

长江中游宜昌至嘉鱼江段鳊食性研究

杨浩^{1,2}, 朱峰跃¹, 高雷¹, 潘文杰^{1,3}, 陈大庆¹, 段辛斌¹, 刘绍平¹

(1. 中国水产科学研究院长江水产研究所, 湖北 武汉 430223;

2. 华中农业大学水产学院, 湖北 武汉 430070;

3. 西南大学动物科技学院水产系, 重庆 400715)

摘要:研究鳊(*Parabramis pekinensis*)的摄食特征,为长江中游鳊资源的保护提供基础数据支撑。2016 年 9 月至 2017 年 8 月在长江中游宜昌、荆州和嘉鱼江段使用三层流刺网进行了季度采样,对鳊肠含物的种类组成及时空差异进行分析。共采集鳊样本 213 尾,体长 14.5~38.0 cm、体重 67.0~978.1 g,其中肠道有食物的样本 182 尾。结果显示:在宜昌、荆州和嘉鱼江段,鳊全年摄食,且摄食强度存在明显季节变化。鳊充塞度以夏季最高、冬季最低;其中夏季肠道充塞度最高为 5 级,2、3 级占 52.42%;冬季最高为 3 级,0、1 级占 58.82%;春季和秋季最高充塞度均为 4 级,分别以 1 级、2 级为主;鳊夏季摄食率最高(92.23%),略高于秋季(88.37%),明显高于春季(78.79%)和冬季(67.65%)。饵料生物主要为水生植物和浮游植物,其中浮游植物以颗粒直链藻(*Melosira granulata*)、变异直链藻(*Melosira varians*)和粗壮双菱藻(*Surirella robusta*)为优势种群。饵料生物种类组成在不同江段无明显差异,但呈现明显的季节变化,冬季以浮游植物出现率最高(100.00%),其他季节均以水生植物碎片出现率最高。建议在航道整治等涉水工程建设时,注重保护水生维管束植物及浮游植物,以保护鳊等草食性鱼类的饵料生物来源。

关键词:鳊;食性;浮游植物;季节变化;长江中游

中图分类号:Q145 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2019)06-0086-06

摄食是鱼类生存、生长、繁殖等生命活动的基础(付世建等,2008;谢从新,2009)。通过对鱼类摄食的研究,分析鱼类摄食的时空变化,可以了解鱼类的摄食习性,探讨鱼类摄食生物学规律,对鱼类资源管理与保护具有重要意义(苏锦祥,2008)。

鳊(*Parabramis pekinensis*)隶属于鲤形目、鲤科、鲃亚科、鳊属,俗称草鳊、长春鳊、油鳊等,主要分布在长江中游干、支流及其附属湖泊(陈大庆等,2002;谢从新,2009)。调查表明,鳊是长江中游洪湖和黄石段鱼类早期资源的优势种群(段辛斌等,2008;郭国忠等,2017;胡兴坤等,2017),是长江中游主要的渔业捕捞对象(刘绍平等,2005;范振华等,2012)。

鳊在长江中游保持较高的种群规模,除与中游广泛分布的湖泊有关外,还与该区域的丰富饵料有

关。尽管如此,鳊食性方面的研究仅有一些定性描述(湖北省水生生物研究所鱼类研究室,1976),定量描述仅见武汉青菱湖鳊食性研究(汪宁,1991),缺乏对长江干流鳊食性的季节变化及空间差异特征的研究。本文对长江中游不同江段鳊饵料生物组成及季节变化进行分析,以期了解鳊的摄食特征,为长江中游鳊资源的保护提供基础数据支撑。

1 材料与方法

1.1 样本采集与处理

2016 年 9 月至 2017 年 8 月于宜昌、荆州、嘉鱼江段对鳊进行季度(春季 3-5 月、夏季 6-8 月、秋季 9-11 月、冬季 12 月-翌年 2 月)采样,捕捞工具为三层流刺网。现场剪取整个肠道样本保存于 10% 福尔马林溶液中,带回实验室进行镜检分析。剪取样本肠道前端适量长度,刮取其内容物 0.1~0.2 g,按照 0.1 g 用 1.0 mL 蒸馏水稀释等比例稀释(倪达书等,1954)。QT-1 旋涡混合器将其混匀,取 0.1 mL 混合液在 OLYMPUS BX51 显微镜下观察并鉴定饵料生物,尽可能鉴定到最小分类单元。依据《长江鱼类》将鳊饵料生物分为水生维管束植物和浮游生物 2 大类(其中水生维管束植物由于消化

