

太湖鲢鱼和鲢、鳙鱼的食物组成及相互影响分析*

刘恩生^{1,2,3}, 刘正文³, 鲍传和¹, 吴林坤⁴, 曹萍⁴

(1: 安徽农业大学动物科技学院, 合肥 230036)

(2: 中国科学院研究生院, 北京 100039)

(3: 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 2100083)

(4: 江苏省太湖渔业管理委员会, 苏州 215004)

摘要:通过分析和比较太湖鲢鱼、鲢、鳙鱼的食物组成,研究了它们间的食物关系;并结合太湖历年鱼类渔获量资料,对渔获量变化间可能存在的相互影响进行了相关分析.结果表明:在9-12月份期间,鲢鱼、鳙鱼食物中微囊藻约占体积比的90%以上、浮游动物不足10%;用Pianka提出的公式计算鲢鱼和鳙鱼间的食物重叠系数为 >0.99 ,相同食物组成比例为95.40%.而同期调查0+鲢鱼食物中微囊藻约占体积的15%-35%;如不计算微囊藻仅计算浮游动物的个数组成比则为:枝角类占 $89.77\% \pm 13.69\%$,桡足类占 $7.84\% \pm 11.53\%$,轮虫占 $2.39\% \pm 4.95\%$.而简单相关、偏相关分析表明:鲢鱼和鲢、鳙鱼数量变化间的负相关关系均达到显著水平.分析认为:在富营养化条件下,太湖的鲢鱼和鳙鱼以微囊藻为主要食物;而鲢鱼和鲢、鳙鱼食物中浮游动物的种类基本相同,可能存在对浮游动物资源的激烈竞争;它们种群数量变化间的相互影响是负向的,可能存在互相抑制.

关键词:太湖; 鲢鱼; 鲢鱼; 鳙鱼; 食物组成

Food content and the mutual effects between *Hypophthalmichthys molitrix* (Cuvier et Valenciennes) and *Aristichthys nobilos* (Richardson) and *Coilia ectenes taihuensis* Yen et Lin in Lake Taihu

LIU Ensheng^{1,2,3}, LIU Zhengwen³, BAO Chuanhe¹, WU Linkun⁴ & CAO Ping⁴

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

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

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

(4: Lake Taihu Fishery Administer Committee of Jiangsu Province, Suzhou 215004, P. R. China)

Abstract: From September to December in 2004, based on the food content investigation, the food relationship and the mutual effects between *Coilia ectenes taihuensis* Yen et Lin and *Hypophthalmichthys molitrix* (Cuvier et Valenciennes) and *Aristichthys nobilos* (Richardson) were studied in Lake Taihu. Results showed that: Cyanobacteria occupied over 90% of food volume in alimentary canal of *Hypophthalmichthys molitrix* (Cuvier et Valenciennes) and *Aristichthys nobilos* (Richardson), about 15%-35% of food volume in alimentary canal of *Coilia ectenes taihuensis* Yen et Lin; *Hypophthalmichthys molitrix* (Cuvier et Valenciennes) and *Aristichthys nobilos* (Richardson) basically fed on the same food. Except Cyanobacteria, *Coilia ectenes taihuensis* Yen et Lin mainly fed on Cladocera accounting for $89.77\% \pm 13.69\%$, Copepoda accounting for $7.84\% \pm 11.53\%$ and Rotifera accounting for $2.39\% \pm 4.95\%$. *Hypophthalmichthys molitrix* (Cuvier et Valenciennes) and *Aristichthys nobilos* (Richardson) nearly fed on the same species of Cladocera as that of *Coilia ectenes taihuensis* Yen et Lin. The partial correlative analysis showed that: there was negative correlation between the catches of *Coilia ectenes taihuensis* Yen et Lin and the catches of *Hypophthalmichthys molitrix* (Cuvier et Valenciennes) and *Aristichthys nobilos* (Richardson) at the signifi-

* 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)联合资助. 2006-05-21 收稿; 2006-07-09 收修改稿. 刘恩生, 男, 1957, 副教授, 博士; E-mail: liues13579@163.com.

cant lever of $p < 0.05$.

