J. Lake Sci.(湖泊科学), 2007, 19(1):103-110
http://www.jlakes.org. E-mail: jlakes@niglas.ac.cn
© 2007 by Journal of Lake Sciences

太湖新银鱼、鲚鱼的食性比较及相互影响分析*

刘恩生[1],鲍传和[1],吴林坤[2],曹 萍[2]
(1:安徽农业大学动物科技学院,合肥 230036)
(2:江苏省太湖渔业管理委员会,苏州 215004)

摘 要:在太湖,通过对263个太湖新银鱼和鲚鱼胃含物样本的食物组成分析和比较,研究了两种鱼类间的食物关系;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偏相关分析.结果表明:太湖新银鱼在4月份的食物中以桡足类为主,占个数的70.11% ±10.57%,其次是枝角类,为29.84% ±10.62%,轮虫的数量极少,仅占0.05% ±0.11%;在4月份1+鲚鱼的食物中以枝角类为主、占79.35% ±11.42%,桡足类占19.97% ±10.78%,而轮虫和虾的数量很少,分别占0.49% ±0.45%和0.20% ±0.44%.而在9-10月份0+鲚鱼的食物中,枝角类占89.77% ±13.69%,桡足类占7.84% ±11.53%,轮虫占2.39% ±4.95%;用Pianka提出的公式,计算两种鱼类在4月份5个采样点的饵料重叠系数平均为0.4739 ±0.2810,没有达到Keast提出的$O_{jk}>0.7$的严重重叠水平;计算5个采样点的相同食物组成比平均为46.42% ±20.32%,和饵料重叠系数接近.而偏相关分析表明:两种鱼类数量变化间的相关关系是负向的,且随着鱼类密度的增加,负相关关系的显著水平有不断提高的趋势.如1973-1984年期间的负相关关系远没有达到显著水平($r=-0.2531$ $p=0.584$),而1985-2004年期间的负相关关系接近显著水平($r=-0.4395$ $p=0.101$).分析认为:太湖新银鱼和鲚鱼的食物虽有重叠,但通常情况下食物竞争并不激烈;种群数量变化间的相互影响是负向的,没有达到显著水平.可能仅在两种鱼类密度很高时,激烈地食物竞争才会发生、并主要表现为对哲水蚤和剑水蚤的竞争;且数量间负向的相互影响有加强趋势.

关键词:太湖;太湖新银鱼;鲚鱼;食性比较;数量组成比例;饵料重叠系数;相同食物组成比

Comparison of food composition and analysis on mutual effects between *Neosalanx tangkahkeii taihuensis* Chen and *Coilia ecten taihuensis* Yen et Lin in Lake Taihu

LIU Ensheng[1], BAO Chuanhe[2], Wu Linkun[2] & CAO Ping[2]
(1: *School of Animal Science and Technology, Anhui Agricultural University, Hefei* 230036, *P. R. China*)
(2: *Lake Taihu Fishery Administrative Committee of Jiangsu Province, Suzhou* 215004, *P. R. China*)

Abstract: During April in 2004 and November and October in 2005, based on the food composition investigation for 263 food samples of *Neosalanx tangkahkeii taihuensis* Chen and *Coilia ectenes taihuensis* Yen et Lin and the correlative analysis of the changes of fish catches, the food relationship and the mutual effects between the two fishes were studied in Lake Taihu. Results showed that: *Neosalanx tangkahkeii taihuensis* Chen mainly fed on Copepoda accounting for 70.11% ±10.57% in its food, Cladocera accounting for 29.84% ±10.62% and Rotifera only accounting for 0.05% ±0.11% in the investigation during April; while in the same time investigation, *Coilia ectenes taihuensis* Yen et Lin mainly fed on Cladocera accounting for 79.35% ±11.42% in its food, Copepoda accounting for 19.97% ±10.78%, and Rotifera and shrimp respectively accounting for 0.49% ±0.45% and 0.20% ±0.44% and in the investigation during November and October; Cladocera accounted for 89.77% ±13.69% in its food, Copepoda accounted for 7.84% ±11.53%, and Rotifera only accounted for 2.39% ±4.95%. The average food overlap coefficient in 5 sampling points between the two fishes was 0.4739 ±0.2810 which did not reached to

