傀儡湖位于太湖流域下游,是江苏省昆山市的战略水源地。近10多年来,由于上游水源地——阳澄湖周围地区工农业生产的迅速发展和城市化进程

的加快,排入湖体内的工业废水和生活污水总量不断增加,加之湖内大面积的人工围网养殖,养殖投饵带入湖体内的氮、磷等营养物质也逐年增多,致使湖体水质污染和富营养化的程度逐年上升,湖泊生态系统日趋脆弱。为了改善水质,已经对傀儡湖实施了生态系统修复工程,但缺乏鱼类群落组成情况对湖泊环境影响的研究。因此,本研究于2010年1-12月对傀儡湖鱼类群落进行了调查,分析了该湖鱼类渔获量、组成比例和食物组成情况及其对环境的影响。

1 材料和方法

1.1 傀儡湖基本情况

1.1.1 湖区概况 傀儡湖位于太湖流域下游($31^{\circ}21' \sim 31^{\circ}30'N$, $120^{\circ}39' \sim 120^{\circ}51'E$),属江苏省昆山市管辖。湖面为椭圆形,南北最长端为4.80 km,东西最宽处为2.48 km,面积为6.7 km²。湖体中部水浅底平,湖泊容积较小,年内水位变幅一般在1.2 m以下,多年平均水位2.93 m。目前,傀儡湖已全面封闭,与湖体相通的河道仅有作为阳澄湖补水通道的野尤泾和作为取水通道的庙泾河。

1.1.2 水质现状 通过对傀儡湖水环境的调查,依据地表水环境质量标准(GB3838-2002)和湖泊富营养化评价标准对其水质进行评价。溶解氧总体处于II~III类水平;氨氮为II类水平,比2007年夏季略有下降;总氮处在III~V类水,比2007年的III~IV类水略有下降;总磷大部分处于IV~V类水平;

收稿日期:2011-07-05

基金项目:科技部巢湖水专项(2008ZX07103-005-4)资助。

作者简介:张晶晶,1987年生,女,在读硕士研究生,主要从事水生态学研究。E-mail: zjj-716@163.com

COD_{Mn}基本处在IV类。依据湖泊营养评价标准, 傀儡湖绝大部分湖区属于中富营养状态。湖心区处于中富营养的早期阶段, 其余湖区已处于中富营养的中期阶段, 且存在向富营养化状态转变的趋势。

1.1.3 浮游生物 调查发现, 傀儡湖浮游植物共7门、52属, 主要优势种有蓝藻门的银灰平裂藻(*Merismopedia glauca*)、小席藻(*Phormidium tenue*)、硅藻门的小环藻(*Cyclotella* sp.)、颗粒直链藻(*Aulacoseira granulata*)、模糊直链藻(*A. ambigua*)、美丽星杆藻(*Asterionella formosa*)和尖针杆藻(*Synedra acus*)、绿藻门的四角栅藻(*Scenedesmus quadricauda*)、小球藻(*Chlorella vulgaris*)、隐藻门的啮蚀隐藻(*Cryptomonas eros*)、尖尾蓝隐藻(*Chroomonas acuta*)以及金藻门的分歧锥囊藻(*Dinobryon divergens*); 傀儡湖浮游甲壳动物有29种, 其中枝角类17种, 桡足类12种, 常见的优势种有筒弧象鼻溞(*Bosmina coregoni*)、微型裸腹溞(*Moina micrura*)、短尾秀体溞(*Diaphanosoma brachyurum*)、近邻剑水蚤(*Cyclops vicinus*)、中华窄腹剑水蚤(*Limnithona sinensis*)、汤匙华哲水蚤(*Sinocalanus dorrii*)、球状许水蚤(*Schmackeria forbesi*)、广布中剑水蚤(*Mesocyclops leuckarti*)和台湾温剑水蚤(*Thermocyclops taihokuensis*)。

1.2 渔获物组成调查

傀儡湖为椭圆形, 南北两端的水生植被覆盖率较低, 中间部位的覆盖率较高。为了获得具有代表性的数据, 在全湖设3个采样点(见图1)进行渔获物调查(刘恩生等, 2005; 2007)。网具为筛网, 网长为200~250 m, 网目5~10 mm。

