

太湖湖鲚渔获量变化与生物环境间相互关系*

刘恩生^{1,2,3}, 刘正文², 陈伟民², 鲍传和³, 陈开宁^{1,2}

(1:中国科学院研究生院,北京 100039)

(2:中国科学院南京地理与湖泊研究所,南京 210008)

(3:安徽农业大学,合肥 230036)

摘要:通过研究太湖湖鲚的年龄结构、食物组成,结合太湖鱼类渔获量统计和环境检测资料,分析了1973-2002年间太湖湖鲚渔获量变化的规律、原因及与生物环境间的相互关系。结果表明:1994年后湖鲚渔获量正以平均年增1430t的速度上升;种群中0⁺个体占99.04±2.21%(2003年)、99.08±0.80%(2004年);而0⁺湖鲚主要以浮游动物为食,其中枝角类占食物总个数的89.77.80±13.69%。分析发现:湖鲚渔获量与TIN、TN、COD间的正相关关系均达到显著水平;与翘嘴红鲌、银鱼产量间的负相关关系达到极显著水平;种群低龄化趋势加剧与捕捞强度不断升高相一致;浮游动物现存量有随湖鲚渔获量升高而降低的趋势。

关键词:太湖;湖鲚;渔获量;生物环境

A Study on the Change of Lake Anchovy (*Coilia ectenes taihuensis* Yen et Lin) Catches and Its Mutual Relationship to the Biological Environment in Lake Taihu

LIU Ensheng^{1,2,3}, LIU Zhengwen², CHEN Weimin², BAO Chuanhe³ & CHEN Kaining^{1,2}

(1: Graduate School of CAS, Beijing 100039, P. R. China)

(2: Nanjing Institute of Geography and Limnology, CAS, Nanjing 210008, P. R. China)

(3: Anhui Agricultural University, Hefei 230036, P. R. China)

Abstract: Based on the catches from 1973 to 2002 and an investigation of age structure and food composition of lake anchovy (*Coilia ectenes taihuensis* Yen et Lin) in 2004, the reasons of the fish catches increasing in Lake Taihu were analyzed in mutual relation to the biological environmental factors. The results showed that: since 1994 the catches of lake anchovy had been increasing annually at the rate of 1430 ton; 0⁺ individuals accounted for 99.04±2.21% in 2003 and 99.08±0.80% in 2004 of total individuals in its catches; 0⁺ lake anchovy entirely feed on zooplankton, among which the percentage of Cladocera in 0⁺ the fish food was 89.77±13.69%. The analysis showed that: the relationship between the catches of the fish and TIN, TN and COD showed positive correlation at the significant level of $P < 0.05$; the relationship between the catches of the fish and the catches of topmouth culter (*Erythroculter ilishaeformis* Bleek) and ice fish (*taihuensis* Chen) showed negative correlation at the very significant level of $P < 0.01$; the trend of low age composition in the fish population was conform with the increasing of fishing intensity of the lake in recent years. With the increasing of lake anchovy catches, there was decreasing trend of zooplankton standing crop.

Keywords: Lake Taihu; lake anchovy (*Coilia ectenes taihuensis* Yen et Lin); catches; biological environment

湖鲚 (*Coilia ectenes taihuensis* Yen et Lin) 属鲱形目、鲱属。近年来太湖湖鲚渔获量随富营养化程度的不断加重有同步增长趋势,已由1952年的640.5t、占鱼类总捕捞量的15.8%,上升到2002年的19571t、占64.1%,已成为太湖鱼类组成的绝对优势种群。其数量和组成的变化不仅是对太湖生态环境的反映,同时对水生生态系统的结构与功能也可能产生多方面的影响^[1-4]。关于太湖湖鲚的生物学特点、食性分析及种群数量变动和渔业利用问题已有研究^[5-7],但有关湖鲚与生物环境间相互关系的研究少见报道。

* 中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-SW-12-IV)、国家“863”项目(2002AA60101)和(2002AA601013)联合资助。2005-04-01收稿;2005-06-22收修改稿。

刘恩生,男,1957年生,副教授,博士研究生;E-mail:liues13579@163.com.

太湖自 20 世纪 80 年代后富营养化不断加重^[8,9],有必要探讨湖鲚产量随富营养化加重不断增长的原因及与生物环境间的相互影响.为此,通过 2004 年对湖鲚年龄结构及食性分析,结合太湖鱼类历年捕捞产量统计和环境检测资料,进行了此项研究.