* 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、2002AA601013)联合资助.2006-01-17收稿;2006-03-11收修改稿.刘恩生,男,1957年生,副教授,博士;E-mail:liues13579@163.com.

the significant overlap level during the April investigation. The resemble food composition was 46.42% ±20.32%. The partial correlative analysis showed that: there was negative correlation between the catches of the two fishes, but not significant; there was the trend of the significant level of the negative correlation getting high and high with the catches of the two fishes increasing. For example, the significant level of the negative correlation was $r = -0.4395$ $p = 0.101$ during the periods from 1973 to 1984 and was $r = -0.4395$ $p = 0.101$ during the periods from 1985 to 2004. The analysis might show that: the main food of the two fishes was different so that in common ecological conditions there was nearly not fiercely food competition between the two fishes. But with their density getting high there would be food competition between them and the food competition was mainly focused on the Copepoda.

Keywords: Lake Taihu; *Neosalanx tangkahkeii taihuensis* Chen; *Coilia ectenes taihuensis* Yen et Lin; food composition percentage in number; food overlap coefficient; resemble food composition

鲚鱼(*Coilia ectenes taihuensis* Yen et Lin)属鲱形目、鲚属,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21221 t.银鱼是太湖的名贵鱼类,渔获量波动起伏很大,但从1985年后总体呈下降趋势.如1985年为2180 t,下降到近几年的500－700 t[1].银鱼包括大银鱼(*Protosalanx hyalocranius* Abbott)、太湖新银鱼(*Neosalanx tangkahkeii taihuensis* Chen)、寡齿短吻银鱼(*Neosalanx oligodontis* Chen)和雷氏银鱼(*Regansalanx branchyrostralis*)4种[2].近年银鱼渔获量中主要以太湖新银鱼为主,如1990－2004年占82.23% ±9.98% [1].因鲚鱼、太湖新银鱼的数量变化趋势基本相反,有必要研究它们间的相互关系.

鲚鱼和太湖新银鱼都摄食浮游动物、且栖息空间也基本一致,因此,有不少学者认为它们间存在相互抑制[3-7].有关两种鱼类的食性分析已有报道[8,9],由于研究目的不同,这些研究多以食物种类的出现率为指标.出现率是指出现某种饵料的消化道数量占总样本的比例,而当一个消化道出现这种饵料时,无论多少均计为1次.因此,出现率指标仅可以说明鱼类是否摄食了这种食物,但不能解释各种食物的相对重要程度,也不能比较两种鱼类间的食物关系.有关鲚鱼和太湖新银鱼食物组成的比较及相互间影响的分析尚未见报道.为了揭示鲚鱼和太湖新银鱼的食物关系和相互影响,于2004年秋季和2005年春季,在太湖对两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1973－2004年连续32年的鱼类渔获量统计资料,对两种鱼类数量变化间可能存在的相互影响用SAS软件进行了偏相关分析.

1 材料和方法

1.1 食物组成分析

食物组成调查分两次进行:第一次采样是于2004年9月－10月15日的鲚鱼捕捞季节,在三山湖和焦山2个采样点进行了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,每次捕捞水域面积折合约52 ha.每次随机取样50－100尾,用6－8%福尔马林整体固定.对其中43尾0^+鲚鱼消化道进行了食物定性、定量分析.在此期间仅采集到11尾太湖新银鱼,其中3尾空腹,仅8尾有食物.因样本太少没有代表性,所以没有进行统计.第二次采样是于2005年4月份太湖渔业管理委员会每年都进行的银鱼资源调查,在三山湖、焦山、平台山、贡湖和宜兴滩5个采样点进行捕捞(图1).捕捞工具用拖网.从每个采样点的渔获物中随机采取太湖新银鱼和鲚鱼各50－100尾,用8%福尔马林整体固定.共鉴定体长11－13 cm的1^+鲚鱼和体长31－56 mm太湖新银鱼各110尾.按常规方法进行鱼类生物学资料采集和统计.食物种类的鉴定是在实验室用双筒显微镜进行的.因太湖新银鱼、鲚鱼个体较小,是取出全部胃含物进行计数的.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.

因太湖禁渔期管理非常严格,除捕捞季节和每年4月份的银鱼资源调查期间外,其余时间难以采样,因此不能进行食物组成的周年性采样.