Keywords: Lake Taihu; *Coilia ectenes taihuensis* Yen et Lin; *Hypophthalmichthys molitrix* (Cuvier et Valenciennes); *Aristichthys nobilos* (Richardson); food content

鲢鱼(*Coilia ectenes taihuensis* Yen et Lin)属鲱形目、鲢属,是太湖的绝对优势鱼类,其渔获量在不断增加,由1952年的640.5 t上升到2004年的21221t^[1]. 鲢鱼和鳙鱼是太湖的放流鱼类,产量合并统计为鲢、鳙鱼,在1952-2004年期间渔获量波动在 1074.8 ± 427.1 t,占鱼类总量的 $8.37\% \pm 4.36\%$,其中1984、1985两年曾达到近2000 t,近年波动在 1088.5 ± 335.6 t^[1,2],有随鲢鱼增加而下降的趋势.

鲢鱼和鲢、鳙鱼都摄食浮游生物、且栖息空间也基本一致,因此,有必要分析它们间的食物关系. 有关鲢鱼和鲢、鳙鱼的食性分析已有报道^[3,4],由于研究目的不同,对鲢鱼的研究多以食物种类的出现率为指标^[3]. 而出现率指标可以说明鱼类是否摄食了某种食物,但不能解释各种食物的相对重要程度,也不能比较不同鱼类间的食物关系. 在太湖,有关鲢鱼和鲢、鳙鱼食物组成的比较及相互间影响的分析尚未见报道. 为了揭示它们间的食物关系和相互影响,于2004年9-12月份在太湖对三种鱼类的食物组成和重叠程度进行了比较研究,并根据太湖1983-2004年连续22年的鱼类渔获量统计资料,对鲢鱼和鲢、鳙鱼数量变化间可能存在的相互影响用SAS软件进行了相关分析.

1 材料和方法

1.1 样本采集和食物组成分析

样本采集于2004年9月-12月份捕捞季节,在三山湖、平台山和焦山3个采样点进行抽样调查(图1). 捕捞工具为高踏网,长2550 m、网目 $a = 5$ mm,每次捕捞水域面积折合约52 hm². 共对43尾体长31.5-58.5 cm的鲢鱼和41尾体长37.5-62.5 cm的鳙鱼消化道进行了食物组成分析. 由于条件限制不能进行食物组成的周年性采样. 而鲢鱼的食物组成分析是根据此前同期所做的研究^[5].

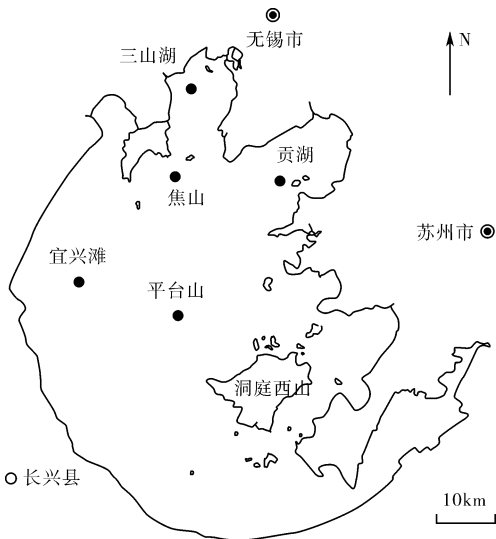


图1 太湖采样点分布

Fig. 1 sampling points in Lake Taihu

食物组成分析 食物组成是按照个数比和折算体积比进行统计的. 在分析鱼类食物组成时我国学者多用出现率指标. 出现率指标仅可以说明鱼类是否摄食了这种食物,但不能反映不同饵料的相对多少和各种食物的相对重要程度^[6,7],也很难比较浮游生物食性鱼类食物组成的差别和鱼类间的食物关系. 因此,本研究是采用个数组成比和折算体积组成比进行分析的:把消化道中的全部食物稀释至50-100 ml,混合均匀后用0.1 ml浮游生物计数框全部计数,微囊藻是以群体计数的. 计数时显微镜的目镜用10×、物镜用40×. 根据数量组成比例折算为体积组成比例. 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^[8]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.

