

张志明, 刘成杰, 谢从新, 等. 新疆额尔齐斯河银鲫食性分析[J]. 华中农业大学学报, 2020, 39(3): 75-81.

DOI: 10.13300/j.cnki.hnlkxb.2020.03.010

新疆额尔齐斯河银鲫食性分析

张志明^{1,2}, 刘成杰², 谢从新², 王民³

1. 水利部水工程生态效应与生态修复重点实验室/水利部中国科学院水工程生态研究所, 武汉 430079;

2. 华中农业大学水产学院, 武汉 430070; 3. 生态环境部环境工程评估中心, 北京 100012

摘要 以 2013 年 4—10 月在额尔齐斯河干流中国段下游采集的 546 尾银鲫(*Carassius auratus gibelio*) 样本为研究对象, 对银鲫的食物组成、摄食强度、摄食时空变化以及摄食策略等进行系统的分析和研究。统计结果显示, 银鲫总体的空肠率为 28.17%, 且在繁殖季节前期(5 月)的空肠率(54.7%)显著高于其他月份。以食物出现率比较, 硅藻(100%)及摇蚊幼虫(86.67%)在银鲫食物组成中比较常见; 植物碎屑质量百分比(61.52%)、优势度指数(62.36%)均最高, 此外, 改进的 Costello 图示法也表明植物碎屑为银鲫的主要食物。Kruskal-Wallis 检验结果显示, 额尔齐斯河银鲫不同季节的食物组成具有显著性差异, 不同体长组间食物组成差异不显著。以上结果表明, 额尔齐斯河银鲫为杂食性, 且偏于植物食性。

关键词 银鲫; 食性; 摄食强度; 食物组成; 摄食策略; 生态位; 额尔齐斯河

中图分类号 S 917; Q 959.46⁺8 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2020)03-0075-07

鱼类生活史全部过程所需的能量均来源于食物, 研究鱼类食物组成、摄食规律, 以及捕食和竞争的关系, 评估鱼类的生态位及功能, 对渔业生产十分重要^[1]。对鱼类食性的研究主要目的在于了解群体的活动规律、水域环境中的食物关系、鱼类自身的食物组成和摄食策略等^[2]。鱼类的食性分析是对整个水体生态环境中的食物网或营养级进行分析研究的基础, 对于水体各级生产力的合理利用具有一定的参考意义^[3]。

有关鱼类摄食生态学方面的研究报道很多, 其研究方法和理论也在不断地发展和更新, 包括个体水平上的描述, 如食物组成分析、摄食节律、摄食时空变化、摄食消化器官的生态适应性等^[4-5]; 还包括种群层面的研究, 包括食物竞争机制、营养级和生态位、食物网及能量流动等^[6-7]。作为额尔齐斯河主要的经济鱼类之一, 银鲫(*Carassius auratus gibelio*) 在水域生态系统中占据重要的生态位。然而, 目前有关银鲫食性研究方面可参考的资料还非常少, 仅吾玛尔·阿布力孜^[8]对银鲫的食物组成和时空变化进行了基础性的研究和分析。笔者通过对额尔齐斯河银鲫的食物组成、摄食强度的时空变化、摄食策略

进行分析研究, 旨在进一步丰富银鲫生物学研究资料, 为开展银鲫人工增殖殖业提供技术支撑。

1 材料与方 法

1.1 样本采集

2013 年 4—10 月在新疆额尔齐斯河 185 团主河道(47°57'36"~48°4'12"N; 85°30'36"~85°37'12"E) 采集银鲫样本, 共计 546 尾, 采样网具为流刺网(内层网目 11 cm, 外层 23 cm)、定置刺网(网目 5 cm) 以及拉网(1 cm)。对样本进行体长(SL)(精度 1 mm) 和体质量(*m*)(精度 0.01 g) 等常规生物学指标测量。新鲜状态下解剖, 选择其中的 60 尾肠充塞度较高的样本, 将肠含物取出后称量, 并用 10% 中性福尔马林固定后带回室内进行食性分析^[9]。

1.2 摄食强度

依据殷名称^[9]的分级标准将肠道充塞度划分为 6 个等级(0、1、2、3、4、5)。通过记录空肠数来计算空肠率, 计算公式如下:

$$\text{空肠率} = (\text{肠道无食物尾数} / \text{总尾数}) \times 100\%$$

对不同月份和不同体长组银鲫的摄食强度进行比较分析, 体长分组情况如下: <150 mm; 151~200

收稿日期: 2019-07-02

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(31800391); 科技部基础性研究专项(2012 FY112700)