此外,由于在秋季鲚鱼种群中主要是0^+个体、占99.08%以上,而1^+及以上个体较少,所以主要是对0^+个体进行食物分析的;而在春季,鲚鱼种群中主要是1^+个体,约占99%以上,而更大个体鲚鱼比例均较少,故主要对1^+个体进行食物分析.

1.2 食物组成指标和重叠指数

我国学者在分析鱼类食物组成时多用出现率指标.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不同饵料的相对多少[10,11],因此也很难比较食物组成的差别.本研究是对消化道内所有饵料进行统计,计算各种饵料的数量组成比例.数量组成比例基本上可以反映食物组成的真实情况,从而可以比较两种鱼类的食物差别.

饵料重叠系数采用 Pianka 提出的公式[12]:$O_{jk} = \sum P_{ij}P_{ik} / (\sum P_{ij}^2 P_{ik}^2) 1/2$. 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 认为,$O_{jk} > 0.3$ 表示重叠有意义,$O_{jk} > 0.7$ 表示严重重叠[13]. 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[14].

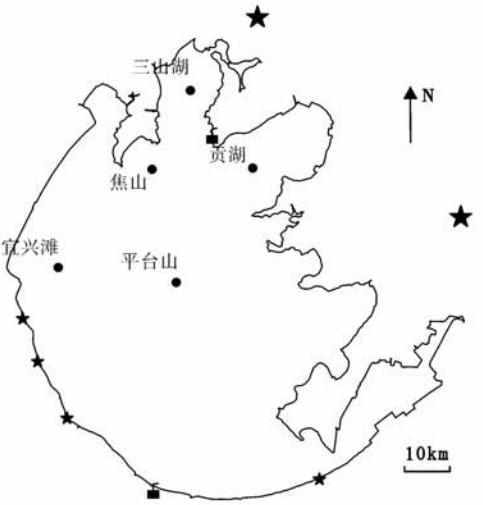


图 1 太湖采样点分布

Fig. 1 Sampling site distribution in Lake Taihu

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 $S = \sum P_{imin}$. 式中 ,S 为两种鱼类相同的食物组成比例;P_{imin} 为饵料 i 在两种鱼类食物组成中较小的组成比例. 例如,象鼻溞在鲚鱼食物组成中的个数比例为 42.31%、在太湖新银鱼食物组成中的个数比例为 6.57%,那么 $P_{imin} = 6.57\%$. 可以理解为象鼻溞在两种鱼类食物组成中相同的部分是 6.57%. 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 太湖新银鱼、鲚鱼产量变化及相关关系分析

为了研究两种鱼类数量变化间可能存在的相互影响,根据太湖 1973 - 2004 年连续 32 年的鱼类渔获量统计资料,用 SAS 软件进行了偏相关分析. 太湖新银鱼、鲚鱼历年产量是根据 2005 年出版的《太湖鱼类志》[15]. 太湖的鱼类分类产量是按照鲚鱼、银鱼、鲌鱼、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. 太湖银鱼产量中包括大银鱼、太湖新银鱼、寡齿短吻银鱼和雷氏银鱼 4 种,但近年渔获量中主要以太湖新银鱼为主,如 1990 - 2004 年太湖新银鱼占 63.75% - 97.13%、平均波动在 82.23% ±9.98%,而大银鱼占 2.87% - 36.25%、平均波动在 17.78% ±9.98%[1]. 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、生态习性鱼类的产量变化趋势. 也可以反映鱼类间相对数量比例的变化情况,并且是唯一可得的长期连续检测数据. 而这正是分析鱼类间因食物竞争、捕食和被捕食产生的相互影响所必需的. 此外,因鱼类产量统计年报中 1958 - 1972 年期间仅有鲚鱼、银鱼和总产量数据,而其它鱼类的分类产量统计是中断的,所以是根据 1973 - 2004 年连续 32 年的鱼类分类产量进行分析的. 为了避免简单分析可能存在的伪相关关系,是用 SAS 软件(9.0 版)进行偏相关分析的.