收稿日期:2018-07-08

基金项目:国家自然科学基金(51579247,31602161);农业部项目“长江中上游重要渔业水域主要经济物种产卵场及洄游通道调查”。

作者简介:杨浩,1994 年生,男,硕士研究生,研究方向渔业资源与环境保护。E-mail:1127343150@qq.com

并列第一作者:朱峰跃。

难以细分),浮游生物参考《水生生物学》《中国内陆常见藻类图谱》和《福建省大中型水库常见藻类图谱》分为浮游植物和浮游动物 2 类(浮游动物均为残肢难以继续细分)(湖北省水生生物研究所鱼类研究室,1976;赵文,2005;邓坚,2012;福建省环境监测中心站,2012)。在 20 倍物镜和 10 倍目镜下记录 200 个视野,等比例换算成 1.0 mL 溶液中饵料生物组成情况进行分析。饵料生物量换算参考《内陆水域渔业自然资源调查手册》(张觉民等,1991)。

1.2 数据处理与分析

肠道充塞度:依据肠道内含物的多少分为 6 级(0~5 级),用于分析摄食强度(殷名称,1995)。

依据出现率、数量百分比、重量百分比分析食物种类组成。计算公式如下(Pinkas L et al,1971;Hysolp E J,1980):

摄食率=(含有食物肠道数/解剖的肠道数)×100% (1)

出现率=(包含某种饵料成分肠道数/含有食物总肠道数)×100% (2)

数量百分比=(某种饵料成分数量/饵料生物总数量)×100% (3)

重量百分比=(某种饵料成分换算重量/饵料生物总重量)×100% (4)

依据相对重要性指数(IRI)(Cortes E,1997)来评估饵料生物重要性。IRI 值越大,该饵料生物越重要。为了分析的合理性采用 IRI%(即某种饵料生物相对重要性指数占全部饵料生物相对重要性指数和的百分比)进行分析。

IRI=(数量百分比+重量百分比)×出现率 (5)

IRI%=IRI/ΣIRI×100% (6)

依据 Shannon-Wiener 指数(Shannon C E et al,1949)表示鳊饵料生物多样性指数,用于分析鳊食性时空变化。

$H=-\sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i$

式中, P_i 为饵料生物 i 在鳊食物组成中出现率; n 为鳊饵料生物种类数。

数据和图片使用 Excel 2016、SPSS 13.0 进行处理和分析。

2 结果与分析

共采集鳊样本 213 尾,其中含有食物的肠道样本 182 尾。鳊样本体长 14.5~38.0 cm,平均(28.6±4.3) cm;体重 67.0~978.1 g,平均(389.3±172.6) g。

表 1 长江中游鳊样本数、体长及体重

Tab.1 Number, body length and body weight of *Parabramis pekinensis* sampled in different reaches of middle Yangtze River

江段	采集样本数/尾				实测体长/cm		实测体重/g	
	春	夏	秋	冬	范围	平均值±标准差	范围	平均值±标准差
宜昌	10	30	13	10	17.7~37.3	31.1±3.3	70.6~850.0	429.7±162.5
荆州	13	42	17	14	14.5~36.1	26.6±3.7	67.0~802.0	313.0±143.2
嘉鱼	10	31	13	10	15.1~38.0	27.7±4.5	84.0~978.1	409.5±184.6

2.1 摄食强度

鳊全年摄食,夏季摄食强度最高,冬季摄食强度最低(表 2)。鳊夏季肠道充塞度最高为 5 级,2、3 级占 52.42%;冬季最高为 3 级,0、1 级占 58.82%;春季和秋季最高充塞度均为 4 级,分别以 1 级、2 级为主。鳊夏季摄食率最高(92.23%),略高于秋季(88.37%),明显高于春季(78.79%)和冬季(67.65%)。

2.2 食物种类组成

鳊饵料生物包括水生维管束植物碎片、浮游植物和浮游动物残肢 3 类。出现率以水生维管束植物碎片最高,86.59%;其次为浮游植物,36.59%;浮游动物残肢最低,7.69%。浮游植物隶属于 3 门 26 属 27 种,出现率以硅藻门中的颗粒直链藻(*Melosira*

granulata)、变异直链藻(*Melosira varians*)和舟形藻属(*Navicula* sp.)较高,分别为 28.05%、28.05%和 26.83%;相对重要指数以颗粒直链藻、变异直链

