DOI:10.15928/j.1674-3075.2018.05.011

可可托海水库江鳕个体生物学研究

阿达可白克·可尔江[1],谢从新[2],蔡林钢[1],马徐发[2],郭 焱[1]

(1.新疆维吾尔自治区水产科学研究所,农业部西北地区渔业资源环境科学观测实验站,新疆 乌鲁木齐 830000;
2.华中农业大学,湖北 武汉 430070)

摘要:研究可可托海水库江鳕(*Lota lota*)个体生物学,丰富其基础生物学资料,可为其种质资源保护与合理利用提供科学依据。2012-2014年,从可可托海水库及入库河道采集江鳕样本共196尾,测量其生物学常规数据,以耳石为主要年龄鉴定材料,对其形态特征、生长和繁殖特性及食性进行分析。结果表明,江鳕体长与体重相关方程为 $W=0.011L^{2.926}$;von Bertalanffy 的体长、体重生长相关方程分别为 $L_t=101.8[1-e^{-0.132(t+0.594)}]$、$W_t=8\ 982[1-e^{-0.132(t+0.594)}]^{2.926}$,体长、体重生长速度和体重加速度方程分别为 $dL/dt=13.438e^{-0.132(t+0.594)}$、$dW/dt=3\ 556.872[1-e^{-0.132(t+0.594)}]^2\times e^{-0.132(t+0.594)}$ 和 $d^2W/dt^2=469.507e^{-0.132(t+0.594)}\times[1-e^{-0.132(t+0.594)}]^2\times[3e^{-0.132(t+0.594)}-1]$;肥满度为0.52~1.34,季节、性别和鱼体大小间肥满度数值基本一致;雌雄比1.4∶1,雌雄个体最小性成熟年龄均为2^+龄,性腺Ⅳ期的雌、雄繁殖个体平均成熟系分别为(3.59±0.93)%和(7.93±2.50)%,绝对怀卵量为(274 445.06±98 039.81)粒,相对怀卵量为(417.49±112.30)粒/g。江鳕为肉食性鱼类,小型鱼类在食物中的重量比和出现率分别为94.73%和89.38%,全年平均摄食率和饱满度分别为(86.06±12.51)%和(3.72±3.44)%。人类活动对库区江鳕资源造成负面影响,防止过度捕捞、护幼捕大措施,可使其资源得到保护与合理利用。

关键词:可可托海水库;江鳕;形态特征;生物学

中图分类号:Q418 **文献标志码**:A **文章编号**:1674-3075(2018)05-0076-08

可可托海水库地处额尔齐斯河上游支流库依尔特河与卡依尔特河汇合处(47°09.031′~47°12.913′N,89°42.760′~89°46.138′E),最大库容1.18亿 m^3,最大蓄水面积21.0 km^2,最大水深100 m,多年平均年径流量15.46亿 m^3,水库大坝以上流域控制面积5 000 km^2,属于大型季节调节水库(李定枝,1997)。江鳕(*Lota lota*)隶属鳕形目(Gadiformes)、鳕鱼科(Gadidae)、江鳕属(*Lota*),广泛分布于45°N以北的欧、亚和北美洲内陆水域,在我国仅分布于额尔齐斯河与黑龙江水系,是特有土著名贵鱼类(杨树勋等,1989;Mitrofanov et al,1989;朱松泉,1995;任慕莲等,2002;郭焱等,2012);具有肉味品质鲜美、营养价值高、生长快、寿命长、适应能力强等优点,为肉食性冷水鱼类。

目前,可可托海水库包括入库河流鱼类共13种,经济鱼类有7种,其中江鳕产量8.7 t,占年总鱼产量的58.0%,为当地经济发展起到一定的作用。近20年,随着矿业、农业、水利建设和渔业等经济活动日益加剧,对可可托海水库在内的额尔齐斯河流域江鳕资源造成一定的负面影响(郭焱等,2003;阿达可白克·可尔江,2005);关于可可托海水库江鳕个体生物学研究方面尚未见报道。2012-2014年,项目组对该水库江鳕个体生物学进行调查研究,旨在为其资源的保护与合理利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 样本采捕