张志明, 博士, 助理研究员. 研究方向: 鱼类生态学. E-mail: zhangzm@mail.ihe.ac.cn

通信作者: 谢从新, 教授. 研究方向: 渔业资源与环境. E-mail: xiecongxin@mail.hzau.edu.cn

mm; 201~250 mm; >250 mm。

1.3 食物组成分析

藻类、轮虫、枝角类和桡足类的定性、定量: 分别采用 0.1 mL 和 1 mL 计数框。将采集的肠含物定容至 20 mL, 充分摇匀后用移液枪迅速吸取 0.1 mL 和 1 mL 到对应的计数框中, 藻类在 Nikon E-CLIPSE E100 显微镜(10×40 倍)下观察计数, 轮虫、枝角类、桡足类在 10×10 倍镜下全片计数。

底栖动物、植物碎屑等的定性和定量: 将样品沉淀 24 h, 取全部沉淀物在 OLYMPUS SZ2-ILST 体式解剖镜下观察计数, 将底栖动物和植物碎屑挑出, 用吸水纸将其中的水分吸干, 在电子天平上称质量。

浮游植物鉴定参照文献[10], 浮游动物鉴定参照文献[11-14]。浮游植物、原生动物、轮虫和枝角类鉴定到属, 桡足类和底栖动物鉴定到目。

采用出现率百分比($O_i\%$)、数量百分比($N_i\%$)、质量百分比($m_i\%$)、相对重要性指数(IRI)^[15]、相对重要性指数百分比 IRI%^[16]和优势度指数(IP%)对食物组成进行分析, 公式别如下:

$$O_i\% = \frac{O_i}{N_c} \times 100\%$$

$$N_i\% = \frac{N_i}{\sum_1^n N_i} \times 100\%$$

$$m_i\% = \frac{m_i}{\sum_1^n m_i} \times 100\%$$

$$IRI = (W_i\% + N_i\%) \times O_i\%$$

$$IRI\% = \frac{IRI_i}{\sum_1^n IRI_i} \times 100\%$$

$$IP\% = \frac{O_i\% \cdot W_i\%}{\sum_1^n O_i\% \cdot W_i\%} \times 100\%$$

式中, O_i 为饵料 i 出现的次数, N_c 为用于食性分析的鱼总数, N_i 和 m_i 分别为饵料 i 的总个数和总质量, n 为某种鱼类饵料的总数。

食性材料多样性分析采用 Shannon-Wiener 多样性指数^[17]和 Pielou's evenness 均匀性指数^[18]表示, 计算公式如下:

Shannon-Wiener 指数:

$$H' = -\sum P_i (\ln P_i)$$

式中, P_i 为某个物种的个数百分比。

Pielou's evenness 指数:

$$J = H' / \ln S$$

式中, S 为食物种类数目, H' 为 Shannon-Wiener 指数。

1.4 摄食策略

采用改进的 Costello 图示法来描述银鲫的摄食策略^[16,19]。该图示法以饵料的出现频率为横坐标, 以特定饵料丰度为纵坐标构成二维图。特定饵料丰度指某饵料在摄食该饵料的鱼的食物团中所占比例, 多用质量百分比($m\%$)来表示。

1.5 不同季节、体长食物组成差异

采用 Schoener^[20]重叠指数表示不同季节、不同体长组的食物组成差别。计算公式如下:

$$C_{xy} = 1 - 0.5 \sum |P_{xi} - P_{yi}|$$

式中, P_{xi} 、 P_{yi} 为饵料 i 在 x 、 y 组的食物团中的比例(IRI%)。 C_{xy} 值在 0~1 间变化, 0 表示不存在共有饵料, 1 则表示饵料完全重叠。重叠指数大于 0.6, 表明显著重叠^[21]。

采用 Kruskal-Wallis 非参检验对不同季节、体长组间的食物组成(IRI%)的差异性进行显著性分析^[22]。

2 结果与分析

2.1 摄食强度

共对 536 尾银鲫的肠道充塞度进行了检测, 其中空肠数有 151 尾, 占比 28.17%。对不同月份的银鲫空肠率进行比较分析, 统计检验显示不同月份空肠率差异显著($\chi^2 = 61.99, P < 0.05$)。如图 1 所示, 银鲫空肠率在繁殖季节前期(4-5 月)较高, 在 5 月份达到峰值(54.7%), 繁殖期过后空肠率明显下降, 在 9 月最低, 为 2.7%, 后随水温降低, 空肠率逐渐升高。不同体长组之间空肠率的差异显著性检验结果显示, 不同体长组之间差异显著($\chi^2 = 23.33, P < 0.05$), 大于 250 mm 体长组的空肠率最高, 为 57.6%。