表 2 长江中游鳊肠道充塞度组成季节变化

Tab.2 Seasonal change in intestinal fullness grade for *Parabramis pekinensis* in the middle Yangtze River

肠道充塞度等级	样本比例/%			
	春季	夏季	秋季	冬季
0	21.21	7.77	11.63	32.35
1	33.52	21.36	11.63	26.47
2	15.15	26.21	41.86	20.59
3	24.24	26.21	30.23	20.59
4	5.88	14.56	4.65	0.00
5	0.00	3.89	0.00	0.00
摄食率/%	78.79	92.23	88.37	67.65

藻和粗壮双菱藻(*Surirella robusta*)所占比例较高， 分别为 53.39%、13.81%和 11.41%(表 3)。

表 3 长江中游鳊饵料生物组成

Tab.3 Food composition of *Parabramis pekinensis* in the middle reaches of the Yangtze River

食物种类	出现率/%	数量比例%	重量比例%	IRI%
水生维管束植物碎片	86.59	—	—	—
浮游动物残肢	7.69	—	—	—
浮游植物	36.59	—	—	—
变异直链藻 <i>Melosira varians</i>	28.05	18.32	2.95	13.81
颗粒直链藻 <i>Melosira granulata</i>	28.05	45.58	36.66	53.39
舟形藻属 <i>Navicula</i> sp.	26.83	14.08	1.89	9.91
桥弯藻属 <i>Cymbella</i> sp.	21.95	4.49	2.41	3.51
肘状针杆藻 <i>Synedra ulna</i>	12.20	4.12	4.41	2.41
粗壮双菱藻 <i>Surirella robusta</i>	11.58	1.90	40.67	11.41
克洛脆杆藻 <i>Fragilaria crotonensis</i>	10.37	1.79	0.48	0.55
小环藻属 <i>Cyclotella</i> sp.	12.19	2.00	0.38	0.67
线性双菱藻 <i>Surirella linenris</i>	9.75	0.39	2.08	0.56
橄榄异极藻 <i>Gomphonema olivaceum</i>	12.81	2.17	0.58	0.81
也兰短缝藻 <i>Eunotia jemtlandica</i>	7.32	1.59	0.64	0.38
尖布纹藻 <i>Gyrosigma acuminatum</i>	10.36	0.24	0.32	0.14
微绿羽纹藻 <i>Pinnularia viridis</i>	12.19	0.51	5.76	1.77
美丽双壁藻 <i>Diploneis purlla</i>	6.71	0.23	0.09	0.05
扁圆卵形藻 <i>Cocconeis placentula</i>	12.19	0.51	0.08	0.17
尖针杆藻 <i>Synedra acusvar</i>	3.66	0.09	0.15	0.02
普通肋缝藻 <i>Frustulia vulgaris</i>	10.37	0.70	0.09	0.19
菱形藻属 <i>Nitzschia</i> sp.	7.32	0.92	0.25	0.20
绒毛平板藻 <i>Tabellaria flocculosa</i>	1.83	0.07	0.06	0.01
栅藻属 <i>Scenedesmus</i> sp.	4.88	0.01	/	/
小球藻属 <i>Chlorella</i> sp.	4.27	0.04	/	/
集星藻 <i>Actinastrum hantzschii</i>	0.61	/	/	/
单角盘星藻 <i>Pediastrum simplex</i>	0.61	/	/	/
美丽鼓藻 <i>Cosmarium formosulum</i>	3.66	0.08	/	0.01
小颤藻 <i>Oscillatoria tenuis</i>	12.81	0.12	0.03	0.05
螺旋藻 <i>Spirulina platensis</i>	4.27	0.02	0.01	/
念珠藻属 <i>Nostocales</i> sp.	1.22	0.01	/	/

注：“—”表示无法统计数据，“/”表示比例小于 0.005%。
Note: “—” indicate the data that can not be counted, “/” indicate the ratio less than 0.005%.