1 材料和方法

1.1 湖鲚渔获量、富营养化指标的数据来源

湖鲚、翘嘴红鲌及银鱼的历年渔获量根据太湖渔业生产管理委员会 1952-2002 年的统计年报.太湖富营养化主要指标则根据已发表资料^[9].

1.2 食物组成分析

于 2004 年 9 月-10 月 15 日在梅梁湾、大太湖等水域进行了 16 个网次的抽样调查.捕捞工具为高踏网,长 2550 m、网目 $a=5$ mm,每次捕捞水域面积约 52 hm².按常规方法^[10]进行鱼类生物学资料采集和统计.对 16 个网次的 74667 kg 渔获物全部分类称重计算鱼类组成比例,同时采集食物组成样本.每次从渔获物中随机取样 50-100 尾,用 6% 福尔马林固定.分 6 次共采集 651 尾体长 58-89 mm 0⁺ 湖鲚,对其中 43 尾湖鲚消化道进行了食物定性、定量分析.

我国学者在分析鱼类食物组成时多用出现率这一指标.出现率可以反映鱼类对某种饵料的喜好程度,但并不能反映浮游生物食性鱼类某种饵料占食物的比例及具体的数量^[11-13].故本研究除计算食物的出现率外,还对消化道内所有饵料进行全部统计,计算了食物个数的组成比例、平均每个消化道的食物个数.由于 1⁺ 及以上湖鲚的数量、在种群中的比例均较少,故未对其进行详细研究.

1.3 年龄组成比例

年龄鉴定根据鳞片:取胸鳍覆盖部位鳞片,用 5% 氨水洗净后置于载玻片上,用低倍显微镜根据年轮鉴别^[5].共鉴定 0⁺ 湖鲚 161 尾、1⁺ 湖鲚 67 尾、2⁺ 湖鲚 43 尾,分别计算各年龄组的平均体长.从渔获物中每次随机抽取约 3-5 kg 样品,根据各龄组平均体长对湖鲚样品分类计数后计算年龄组成比例.共 15 次抽样对 35482 尾湖鲚进行了年龄组成分析.

2 结果

2.1 湖鲚产量变化

从 1952 年到 2002 年的 51 年间,湖鲚渔获量总体呈上升趋势($y=192.6t+1587.9$, $n=51$, $R=0.7626$, $P<0.01$, y -湖鲚产量(t), t -时间 a).如 1952 年产量仅 640.5 t,仅占鱼类总产量 15.8%,2002 年达到 19571 t,占 64.1%.湖鲚渔获量的变化过程可分为界限明确的缓慢增长、相对稳定和快速增长三个阶段.缓慢增长阶段:1952-1964 年的 13 年间,渔获量由 640.5 t、占渔获量 15.8%,逐渐增加到 6584.9 t、占 62.2%,平均年增加 457 t;相对稳定阶段:1964-1994 年的 31 年间平均年渔获量波动在 6175 ± 1051 t,占 $49.71 \pm 10.63\%$;快速增长阶段:1994-2002 年的 9 年间渔获量由 6706.6 t、占 46.0%,增长到 19571 t、占 64.1%,平均年增 1430 t(图 1).

2.2 种群年龄结构与生长

2003 年和 2004 年调查发现,0⁺ 湖鲚占种群数量比例分别为 $99.04 \pm 2.21\%$ 、 $99.08 \pm 0.80\%$.而在 1979、1980、1982、1983 和 1994 年的调查中,0⁺ 湖鲚占种群的数量比例分别为 33%、34%、76%、92% 和 98.16%.这说明 0⁺ 湖鲚数量比例在逐年增长;2003 年和 2004 年的调查中,1⁺ 湖鲚分别为 $0.85 \pm 2.81\%$ 、 $0.85 \pm 0.72\%$,2⁺ 湖鲚占 $0.11 \pm 0.07\%$ 、 $0.07 \pm 0.12\%$.两年调查均未发现 3⁺ 及以上个体.与 1979、1980、