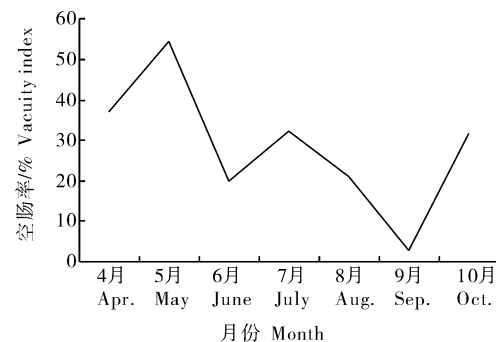


图 1 银鲫不同月份(4-10 月)的空肠率情况
Fig.1 Monthly variation of the vacuity index in *C. auratus gibelio* from April to October

2.2 食物组成

选取 60 尾肠充塞度 3 级以上的样本进行食性分析,肠含物样品镜检结果见表 1。观察到的藻类有 6 门 67 属,其中硅藻门 31 属,绿藻门 23 属,蓝藻门 8 属,裸藻门 2 属,金藻门 1 属,黄藻门 2 属。原生动物门 6 属;轮虫动物门 5 属;枝角类 8 属;桡足类 3 目;昆虫纲 3 科。同时还检出了鱼卵、鳞片及一定量的植物碎屑。

从出现率($O\%$)来看,藻类出现率最高为 100%,其中以硅藻门和绿藻门最为常见,分别为 100%和 90%。硅藻门中以菱形藻(85%)、桥弯藻(93.33%)、异极藻(91.67%)、小环藻(95%)、针杆藻(96.67%)和舟形藻(100%)为主要摄食

的对象。昆虫类出现率其次,以摇蚊幼虫的出现率最高,为 86.67%;依据个数百分比($N\%$),数量上占绝对优势的是藻类,占 99.98%,其余饵料类型都小于 0.01%;通过质量百分比($m\%$)评估,贡献最大的是植物碎屑(为 61.52%),藻类质量百分比只有 11.98%,动物性饵料个数百分比仅占 0.01%,但质量百分比达到了 26.5%;依据重要性指数百分比($IRI\%$),藻类最高为 64.14%,其次是植物碎屑为 26.82%,藻类中硅藻门的舟形藻所占比例最高为 19.33%;从优势度指数($IP\%$)来看,植物碎屑的优势度指数最高,为 62.36%,其次是藻类和摇蚊幼虫分别为 16.64%和 15.11%。

表 1 额尔齐斯河银鲫的食物组成($n=60$)

Table 1 Diet composition of *C. auratus gibelio* in the Irtysh River ($n=60$)

食物类别 Food item	$O\%$	$N\%$	$m\%$	$IRI\%$	$IP\%$
藻类 Algae	100.00	99.98	11.98	64.14	16.64
硅藻门 Bacillariophyta	100.00	89.93	10.98	61.15	16.28
绿藻门 Chlorophyta	90.00	3.82	0.71	1.15	0.18
蓝藻门 Cyanophyta	70.00	6.00	0.22	1.79	0.14
金藻门 Chrysophyta	11.67	0.04	+	+	+
黄藻门 Xanthophyta	5.00	0.10	+	+	+
原生动物 Protozoa	30.00	+	+	+	+
轮虫 Rotifera	53.33	+	0.05	+	0.02
枝角类 Cladocera	55.00	0.01	10.65	1.12	2.60
桡足类 Copepod	45.00	+	2.74	0.76	1.76
昆虫类 Insect	93.33	+	10.41	6.55	15.23
植物碎屑 Aquatic plant detritus	56.67	+	61.52	26.82	62.36
其他 Others	40.00	+	2.66	0.60	1.40

注:某饵料所占的百分比 $<0.01\%$ 用“+”表示。Note:“+” presented a contribution $<0.01\%$.