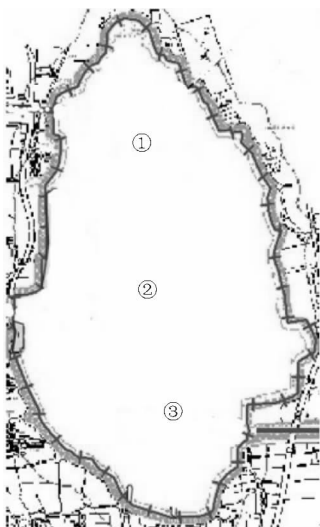


图1 傀儡湖采样点

Fig.1 Sampling points in Lake Kuilei

1.3 食物组成

在分析鱼类食物组成时, 过去常采用出现率指标。出现率指标虽然说明了鱼类对某种食物的喜好程度, 但不能反映出各种食物的相对重要程度和不同饵料占总食物量的比例, 很难比较鱼类间的食物关系(薛莹和金显仕, 2003; 谢松光等, 2004)。因此, 为了克服出现率指标的缺点, 本研究采用个数比和折算体积比进行食物组成统计分析。

在进行鱼类组成调查期间, 同时采集食物组成样本, 取出全部消化道, 直接用6%福尔马林固定, 带回实验室镜检。把消化道中全部食物稀释至50~100 mL, 混合均匀后用0.1 mL浮游生物计数框全部计数, 微囊藻以群体计数。食物中的浮游植物和浮游动物尽可能鉴定到属, 采用视野计数法, 对各个视野的种类进行计数。肉食性鱼类的食物、杂食性鱼类的食物难以准确统计, 它们的食物如鱼虾和有机碎屑等则根据各个视野的估计体积进行计算。计数时显微镜的目镜用10倍、物镜用40倍。体积的折算是根据《湖泊生态调查观测与分析》中浮游植物、浮游动物细胞体积表(黄祥飞等, 1999)并结合测微尺实际测量。每个食物样本计数3次, 求出平均数。

2 结果

2.1 鱼类群落组成

2.1.1 种类组成 通过筛网捕捞, 共记录26种鱼类, 隶属于9科; 其中, 鲤科鱼类最多, 有18种, 占鱼类种数的69.23%。其它科均只发现1种鱼类(见表1)。

2.1.2 重量组成 对9次具有代表性的筛网调查数据进行总体统计。结果表明, 鲢、鳙为绝对优势种, 其中, 鲢占渔获物总重量(20.82 ± 8.06)%, 鳙占(41.58 ± 19.24)%; 其次是鲫, 占渔获物总重量(8.30 ± 7.55)%, 鳊占(6.32 ± 7.22)%, 其它鱼类比例很少(见表2)。对绝对个体而言, 青鱼和草鱼居首, 在2010年大捕捞时, 曾捕获体重35 kg的草鱼和45 kg的青鱼。由于捕捞到青鱼、草鱼和鳊的次数很少且在这9次筛网中均没有出现, 才导致这3种鱼的百分比为零。

2.2 主要鱼类的食物组成

2.2.1 鳙 对鳙的食物组成分析结果表明, 浮游动物和浮游植物分别占(24.80 ± 20.71)%和(71.26 ± 20.51)%, 有机碎屑占(3.94 ± 4.23)%。在浮游动物中, 枝角类占比例最高, 为(12.80 ± 15.85)%,

表3 鳊的食物组成

Tab. 3 Diet composition of *Aristichthys nobilis* %

食物种类	个数比	体积比
原生动物	0.03 ± 0.06	0.09 ± 0.18
轮虫类	6.49 ± 7.83	2.67 ± 2.91
枝角类	12.80 ± 15.85	24.43 ± 28.78
桡足类	5.48 ± 6.42	8.30 ± 9.32
蓝藻门	17.83 ± 11.32	17.83 ± 10.41
硅藻门	42.26 ± 24.31	39.94 ± 25.83
黄藻门	0.42 ± 0.74	0.01 ± 0.01
裸藻门	1.57 ± 1.91	0.14 ± 0.25
绿藻门	9.17 ± 5.69	0.75 ± 1.42
有机碎屑	3.94 ± 4.23	5.84 ± 5.19