2 结果

2.1 太湖新银鱼食物组成

在 2005 年 4 月 5 个采样点,共采集消化道有食物的太湖新银鱼 110 尾. 分析结果表明,太湖新银鱼食物中的哲水蚤数量组成比例最高,平均为 48.46% ±8.58%;其次是剑水蚤和裸腹溞,分别为 18.97% ±3.61% 和 15.63% ±2.64%;其余依次是象鼻溞、秀体溞、无节幼体和溞状溞;而其它水溞数量很少. 从食物种类的大类看,食物中以桡足类为主,占 70.11% ±10.57%,其次是枝角类,为 29.84% ±10.62%,轮虫的数量极少,仅占 0.05% ±0.11%(表 1).

表1 2005年4月太湖新银鱼食物组成个数比(%)(样本总数 $N=110$,各采样点标本数均为 $n=22$)*

Tab. 1 Food compositions in individuals of *Neosalanx tangkahkeii taihuensis* Chen, April, 2005

个数比(%)	哲水蚤	剑水蚤	无节幼体	象鼻溞	溞状溞	裸腹溞	秀体溞	低额溞	薄皮溞	长刺溞	盘肠溞	大型溞	长肢溞	轮虫
1#	56.88	21.01	1.09	2.54	1.09	13.41	1.09	1.45	1.45	0	0	0	0	0
2#	57.18	20.54	1.73	2.23	0.99	15.10	0.74	0	0.74	0	0	0.25	0.25	0.25
3#	40.78	13.43	4.53	14.40	0.81	17.64	4.05	0	1.78	0	0.65	1.29	0.65	0
4#	39.04	17.38	2.27	6.42	12.85	19.02	0.38	1.89	0.76	0	0	0	0	0
5#	48.42	22.47	3.80	7.28	2.22	12.97	2.55	2.22	0	0.63	0	0	0	0
平均个数比%	48.46 ± 8.58	18.97 ± 3.61	2.68 ± 1.44	6.57 ± 4.92	3.59 ± 5.20	15.63 ± 2.64	1.69 ± 1.48	0.67 ± 0.93	0.95 ± 0.69	0.13 ± 0.28	0.13 ± 0.28	0.31 ± 0.56	0.18 ± 0.28	0.05 ± 0.11

* 采样点:1#,三山湖;2#,焦山;3#,平台山;4#贡湖;5#,宜兴滩.

2.2 鲚鱼食物组成

2004年9月–10月15日在三山湖和焦山2个采样点对鲚鱼进行分析. 结果表明,鲚鱼食物中的枝角类占89.77% ±13.69%,桡足类占7.84% ±11.53%,轮虫仅占2.39% ±4.95%. 食物中象鼻溞数量组成比例最高,平均为85.66% ±15.48%(表2).

在2005年4月5个采样点,共采集消化道有食物的鲚鱼110尾. 结果表明,鲚鱼食物中的枝角类占79.35% ±11.42%,桡足类占19.97% ±10.78%,而轮虫和虾的数量很少,分别占0.49% ±0.45%和0.20% ±0.44%. 鲚鱼食物中象鼻溞数量组成比例最高,平均为42.31% ±19.26%;其次是裸腹溞和哲水蚤,分别是21.15% ±7.20%和10.44% ±5.90%;其余依次是剑水蚤、低额溞、溞状溞、无节幼体、秀体溞;而其它水溞、虾和轮虫的数量很少(表3). 从食物种类的大类看,食物中的枝角类占84.01% ±7.03%,桡足类占15.99% ±7.03%.

表2 2004年9月1日–10月15日43尾0+鲚鱼消化道食物组成(体长58–89 mm)

Tab. 2 The food composition in 43 alimentary canals of 0+ lake anchovy (*Coilia ectenes taihuensis* Yen et Lin) (body length from 58mmm to 89mm; samples $N=43$)

样点	哲水蚤	剑水蚤	无节幼体	虾	象鼻溞	溞状溞	裸腹溞	秀体溞	轮虫
平均数	3.61 ± 5.80	1.18 ± 2.47	3.05 ± 5.12	0	85.66 ± 15.48	0.83 ± 1.44	2.11 ± 3.63	1.17 ± 2.76	2.39 ± 4.95

2.3 太湖新银鱼、鲚鱼的食物组成比较

根据2005年4月份5个样点两种鱼类的食物组成比例,计算饵料重叠系数平均为0.4739 ±0.2810,其中仅1个点达到Keast规定的 $O_{jk}>0.7$ 的严重重叠水平[13];从相同食物组成比例看,5个采样点平均为46.42% ±20.32%,仅1个点超过70%,这和重叠系数的计算结果基本一致(表4).