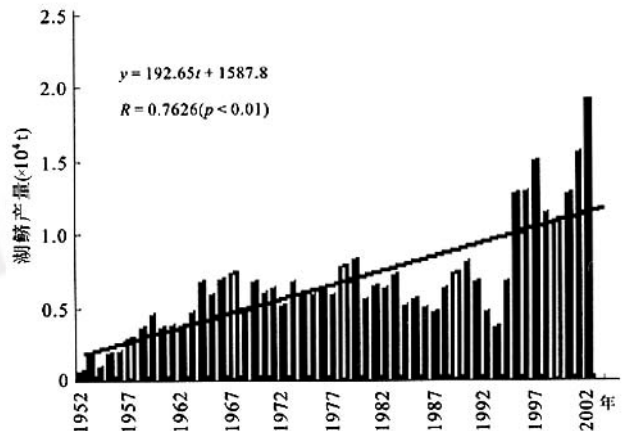


图 1 太湖湖鲚 1952-2002 年渔获量

Fig. 1 The catches of lake anchovy from 1952 to 2002

1982、1983、和1994年的调查相比,1⁺及以上湖鲚占种群的数量比例在逐年减少(表1)。这说明湖鲚种群年龄组成低龄化非常明显。

本次调查发现0⁺湖鲚平均体长为80.4±7.1 mm,平均体重为1.94±0.53 g;1⁺湖鲚平均体长为161.6±38.6 mm,平均体重为14.53±10.04 g;2⁺湖鲚平均体长为211.6±27.4 mm、平均体重为35.48±20.17 g。按此推算,2003-2004年0⁺湖鲚占种群产量的92.2%-92.9%、1⁺及以上鲚鱼仅占7.1%-7.8%;而1979-1980年0⁺湖鲚仅占种群产量的4.53%-5.64%、1⁺及以上鲚鱼占94.36-95.47%。和历史调查资料比较可以发现,小型化趋势明显。

表1 湖鲚年龄组成(尾数%)

Tab.1 The age composition of lake anchovy (*Coilia ectenes taihuensis* Yen et Lin) (individual %)

年份	0 ⁺	1 ⁺	2 ⁺	3 ⁺	4 ⁺
1979年	33	49	18		
1980年	34	55	10	0.9	0.1
1982年	76	23	0.9	0.1	
1983年	92	6	1.5	0.3	0.2
1994年	98.16	0.85	0.58		
2003年	99.04±2.21	0.85±2.81	0.11±0.07		
2004年	99.08±0.80	0.85±0.72	0.07±0.12		

* 1979、1980、1982、1983年数据根据唐渝^[5];1994年数据根据邓思明等^[14];2003、2004年为本次调查数据。

2.3 食物组成

对43尾0⁺湖鲚进行分析后发现,平均每个消化道含有枝角类212.7±206.4个,其中象鼻溞207.7±207.4个;桡足类7.6±6.9个;轮虫2.1±3.7个;按照个数计算,枝角类占食物总个数的89.77±13.69%,其中象鼻溞占85.66±15.48%;桡足类占7.84±11.53%;轮虫占2.39±4.95%(表2)。其中一尾湖鲚消化道含有1026个枝角类,有象鼻溞1023个。食物分析表明,0⁺湖鲚主要以枝角类为食,并且主要摄食象鼻溞。此外,在消化道中发现大量微囊藻,平均约占食物体积的15%-35%。

表2 43尾湖鲚消化道食物组成(体长58-89mm)

Tab.2 The food composition in 43 alimentary canals of lake anchovy (*Coilia ectenes taihuensis* Yen et Lin) (body length from 58mm to 89mm)

食物种类	出现率(%)	平均食物个数/个消化道	数量组成比(%)
1 枝角类总计	100.00	212.7±206.4	89.77±13.69
象鼻溞 <i>Bosmina</i>	100.00	207.7±207.4	85.66±15.48
裸腹溞 <i>Moina</i>	44.19	2.6±3.9	2.11±3.63
其它枝角类	67.44	3.4±2.7	1.99±2.86
2 桡足类总计	88.37	7.6±6.9	7.84±11.53
哲水溞 <i>Sinocalanus</i>	72.09	5.2±5.4	3.61±5.80
其它桡足类	74.42	2.9±2.9	4.23±6.55
3 轮虫	37.21	2.2±3.8	2.39±4.95