2.2.2 鲢 对鲢的食物组成分析结果表明,浮游植物个数比为(95.53 ± 6.84)%,浮游动物占(4.79 ± 6.60)%。浮游植物中,硅藻门个数比最高,为(43.51 ± 21.73)%,其次是蓝藻门,占(27.29 ± 3.64)%。折算成体积比,浮游植物占(90.47 ± 15.72)%,浮游动物占(9.53 ± 15.72)%;硅藻门占(47.19 ± 27.80)%,其次是蓝藻门,占(42.71 ± 13.76)%,详见表4。

表4 鲢的食物组成

Tab. 4 Diet composition of *Hypophthalmichthys molitrix* %

食物种类	平均个数比	平均体积比
原生动物	0.01 ± 0.01	0.00 ± 0.00
轮虫类	3.71 ± 4.82	4.27 ± 6.86
枝角类	1.07 ± 1.79	5.25 ± 8.86
蓝藻门	27.29 ± 3.64	42.71 ± 13.76
隐藻门	1.58 ± 2.69	0.16 ± 0.26
硅藻门	43.51 ± 21.73	47.19 ± 27.80
黄藻门	0.46 ± 0.78	0.01 ± 0.01
裸藻门	0.94 ± 1.09	0.08 ± 0.11
绿藻门	21.75 ± 11.29	0.33 ± 0.32

2.3 其它鱼类

对鲫的消化道分析得出,浮游植物占(38.17 ± 30.90)%,浮游动物占(7.03 ± 12.39)%,有机碎屑占(59.34 ± 30.77)%。在翘嘴鲌的食物中,鱼类占(70.88 ± 22.44)%,虾类占(2.88 ± 8.20)%,浮游动物占(25.64 ± 21.82)%,水生昆虫占(0.61 ± 3.48)%;在鳊的食物中,鱼类占(89.11 ± 19.68)%,虾类占(10.89 ± 19.68)%。

3 讨论

傀儡湖作为昆山市唯一的饮用水源湖泊,其鱼类群落应该具有水质保护功能。一个健康的湖泊生态系统应该具有鱼类群落多样性高、生物量低于环境容纳量和能量流动比例协调等特征。调查发现,

傀儡湖鱼类群落具有种类较少、群落多样性较低、生物量偏高以及底层鱼类数量偏多等问题。

3.1 鱼类种类较少

调查发现,傀儡湖的鱼类种类较少,仅发现26种鱼类。而傀儡湖的上游水源地——阳澄湖中有60余种鱼类。调查发现,傀儡湖目前已基本封闭,与湖体相通的河道仅有作为阳澄湖补水通道的野尤泾和作为取水通道的庙泾河,而湖体相通的河道也已全部截断,且在傀儡湖和阳澄湖之间有网拦截,导致阳澄湖内的鱼类不能进入傀儡湖。为了维持鱼类数量,从2008年开始往傀儡湖中投放鱼苗,但是投放鱼苗单一,仅为鲢、鳊鱼苗。因此,为了提高鱼类多样性,保持渔业资源持续发展,每年在傀儡湖中除了大量投放鲢、鳊鱼苗之外,还应投放其它一些由于受到水体环境条件限制而在湖泊、水库中不能自然产卵、孵化繁殖后代的鱼类品种。

傀儡湖的肉食性鱼类以鳊和翘嘴鲌为主;其中,鳊占鱼类总量的6%以上,主要摄食鲢,比例高达(89.11 ± 19.68)%,凶猛性鱼类会对其它鱼类造成危害,这可能是造成鱼类种类较少的原因。鳊在水生态系统中处于营养级的顶端,食物链过长而降低了利用效益,过去很多研究把一些凶猛性鱼类作为除野的对象(陈敬存等,1978),但后来的一些研究发现,凶猛性鱼类作为湖泊等大中型水体中的顶级消费者,可以利用其来调控滤食性鱼类的种群数量,使之通过营养级的联动效应达到调控湖泊生态系统的作用(张国华等,1997;杨瑞斌等,2002)。因此,为了减少鳊对其它鱼类的危害,应对傀儡湖的鳊采取适当的捕捞措施,维持其数量在鱼类群落中的恰当比例,从而恢复鱼类资源,保护鱼类多样性。

