

淀山湖光泽黄颡鱼食性研究

刘其根¹, 吴杰洋¹, 颜克涛², 胡忠军^{1*}, 林宗毅¹

(1. 上海海洋大学农业部水产种质资源与利用重点开放实验室, 上海 201306;

2. 王屋水库管理局, 山东 龙口 265721)

摘要:于 2009 年 8 月至 2010 年 7 月在上海市淀山湖采集光泽黄颡鱼胃含物样品, 采用传统镜检法对其食性进行研究。结果表明:淀山湖光泽黄颡鱼全年均有摄食, 且摄食强度存在显著的季节变化, 其中饱满指数排序:秋 > 春 > 冬 > 夏, 春季空腹率显著高于其他季节;共鉴定其饵料生物 7 大类(11 小类), 聚类分析表明, 出现率($F\%$)、数量百分比($N\%$)和相对重要性指数($IRI\%$)在衡量食物对光泽黄颡鱼的重要性方面表现一致, 重量百分比($W\%$)与前三者存在显著差异, 综合以上 4 种指数显示, 底栖甲壳类、多毛类和水生昆虫是光泽黄颡鱼的主要食物来源;选用 $W\%$ 对其食性进行时空比较, 聚类分析显示其冬季食物组成与其他季节存在显著差异, 而站点间差异不明显, 均以底栖甲壳类为绝对食物来源;食物组成 Shannon-Weiner 多样性存在明显的空间差异, 高低依次为 $S5 > S3 > S4 > S2 > S1 > S6$, 研究认为光泽黄颡鱼食性具有较强的地域性和可塑性。

关键词:光泽黄颡鱼; 食性; 季节; 空间; 淀山湖

中图分类号: Q 178.1; S 917.4

文献标志码: A

鱼类摄食生态学研究包括饵料组成、种间摄食竞争、栖息地环境对食性的影响以及食性随发育阶段和时空改变的变化规律等^[1-2]。食性分析是鱼类生态学研究的基础, 通过对食物组成的定性定量分析, 有助于了解鱼类在生态系统中的地位和作用, 以及不同鱼种之间的营养关系, 进而构建食物网, 分析系统中的能量流动, 并最终为制作鱼类所需食物的数量和质量模型、合理利用水域饵料资源、提高鱼类增养殖效果等提供生态学依据^[3]。国内外已有许多关于鱼类食性方面的研究, 早期主要采用胃肠内含物分析法, 近二十年来, 稳定性同位素分析、高度不饱和脂肪酸分析以及分子生物学分析等新技术也得到了不断应用和发展。不同的技术分析方法有各自的优点和缺点, 与新方法相比较, 传统胃含物分析法因具有更直观、即时性等优点至今仍被广泛采用。而且, 以胃含物分析结果为基础, 可进一步研究鱼类摄食

的时空变化规律^[4], 探讨鱼类摄食行为、生理节奏以及与环境理化因子的关系^[5], 并可根据不同体长鱼类的胃含物组成, 分析鱼类食性转化问题^[6]。

光泽黄颡鱼 (*Pelteobagrus nitidus*) 是我国长江流域常见的经济鱼类, 有关其生物学特性, 国内已有广泛报道^[7-9]。近年来随着鲮科鱼类人工养殖的发展, 其食性日益受到人们的重视^[10]。黄颡鱼属为杂食性鱼类, 食谱较广, 以动物性饵料为主, 但是不同生长阶段, 其摄食种类差别较大。在不同水域, 其食物组成也有较大变化, 从而表现出其对不同生境有较强的适应性。光泽黄颡鱼是黄颡鱼属的主要种类之一, 也是淀山湖的优势种之一。国内关于光泽黄颡鱼食性的报道较少, 且多为定性分析^[11], 定量分析鲜见^[9]。

近年来, 随着淀山湖水利工程的建设, 鱼类生存环境持续恶化, 加之捕捞强度过大, 渔业资

收稿日期:2014-06-23 修回日期:2015-04-07

资助项目:上海市科委重大专项(08DZ1203101, 08d1203102); 上海高校知识服务平台上海海洋大学水产动物遗传育种中心(ZF1206)

通信作者:胡忠军, E-mail: zjhu@shou.edu.cn

源严重衰退,光泽黄颡鱼为淀山湖主要的底层鱼类^[12],在底层生态系统及底层-水层偶联中可能起着重要作用。本实验根据2009年至2010年在淀山湖所采集的光泽黄颡鱼样本,对其食物组成进行了定量分析,以期深入了解光泽黄颡鱼的摄食生态习性,并为湖泊渔业资源管理提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 样本采集