2.4 鲚鱼和太湖新银鱼产量的变化趋势比较及相关分析

鲚鱼渔获量在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%. 鲚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% ±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).

表3 2005年4月1⁺鲚鱼食物数量组成比(%)(样本总数 $N=110$,各采样点标本数均为 $n=22$)

Tab. 3 Food compositions of 1⁺ *Coilia ectenes taihuensis* Yen et Lin in April, 2005

样点	哲水蚤	剑水蚤	无节幼体	虾	象鼻溞	溞状溞	裸腹溞	秀体溞	低额溞	薄皮溞	长刺溞	盘肠溞	大型溞	基合溞	僧帽溞
1#	3.62	1.76	0.20	0	45.11	0.78	25.86	2.79	16.96	0.39	0.68	1.86	0	0	0
2#	8.09	6.37	3.84	0	62.42	0.33	11.19	3.02	2.45	0	0.49	0	0.41	0.33	1.06
3#	10.68	0.80	2.21	0	54.42	1.43	15.76	2.53	3.22	0.55	0	0.83	0.14	0	0.28
4#	19.77	12.82	3.30	0.98	12.33	12.86	26.57	1.46	4.11	2.64	0.57	0.16	1.22	0.36	0.85
5#	10.04	5.53	3.66	0	37.28	9.11	26.38	1.62	5.11	0	0.26	0	0	0.77	0.26
平均个数	10.44 ±	6.89 ±	2.64 ±	0.20 ±	42.31 ±	4.90 ±	21.15 ±	2.28 ±	6.37 ±	0.72 ±	0.40 ±	0.57 ±	0.35 ±	0.29 ±	0.49 ±
比(%)	5.90	4.02	1.51	0.44	19.26	5.72	7.20	0.70	6.00	1.10	0.27	0.80	0.51	0.32	0.45

* 采样点:1#,三山湖;2#,焦山;3#,平台山;4#贡湖;5#,宜兴滩.

表4 食物重叠指数和相似组成比例

Tab. 4 Food interrelationships and similarity index

	1#三山湖	2#焦山	3#平台山	4#贡湖	5#宜兴滩	平均数
重叠系数	0.2144	0.2254	0.5680	0.8933	0.4686	0.4739 ± 0.2810
相同食物组成比例	25.24%	31.42%	55.69%	76.16%	43.59%	46.42% ± 20.32%

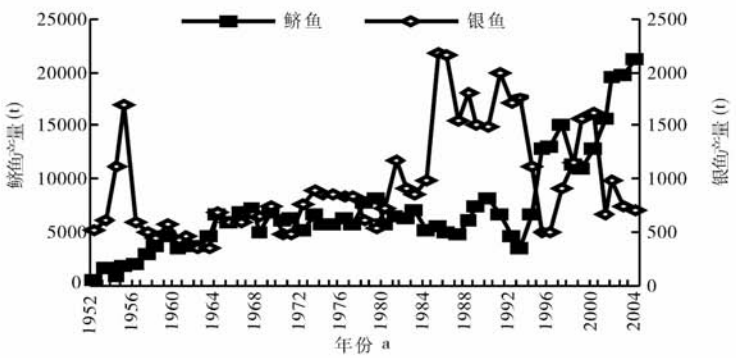


图2 1952 – 2004年太湖新银鱼、鲚鱼产量变化趋势

Fig. 2 Changes of annual productions of *Neosalanx tangkahkeii taihuensis* Chen and *Coilia ectenes taihuensis* Yen et Lin during 1952 – 2004

太湖银鱼产量波动起伏很大,但在1952 – 2004年期间其产量变化大致可分为两个阶段:1952 – 1984年,产量平均波动在705.5 ± 269.0 t,占鱼类总产量的7.55% ± 4.29%;1985 – 2004年产量虽有波动,但总体呈下降趋势.从1985年历史上的最高产量2179.7 t,下降到2004年的710.3 t,其中有的年份仅500 t左右(图2).比较鲚鱼和银鱼历年产量的变化趋势可以发现,1952 – 1985年期间没有相反变化趋势,而1985 – 2004年期间的变化趋势基本相反(图3).