2.3 空间差异

水生维管束植物碎片、浮游植物和浮游动物残肢在宜昌、荆州、嘉鱼江段的出现率均无明显差异，出现率变化范围为 78.85%~81.82%、51.92%~54.55%和 9.62%~10.91%(图 1)。

饵料生物多样性指数在宜昌江段、荆州江段、嘉鱼江段分别为 2.88、3.11 和 3.48。单因素方差分析结果表明,各江段之间饵料生物多样性指数均无显著性差异($P=0.878>0.05$)。

2.4 季节性差异

水生维管束植物碎片出现率以冬季最低，77.78%；其他季节出现率变化范围为 85.71%~87.84%；浮游植物出现率在春季最低(13.04%)，冬季最高(100.00%)，出现率随着季节呈现明显上升趋势；浮游动物残肢出现率在春季最低，2.17%；其

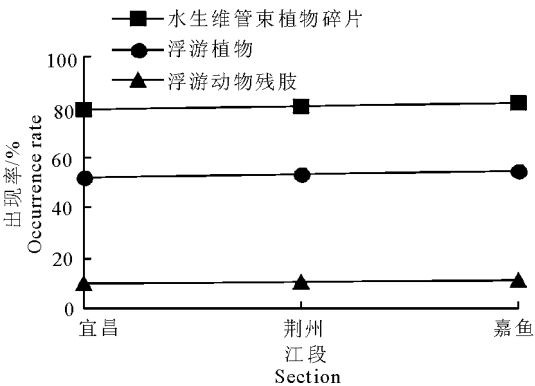


图 1 长江中游鳊饵料生物出现率空间差异
Fig.1 Occurrence rate of food organism for *Parabramis pekinensis* in different reaches of the middle Yangtze River

他季节出现率变化范围为 9.46%~11.43%；浮游动物残肢出现率明显低于其他 2 种饵料生物(图 2)。

饵料生物多样性指数以夏季最高,8.60;秋季次之,7.09;春季和冬季最低,分别为 5.79 和 5.86。单因素方差分析结果显示,饵料生物多样性夏季与春季、夏季与冬季存在显著性差异($P=0.031<0.05$),春季与冬季无显著性差异($P=0.910>0.05$),秋季与其他 3 个季节均无显著性差异($P=0.737>0.05$)。

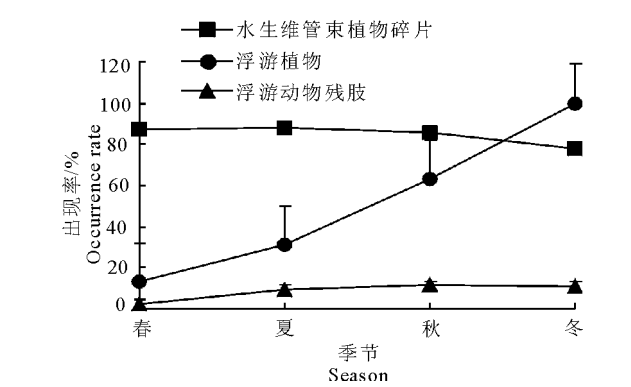


图 2 长江中游鳊饵料生物出现率季节变化
Fig.2 Seasonal changes of food organism occurrence rate for *Parabramis pekinensis* in the middle reaches of the Yangtze River

3 讨论

3.1 种类组成

本研究,水生维管束植物碎片出现率明显高于其他饵料生物,表明鳊喜摄食水生维管束植物,这与谢从新(2009)认为鳊是一种以维管束植物为主要饵料的草食性鱼类的结果相一致。从摄食器官形态特征看,鳊咽骨短而宽,齿侧扁,咀嚼面宽,内凹,呈倾斜状,具有切割水生维管束植物叶片的可能(郑国生等,1987),这是鳊对摄食水生维管束植物的生态学适应。

此外,本研究的结果表明,鳊不仅摄食水生维管束植物,而且摄食浮游植物,且以变异直链藻、颗粒直链藻及粗壮双菱藻等硅藻类为主,这与“鳊是以异极藻、布纹藻及舟形藻等硅藻类为主要食物”的研究结果(湖北省水生生物研究所鱼类研究室,1976)存在差异,但与长江中游干流水域浮游植物优势种(李世健等,2012;房冬梅,2015)相一致。分析表明,鳊摄食浮游植物种类随着水域中浮游植物种类的变化而产生差异。