于2009年8月至2010年7月分别在淀山湖6个站点逐月采集光泽黄颡鱼样品,站点分别为张家库(S1)、苏沪交界(S2)、水上乐园(S3)、急水港(S4)、淀峰(S5)、南湖中心(S6)(图1)。

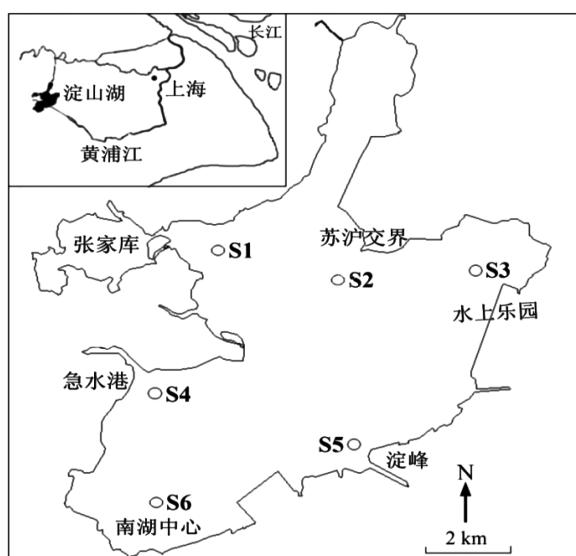


图1 淀山湖采样站点分布图

Fig. 1 Sampling stations in Dianshan Lake

1.2 保存及分析方法

现场采集的样品放入低温保温箱中,带回实验室,测量体长、体质量后解剖、收集胃样,胃样放入样品瓶,并用10%甲醛溶液固定保存。胃样用显微镜和解剖镜观察分析,食物种类鉴定参照[13-14]的方法,尽可能鉴定到最低的分类单元;称量胃重、食物总重及饵料生物个体重,采用精度为0.0001g的电子秤称重。

1.3 数据处理

摄食强度用空胃率和饱满指数来表示^[15]:

$$(1) \text{空胃率}(\%) = \left(\frac{\text{空胃数}}{\text{解剖鱼总数}} \right) \times 100$$

$$(2) \text{饱满指数}(K) = \left(\frac{\text{食物团实际重量}}{\text{鱼体体重}} \right) \times$$

10 000

采用5个指标对食物类群重要性进行描述^[16-18]:

$$(1) \text{出现率}(F\%) = \left(\frac{\text{含某食物成分的胃数}}{\text{捕食者有食物的胃数}} \right) \times$$

100

$$(2) \text{数量百分比}(N\%) = \left(\frac{\text{某食物成分的个体数}}{\text{食物团中食物成分的总个数}} \right) \times$$

100

$$(3) \text{重量百分比}(W\%) = \left(\frac{\text{某食物成分重量}}{\text{食物团重量}} \right) \times$$

100

$$(4) \text{相对重要性指数}(IRI) = (N\% + W\%) \times F\% \times 10^4$$

$$(5) \text{相对重要性指数百分比}(IRI\%) =$$

$$\frac{IRI_i}{\sum_{i=1}^n IRI_i} \times 100$$

食物多样性用Shannon-Weaver指数表示^[19-20],公式如下:

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \text{Log}_2 P_i$$

式中, P_i 为某一食物*i*在光泽黄颡鱼食物组成中的重量百分比; n 为光泽黄颡鱼食物中的种类数。

采用组平均聚类法对*F%*、*N%*、*W%*和*IRI%*数据进行聚类分析以探讨各种指数在衡量不同食物类群对光泽黄颡鱼重要性的差异,根据这一结果,选择*W%*数据进行时空聚类以探讨该鱼食物组成的季节和空间变化。聚类分析中,以 $d = 1 - r$ (r 为Pearson相关系数)作为相异性指标,将 $d = 0.3$ 作为存在显著差异的依据^[21]。

2 结果

2.1 样本参数

全年在各站点共收集到光泽黄颡鱼样品320尾,有效胃含量224尾,其中春季有效样品92尾,夏季69尾,秋季33尾,冬季30尾,各站点采集样品总数:S1(23尾)、S2(46尾)、S3(70尾)、S4(26尾)、S5(27尾)、S6(32尾);光泽黄颡鱼体长范围为3.7~12.5cm,均长 (9.15 ± 1.84) cm,体质量

为 0.7 ~ 34.1 g,均重(11.01 ± 5.99)g;全年体长 8.0 ~ 10.5 cm 的光泽黄颡鱼占优势,平均占比达 55.95%,5.5 ~ 8 cm 和 10.5 ~ 13 cm 占比相似,分别为 19.38% 和 21.59%。