为避免简单相关分析可能存在的伪相关现象,又进行了偏相关分析.对1973 – 1984年鲚鱼 – 银鱼产量间关系的分析发现,其负相关关系远未达到显著水平:$r = -0.2531$;$p = 0.584$;而1985 – 2004年期间的负相关关系接近显著水平:$r = -0.4395$; $p = 0.101$(表5).

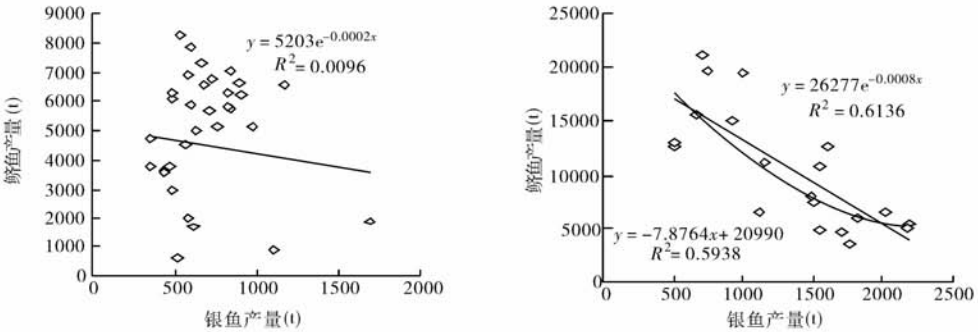


图 3 太湖新银鱼、鲚鱼产量变化趋势(a)1952 – 1984 年;(b)1985 – 2004 年

Fig. 3 Correlations of annual productions of *Neosalanx tangkahkeii taihuensis* Chen and *Coilia ectenes taihuensis* Yen et Lin during 1952 – 1984(a) and 1985 – 2004(b)

表 5 太湖 1973 – 1984 年、1985 – 2004 年主要鱼类产量间的偏相关分析

Tab. 5 the correlation among catches of main fishes in Lake Taihu from 1973 to 1984 and from 1984 to 2004

	鲚鱼	银鱼	鲌鱼	鲤、鲫鱼	鲢、鳙鱼	青、草鱼	其它鱼类
鲚鱼		-0.4395;0.101	-0.5878;0.021	0.7407;0.002	0.3796;0.163	-0.0118;0.967	-0.5409;0.037
银鱼	-0.2531;0.584		0.2608;0.348	0.1820;0.516	0.4817;0.069	-0.0504;0.859	0.0939;0.739
鲌鱼	0.4040;0.369	0.2965;0.519		0.3890;0.152	0.2909;0.293	0.0828;0.769	-0.7261;0.002
鲤、鲫鱼	0.4193;0.349	-0.2778;0.546	0.0162;0.972		-0.1321;0.639	0.0579;0.838	0.6299;0.012
鲢、鳙鱼	-0.7814;0.038	0.0076;0.987	0.6140;0.142	0.5494;0.201		0.2084;0.456	0.2933;0.289
青、草鱼	0.3905;0.386	-0.5066;0.246	-0.1339;0.775	-0.6428;0.119	0.5438;0.207		0.1103;0.696
其它鱼类	0.4930;0.261	0.2919;0.525	-0.6089;0.147	0.0366;0.938	0.5631;0.188	-0.0355;0.940	

1)表中左下角为 1973 – 1984 年鱼类产量间的偏相关系数,右上角为 1985 – 2004 年的偏相关系数.

2)表中“;”前为偏相关系数 r 值、后为概率值 p.

3 讨论

3.1 鲚鱼和太湖新银鱼的食物组成

鲚鱼是太湖的优势鱼类,其食性研究已有报道. 如唐渝研究了不同体长范围鲚鱼的食性,发现小于 130 mm 的鲚鱼食物中的枝角类、桡足类和轮虫的出现率分别为 100%、97% 和 17%;体长 131 mm 以上的鲚鱼食物中开始出现鱼虾,但出现率很低[9]. 由于 <130 mm 的鲚鱼主要是 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 月 – 10 月 0^+ 鲚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%[16]. 在 2005 年 4 月份鲚鱼 1^+ 个体的食物中,枝角类占 79.35% ±11.42%,桡足类占 19.97% ±10.78%,而轮虫和虾的数量很少,分别占 0.49% ±0.45% 和 0.20% ±0.44%;而枝角类、桡足类和轮虫的出现率分别是 100%、92.6% 和 15.8%. 这说明,太湖鲚鱼从产出后近一周年的时间里主要摄食枝角类. 这和太湖新银鱼的食性差别很大.