在比较鲢鱼和鲢、鳙鱼食物组成时,没有包括微囊藻在内,仅比较食物中浮游动物的组成比例. 鉴定时,对食物中的枝角类和桡足类尽可能鉴定到属,而轮虫的数量极少没有分类. 鲢、鳙鱼食物中的枝角类碎片很多,难以鉴定种类,而鲢鱼食物中的枝角类碎片相对减少.

1.2 食物组成指标和重叠指数

为了比较鲢鱼和鲢、鳙鱼对浮游动物的食物竞争,在不计算微囊藻的情况下仅计算了各种浮游动物的个数组成比例.

1.2.1 饵料重叠系数 采用 Pianka 提出的公式^[9]:

$$O_{jk} = \sum P_{ij}P_{ik} / (\sum P_{ij}^2 P_{ik}^2)^{1/2}$$

式中, O_{jk} 为捕食者 k 与捕食者 j 的饵料重叠系数; P_{ij} 为饵料 i 在捕食者 j 的食物组成中的数量百分比; P_{ik} 为饵料 i 在捕食者 k 的食物组成中的数量百分比. 重叠系数在 0 - 1 之间变化. Keast 规定, $O_{jk} > 0.3$ 表示重叠有意义, $O_{jk} > 0.7$ 表示严重重叠^[10]. 而孟田湘在研究渤海底层鱼类时认为 0.3 似乎偏小, 应以 $O_{jk} > 0.5$ 表示重叠有意义^[11].

1.2.2 相同食物组成比例 为了更直观地描述两种鱼类食物组成的相似程度, 还计算了相同食物组成比例指标. 相同食物组成比例的计算是根据公式 $S = \sum P_{i\min}$. 式中, S 为两种鱼类相同的食物组成比例; $P_{i\min}$ 为饵料 i 在两种鱼类食物组成中较小的组成比例. 例如, 象鼻蚤在鲢鱼食物组成中的个数比例为 85.66%、在鳙鱼食物组成中的个数比例为 52.12%, 那么 $P_{i\min} = 52.12\%$. 可以理解象鼻蚤在两种鱼类食物组成中相同的部分是 52.12%. 相同食物组成比例可以更直观地表示两种鱼类食物组成的相似程度.

1.3 太湖鲢鱼和鲢、鳙鱼产量变化及相关关系分析

为了研究鲢鱼和鲢、鳙鱼数量变化间可能存在的相互影响, 根据太湖 1983 - 2004 年连续 22 年的鱼类渔获量统计资料, 用 SAS 软件进行了简单相关和偏相关分析. 太湖的鱼类分类产量是按照鲢鱼, 银鱼, 鲂鱼, 鲤、鲫鱼, 鲢、鳙鱼, 青、草鱼和“其它鱼类”等七个类群进行统计的. 除青、草鱼和“其它鱼类”两个类群外, 基本是按照分类接近、食性和生态习性相似的标准划分的. 太湖鱼类分类产量的统计数据虽然不能准确反映各个种的具体数量变化情况, 但可以说明不同食性、生态习性鱼类相对数量的变化趋势, 并且是唯一可得的长期连续检测数据.