2012年7月至2014年10月,每年春(3-5月)、夏(6-8月)、秋季(10月)共采样11次。采捕工具以单层挂网(网目10.0~70.0 mm)和地笼网(网目2.0 mm)为主,以小抬网(网目5.0 mm)为辅。采样点设置于可可托海水库以及入库河流喀依尔特河与库依尔特河(图1)。其中位于水库的采样点是渔民把当日从库区四周捕捞鱼类(渔获物)集中的地点,是获得研究材料的主要地点;位于河道的采样点为补充样点。共采集江鳕样本196尾,体长8.30~57.00 cm,体重39.6~1 408.0 g。在现场测量样本形态,解剖取性腺、消化道内含物和耳石。

收稿日期:2017-07-14

基金项目:科技部基础性研究专项(项目编号:2012FY112700)。

作者简介:阿达可白克·可尔江,1968年生,男,高级工程师,主要从事淡水渔业资源研究。E-mail:jol918@sina.com

通信作者:郭焱,1963年生,男,研究员,研究方向为渔业生态。E-mail:guoyanxj@163.com

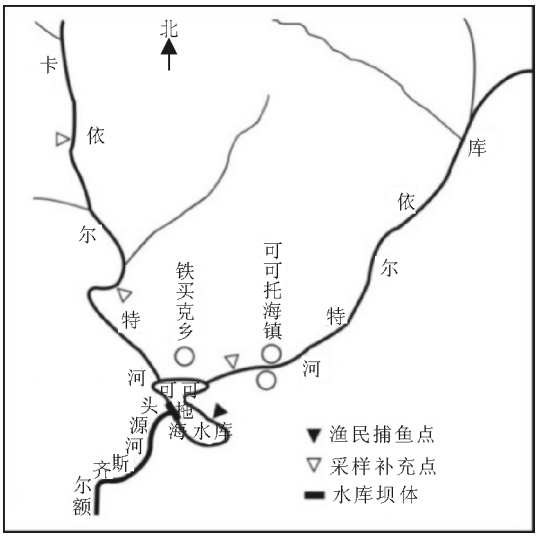

图 1　可可托海水库库区鱼类采样点

Fig.1　Fish collection sites in Koktokay Reservoir

1.2　方法

鱼类及其消化道内食物种类、性腺发育期鉴别参照相关文献（上海水产学院，1981；张觉民等，1991；任慕莲等，2002）。样本质量采用电子天平测量（精度 0.01 g），利用游标卡尺测量鱼类可量性状（精度 0.1 mm）。耳石处理和年龄鉴定方法参照相关文献（任慕莲等，2002；杨雨壮等，2002）。

1.3　数据处理

采用 Excel 2007 软件进行数据分析。

体长逆算：$L_n = R_n / R \times L$

式中：L_n -n 龄体长，R 和 R_n -分别为耳石实测半径及 n 龄时的年轮半径，L -鱼体实测体长。

体长-体重关系：$W = aL^b$

式中：W -体重（g），L -体长（cm），a -常数，b -指数。

采用 von Bertalanffy 生长方程对生长特性进行描述。

肥满度：$K = W / L^3 \times 100\%$

式中：W 为空壳重（g），L -体长（cm）。

成熟系数＝性腺重量（g）/体重（g）×100％

相对怀卵量＝绝对怀卵量（粒）/体重（g）

摄食率＝有食物的胃肠数/解剖观察胃肠总数×100％

饱满度＝胃肠内食物重量（g）/体重（g）×100％

食物出现率＝胃肠出现某种食物的胃肠数/有食物的胃肠总数×100％

2　结果与分析

2.1　形态特征

形态测量标本 20 尾，体长 2.95～39.50 cm，体重 190.0～485.0 g。前背鳍 ⅰ-11～12，后背鳍 ⅰ-70～78，臀鳍 0-62～68，胸鳍 ⅰ-17～18，腹鳍 0～ⅰ-7（多数为 0-7），上、下颌齿带行数分别 2 和 1，鳃耙内、外侧数分别 10～12 和 9～10，脊椎骨 4＋64～67，幽门盲囊数 81-105。可量形状比见表 1。