2.4 湖鲚渔获量和主要鱼类间的相关关系

分析1984-2002年近20年太湖鱼类产量发现,湖鲚和鲢鱼、银鱼产量的变化趋势基本相反。对湖鲚和主要鱼类渔获量间的简单相关关系分别进行线性、多项式、对数、乘幂和指数曲线拟合后,选择其中显著水平最高的为相关关系公式:湖鲚渔获量随鲢鱼渔获量降低而升高,呈极显著水平的负相关关系, $y = 157926x_1^{-0.507}$, $n = 19$, $R = -0.8700$, $P = 0.0000388 < 0.01$,其中 y 为湖鲚渔获量(t), x_1 为鲢鱼渔获量(t) (图2);湖鲚与银鱼渔获量间的负相关关系也达到极显著水平, $y = 19574e^{-0.0006x_2}$, $R = -0.6670$, $P = 0.001802 < 0.01$, $n = 19$,其中 y 为湖鲚渔获量(t), x_2 为银鱼渔获量(t) (图3)。

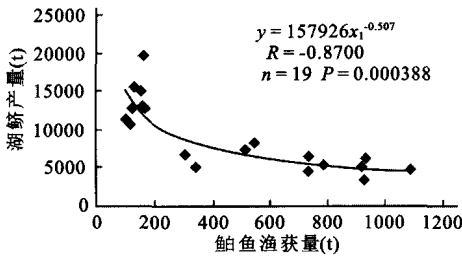


图2 1984 - 2002 年太湖湖鲢 - 鲃鱼渔获量间相关关系
Fig. 2 Relationship between the catches of lake anchovy and topmouth culter from 1984 to 2002

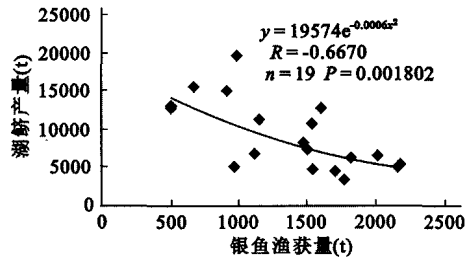


图3 1984 - 2002 年太湖湖鲢 - 银鱼渔获量间相关关系
Fig. 3 Relationship between the catches of lake anchovy and ice fishes from 1984 to 2002

3 分析和讨论

3.1 影响湖鲢渔获量的主要因子

3.1.1 富营养化对湖鲢渔获量的影响 太湖自 20 世纪 80 年代起富营养化程度开始加重^[8], 进入 90 年代后富营养化各项指标出现跃升. 分析发现湖鲢渔获量随富营养化程度的加重而升高. 如以 TIN 和 COD 为例, 1960 年分别为 0.05 mg/L、1.90 mg/L, 到 1994 年分别达到 1.137 mg/L、5.77 mg/L; 而 1960 年湖鲢渔获量为 3557 t, 到 1994 年升高到 6707 t. 根据 1960 - 1999 年 7 年的富营养化指标检测数据^[9] 和相应年份湖鲢渔获量进行相关分析发现, 太湖湖鲢的捕捞产量 (w) 与 TIN、TN、COD 间的正相关关系均达到显著水平 ($p < 0.05$): $w = 4710.5\text{TIN} + 3079.4$, $n = 7$, $R = 0.7773$, $P = 0.04$; $w = 3179.9\text{TN} + 2257.8$, $n = 6$, $R = 0.8274$, $P = 0.042$; $w = 1713.9\text{COD} + 1090.2$, $n = 7$, $R = 0.7630$, $P = 0.046$; w 为湖鲢渔获量 (t), TIN、TN、COD (mg/L)^[15].

近二十年来太湖富营养化程度不断加重, 由此使初级生产力水平持续增长, 浮游生物饵料丰富, 这为湖鲢提供了充足的饵料. 此外, 湖鲢种群年龄组成的低龄化在不断加重, 如 2003 - 2004 年 0⁺ 湖鲢占种群产量的 92.2% - 92.9%, 而 0⁺ 湖鲢主要摄食浮游动物. 这说明增加的渔获量主要是以浮游动物为食物的 0⁺ 湖鲢. 其中与过去调查资料^[7] 比较, 显著不同的是微囊藻所占比例较高. 虽然目前尚不知湖鲢对微囊藻的消化利用情况, 但可以说明湖鲢种群的能量来源主要是随着富营养化加重而日趋增加的浮游生物. 这是湖鲢渔获量与富营养化指标呈正相关的原因所在.