太湖新银鱼是太湖的名贵鱼类,经济价值很高. 有关其食性研究也有报道. 如上个世纪 60 年代中国科学院南京地理研究所的调查认为,太湖体长 4.9 – 6.2 cm 的银鱼主要以枝角类和桡足类为食物[15];而炳旭文 1992 – 1993 年测定了体长 15 – 79 mm 的 1064 尾太湖新银鱼标本,发现其食物中桡足类、枝角类和轮虫的出现率分别为 96.0%、74.1% 和 1.1%[7]. 而本研究的结果是:在春季,太湖新银鱼食物中以桡足类为主,其数量组成比例为 70.11% ±10.57%,其次是枝角类,占 29.84% ±10.62%,而轮虫几乎不被摄食,仅占 0.05% ±0.11%. 而桡足类、枝角类和轮虫的出现率分别是 100%、92.73% ±7.61% 和 0.91% ±2.03%. 这

和炳旭文 1992 – 1993 年以出现率为指标的研究是基本一致的. 此外,从秋季捕捞的少量新银鱼来看,也是以桡足类为主要食物. 可以认为,在太湖,新银鱼是主要摄食桡足类的,其次是枝角类,而几乎不摄食轮虫. 其主要食物和鲚鱼是不同的.

3.2 鲚鱼和太湖新银鱼的食物关系及相互影响

因秋季调查中太湖新银鱼数量太少,无法对两种鱼类的食物组成进行重叠系数计算. 用 Pianka 提出的公式[12],计算两种鱼类在 4 月份 5 个采样点的饵料重叠系数平均为 0.4739 ± 0.2810,没有达到 Keast 规定的 $O_{jk} > 0.7$ 的严重重叠水平[13]. 计算 5 个采样点的相同食物组成比例平均为 46.42% ± 20.32%,和饵料重叠系数接近. 偏相关分析也表明,两种鱼类数量变化间的相关关系是负向的,但没有达到显著水平,这和食物重叠系数的计算结果是吻合的.

从各个采样点的食物重叠系数来看,有两个点达到 0.2144、0.2254,仅有一个采样点超过 0.7 的水平;从相同食物组成比例看,有两个点仅 25.24%、31.42%,仅一个采样点超过 70%. 这说明,可能只有当饵料密度相对较小、或者鱼类密度相对较大的时候,两种鱼类才会发生激烈地食物竞争. 而偏相关分析也表明:随着太湖鱼类密度的增加,两种鱼类数量变化间负相关关系的显著水平有不断提高的趋势(表 5). 如 1973 – 1984 年期间的负相关关系远没有达到显著水平($r = -0.2531$; $p = 0.584$),而 1985 – 2004 年期间的负相关关系接近显著水平($r = -0.4395$; $p = 0.101$). 偏相关分析结果和食物数量组成比较是一致的. 此外,从各个采样点的桡足类组成比例可以看出,当哲水蚤和剑水蚤在鲚鱼食物中的比例升高时,在银鱼食物中的比例有下降趋势(图 4). 而其它种类的饵料没有这样的变化趋势. 这说明,两种鱼类的食物竞争主要是鲚鱼对哲水蚤和剑水蚤的争夺,而这种争夺可能只发生在鲚鱼的主要食物 – 枝角类密度相对不足的时候. 食物组成个数也说明,当鲚鱼食物中枝角类的平均个数较少时,桡足类的平均个数较高.