银鲫的饵料多样性分析结果见表 2。其中,总体的多样性指数(H')和均匀性指数(J)分别为 2.75 和 0.60。通过比较可知,秋季的饵料多样性指数和均匀性指数均最高,分别为 2.78 和 0.65,而春季的最低,分别为 2.37 和 0.56。不同体长组之间多样性和均匀性差异较大,小个体组(<180 mm)银鲫食物多样性和均匀性高于大个体组(>220 mm)。

2.3 摄食策略

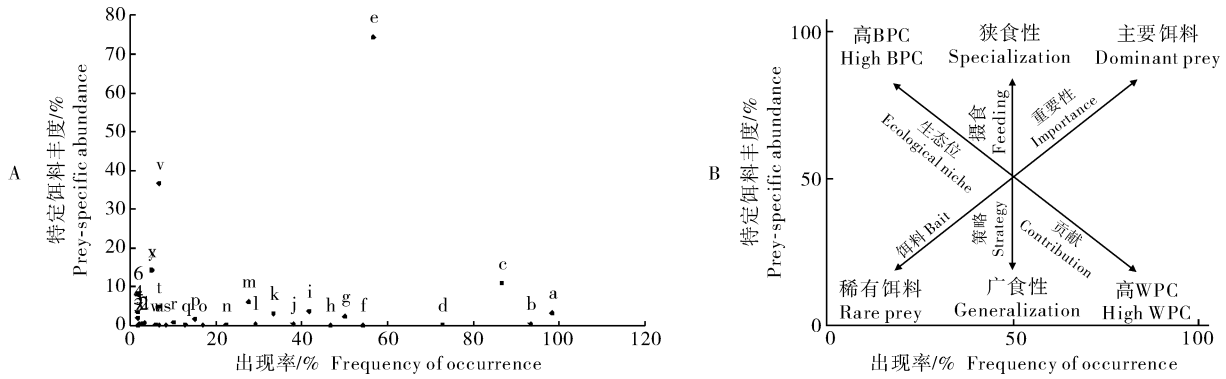
采用改进的 Costello 图示法对额尔齐斯河银鲫的摄食策略进行了描述(图 2)。结合图 2B 对鱼类饵料生物在二维图的分布描述,对图 2A 中银鲫的饵料分布进行分析,其中银鲫的饵料大部分沿着图 2A 中的 X 轴分布,说明银鲫是广食性鱼类。植物碎屑分布在图 2A 的右上方,结合图 2B,说明植物

表 2 不同季节、不同体长组的银鲫饵料多样性指数和均匀性指数差异比较

Table 2 Comparison of the Shannon-Wiener diversity index (H') and Pielou's evenness index (J) in diets of *C. auratus gibelio* between different seasons, and length groups

组别 Group	样本数 n	H'	J	
总体 Total	60	2.75	0.60	
季节 Season	春季 Spring	20	2.37	0.56
	夏季 Summer	20	2.64	0.63
	秋季 Autumn	20	2.78	0.65
	体长组别/mm Size classes			
<180	12	2.73	0.65	
180~220	30	2.73	0.62	
>220	18	2.59	0.61	