2.2 摄食强度

光泽黄颡鱼全年均有摄食,且摄食强度有明显的季节变化。平均胃饱满指数随季节的变化差异显著($\chi^2 = 10.385, P = 0.016 < 0.05$),其中春、秋季饱满指数较高,夏、冬季较低;空胃率季节间差异显著($\chi^2 = 8.077, P = 0.044 < 0.05$),其中春季的空腹率最高,达到 58.22%,其他季节均在 20% 左右(图 2)。

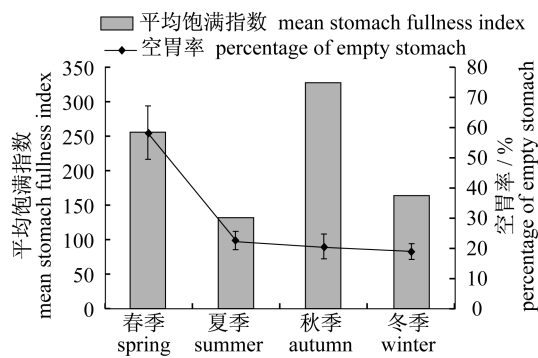


图 2 光泽黄颡鱼各个季节的平均饱满指数和空胃率
Fig.2 Mean stomach fullness index and percentage of empty stomachs of *P. nitidus* in each season

2.3 食物组成分析

通过解剖观察,共鉴定饵料生物 11 小类(7 大类),包括藻类、浮游动物、底栖甲壳类、水生昆虫、蛭类、多毛类和卵;浮游动物主要包括桡足类、轮虫和枝角类,底栖甲壳类主要包括钩虾和十足类的某些虾类,水生昆虫均为双翅目(表 1)。

无论是基于小类群还是大类群数据的聚类分析均表明,在衡量食物成分对光泽黄颡鱼食性的重要性方面,各指数之间存在一定差异,其中 $W\%$ 单独聚为一类,其他 3 个指数($F\%$ 、 $N\%$ 和 $IRI\%$)聚为一类(图 3 和图 4)。

从小类群组成来看,桡足类、沙蚕类、端足类的 $F\%$ 、 $N\%$ 和 $IRI\%$ 在光泽黄颡鱼食物组成中均处于前三位,沙蚕类的 $F\%$ 最高(50.53%),其次为端足类(33.99%)和桡足类(25.96%);桡足类的 $N\%$ 最高(32.63%),其次为端足类(25.21%)和沙蚕类(18.73%);端足类(34.59%)和沙蚕类(32.35%)的 $IRI\%$ 相近,分处第 1 和第 2 位,桡足

类处第 3 位(17.18%);而 $W\%$ 端足类(40.77%)和十足类(36.37%)较高,其次为沙蚕类(18.50%)(表 1)。

从大类群的 $F\%$ 、 $N\%$ 和 $IRI\%$ 来看,光泽黄颡鱼摄食较高比例的底栖甲壳类、多毛类、水生昆虫和浮游动物;而底栖甲壳类的 $W\%$ (67.14%)占绝对优势,其次为多毛类(18.50%)和水生昆虫(12.86%),其他类群的比例均较低(图 5)。

表 1 淀山湖光泽黄颡鱼食物组成
Tab.1 Food composition of *P. nitidus* in Dianshan Lake

食物种类 food	$F\%$	$N\%$	$W\%$	$IRI\%$
1 藻类 algae	0.58	0.175	0.005	0.003
2 轮虫 rotifer	0.46	0.04	0.000	0.001
3 水蛭 leech	1.87	0.65	0.81	0.05
4 沙蚕 nereid	50.53	18.73	18.50	32.35
5 枝角类 cladocera	3.79	4.39	0.03	0.62
6 桡足类 copepoda	25.96	32.62	0.16	17.18
7 钩虾 gammarid	33.99	25.21	40.77	34.59
8 十足目 decapoda	2.95	0.42	36.37	4.89
9 水生昆虫成虫 adult aquatic insect	4.70	3.62	0.07	0.86
10 摇蚊幼虫 chironomidae	12.11	11.98	2.79	9.36
11 卵 eggs	0.53	2.18	0.50	0.09

注: $F\%$ 为出现率, $N\%$ 为数量百分比, $W\%$ 为重量百分比, $IRI\%$ 为相对重要性指数百分比

Notes: $F\%$ means occurrence, $N\%$ means numerical percentage, $W\%$ means weight percentage, $IRI\%$ means percent index of relative importance