2 结果

2.1 太湖鲢、鳙鱼食物组成

如果仅统计微囊藻群体, 而不计算分散的微囊藻单细胞个体, 结果表明, 鲢鱼食物中微囊藻个数比为 64.90% ± 12.10%, 折算成体积比为 75.59% ± 10.02%; 象鼻蚤个数比为 15.73% ± 5.16%, 折算成体积比为 11.49% ± 4.48%; 枝角类碎片个数比为 17.03% ± 6.59%, 折算成体积比为 12.47% ± 5.60%; 轮虫个数比为 2.34% ± 1.29%, 折算成体积比为 0.46% ± 0.27%. 鳙鱼食物中微囊藻个数比为 70.28% ± 14.92%, 折算成体积比为 78.94% ± 11.72%; 象鼻蚤个数比为 14.91% ± 6.75%, 折算成体积比为 10.74% ± 5.44%; 枝角类碎片个数比为 13.95% ± 8.07%, 折算成体积比为 10.15% ± 6.36%; 轮虫个数比为 0.87% ± 0.76%, 折算成体积比为 0.17% ± 0.15% (表 1).

表 1 2004 年 9 月 1 日 - 10 月 15 日太湖鲢、鳙鱼食物组成个数比、体积比 (%)

Tab. 1 Individual percentage and volume percentage of food content in alimentary canal of *Hypophthalmichthys molitrix* (Cuvier et Valenciennes) and *Aristichthys nobilos* (Richardson) from September to December in 2004 in Lake Taihu

		铜绿 微囊藻	水华 微囊藻	不定 微囊藻	强壮 微囊藻	假丝 微囊藻	象鼻蚤	枝角类 碎片	轮虫
鲢鱼	个数比	26.63 ±	17.75 ±	11.44 ±	4.48 ±	4.60 ±	15.73 ±	17.03 ±	2.34 ±
	(%)	4.61	5.16	2.63	2.62	1.49	5.16	6.59	1.29
	折算体 积比 (%)	22.13 ±	36.39 ±	9.52 ±	3.70 ±	3.85 ±	11.49 ±	12.47 ±	0.46 ±
鳙鱼	个数比	31.23 ±	18.33 ±	12.95 ±	3.22 ±	4.53 ±	14.91 ±	13.95 ±	0.87 ±
	(%)	8.07	5.20	3.31	1.21	1.74	6.75	8.07	0.76
	折算体 积比 (%)	25.26 ±	36.83 ±	10.56 ±	2.63 ±	3.67 ±	10.74 ±	10.15 ±	0.17 ±
		5.16	7.55	2.53	0.97	1.33	5.44	6.36	0.15

此外, 消化道中有大量分散的微囊藻单细胞个体, 难以准确折算. 但粗略估计约是微囊藻群体体积的

20% - 30%。因此,微囊藻在鲢、鳙鱼食物中的体积比例约为 90% 以上,而浮游动物体积比不足 10%。

如果仅计算浮游动物而不计微囊藻,鲢鱼食物中象鼻溞个数比为 $45.34\% \pm 4.26\%$,枝角类碎片个数比为 $48.02\% \pm 4.81\%$,轮虫 $6.62\% \pm 2.83\%$;鳙鱼食物中象鼻溞个数比为 $52.12\% \pm 8.52\%$,枝角类碎片个数比为 $44.80\% \pm 8.15\%$,轮虫为 $3.07\% \pm 1.90\%$ 。而鲢、鳙鱼食物中的枝角类碎片主要是象鼻溞,如按象鼻溞计算,则鲢鱼食物中象鼻溞和枝角类碎片合计个数比为 $93.38\% \pm 2.83\%$,轮虫 $6.62\% \pm 2.83\%$;鳙鱼食物中象鼻溞和枝角类碎片合计个数比为 $96.93\% \pm 1.90\%$, $3.07\% \pm 1.90\%$ (表 2)。

表 2 2004 年 9 月 1 日 - 12 月太湖鲢、鳙鱼消化道中浮游动物个数组成比(%)

Tab. 2 Zooplankton individual percentage of food content in alimentary canal of *Hypophthalmichthys molitrix* (Cuvier et Valenciennes) and *Aristichthys nobilis* (Richardson) from September to December in 2004 in Lake Taihu

	象鼻溞	枝角类碎片	轮虫
鲢鱼	45.35 ± 4.26	48.02 ± 4.81	6.62 ± 2.83
鳙鱼	52.12 ± 8.52	44.80 ± 8.15	3.07 ± 1.90