碎屑是银鲫的主要摄食对象,在银鲫的食物组成中具有较大的质量百分比(61.52%)和优势度指数(62.36%)。多数饵料没有分布在图 2A 的右下角,



A: 银鲫的饵料分布 The bait distribution of *Carassius auratus gibelio*. a: 舟形藻属 *Navicula*, 针杆藻属 *Synedra*; b: 小环藻属 *Cyclotella*, 桥弯藻属 *Cymbella*, 异极藻属 *Gomphonema*; c: 摇蚊幼虫 chironomidae larvae; d: 菱形藻属 *Nitzschia*, 卵形藻属 *Cocconeis*, 曲壳藻 *Achnanthes*, 等片藻属 *Diatoma*, 窗纹藻属 *Epithemia*, 栅藻属 *Scenedesmus*; e: 植物碎屑 Aquatic plant detritus; f: 双菱藻属 *Surirella*, 鼓藻属 *Cosmarium*; g: 直链藻属 *Melosira*; h: 轮虫卵 Rotifer eggs, 平裂藻属 *Merismopedia*; i: 剑水蚤 Cyclopoida; j: 鞘藻属 *Oedogonium*, 布纹藻属 *Gyrosigma*, 颤藻属 *Oscillatoria*, 裸藻属 *Euglena*, 盘肠蚤属 *Chyolorus*; k: 羽纹藻属 *Pinnularia*; l: 尖额蚤属 *Alona*, 盘星藻属 *Pediastrum*; m: 动物残肢 Unidentified arthropod, 象鼻蚤属 *Bosmina*; n: 辐节藻属 *Stauroneis*, 丝藻属 *Ulothrix*, 砂壳虫属 *Difflugia*, 摇蚊卵 Chironomida eggs, 双眉藻属 *Amphora*, 十字藻属 *Crucigenia*, 纤维藻属 *Ankistrodesmus*, 棒杆藻属 *Rhopalodia*; o: 水绵属 *Spirogyra*, 弯楔藻属 *Rhoicosphenia*, 实球藻属 *Pandorina*, 四角藻属 *Tetraedron*, 蛾眉藻属 *Ceratoneis*, 脆杆藻属 *Fragilaria*, 新月藻属 *Closterium*; p: 猛水蚤 Harpacticoida; q: 波缘藻属 *Cymatopleura*, 美壁藻属 *Caloneis*, 锥囊藻属 *Dinobryon*; r: 转板藻属 *Mougeotia*; s: 表壳虫属 *Arcella*, 龟甲轮属 *Keratella*, 裸腹蚤属 *Moina*, 星杆藻属 *Aeterionella*, 扁裸藻属 *Phacus*, 根管藻属 *Rhizosolenia*, 双壁藻属 *Diploneis*, 角星鼓藻属 *Staurastrum*; t: 双星藻属 *Zygnema*; u: 尾丝藻属 *Uronema*, 臂尾轮属 *Brachionus*; v: 蚤属 *Daphnia*; w: 锐额蚤属 *Alonella*, 黄丝藻属 *Tribonema*; x: 微孢藻属 *Microspora*, 哲水蚤 Calanoida; y: 摇蚊蛹 Chironomida pupae; z: 鳞片 Fish scale, 短缝藻属 *Eunotia*, 平板藻属 *Tabellaria*, 肋缝藻属 *Frustulia*, 菱板藻属 *Hantzschia*, 顶棘藻属 *Chodatella*, 卵囊藻属 *Oocystis*. B: 摄食策略分析模式图 (Costello 图) The analysis model of feeding strategy (Costello diagram).

图 2 额尔齐斯河银鲫摄食策略

Fig.2 Feeding strategy of *C. auratus gibelio* in the Irtysh River

结合图 2B, 说明银鲫种群内不同个体食物组成差异性较小, 重叠程度较高。

2.4 不同季节、不同体长的食物组成差异分析

Schoener 重叠指数分析 (表 3) 显示, 银鲫不同季节间的食物重叠性较低 (<0.6), 食物组成差异显著 ($\chi^2 = 6.39, P < 0.05$); 而不同体长组之间食物组成重叠性较高 (Schoener 重叠指数 >0.6), 差异不显著 ($\chi^2 = 2.84, P > 0.05$)。

表 3 不同季节、体长组银鲫的食物重叠度指数

Table 3 Food overlap coefficients (Schoener's overlap index) of *C. auratus gibelio* according to different season, size

组别 Group	季节 Season		体长组别/mm Size classes	
	夏季 Summer	秋季 Autumn	180~ 220	>220
春季 Spring	0.41	0.46		
夏季 Summer		0.48		
体长组别/ mm	<180		0.71	0.78
Size classes	180~220			0.60

由相对重要性指数 (IRI%) 可以看出, 春季额尔齐斯河银鲫食物组成中以藻类和摇蚊幼虫为主, 舟形藻属、针杆藻属、摇蚊幼虫分别占 26.93%、18.62% 和 14.47%; 夏季以藻类和植物碎屑为主, 其中, 植物碎屑所占比例最高, 达到了 41.65%, 其次为舟形藻属, 占 12.46%, 依次为针杆藻属 (7.34%)、脆杆藻属 (6.59%) 和卵形藻属 (5.87%); 秋季主要以藻类为主, 最高的分别为舟形藻属 (16.25%) 和小环藻属 (12.78%) (表 4)。

3 讨论

鱼类摄食强度受个体发育、饵料生物分布、季节变化等的影响^[1,23-24], 繁殖活动会给鱼类摄食带来一定负面影响, 从而导致其摄食强度降低^[25]。本研究表明额尔齐斯河银鲫在 5 月份出现较高的空肠率, 摄食强度较低, 这可能与银鲫在此期间进行繁殖活动有关; 同时由于温度上升, 额尔齐斯河上游冰山雪水融化, 大量的雪水汇入额尔齐斯河, 使得水流加快, 鱼类栖息的水域环境变化剧烈, 水体中的饵料分

表4 银鲫不同季节食物的相对重要性指数

Table 4 The relative importance index percentage (IRI%) of prey items in diets of *C. auratus gibelio* according to season