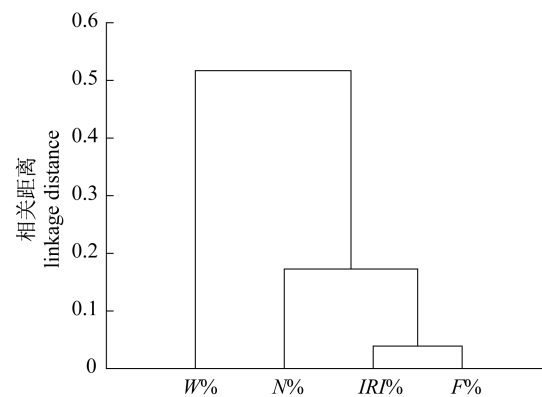


图 3 基于大类群数据衡量食物对光泽黄颡鱼重要性的 4 种指数的差异性分析

Fig.3 Dendrogram of different indices describing the importance of each broad category of diet to *P. nitidus*

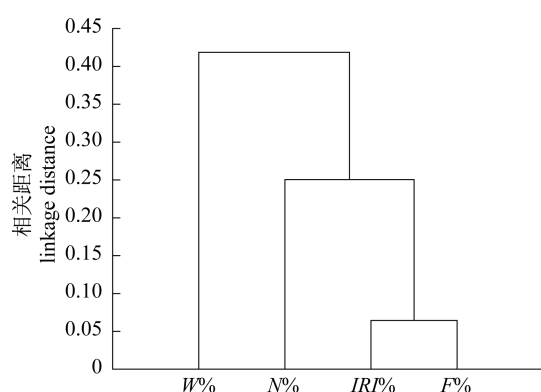


图4 基于小类群数据衡量食物对光泽黄颡鱼重要性的4种指数的差异性分析

Fig. 4 Dendrogram of 4 indices describing the importance of each small group of diet to *P. nitidus*

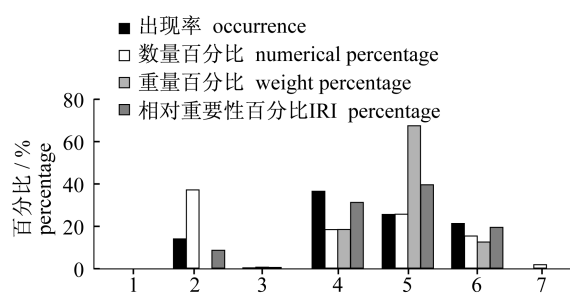


图5 光泽黄颡鱼全年食物组成出现率、数量百分比、重量百分比和相对重要性百分比

1. 藻类, 2. 浮游动物, 3. 蛭类, 4. 多毛类, 5. 底栖甲壳类, 6. 水生昆虫, 7. 卵

Fig. 5 The occurrence ($F\%$), numerical percentage ($N\%$), weight percentage ($W\%$) and IRI percentage ($IRI\%$) of food composition of *P. nitidus*

1. algae, 2. zooplankton, 3. hirudinea, 4. polychaeta, 5. crustacea, 6. aquatic insect, 7. eggs

2.3 食物组成的季节变化

由于食物重量组成百分比($W\%$)能反映鱼类食性特征,因此下文有关光泽黄颡鱼食性的季节和空间变化均利用 $W\%$ 进行分析。光泽黄颡鱼季节 $W\%$ 聚类图显示其食性具有明显的季节差异,冬季单独聚为一类,其他季节聚为一类(图6);春、夏、秋季均以底栖甲壳类为主要食物来源,占比高达80%以上,冬季则以多毛类(52.80%)和底栖甲壳动物(46.94%)为主要食物来源,且两者贡献基本相同(图7)。SIMPER分析表明,春、夏、秋3季光泽黄颡鱼食物组成的平均相似性达

86.4%,特征食物类群为底栖甲壳动物,其对3个季节食物相似性贡献率为96.5%。春、夏、秋3季与冬季食性组成的平均相异性为48.7%,多毛类和底栖甲壳类对冬季与其他3季相异性的贡献率最大,分别贡献49.9%和43.9%。