2.2 鲢鱼食物组成

由于目前尚不知鲢鱼是否可以消化微囊藻,未详细统计其数量比例。粗略估计微囊藻约占鲢鱼食物体积的 15% - 35%,浮游动物约占 65% - 85%。如不计算微囊藻仅分析浮游动物的个数组成比例,结果表明,鲢鱼食物中的枝角类个数比为 $89.77\% \pm 13.69\%$,桡足类占 $7.84\% \pm 11.53\%$,轮虫仅占 $2.39\% \pm 4.95\%$ 。食物中象鼻溞数量组成比例最高,平均个数比为 $85.66\% \pm 15.48\%$ (表 3)。

表 3 2004 年 9 月 1 日 - 12 月 43 尾 0⁺ 鲢鱼消化道食物组成个数比(%) (体长 58 - 89 mm)

Tab. 3 Zooplankton individual percentage of food content in alimentary canal of 0⁺ *Coilia ectenes taihuensis* Yen et Lin

样点	哲水溞	剑水溞	无节幼体	虾	象鼻溞	蚤状溞	裸腹溞	秀体溞	轮虫
平均个	$3.61 \pm$	$1.18 \pm$	$3.05 \pm$		$85.66 \pm$	$0.83 \pm$	$2.11 \pm$	$1.17 \pm$	$2.39 \pm$
数比(%)	5.80	2.47	5.12	0	15.48	1.44	3.63	2.76	4.95

2.3 太湖鲢鱼和鲢、鳙鱼的食物组成比较

根据 Pianka 提出的公式^[9]和相同食物组成比例公式 $S = \sum P_{\min}$ 计算鲢鱼和鳙鱼的食物组成发现,饵料重叠系数均大于 0.99、相同食物组成比例达到 95.40%。

为了分析鱼类对浮游动物饵料资源的竞争情况,如果不计算微囊藻,仅比较食物中浮游动物的组成情况,发现鲢鱼和鲢、鳙鱼几乎摄食相同的浮游动物种类。

2.4 鲢鱼和鲢、鳙鱼产量变化趋势比较及相关分析

鲢鱼渔获量在 1952 - 2004 年期间总体呈上升趋势。从 1952 年的 640.5 t、占鱼类总量 15.8% 上升到 2004 年的 21221 t,占 63.8%。鲢鱼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 13 年间,由 640.5 t、占鱼类总量 15.8% 逐渐增加到 6584.9 t、占 62.2%,平均年增 457 t;相对稳定阶段:1964 - 1994 年 31 年间波动在 6175 ± 1051 t,占鱼类总量 $49.71\% \pm 10.63\%$;快速增长阶段:1994 - 2004 年的 11 年间由 6706.6 t、占 46.0% 增至 21221 t、占 63.8%,平均年增 1451 t(图 2)。

鲢、鳙鱼 1952 - 2004 年渔获量波动在 1074.8 ± 427.1 t,占鱼类总量的 $8.37\% \pm 4.36\%$ 。其中 1984、1985 两年曾达到近 2000 t,此后产量有下降趋势。近年波动在 1088.5 ± 335.6 t,占鱼类总量比例下降为 $4.24\% \pm 2.04\%$ (图 2)。

比较发现,鲢鱼和鲢、鳙鱼历年产量的变化趋势基本相反(图 2)。对 1983 - 2004 年期间鲢鱼和鲢、鳙鱼的渔获量进行简单相关、偏相关分析表明,其负相关关系均达到显著水平(表 5)。