3.1.2 湖鲢和主要鱼类间的关系 太湖鱼类渔获量是按照分类接近、食性相似分为鲢鱼、银鱼、翘嘴红鲌、鲢鳙鱼、青草鱼、鲤鲫鱼及其它鱼类共 7 个类群进行统计的. 对近 20 年鱼类产量的简单相关分析发现, 湖鲢渔获量与翘嘴红鲌、银鱼渔获量间的负相关关系均达到极显著水平.

湖鲢渔获量随着翘嘴红鲌产量的降低而升高, 其负相关关系达到极显著水平 (图 2). 太湖的主要肉食性鱼类是翘嘴红鲌, 是捕食湖鲢的主要鱼类. 对翘嘴红鲌的食物组成分析发现 (许品诚 1984 年), 湖鲢在食物中的出现率为 48.6%^[16]. 而本次调查对捕获的 8 尾翘嘴红鲌分析发现, 食物中湖鲢的出现率为 100%. 这说明湖鲢是翘嘴红鲌的主要食物. 此外, 翘嘴红鲌成体后不仅主要以湖鲢为食, 在鱼苗和幼鱼阶段还对湖鲢存在着优势的食物竞争^[17]. 翘嘴红鲌、湖鲢的繁殖期相同, 在鱼苗和幼鱼阶段都以浮游动物为食, 并栖息在相同水域, 而翘嘴红鲌生长快、游动迅速, 争食时处于优势, 所以对湖鲢有较强的抑制作用. 但由于翘嘴红鲌产卵时集群易捕捞, 并且在我国的湖泊渔业生产中是作为害鱼清除的, 所以近二十年来其种群数量和组成比例逐年下降, 仅维持在很低的水平. 如 1952 - 1958 年翘嘴红鲌捕捞渔获量由 225 t 上升到 530 t, 占渔获量比例由 5.5% 上升到 7.6%; 1959 - 1972 年鲃鱼的分类产量资料是中断的; 在 1973 - 1983 年的 11 年间由 403 t、占 3.5% 下降到 304 t、占 2%; 1983 - 1994 年的 12 年间产量波动在 300 - 500 t, 占 2% - 5%, 仅 1987 年达到 1090 t、7.7%; 1994 - 2002 年的 9 年间, 由 302 t、占 2%, 下降到 150 t 左右、仅占 0.4% - 0.5%. 其中 1998 年仅 102.8 t、占 0.4%. 2004 年对高踏网的 16 个网次的调查仅发现翘嘴红鲌 8 尾, 2.85 kg. 由此可看出: 鲃鱼已由最高年份的 1000 多 t 下降到目前的 100 - 150 t, 占鱼类总产量的比例由 7.7% 下降到现在的 0.4% - 0.5%. 太湖翘嘴红鲌渔获量总体呈下降趋势, 与湖鲢的变化趋势正相反 (图 2). 由于翘嘴红鲌始终

处于人为干扰下的低生物量水平,这就使湖鲚失去抑制而迅速发展.由此可以看出,由于人为的过度捕捞导致翘嘴红鲌数量迅速减少而使湖鲚失去抑制,这可能是湖鲚渔获量快速升高的主要生物学原因之一.

湖鲚和银鱼渔获量间的负相关关系也达到极显著水平(图3).太湖银鱼渔获量中包括大银鱼和太湖新银鱼.已有研究发现成体后的大银鱼可以吞食湖鲚^[18].而太湖新银鱼主要摄食浮游动物,且栖息水域和湖鲚也基本相同,可能两者间有食物上的竞争关系.银鱼是经济价值很高的鱼类,由于人为过度捕捞使其资源日趋减少,这就可能降低了与湖鲚的食物竞争,更利于湖鲚种群迅速发展.但是,有关银鱼和湖鲚间的关系尚有待进一步研究.这是因为:仅由相关分析尚不足以得出定论;目前太湖银鱼产量以太湖新银鱼为主,虽有不少研究者认为湖鲚和太湖新银鱼存在相互抑制^[17,19,20],但两种鱼类的食性比较的研究还没有报道.

以上分析说明,湖鲚渔获量近年的快速增长是由太湖富营养化程度加重导致浮游生物增长、过度捕捞导致捕食者—翘嘴红鲌的减少所引起.银鱼可能是湖鲚的食物竞争者,其资源的衰减也可能也降低了与湖鲚的食物竞争.