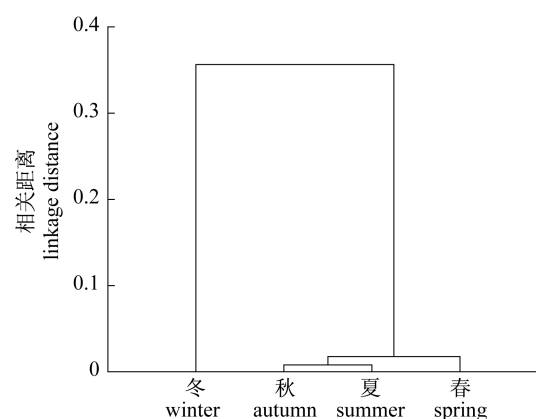


图6 淀山湖光泽黄颡鱼食物重量组成季节聚类

Fig. 6 Dendrogram of seasonal gravimetric composition of *P. nitidus*'s diet in Dianshan Lake

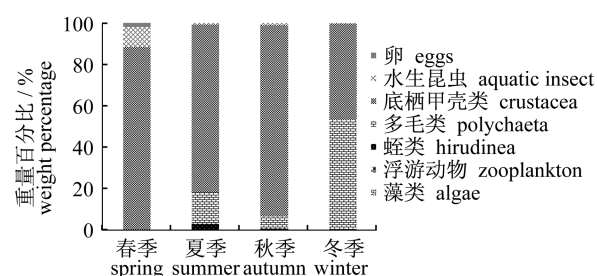


图7 光泽黄颡鱼主要饵料类群重量百分比($W\%$)的季节变化

Fig. 7 Seasonal variations of food composition in terms of weight percentage ($W\%$) of *P. nitidus*

2.4 食物组成的空间变化

通过聚类分析可知,光泽黄颡鱼食物重量组成无空间差异(图8),均以底栖甲壳类为主要或绝对食物来源,其贡献率为51.86%~99.24%,其中S3、S5、S6还摄食少量的水生昆虫、卵和多毛类(图9)。

从食物多样性指数分析,光泽黄颡鱼食物组成在各站点间存在差异,其中S5(1.52)指数最高,其次分别为S3(1.35)、S4(1.11)、S2(1.05)和S1(1.04),S6(0.72)指数最低,表明S5站点食物种类组成较为丰富,而S6站点食物种类组成较少。

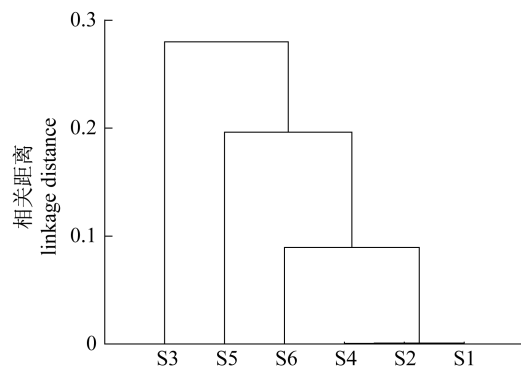


图 8 淀山湖光泽黄颡鱼食物重量组成空间聚类
Fig. 8 Dendrogram of spatial gravimetric composition of *P. nitidus*'s diet in Dianshan Lake

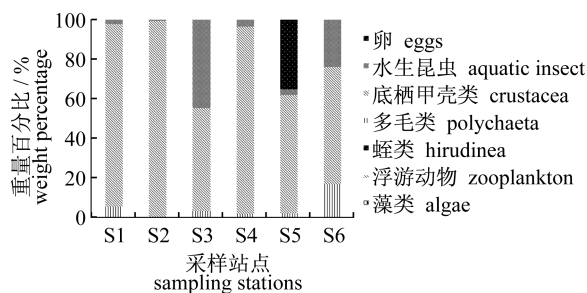


图 9 光泽黄颡鱼主要饵料类群重量百分比的空间变化
Fig. 9 Spatial variations of food composition in terms of weight percentage (W%) of *P. nitidus*

3 讨论

利用 5 种食性指数分析淀山湖光泽黄颡鱼的食物组成,每种指数均从不同角度去分析捕食者的摄食习性, $F\%$ 主要反映种群尽度的食谱特征, $N\%$ 重点提供摄食行为的信息, $W\%$ 直接反映食物对胃含物的贡献及营养作用^[16]。为了克服 3 个单独成分指数的局限性,Pinkas^[17] 首次提出了相对重要性指数 IRI ,之后为了便于相互之间的比较,Cortés^[18] 提出了相对重要性百分比 $IRI\%$,它们均为前三者的综合值,较能反映出捕食者摄食的真实情况,因此本研究将相对重要性百分比 $IRI\%$ 列入食物组成的比较中。从全年统计数据分析,淀山湖黄颡鱼摄食底栖甲壳类 $W\%$ (67.14%) 最高,其次为多毛类 (18.50%) 和水生昆虫 (12.86%),浮游动物 $W\%$ 可忽略不计,但其 $N\%$ 却高达 37.05%,底栖甲壳类 $N\%$ 仅为 25.63%,这说明底栖甲壳类、多毛类和水生昆虫是光泽黄颡鱼最主要的营养来源,而摄食数量较多的浮游动物对其营养贡献极低。胃含物中出现