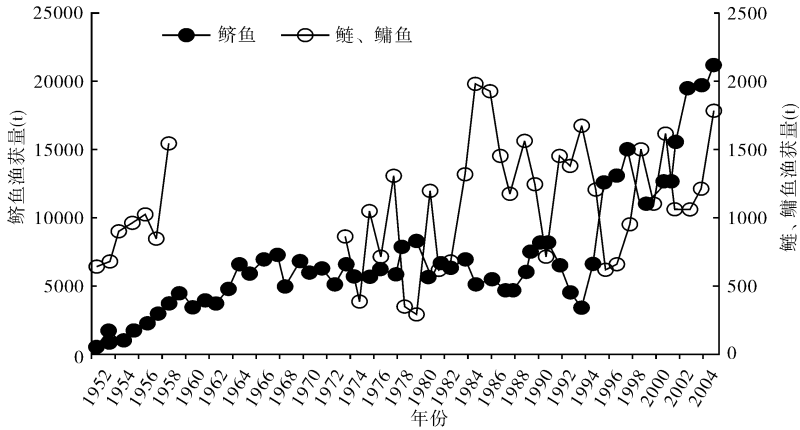


图 2 太湖 1952 - 2004 年鲢鱼和鲢、鳙鱼渔获量变化趋势

Fig.2 Variation of catches of *Coilia ectenes taihuensis* Yen et Lin and catches of *Hypophthalmichthys molitrix* (Cuvier et Valenciennes) and *Aristichthys nobilos* (Richardson) from 1952 to 2004 in Lake Taihu

表 5 1983 - 2004 年主要鱼类渔获量间的简单相关和偏相关关系¹⁾

Tab.5 Correlation coefficients among main fish catches from 1983 to 2004 in Lake Taihu

鲢鱼	银鱼	鮊鱼	鲤、鲫鱼	鲢、鳙鱼	青、草鱼	其它								
鲢鱼	-0.623	0.003 **	-0.779	0.000 **	0.707	0.000 **	-0.542	0.014 *	-0.177	0.457	0.417	0.067		
银鱼	0.1506	0.592		0.758	0.000 **	-0.186	0.433	0.588	0.006 **	0.401	0.080	-0.114	0.633	
鮊鱼	-0.6030	0.017	0.6374	0.011			-0.457	0.043	0.408	0.074	0.231	0.326	-0.542	0.014
鲤鲫鱼	0.8062	0.000	-0.1343	0.633	0.4572	0.087			-0.076	0.751	0.171	0.472	0.662	0.001 **
鲢鳙鱼	-0.5542	0.032 *	0.3710	0.173	-0.2538	0.361	0.4003	0.139			0.135	0.569	0.100	0.676
青草鱼	-0.2721	0.327	0.2738	0.323	-0.0675	0.811	0.2870	0.300	-0.3114	0.259			0.196	0.407
其它	-0.3742	0.169	0.3295	0.230	-0.6623	0.007	0.5609	0.030	0.0095	0.973	0.0807	0.775		

1) 右上角为简单相关系数,左下角为偏相关系数. ** 为极显著水平, * 为显著水平.

3 讨论

3.1 鲢鱼、鲢鱼、鳙鱼的食物组成

鲢鱼是太湖的优势鱼类,其食性研究已有报道. 如唐渝(1987)研究了不同体长范围鲢鱼的食性,发现 < 130 mm 的鲢鱼食物中的枝角类、桡足类和轮虫的出现率分别为 100%、97% 和 17%; 体长 131 mm 以上的鲢鱼食物中开始出现鱼虾,但出现率很低^[3]. 由于 < 130 mm 的鲢鱼主要是 0⁺ 和 1⁺ 个体,因此,这和本研究的结果是基本吻合的. 如 2004 年 9 - 12 月 0⁺ 鲢鱼的食物个数组成比例是:枝角类占 89.77 ± 13.69%,桡足类占 7.84% ± 11.53%,轮虫占 2.39% ± 4.95%;枝角类、桡足类和轮虫的出现率分别是 100%、88.37% 和 37.21%^[5]. 本研究鲢鱼的出现率指标和唐渝的研究结果是一致的. 但过去的研究没有个数组成比例这一指标. 此外,在鲢鱼的食物中出现大量微囊藻,约占体积的 15% - 35%. 由于目前尚不知其是否可以消化微囊藻,因此仅分析了浮游动物的个数组成比例.