3.2 年龄组成与捕捞强度的关系

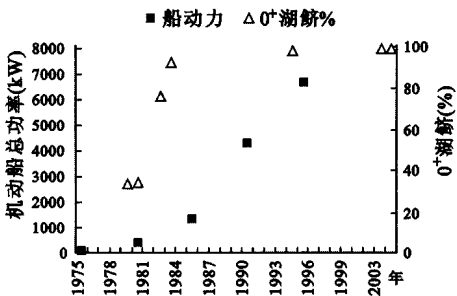


图4 太湖机动船总功率和0⁺湖鲚组成比历年变化
Fig. 4 Changes of total horse power of fishing boats and composition percentage of 0⁺ lake anchovy

2003年和2004年调查发现,0⁺湖鲚占种群的数量比例均超过99%,而1⁺及以上湖鲚不足1%.湖鲚目前的年龄组成状况与过去相比有很大差别,如1979-1980年0⁺湖鲚仅占33%-34%,到1982年、1983年分别上升到76%和92%,1994年达到98.16%(表1).这说明湖鲚年龄组成的低龄化在不断加剧.分析1979-2004年间7次湖鲚年龄组成调查资料发现,0⁺湖鲚比例按 $y_0 = 21.432 \ln(t) + 36.284$ ($r = 0.9083$, $P < 0.01$, y_0 - 0⁺湖鲚占种群数量比例(%), t - 时间(a))的趋势不断上升,1⁺及以上湖鲚按照 $y_1 = -21.432 \ln(t) + 36.284$ ($R = -0.9083$, $P < 0.01$, y_1 - 1⁺及以上湖鲚占种群数量比例(%))的相反趋势在不断下降.这说明湖鲚年龄组成的低龄化趋势是很明显的.

分析太湖鱼类捕捞强度的变化可以发现,湖鲚种群的低龄化趋势与捕捞强度的不断提高是一致的(图4).太湖的捕捞强度在不断升高,如按照捕捞机动船的功率(匹马力)计算,1975年为364、1980年为4824、1985年为19343、1990年为63741、1995年为98530^①.这说明太湖湖鲚年龄组成的低龄化趋势是由于过度捕捞所造成的.

3.3 湖鲚食物组成及对浮游动物的牧食压力

近年来湖鲚渔获量不断上升,产量中0⁺个体数量超过99%、占重量的92.2%-92.9%.而0⁺个体主要摄食浮游动物.太湖湖鲚的日粮目前尚未有人研究,但我们可以根据浮游动物食性鱼类如鲢鳙鱼的饵料系数进行估计.以2002年为例,太湖湖鲚渔获量为19571 t,几乎完全摄食浮游动物的0⁺个体折算为18201 t,这相当于太湖每公顷水面有掠食浮游动物的0⁺个体77.85 kg,折合40128尾.如按照浮游动物食性鱼类的饵料系数20^[21]计算,相当于全湖每年约有 3.6×10^5 t浮游动物,或者相当于每年平均每公顷水面有1600 kg浮游动物,其中主要是枝角类被0⁺湖鲚掠食.由此可以看出湖鲚对浮游动物的牧食压力是巨大的.分析1997-2000年间浮游动物现存量的变化也发现,8、10月份浮游动物现存量有随湖鲚渔获量升高而下降的趋势,而2月份浮游动物现存量没有相应的变化趋势(图5).这可能是因为:湖鲚的繁殖季节在5-7月份,在2月份当年个体尚未产出,而8、10月份当年湖鲚已开始大量摄食浮游动物.浮游动物现存量的变化受多种因素影响,虽然还不能得出定论太湖浮游动物现存量的变化是由湖鲚所引起,但可以肯定的是:太湖湖鲚渔获量的快速增加是以摄食大量浮游动物为基础的.

由此看出,湖鲚渔获量的快速增长及主要摄食浮游动物的0⁺个体比例升高,消耗了大量浮游动物,这可能是引起浮游动物现存量减少从而使浮游植物暴发失去限制的生物因素之一.

① 朱茂晓,江苏省太湖渔业生产管理委员会论文集,1996.