数量较多的浮游动物,极可能是由于其在摄食其他生物,以及呼吸过程中鳃耙过滤而产生的被动摄食,用 $N\%$ 评价淀山湖光泽黄颡鱼的食物组成存在较大的局限性,由此我们认为,淀山湖光泽黄颡鱼依旧属于肉食性鱼类。

淀山湖光泽黄颡鱼的饵料生物类群多达 7 大类,此结果与洞庭湖光泽黄颡鱼的食性有所不同^[9],前者主要摄食底栖甲壳类、多毛类和部分的水生昆虫,而后者仅主要摄食水生昆虫。光泽黄颡鱼属底层鱼类^[8],两湖底栖动物类群组成不同可能是导致其食性差异的主要原因,洞庭湖底栖动物主要有软体动物、水生昆虫和寡毛类,其中水生昆虫的密度 (20.6 个/ m^2) 和生物量 (0.1 g/ m^2) 仅次于软体动物^[22],而淀山湖底栖动物包括底栖甲壳类、软体动物、寡毛类、多毛类和水生昆虫,水生昆虫密度 (11.67 个/ m^2) 和生物量 (0.028 4 g/ m^2) 均最低,而多毛类 (81.42 个/ m^2 、0.24 g/ m^2) 和底栖甲壳类 (26.78 个/ m^2 、0.1 g/ m^2) 较高^[23],这与两湖光泽黄颡鱼的食性有较高的吻合度。黄颡鱼属鱼类食谱与饵料基础(底栖动物类群组成)的吻合度在其他湖泊也有较好的体现^[24],例如汤河水库黄颡鱼主要摄食水生昆虫和寡毛类,而这两类也正是该水库主要的底栖动物类群^[25]。淀山湖不同站点间光泽黄颡鱼饵料生物多样性差异也进一步证实此观点,通过对淀山湖 6 个站点底栖动物的调查,结果显示底栖动物多样性 $S5$ (0.46) 仅次于 $S4$ (0.67),而 $S6$ (0.2) 最低,这与上述 $S5$ 食性多样性高于 $S6$ 的结果较为相近,这进一步说明了饵料基础(底栖动物)的物种组成对其食性具有较大的影响,同时也说明光泽黄颡鱼对饵料生物的选择具有较强的可塑性和地域性。

一般而言,鱼类摄食强度与水温有紧密的联系,即摄食强度随着水温的下降而减弱,甚至会停止摄食^[26]。本研究显示,光泽黄颡鱼在水温较适中的春季和秋季平均饱满指数较高,而夏季却偏低,原因极可能是因为夏季水温较高,光泽黄颡鱼的消化率较快,进而导致其平均饱满指数偏低;秋季饱满指数较高与其对越冬进行能量储备有很大的关系,而冬季由于饵料生物量和水温过低导致许多鱼类在越冬期很少摄食^[27-28]。许多研究表明,鱼类的空胃率与平均胃饱满指数的变化呈现相反趋势^[27-29],而淀山湖光泽黄颡鱼在春季这两

个指数值均较高,这极可能与食物饵料的季节变化有关,春季饵料组成较为均匀,易于鱼体对其消化吸收。

感谢上海海洋大学水产与生命学院硕士研究生张颖,本科生李叙柏、王孟阳等同学在野外样品采集中提供的帮助,在此一并致谢。

参考文献:

- [1] Shaw M, Jenkins G P. Spatial variation in feeding, prey distribution and food limitation of juvenile flounder *Rhombosolea leopetala* Gunther [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 1992, 165 (1) : 1 - 21.
- [2] Martins R S, Perez J A, Schettini C A. The squid *Loligo plei* around Santa Catarina Island, southern Brazil: Ecology and interactions with the coastal oceanographic environment [J]. Journal of Coastal Research, 2006, 3 : 1284 - 1289.
- [3] Chen D G. Biology of fishery resources [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1997: 80 - 99. [陈大刚, 渔业资源生物学. 北京: 中国农业出版社, 1997: 80 - 99.]
- [4] Kan H H. Preliminary studies on age, growth and reproduction of yellow catfish *Pseudobagrus nitidus* in Nanchang Section of GanJiang River [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2010. [堪海虎. 赣江南昌段光泽黄颡鱼的年龄、生长和繁殖特性的初步研究. 武汉: 华中农业大学, 2010.]
- [5] Xue Y, Jin X S. Review of the study on feeding habits of fishes and food webs [J]. Marine Fisheries Research, 2003, 24 (2) : 76 - 87. [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.]
- [6] Dou S Z. Feeding ecology of fish—A critical review on theories, methods and their application [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1996, 27 (5) : 556 - 561. [窦硕增. 鱼类摄食生态研究的理论及方法. 海洋与湖沼, 1996, 27 (5) : 556 - 561.]
- [7] Liu S P. A study on the biology of *Pseudobagrus fulvidraco* in Poyang Lake [J]. Chinese Journal of Zoology, 1997, 32 (4) : 10 - 16. [刘世平. 鄱阳湖黄颡鱼生物学研究. 动物学杂志, 1997, 32 (4) : 10 - 16.]
- [8] Chu X L, Zhen B S, Dai D Y, et al. Fauna Sinica [M]. Beijing: Science Press, 1999: 34 - 43. [褚新洛, 郑葆珊, 戴定远, 等. 中国动物志. 北京: 科学出版社, 1999: 34 - 43.]
- [9] Yuan G, Ru H J, Liu X Q. Feeding habits of *Pelteobagrus nitidus* in Lake Dongting [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2011, 35 (2) : 270 - 275. [袁刚, 茹辉军, 刘学勤. 洞庭湖光泽黄颡鱼食性研究. 水生生物学报, 2011, 35 (2) : 270 - 275.]
- [10] Liu J K, Cao W X. Fish resources of the Yangtze River basin and the tactics for their conservation [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 1992, 1 (1) : 17 - 23. [刘建康, 曹文宣. 长江流域的鱼类资源及其保护对策. 长江流域资源与环境, 1992, 1 (1) : 17 - 23.]
- [11] Du J R. Breeding and feeding habits of *Pelteobagrus fulvidraco* in the Lake Liangzi [J]. Chinese Journal of Zoology, 1963, 2 : 74 - 77. [杜金瑞. 梁子湖黄颡鱼的繁殖和食性的研究. 动物学杂志, 1963, 2 : 74 - 77.]
- [12] Hu Z J, Wang S Q, Wu H, et al. Temporal and spatial variation of fish assemblages in Dianshan Lake, Shanghai, China [J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2014, 32 (4) : 799 - 809.
- [13] Zhao W. Hydrobiology [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2005: 1 - 526. [赵文. 水生生物学. 北京: 中国农业出版社, 2005: 1 - 526.]
- [14] Dalian Fisheries College Editor. Freshwater Biology [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1982: 181 - 334. [大连水产学院主编. 淡水生物学. 北京: 中国农业出版社, 1982: 181 - 334.]
- [15] Dou S Z, Yang J M. Feeding habit and seasonal variation in food content of *Cynoglossus semilaevis* in the Bohai Sea [J]. Acta Ecologica Sinica, 1992, 12 (4) : 368 - 376. [窦硕增, 杨纪明. 渤海南部半滑舌鳎的食性及摄食的季节性变化. 生态学报, 1992, 12 (4) : 368 - 376.]
- [16] Hynes H B N. The food of fresh-water sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a review of methods used in studies of the food of fishes [J]. The Journal of Animal Ecology, 1950: 36 - 58.
- [17] Pinkas L, Oliphant M S, Iverson I L K. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters [J]. Department of Fish and Game Fish Bulletins, 1971, 152: 105.
- [18] Cortés E. Methods of studying fish feeding: Reply [J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1998, 55 (12) : 2708.
- [19] Hulbert S H. The nonconcept of species diversity: A