春季 Spring		夏季 Summer		秋季 Autumn	
食物组成 Diet composition	IRI%	食物组成 Diet composition	IRI%	食物组成 Diet composition	IRI%
舟形藻属 <i>Navicula</i>	26.93	植物碎屑 Aquatic plant detritus	41.65	舟形藻属 <i>Navicula</i>	16.25
针杆藻属 <i>Synedra</i>	18.62	舟形藻属 <i>Navicula</i>	12.46	小环藻属 <i>Cyclotella</i>	12.78
摇蚊幼虫 Chironomidae larvae	14.47	针杆藻属 <i>Synedra</i>	7.34	窗纹藻属 <i>Epithemia</i>	9.07
桥弯藻属 <i>Cymbella</i>	8.75	脆杆藻属 <i>Fragilaria</i>	6.59	脆杆藻属 <i>Fragilaria</i>	7.45
等片藻属 <i>Diatoma</i>	5.63	卵形藻属 <i>Cocconeis</i>	5.87	颤藻属 <i>Oscillatoria</i>	5.81

注:表中列出的为 IRI%大于5%的食物种类。Note: The IRI% of items in diets of *C. auratus gibelio* greater than 5% were listed.

布不稳定,这会影 响鱼类摄食的成功率和获取饵料的机会。繁殖期过后银鲫的空肠率下降,摄食强度明显提高,主要原因在于繁殖期鱼体消耗大量的能量,需要及时补充足够的能量以满足自身的生长;汛期过后额尔齐斯河水域环境相对稳定,白天光照时间延长,水体中基础饵料丰度提高,有利于鱼类的摄食活动。鱼类在生长的适温季节大量摄食,而高于或低于适温条件,鱼类停止摄食或很少摄食^[9]。银鲫在10月空肠率有所上升,摄食强度下降,这可能与额尔齐斯河10月以后水体温度降低有关。

戴定远^[26]对白洋淀鲫食性研究表明,鲫食性与水域环境饵料基础一致;袁杰等^[27]研究表明衡水湖鲫食物组成为植物碎屑、桡足类、轮虫、藻类等;袁兆祥等^[28]研究表明滁州鲫以水生植物、枝角类、桡足类、藻类和有机碎屑为主;解玉浩等^[29]研究表明达里湖鲫主要食物为枝角类、桡足类、藻类、植物碎屑、摇蚊幼虫等。以上研究结果均表明鲫食性为杂食性,没有特定的饵料选择性。本研究通过改进的Costello图示法分析表明额尔齐斯河银鲫为杂食性鱼类,但通过质量百分比、优势度指数比较,表明植物碎屑在银鲫总体饵料生物中均为最高,Costello图示法分析也显示植物碎屑为其主要食物,表明额尔齐斯河银鲫在饵料生物的选择上偏向于选择水生植物。

本研究表明,额尔齐斯河银鲫食物团春季以藻类和摇蚊幼虫为主,夏季以藻类和植物碎屑为主,秋季主要以藻类为主,而吾玛尔·阿布力孜^[8]研究表明额尔齐斯河银鲫在春季和夏季以植物性饵料为主,秋季以动物性饵料为主。产生差异的主要原因

有:(1)采样地点不同,本研究采样地点为额尔齐斯河185团主河道,吾玛尔·阿布力孜^[8]调查的水域为额尔齐斯河哈巴河入口,不同的栖息地饵料生物的组成有所差异;(2)评价指数不同,本研究采用的指数为相对重要性指数百分比,吾玛尔·阿布力孜^[8]采用的评价指数为出现次数;(3)采样时间不同。郭焱等^[30]调查结果表明额尔齐斯河水域人类活动愈发频繁,过度的人类活动会对额尔齐斯河的饵料生物组成以及水域理化指标产生一定的影响。

水体中饵料种类的组成和丰度会随着季节的变化而发生周期性的改变,使得鱼类肠道中的食物组成也发生季节性的改变。本研究中银鲫在不同季节之间食物重叠指数较低,食物组成差异显著,同时在银鲫不同季节食物多样性比较中,夏季和秋季要高于春季。春季由于上游高山积雪融化,雪水汇入河道,导致额尔齐斯河水温较低,河流水位上升,流速加快,水域环境变化剧烈,基础饵料生物分布与丰度也变化较大,而夏、秋两季河流水域环境相对稳定,水温适宜,光照时间较长,有利于基础饵料生物的生长。

参考文献 References

- [1] 谢从新. 鱼类学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009. XIE C X. Ichthyology [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2009 (in Chinese).
- [2] 杨瑞斌, 谢从新. 鱼类摄食生态研究内容与方法综述[J]. 水利渔业, 2000, 20(3): 1-3. YANG R B, XIE C X. The review of research contents and methods of fish feeding ecology [J]. Reservoir fisheries, 2000, 20(3): 1-3 (in Chinese).