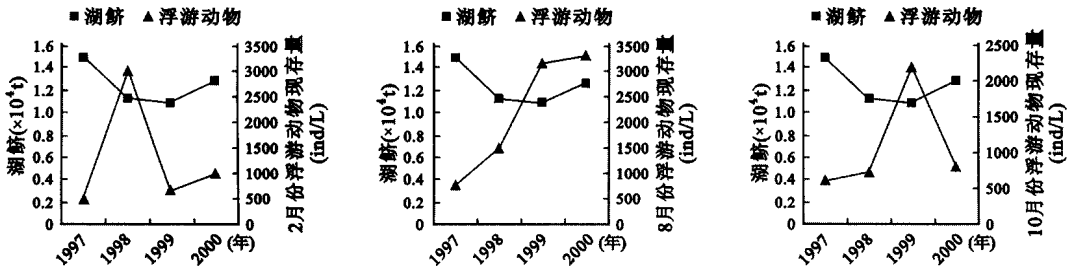


图5 湖鲚渔获量与西太湖2、8、10月份浮游动物现存量历年变化趋势

Fig. 5 The annual change trend of lake anchovy catches and the plankton standing mass during Feb., Aug. and Oct. in the west part of Lake Taihu

4 结论

近年来太湖湖鲚渔获量的快速增长是由于太湖富营养化程度加重导致浮游生物增长、过度捕捞导致捕食者—翘嘴红鲌资源减少所引起。而太湖新银鱼可能是湖鲚的食物竞争者,其资源的衰减也可能降低了与湖鲚的食物竞争。而湖鲚渔获量的快速增长及主要摄食浮游动物的 0^+ 个体比例升高消耗了大量浮游动物,这可能是引起浮游动物现存量减少从而使浮游植物暴发失去限制的生物因素之一。

5 参考文献

- [1] 黄玉瑶. 内陆水域污染生物学——原理与应用. 北京: 科学出版社. 2001: 153 - 154.
- [2] Karr J R. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fishes*, 1981, **6**: 21 - 27.
- [3] Karr J R. Biological integrity: A long - neglected aspect of water resource management. *Ecol Application*, 1991, **1**: 66 - 84.
- [4] Northecote T G. Fish in the structure and function of freshwater ecosystem: a "top-down" view. *Can J Fish Aquat Sci*, 1988, **36**: 1 - 379.
- [5] 唐 渝. 太湖湖鲚生长特征和临界年龄的研究. *生态学杂志*, 1986, **5**(3): 5 - 9.
- [6] 孙雪兴, 仇延航. 太湖湖鲚年龄与生长的研究. *海洋与湖沼*, 1987, **18**(1): 39 - 47.
- [7] 唐 渝. 太湖湖鲚种群数量变动及合理利用的研究. *水产学报*, 1987, **11**(1): 61 - 73.
- [8] 蔡启铭主编. 太湖环境生态研究(一). 北京: 气象出版社. 1998: 135 - 140.
- [9] 秦伯强, 胡维平, 陈伟民等. 太湖水环境演化过程与机理. 北京: 科学出版社. 2004: 19, 274 - 283.
- [10] 黄祥飞, 陈伟民, 蔡启铭. 湖泊生态调查观测与分析. 北京: 中国标准出版社, 1999: 9.
- [11] 薛 莹, 金显仕. 鱼类食性和食物网研究评述. *海洋水产研究*, 2003, **24**(2): 76 - 87.
- [12] Hislop E J. Stomach contents analysis - a review of methods and their application. *J Fish Biol* 1980, **17**: 411 - 429.
- [13] Richard K, Wallace J R. An assessment of diet-overlap indexes. *Tran Ame Fish Soc*, 1981, **110**: 72 - 76.
- [14] 邓思明, 臧增加, 詹鸿禧等. 太湖敞水区鱼类群落结构特征和分析. *水产学报*, 1997, **21**(2): 134.
- [15] 刘恩生, 刘正文, 陈伟民等. 太湖鱼类产量、组成的变动规律及与环境的相互关系. *湖泊科学*, 2005, **17**(3): 251 - 255
- [16] 许品诚. 太湖翘嘴红白的生物学及其增殖问题的探讨. *水产学报*, 1984, **8**(4): 279.
- [17] 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.
- [18] 朱成德. 太湖大银鱼生长与食性的初步研究. *水产学报*, 1985, **9**(3): 275 - 287.
- [19] 秦 伟, 梁守仁, 贾文方. 太湖银鱼种群消长动态及其增殖措施. *淡水渔业*, 1997, **27**(6): 3 - 6.
- [20] 王玉芬, 盖玉欣, 庄玉兰等. 增殖太湖新银鱼水体生态因子的研究. *中国水产科学*, 1998, **5**(1): 123 - 127.
- [21] 大连水产学院主编. 淡水生物学. 北京: 农业出版社, 1989: 226.