- critique and alternative parameters [J]. Ecology, 1971, 52(4) : 576 - 586.
- [20] Gladfelter W, Johnson W. Feeding niche separation in a guild of tropical reef fishes(Holocentridae) [J]. Ecology, 1983, 64 : 552 - 563.
- [21] Hu Z J, Liu Q G, Chen L J, et al. Structural characteristics of chironomid community and their indicative significance in bioassessment of water quality in Mingzhu Lake of Chongming Island, Shanghai [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2009, 20(4) : 929 - 936. [胡忠军, 刘其根, 陈立婧, 等. 上海崇明明珠湖摇蚊幼虫群落结构特征及其对水质的指标作用. 应用生态学报, 2009, 20(4) : 929 - 936.]
- [22] Zhang J B, Li L Q. Diversity of benthic fauna and water quality status assessment in Dongting Lake [J]. Inland Fisheries, 2002, 27(3) : 42 - 43. [张建波, 李利强. 洞庭湖底栖动物多样性及水质现状评价. 内陆水产, 2002, 27(3) : 42 - 43.]
- [23] Zhang S H, Zhang R L, Wang L Q, et al. Study on benthos community composition and evaluation of water quality in Dianshan Lake in Shanghai [J]. Sichuan Journal of Zoology, 2010, 29(3) : 452 - 458. [张世海, 张瑞雷, 王丽卿, 等. 上海市淀山湖底栖动物群落结构及水质评价. 四川动物, 2010, 29(3) : 452 - 458.]
- [24] Qu C G, Zhang G Q. Biology and resource utilization of *Pelteobagrus fulvidraco* in Tanghe Reservoir [J]. Fisheries Science, 2000, 19(2) : 28 - 30. [邱春刚, 张国强. 汤河水库黄颡鱼的生物学及其资源利用. 水产科学, 2000, 19(2) : 28 - 30.]
- [25] Qu C G, Zhao W, Chen L B, et al. Community structure and spatial-temporal pattern of zoobenthos in Tanghe Reservoir, Liaoning Province, China [J]. Journal of Dalian Fisheries University, 2009, 24 : 107 - 112. [邱春刚, 赵文, 陈立斌, 等. 汤河水库底栖动物的群落结构及时空格局的研究. 大连水产学院学报, 2009, 24 : 107 - 112.]
- [26] Yin M C. Ecology of fishes [M]. Beijing : China Agriculture Press, 1995 : 76 - 83. [殷名称. 鱼类生态学. 北京 : 中国农业出版社, 1995 : 76 - 83.]
- [27] Xue Y, Jing X S, Zhang B, et al. Diet composition and seasonal variation in feeding habits of small yellow croaker *Pseudosciaena polyactis* Bleeker in the central Yellow Sea [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2004, 11(3) : 237 - 243. [薛莹, 金显仕, 张波, 等. 黄海中部小黄鱼的食物组成和摄食习性的季节变化. 中国水产科学, 2004, 11(3) : 237 - 243.]
- [28] Lin L S, Zhang H Y, Li H Y, et al. Study on seasonal variation of feeding habit of hairtail (*Trichiurus japonicus*) in the East China Sea [J]. Periodical of Ocean University of China, 2007, 36(6) : 932 - 936. [林龙山, 张寒野, 李惠玉, 等. 东海带鱼食性的季节变化. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2007, 36(6) : 932 - 936.]
- [29] Crozier W W. Observation on the food and feeding of the anglerfish, *Lophiuspis catorius*, in the northern Irish Sea [J]. Journal of Fish Biology, 1985, 27 : 655 - 665.

Feeding habits of *Pelteobagrus nitidus* in Dianshan Lake

LIU Qigen¹, WU Jieyang¹, YAN Ketao², HU Zhongjun^{1*}, LIN Zongyi¹

(1. Key Laboratory of Freshwater Fisheries Genetic Resources Certificated by Ministry of Agriculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. Administration Bureau of Wangwu Reservoir, Longkou 265721, China)

Abstract: The samples of stomach content of *Pelteobagrus nitidus* were collected at 6 stations in Dianshan Lake from August 2009 to July 2010, and the food composition was investigated based on the analysis of stomach contents. Results showed that *P. nitidus* preyed around the year and its feeding intensity had significant seasonal variations with the highest index of fullness in autumn and the lowest in summer and with the highest rate of empty stomach in spring and the relatively lower in the other seasons. Seven broad diet categories (11 small diet categories) were identified. Cluster analysis showed that the occurrence rate ($F\%$), numerical percentage ($N\%$) and percent index of relative importance ($IRI\%$) were consistent in measuring contribution of each food category to *P. nitidus*. There were significant differences between weight percentage ($W\%$) and each of the above three indices in measuring the contribution. The polychaete, benthic crustacea, aquatic insect and zooplankton were the main food sources for *P. nitidus* in terms of the above-mentioned four indices. The numerical and gravimetric compositions both significantly differed between seasons, the former also conspicuously differed among stations, but the latter did not display marked spatial variation with benthic crustacea as the predominant food source for *P. nitidus* caught at each station. There were obvious spatial changes in diversity of food composition with the lowest in winter (0.15), and the largest H' at Station 5 (1.52) and the smallest at Station 6 (0.72). *P. nitidus* displays high plasticity in food composition by comparison with the feeding spectrum of this species from the other lakes.

Key words: *Pelteobagrus nitidus*; feeding habits; season; space; Dianshan Lake

Corresponding author: HU Zhongjun. E-mail: zjhu@shou.edu.cn