3.2 鱼类生物量偏高

目前,傀儡湖全湖年初鱼类总量为(54.9 ± 7.6)万kg;其中,鳊的年初生物量就超过20万kg,按鳊等速生鱼种的生长速度计算,鱼类生物量偏高。鲢、鳊是典型的滤食性鱼类,可以直接滤食浮游植物和浮游动物,处于营养生态位的底层,食物链短,食物能的转化效率高(刘俊利等,2008)。过去的研究认为,鲢主要摄食浮游植物兼食浮游动物,鳊则主要摄食浮游动物兼食浮游植物(倪达书和蒋燮治,1954),但调查发现,傀儡湖的鲢、鳊均主要摄食浮游植物;其中,鲢食物中的浮游植物占90%以上,鳊食物中的浮游植物接近60%。鲢、鳊已成为傀儡湖的优势种鱼类,占总渔获量的60%以上,而其中鳊占了40%以上。此外,在鳊的食物组成中,浮游动

物体积比超过了35%,这就很可能对傀儡湖浮游动物造成较大的牧食压力。浮游动物是浮游植物和鱼类等经济水生动物之间重要的营养通道(刘恩生, 2010),根据 Shapiro 在 1975 年提出的经典生物操纵理论,通过调整鱼类群落结构,保护和发展大型牧食性浮游动物,从而控制藻类的大量繁殖。由于鲢、鳙在湖泊中不能自行繁殖,必须人工投放鱼苗。傀儡湖从 2008 年开始往湖中投放鲢、鳙鱼苗,并且禁止捕捞以维持湖内鲢、鳙的数量。仅 2009 年 12 月投入湖中尾重 0.10~0.15 kg 的鲢鱼苗 14 099 kg,投入尾重 0.2~0.3 kg 的鳙鱼苗 11 474 kg。因此,可以通过减少鳙鱼种的投放来控制其数量,维持鱼类生物量低于环境容纳量,保护浮游动物,从而控制水体中浮游植物的大量繁殖,防止水体富营养化。

3.3 底层鱼类数量偏多

在鱼类调查中发现,傀儡湖底层鱼类数量偏多,仅鲤、鲫等底层鱼类的生物量就接近 7 万 kg。底层鱼类主要摄食底栖动物和水生植物,由于底层鱼类对底栖动物的摄食选择性低,在减少了水蚯蚓、摇蚊等有害底栖动物时,也对螺、蚬等有利底栖生物造成了危害。此外,底层鱼类对水生植物根茎的摄食,以及对底泥的扰动会影响水生植物的生长,尤其是对沉水植物的影响更甚。沉水植物是所有水生植物中与水环境联系最为密切的,其对水体生物的生产力和生物地化循环产生关键性影响,有利于保持底质的稳定性(刘建康, 1999)。因此,仅仅利用底层鱼类来控制底栖生物的结构和生物量是难以达到的,应该对傀儡湖鲫等底层鱼类进行捕捞,减少对有利底栖动物和水生植物的危害,并且通过适当保留凶猛性鱼类来控制底层鱼类。

参考文献

陈敬存,林永泰,伍绰田. 1978. 长江中下游水库凶猛鱼类的演替规律及种群控制途径的探讨[J]. 海洋与湖沼, 9(1):9-58.

黄祥飞,陈伟民,蔡启铭. 1999. 湖泊生态调查观测与分析[M]. 北京:中国标准出版社.

黄玉瑶. 1993. 白洋淀鱼类资源变化及影响因素分析[J]. 动物学集刊, (10):33-42.

黄玉瑶. 2001. 内陆水域污染生物学—原理与应用[M]. 北京:科学出版社:153-154, 248-254.

李文朝. 1996. 浅型富营养湖泊的生态恢复—五里湖水生植被重建试验[J]. 湖泊科学, 8(增刊):1-10.

刘恩生,刘正文,陈伟民,等. 2005. 太湖鱼类产量、组成的变动规律及与环境的关系[J]. 湖泊科学, 17(3):251-

255.

刘恩生,刘正文,鲍传和. 2007. 太湖鲫鱼数量变化的规律及与环境间关系的分析[J]. 湖泊科学, 19(3):345-350.

刘恩生. 2009. 太湖鱼类群落变化规律、机制及其对环境的影响分析[J]. 水生态学杂志, 2(4):8-14.

刘恩生. 2010. 生物操纵与非经典生物操纵的应用分析及对策探讨[J]. 湖泊科学, 22(3):307-314.