- [3] 张其永,林秋眠,林允通,等.台湾浅滩渔场鱼类食物网研究[J].海洋学报,1981,3(2):275-290.ZHANG Q Y,LIN Q M,LIN Y T,et al. Food web of fishes in Minnan-Taiwanchientan fishing ground [J]. Acat oceanologica sinica,1981,3(2):275-290 (in Chinese with English abstract).
- [4] 丁慧萍.茶巴朗湿地外来鱼类的生物学及其对土著鱼类的胁迫[D].武汉:华中农业大学,2014.DING H P. Study on the biology of exotic fishes in Chabalong Wetland and their stresses on native fishes [D]. Wuhan:Huazhong Agricultural University,2014 (in Chinese with English abstract).
- [5] 张志明.额尔齐斯河东方欧鳊个体生物学和种群动态研究[D].武汉:华中农业大学,2016.ZHANG Z M. Study on the biology and population dynamics of *Abramis brama* (L.) in the Irtysh River [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University,2016 (in Chinese with English abstract).
- [6] 邓景耀,姜卫民,杨纪明,等.渤海主要生物种间关系及食物网的研究[J].中国水产科学,1997,4(4):1-7.DENG J Y,JIANG W M,YANG J M,et al. Species interaction and food web of major predatory species in the Bohai Sea [J]. Journal of fishery sciences of China,1997,4(4):1-7 (in Chinese with English abstract).
- [7] 张月平.南海北部湾主要鱼类食物网[J].中国水产科学,2005,12(5):621-631.ZHANG Y P. Food web for main fishes in Beibu Gulf of the South China Sea [J]. Journal of fishery sciences of China,2005,12(5):621-631 (in Chinese with English abstract).
- [8] 吾玛尔·阿布力孜.额河银鲫食性的初步研究[J].干旱区研究,2000,17(1):64-66.UMAR A. A preliminary studies on feeding habits of *Carassius auratus gibelio* block from Xinjiang [J]. Arid zone reseach,2000,17(1):64-66 (in Chinese with English abstract).
- [9] 殷名称.鱼类生态学[M].北京:中国农业出版社,1995.YIN M C. Fish ecology [M]. Beijing:China Agriculture Press,1995 (in Chinese).
- [10] 胡鸿钧,魏印心.中国淡水藻类—系统,分类及生态[M].北京:科学出版社,2006.HU H J,WEI Y X. Freshwater algae in China: systems, classification and ecology [M]. Beijing: Science Press,2006 (in Chinese).
- [11] 王家楫.中国淡水轮虫志[M].北京:科学出版社,1961.WANG J J. Chinese freshwater rotifers [M]. Beijing:Science Press,1961 (in Chinese).
- [12] 蒋燮治,堵南山.中国动物志节肢动物门甲壳纲淡水枝角类[M].北京:科学出版社,1979.JIANG X Z,DU N S. Fauna sinica:Arthropoda Crustacea freshwater cladocera [M]. Beijing: Science Press,1979 (in Chinese).
- [13] 中国科学院动物研究所.中国动物志节肢动物门甲壳纲淡水桡足类[M].北京:科学出版社,1979.Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences. Fauna sinica:Arthropoda Crustacea freshwater copepods [M]. Beijing:Science Press,1979 (in Chinese).
- [14] 赵文.水生生物学[M].北京:中国农业出版社,2005.ZHAO W. Hydrobiology [M]. Beijing:China Agriculture Press,2005 (in Chinese).
- [15] PINKAS L,OLIPHANT M S,IVERSON I L K. Food habits of albacore,bluefin tuna,and bonito in California waters[J]. Fish Bull,1971,152:1-105.
- [16] COSTELLO M J. Predator feeding strategy and prey importance:a new graphical analysis[J]. J Fish Biol,1990,36:261-263.
- [17] SHANNON C E. A mathematical theory of communication[J]. Bell Syst Tech J,1948,27:379-423.
- [18] PIELOU E C J. The measurement of diversity in different types of biological collections[J]. J Theor Bio,1966,13:131-144.
- [19] AMUNDSEN P A,GABLER H M,STALDVIK F J. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data-modification of the Costello (1990) method[J]. J Fish Biol,1996,48:607-614.
- [20] SCHOENER T W. Non-synchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats [J]. Ecol Freshw Fish,1970,51:408-418.
- [21] WALLACE R A,SELMAN K. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth inteelosts [J]. Amer Zool,1981,21:325-343.
- [22] ZAR J H. Biostatistical analysis [M]. 4th ed. New Jersey: Prentice Hall,1999.
- [23] 窦硕增.鱼类摄食生态研究的理论和方法[J].海洋与湖沼,1996,27(5):556-561.DO U S Z. Feeding ecology of fish:a critical review on theories, methods and their application [J]. Oceanologia et limnologia sinica,1996,27(5) 556-261 (in Chinese with English abstract).
- [24] HOVDE S C,ALBERT O T,NILSSEN E M. Spatial, seasonal and ontogenetic variation in diet of Northeast Arctic Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) [J]. ICES J Mar Sci,2002,59:421-437.
- [25] MORTE S,REDON M J,SANZ-BRAU A. Diet of *Scorpaena porcus* and *Scorpaena notate* (Pisces: Scorpaenidae) in the western Mediterranean [J]. Cah Biol Mar,2001,42:333-344.
- [26] 戴定远.白洋淀鲫鱼的几项生物学资料[J].动物学杂志,1964(1):22-24.DAI D Y. Biological data of *Carassius auratus* from Baiyangdian Lake [J]. Chinese journal of zoology,1964(1):22-24 (in Chinese).
- [27] 袁杰,曹玉萍,谢松.衡水湖鲫鱼的生物学特性[J].河北大学学报(自然科学版),2004,24(3):293-298.YUAN J,CAO Y P,XIE S. Biological characteristics of *Carassius auratus* in Hengshui Lake [J]. Journal of Hebei University(natural science edition),2004,24(3):293-298 (in Chinese with English abstract).
- [28] 袁兆祥,吴泊君,汪永忠,等.滁州鲫鱼食性的初步研究[J].河北渔业,2010(1):7-9.YUAN Z X,WU B J,WANG Y Z,et al.