3.2 食性空间差异

本研究中,长江中游宜昌、荆州和嘉鱼江段鳊饵料生物出现率无明显变化,且多样性指数无明显差异,均以水生植物为主、浮游植物为辅。汪宁(1991)

对武汉青菱湖的研究表明鳊终年以水生植物为食,随着青菱湖中水生植物季节性盛衰变化,不会主动摄食浮游植物,这与本研究中结果存在差异,原因可能是鱼类在适合的食性范围内,通常以栖息水域中丰富度最高、出现时间最长的饵料生物为主要食物(殷名称,1995)。从摄食强度来看,长江中游宜昌至嘉鱼江段鳊在夏季摄食率最高,且肠道充塞度明显高于其他季节,表明该江段鳊在夏季具有加强摄食的现象,这与武汉青菱湖鳊在夏季摄食强度明显降低的结果(汪宁,1991)存在差异,分析原因极可能与长江中游鳊溯江洄游的习性相关(段辛斌等,2008)。

3.3 食性季节差异

本研究中,鳊食性的季节变化主要体现在饵料生物组成和摄食强度 2 个方面。从饵料生物组成看,水生维管束植物出现率在冬季降低,而其他季节无明显变化,可能与大部分水生维管束植物在冬季死亡,且冬季长江的低水位使得水生维管束植物大多露出水面以上有关(湖北省水生生物研究所鱼类研究室,1976);浮游植物出现率自春季至冬季呈现上升趋势,且在冬季出现率高于水生维管束植物,与长江中游干流浮游植物密度和生物量的季节变化呈现相反的变化趋势(房冬梅,2015),可能是因为鳊只是在水生维管束植物缺乏的情况下才会选择摄食其他饵料生物(汪宁,1991)。

从摄食强度来看,鳊在夏季摄食率和肠道充塞度最高,略高于秋季,但明显高于冬季和春季,这主要是因为鱼类的摄食强度会随着水温的降低而减弱(殷名称,1995)。秋季具有较高的摄食强度,可能是因为鳊具有越冬储存能量的习性(汪宁,1991)。

3.4 小结与建议

长江中游宜昌、荆州、嘉鱼江段是鳊的重要分布区域,该水域中水生维管束植物及浮游植物是鳊主要饵料来源,而航道整治、码头建设等涉水工程施工时会损毁水生维管束植物,还会降低浮游植物丰富度(李向阳等,2015)。因此,在该江段进行航道整治等工程建设时,应当注重对水生维管束植物及浮游植物的保护,保证长江中游鳊的饵料生物充足,进而保护长江中游鳊资源。

参考文献

陈大庆,段辛斌,刘绍平,等,2002.长江渔业资源现状与管理意见[J].水生生物学报,26(6):685-690.
邓坚,2012.中国内陆水域常见藻类图谱[M].武汉:长江出版社.