刘建康. 1999. 高级水生生物学[M]. 北京:科学出版社:231-233.

刘俊利,熊邦喜,王基松. 2008. 鲢、鳙对养殖水体的生态功能评析[J]. 水利渔业, 28(4):8-10.

刘正文. 2006. 湖泊生态系统恢复与水质改善[J]. 中国水利, 17:30-33.

倪达书,蒋燮治. 1954. 花鲢和白鲢的食性问题[J]. 动物学报, 6(1):59-71.

秦伯强,高光,胡维平,等. 2005. 浅水湖泊生态系统恢复的理论与实践思考[J]. 湖泊科学, 17(1):9-16.

秦伯强,胡维平,刘正文,等. 2006. 太湖梅梁湾水源地通过生态修复净化水质的试验[J]. 中国水利, 17:23-29.

秦伯强,胡维平,刘正文,等. 2007. 太湖水源地水质净化的生态工程试验研究[J]. 环境科学学报, 27(1):5-12.

秦伯强. 2007. 湖泊生态恢复的基本原理与实现[J]. 湖泊科学, 27(11):4849-4858.

邱东茹,吴振斌,刘宝元,等. 1997. 武汉东湖水生植被的恢复试验研究[J]. 湖泊科学, 9(2):168-174.

夏建宏,陆剑锋,周保春,等. 2009. 上海苏州河鱼类群落的初步研究[J]. 湖泊科学, 21(4):538-546.

谢松光,崔奕波,李钟杰. 2004. 湖泊食鱼性鱼类渔业生态学的理论与方法[J]. 水生生物学报, 24(1):72-81.

薛莹,金显仕. 2003. 鱼类食性和食物网研究评述[J]. 海洋水产研究, 24(2):76-87.

杨瑞斌,谢从新,杨学芬. 2002. 梁子湖 6 种凶猛鱼食物组成的研究[J]. 水利渔业, 22(3):1-3.

张国华,曹文宣,陈宜瑜. 1997. 湖泊放养渔业对我国湖泊生态系统的影响[J]. 水生生物学报, 21(3):271-280.

McQueen DJ. 1990. Manipulating lake community structure: where do we go from here? [J] Freshwat Biol, 23: 613-620.

Northcote TG. 1988. Fish in the structure and function of freshwater ecosystems: a "top-down" view [J]. Can J Fish Aquat Sci, 45:361-379.

Shapiro J, Lamarra V, Lynch M. 1975. Biomaniipulation: an ecosystem approach to lake restoration. In Brezonik PL, Fox JL eds. Proceedings of a Symposium on water Quality Management through Biological control [M]. Gainesville: University of Florida:85-89.

Study on Structure of Fish Community and Diet Composition of Dominant Fishes in Lake Kuilei

ZHANG Jing-jing

(College of Life Science, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

Abstract: The fish catches, fish community composition and diet composition of dominant species in Lake Kuilei were studied from January to December, 2010 for the analyses of impact of fish community on the water environment. The results showed that: (1) 26 species fish belonging to 9 families were found in the fish catches, of which Cyprinidae is the dominant family with 18 species, accounting for 69.23% of total fish species; (2) *Hypophthalmichthys molitrix* and *Aristichthys nobilos* became the dominant fishes in the lake, respectively accounting for $(20.82 \pm 8.06)\%$, $(41.58 \pm 19.24)\%$ of the total fish catches; (3) In the diet composition of the dominant fishes, the dominant species, *H. molitrix* and *A. nobilos* mainly fed on phytoplankton, i. e. Cyanophyta and Bacillariophyta, and partly fed on zooplankton, namely Cladocera, while the carnivorous fish (*Elopichthys bambusa* and *Culter alburnus*) mainly fed on fishes and shrimps. The status of fewer fish species in the lake was possibly caused by species singularity of releasing fish fry and the competitiveness of *E. bambusa* to other fishes; high fish biomass was mainly caused by the excessive number of *A. nobilos* put in; the quantity of demersal fishes was large. According to the classical biological control theory of Shapiro, the quantity of *A. nobilos* released should be reduced while the quantity of zooplankton should be increased to control phytoplankton, improve water quality and restore fish resources.

Key words: Lake Kuilei; fish community; diet composition