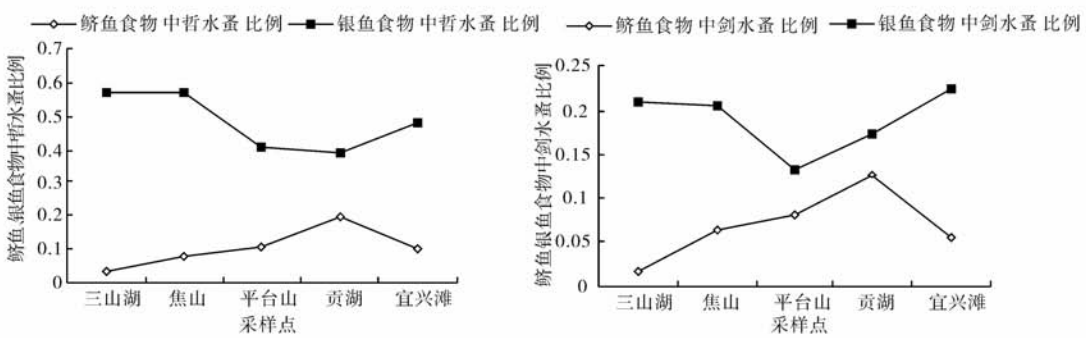


图 4 各个采样点哲水蚤、剑水蚤在太湖新银鱼和鲚鱼食物中比例的变化趋势

Fig. 4 Percentages of food compositions of *Neosalanx tangkahkeii taihuensis* Chen and *Coilia ectenes taihuensis* Yen et Lin

3.3 浮游动物食性鱼类的食物组成指标

我国学者在分析鱼类食物组成时多用出现率指标,对太湖新银鱼、鲚鱼的食性研究也是如此. 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不同饵料的相对多少[10,11],因此也很难比较食物组成的差别. 例如,有关鲚鱼和太湖新银鱼的食性,从出现率看,枝角类和桡足类都是它们的主要食物,且两种鱼类的食性是没有差别的. 但从数量组成比例看,其主要食物差别很大. 出现率指标容易高估次要食物的重要性,并且也不能比较浮游动物食性鱼类的食物组成差别.

此外,在进行食物组成比较时发现,相同食物组成比例指标和食物重叠系数的结果是基本一致的. 但是,相同食物组成比例指标可以更直观的表达两种鱼类食物组成的相似程度.

4 结论

在太湖,鲚鱼主要摄食枝角类,其次是桡足类,而较少摄食轮虫;太湖新银鱼的主要食物是桡足类,其次是枝角类,几乎不摄食轮虫. 用 Pianka 提出的公式计算两种鱼类的饵料重叠系数平均为 0.4739 ± 0.2810,

没有达到 Keast 规定的 $O_{jk}>0.7$ 的严重重叠水平;相同食物组成比例平均为 46.42% ±20.32%,和饵料重叠系数接近.偏相关分析表明两种鱼类数量变化间的相关关系是负向的,没有达到显著水平.但随鱼类密度的增加,负相关关系的显著水平有不断提高的趋势.分析认为:太湖新银鱼和鲚鱼的食物虽有重叠,但通常情况下食物竞争并不激烈;种群数量变化间的相互影响是负向的,但没有达到显著水平.可能仅在两种鱼类密度很高时,激烈的食物竞争才会发生、并主要表现为对哲水蚤和剑水蚤的竞争;且数量间负向的相互影响有加强趋势.

5 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] 江苏省太湖渔业生产管理委员会.太湖银鱼资源及其利用.水产科技情报,1976,(3):12-13.

[3] 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):3-7.

[4] 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.

[5] 王玉芬,盖玉欣,庄玉兰等.增殖太湖新银鱼水体主要生态因子的研究.中国水产科学,1998,**5**(1):123-127.

[6] 严小梅,胡绍坤,施须坤.太湖银鱼资源变动关联因子及资源预报探讨.水产学报,1996,**20**(4):307-313.

[7] 顾良伟.银鱼资源变动探讨.见:江苏省太湖渔业生产管理委员会成立35周年论文集(1964-1999).1999:127-129.

[8] 倪 勇,朱成德主编.太湖鱼类志.上海:上海科学技术出版社,2005.

[9] 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.

[10] 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.

[11] 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.

[12] Eric R Pianka. The structure of Lizard communities. *Annual Review of Ecology and Systematies*,1973,**4**:53-74.

[13] Keast. Trophic and spatial interrelationships in the fish species of an Ontario temperate lake. *Environmental Biology of Fishes*,1978, **3**: 7-31.

[14] 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.

[15] 刘恩生,刘正文,陈伟民等.太湖鲚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.

[16] 中国科学院南京地理研究所.太湖综合调查初步报告.北京:科学出版社,1965.