- 段辛斌,陈大庆,李志华,等,2008.三峡水库蓄水后长江中流产漂流性卵鱼类产卵场现状[J].中国水产科学,15(4):523-532.
- 范振华,巴家文,段辛斌,2012.长江宜昌至城陵矶江段鱼类资源现状及物种多样性研究[J].淡水渔业,42(4):20-25.
- 房冬梅,2015.长江中游宜昌至武穴江段浮游生物群落结构研究[D].南京:南京农业大学.
- 福建省环境监测中心站,2012.福建省大中型水库常见藻类图集[M].北京:中国环境科学出版社.
- 付世建,曹振东,谢小军,2008.鱼类摄食代谢和运动代谢研究进展[J].动物学杂志,43(2):150-159.
- 郭国忠,高雷,段辛斌,等,2017.长江中游洪湖段仔鱼昼夜变化特征的初步研究[J].淡水渔业,47(1):49-55.
- 胡兴坤,高雷,杨浩,等,2017.长江中游黄石江段不同类型河道中仔鱼空间分布研究[J].淡水渔业,7(6):3-11.
- 湖北省水生生物研究所鱼类研究室,1976.长江鱼类[M].北京:科学出版社.
- 郑国生,张国华,刘彦,1987.浙江鳊鲃亚科鱼类咽骨咽齿的比较研究[J].浙江海洋学院学报(自然科学版),1(1):5-16.
- 李世健,范振华,任玉芹,等,2012.长江中游宜昌至城陵矶江段浮游植物群落结构的周年变化特征[J].长江流域资源与环境,(s1):62-68.
- 李向阳,郭胜娟,2015.内河航道整治工程鱼类栖息地保护探析[J].环境影响评价,(3):26-28.
- 刘绍平,段辛斌,陈大庆,等,2005.长江中游渔业资源现状研究[J].水生生物学报,29(6):708-711.
- 倪达书,蒋燮治,1954.花鲢和白鲢的食料问题[J].动物学报,6(1):59-71.
- 司凤云,董崇智,赵春刚,等,2002.黑龙江绥滨江段鲢鱼渔业生物学研究[J].水产学杂志,15(2):16-20.
- 苏锦祥,2008.鱼类学与海水鱼类养殖[M].北京:中国农业出版社.
- 汪宁,1991.青菱湖中长春鳊生物学的研究[J].水生生物学报,(2):127-135.
- 谢从新,2009.鱼类学[M].北京:中国农业出版社.
- 殷名称,1995.鱼类生态学[M].北京:中国农业出版社.
- 张觉民,何志辉,1991.内陆水域渔业自然资源调查手册[M].北京:农业出版社.
- 赵文,2005.水生生物学[M].北京:中国农业出版社.
- Cortés E,1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes[J]. Can J Fish Aquat Sci,54(54):726-738.
- Hyslop E J,1980. Stomach contents analysis-a review of methods and their application[J]. Journal of Fish Biology, 17: 411-429.
- Pinkas L,Oliphant M S, Iverson L K,1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters [J].Calif Fish Game,152:105.
- Shannon C E, Wiever W,1949.The mathematical theory of communication[M].Illinois:University of Illinois Press.

(责任编辑 张俊友)

Feeding Habits of *Parabramis pekinensis* (White Bream) in the
Yichang-Jiayu Reach of the Middle Yangtze River

YANG Hao^{1,2}, ZHU Feng-yue¹, GAO Lei¹, PAN Wen-jie^{1,3},
CHEN Da-qing¹, DUAN Xin-bin¹, LIU Shao-ping¹

(1. Yangtze River Fisheries Research Institute of Chinese Academy of
Fisheries Science, Wuhan 430223, P.R. China

2. College of Fisheries, Huazhong Agriculture University, Wuhan 430070, P.R. China;

3. College of Animal and Technology, Southwest University, Chongqing 400715, P.R. China)

Abstract: *Parabramis pekinensis* is an important commercial fish inhabiting the middle reaches of the Yangtze River. In this study, we investigated the feeding habits of *P. pekinensis*, aiming to provide basic data to support conservation of wild populations. From September 2016 to August 2017, fish were sampled seasonally using gill nets near Yichang, Jingzhou and Jiayu. Food organism composition and spatiotemporal variations in food and feeding intensity were determined by analyzing intestinal content. A total of 213 specimens (body length, 14.5–38.0 cm; body weight, 67.0–978.1 g) were collected and 182 individuals had food in their intestine. White bream feed year-round and feeding intensity exhibited significant seasonal variation. The intestinal fullness index was highest in summer and lowest in winter. In summer, the highest fullness rank was Grade 5, and specimens with fullness ranks of Grade 2 and 3 accounted for 52.42% of the fish collected. In winter, the highest fullness rank was Grade 3 and specimens with a fullness rank of Grade 0 and 1 accounted for 58.82% of the total. In spring and autumn, the highest fullness rank was Grade 4, with a fullness rank of Grade 1 most common in spring and Grade 2 in autumn. The feeding intensity of white breams was highest in summer (92.23%), slightly higher than that in autumn (88.37%), and significantly higher than in the spring (78.79%) and winter (67.65%). The primary food sources of white bream were aquatic plant fragments and phytoplankton. The three dominant species of phytoplankton that *P. pekinensis* fed upon were all diatoms: *Melosira granulata*, *Melosira varians* and *Surirella robusta*. Species composition of food organisms for white bream did not differ significantly among sampling location, but there was significant seasonal variation. The occurrence rate of phytoplankton was the highest in winter (100.00%), while the occurrence rate of aquatic plant fragments was the highest in the other three seasons. We recommend enhanced protection of aquatic plants and phytoplankton during construction of water-related projects to better maintain the food sources of herbivorous fish.

Key words: *Parabramis pekinensis*; feeding habits; phytoplankton; seasonal variation; middle reach of the Yangtze River