对太湖鲢鱼和鳙鱼的食物组成分析表明,微囊藻是它们的主要食物,在食物中的体积比例超过 75%. 但值得补充的是,在分析鲢鱼和鳙鱼食物组成比例时,仅统计了群体数量. 而大量分散的微囊藻个体无法准确计数,但可以粗略估计其数量相当于群体体积的 20% - 30%. 因此,微囊藻在鲢鱼和鳙鱼食物中的体积比例约为 90% 以上,而浮游动物的体积比例不足 10%. 因微囊藻群体大小差异很大,并且分散的个体也无法准确折算为群体个数. 因此,本研究的结果仅能反映的大概情况是:在太湖,微囊藻是鲢、鳙鱼的主要

食物,并且,鲢、鳙鱼的食物组成差别很小.而传统的观点认为:鲢鱼主要摄食浮游植物,鳙鱼主要摄食浮游动物^[4].本研究的结论和传统观点是不同的.这说明,在太湖富营养化条件下,鲢、鳙鱼的食物组成已经发生了很大变化.

3.2 鲢鱼和鲢鱼、鳙鱼的食物关系及相互影响

虽然鲢鱼、鳙鱼、鳊鱼都摄食大量的微囊藻,由于太湖富营养化程度在不断加重,蓝藻频繁暴发,因此,对蓝藻的摄食不会形成食物竞争.而太湖的浮游动物资源是有限的,为了分析鱼类对浮游动物饵料资源的食物竞争情况,如果不计算微囊藻,用 Pianka 提出的公式^[9]计算鲢鱼-鳙鱼、鲢鱼-鳊鱼间摄食浮游动物的饵料重叠系数均 >0.95 ,超过 Keast 规定的 $O_{jk} > 0.7$ 的严重重叠水平^[10].而相同食物组成比例也表明,鲢鱼-鳙鱼、鲢鱼-鳊鱼食物中浮游动物组成的相似程度为 88.05%.这说明,在太湖鲢鱼、鳙鱼、鳊鱼几乎摄食相同的浮游动物.它们主要竞争的食物资源是浮游动物.

简单相关和偏相关分析也表明,鲢鱼和鳙、鳊鱼数量变化间的负相关关系达到显著水平.这和食物组成的比较结果是一致的.因此,在太湖通过增加鳙、鳊鱼数量可能会起到抑制鲢鱼快速增长的效果.

4 参考文献

- [1] 吴林坤,朱茂晓. 鱼类资源. 见:倪勇,朱成德主编. 太湖鱼类志. 上海:上海科学技术出版社,2005: 24-25.
- [2] 刘恩生,吴林坤,曹 萍等. 太湖鱼类渔获量和优势种年龄组成的变化规律及下行效应分析. 安徽农业大学学报,2005,32(4):471-477.
- [3] 唐 渝. 太湖湖鲢种群数量变动及合理利用的研究. 水产学报,1987,11(1):61-73.
- [4] 倪达书,蒋燮治. 花鲢和白鲢的食性问题. 动物学报,1954,6:59-71.
- [5] 刘恩生,刘正文,陈伟民等. 太湖鲢鱼渔获量变化及与生物环境间相关关系的研究. 湖泊科学,2005,17(4):340-345.
- [6] 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.
- [7] 谢松光,崔奕波,李钟杰. 湖泊食鱼性鱼类渔业生态学的理论与方法. 水生生物学报,2000,24(1):72-81.
- [8] 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,1999:75-94.
- [9] Pianka Eric R. The structure of Lizard Communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1973, 4: 53-74.
- [10] Keast, A. Trophic and spatial interrelationships in the fish species of an Ontario temperate lake. *Environmental Biology of Fishes*, 1978, 3: 7-31.
- [11] 孟田湘. 渤海鱼类群落结构及其动态变化. 中国水产科学,1998,5(2):16-21.