- Study on feeding habits of Chuzhou crucian carp [J]. Hebei fisheries, 2010 (1):7-9 (in Chinese).
- [29] 解玉浩,朴笑平,付平. 达里湖鲫鱼的生物学[J]. 动物学杂志, 1982(1):33-37. XIE Y H, PU X P, FU P. Biology of *Carassius auratus* of Daly Lake [J]. Chinese journal of zoology, 1982 (1):33-37 (in Chinese).
- [30] 郭焱,张人铭,李红. 额尔齐斯河土著鱼类资源衰退原因与保护措施[J]. 干旱区研究, 2003, 20(2):74-77. GUO Y, ZHANG R M, LI H. Degeneration causes of the aboriginal fishes and some measures for protecting them in the Ergis River, Xinjiang, China [J]. Arid zone study, 2003, 20(2):74-77 (in Chinese with English abstract).

Feeding habits of *Carassius auratus gibelio* from Irtysh River in Xinjiang

ZHANG Zhiming^{1,2}, LIU Chengjie², XIE Congxin², WANG Min³

1. Key Laboratory of Ecological Impacts of Hydraulic-Projects and Restoration of Aquatic Ecosystem, Ministry of Water Resources/Institute of Hydroecology, Ministry of Water Resources and Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430079, China;
2. College of Fisheries, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;
3. Appraisal Center for Environment and Engineering, Ministry of Environmental Protection, Beijing 100012, China

Abstract A total of 546 *Carassius auratus gibelio* were collected from the lower reaches of the main stream of Irtysh River in China from April to October, 2013. The food composition, feeding intensity and spatiotemporal variation, and feeding strategy of *C. auratus gibelio* were systematically analyzed and studied. The statistical results indicated that the overall jejunum rate of *C. auratus gibelio* was 28.17%, and the rates of jejunum before breeding season (May, 54.7%) were significantly higher than those in other months. For food occurrence rate, Bacillariophyta (100%), and Chironomus larvae (86.67%) were common in the food composition of *C. auratus gibelio*. The weight percentage (61.52%), dominance index (62.36%), and Amundsen figure indicated that the plant debris were the most important prey of *C. auratus gibelio*. In addition, the food composition of *C. auratus gibelio* showed significant differences among different seasons ($P < 0.05$), whereas showed no significant difference among different length groups ($P > 0.05$). These results showed that *C. auratus gibelio* in Irtysh River is omnivorous and partial to phytophagy.

Keywords *Carassius auratus gibelio*; food habit; feeding intensity; food composition; feeding strategy; ecological niche; Irtysh River

(责任编辑:边书京)