表 1　可可托海水库江鳕可量性状比

Tab.1　Measurable features of *Lota lota* in Koktokay Reservoir

性状比	$\overline{X} \pm SD$	幅度	性状比	$\overline{X} \pm SD$	幅度
体长/体高	7.36±0.40	6.82～8.13	头长/口裂长	2.76±0.18	2.45～3.15
体长/头长	4.77±0.15	4.57～5.11	头长/前背鳍高	3.22±0.23	2.96～3.69
体长/头高	9.98±0.31	9.59～10.45	头长/后背鳍高	2.15±0.40	1.82～3.02
体长/肠长	1.21±0.13	1.08～1.54	头长/腹鳍长	1.71±0.16	1.53～2.14
头长/头高	2.10±0.07	1.94～2.22	头长/臀鳍长	2.15±0.40	1.82～3.02
头长/头宽	1.60±0.05	1.49～1.70	背吻距/背尾距	0.59±0.03	0.53～0.62
头长/吻长	3.54±0.24	3.09～4.10	口裂宽/口裂长	1.09±0.02	1.07～1.12
头长/眼径	7.63±0.52	6.59～8.56	胸鳍长/胸腹鳍距/％	211.31±25.09	157.09～247.06
头长/眼间距	2.98±0.28	2.61～3.59	腹鳍长/腹臀鳍距/％	35.52±2.53	30.67～40.00
头长/口裂宽	2.53±0.17	2.28～2.93			

2.2　生长特性

2.2.1　体长与体重的关系　根据 190 尾样品的实测体长与体重数据，获得可可托海水库江鳕群体的体长与体重相关方程为 $W = 0.011L^{2.926}$（$r = 0.930$，$n = 190$）；相关曲线见图 2。

2.2.2　体长和体重生长　通过对 160 尾标本的耳石进行年龄鉴定，样本由 5 个年龄组成。并将各龄的推算体长及由体长与体重相关式推出的体重生长结果、包括额尔齐斯河主河道与牡丹江上游江鳕相应数据一并列入表 2。

2.2.3 生长方程 根据表2各龄体长数据，采用von Bertalanffy生长方程以及体长与体重关系式，拟合体长、体重生长方程：$L_t = 101.8[1 - e^{-0.132(t+0.594)}]$；$W_t = 8\,982[1 - e^{-0.132(t+0.594)}]^{2.926}$，并将生长方程中的参数包括额尔齐斯河主河道与牡丹江上游江鳕的相应数据一并列入表3。

体长生长曲线为抛物线，前期上升快，随着年龄增加，逐渐趋向 L_∞，当年龄接近 t_{max}（22.3龄）时，体长曲线缓慢上升至 L_∞（图3）。体重生长曲线为不对称的S形曲线，拐点前曲线上升较快，拐点后转变为平缓（图4）。

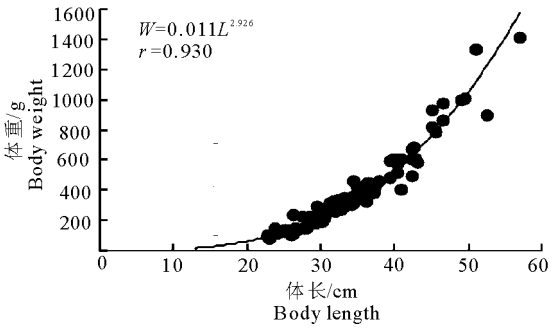

图2 可可托海水库江鳕体长与体重相关曲线

Fig.2 Length-weight relationship curve of *L. lota* in Koktokay Reservoir

表2 不同水体江鳕的体长与体重生长比较

Tab.2 Comparison of body length and weight of *L. lota* from different waters

水体	理论体长/cm					理论体重/g					数据来源
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	
可可托海水库	19.1	29.7	37.9	45.9	53.0	61.6	224.2	457.6	801.4	1220.7	本研究
额尔齐斯河主河道	17.1	28.2	36.1	43.3	48.7	56.8	242.5	496.6	841.7	1183.9	任慕莲等(2002)
牡丹江上游	15.4	21.7	26.7	32.3	38.2	28.8	71.9	139.8	259.4	444.5	杨树勋等(1989)

表3 不同水体江鳕体长与体重生长方程参数比较

Tab.3 Comparison of body length and body weight-growth equation parameters for *L. lota* from different waters

水体	L_∞/cm	W_∞/g	t_{max}/龄	t_p/龄	t_0/龄	k	资料来源
可可托海水库	101.8	8 982.0	22.307	7.792	-0.594	0.132	本研究
额尔齐斯河主河道	99.7	10 462.0	23.900	8.300	-0.656	0.122	任慕莲等(2002)
牡丹江上游	81.1	3920.4	23.821	8.849	-0.199	0.127	杨树勋等(1989)

2.2.4 生长速度和生长加速度 将体长、体重生长方程分别通过一阶求导和二阶求导，获得可可托海水库江鳕的体长、体重生长速度和体重加速度方程分别为 $dL/dt = 13.438e^{-0.132(t+0.594)}$、$dW/dt = 3\,556.872[1 - e^{-0.132(t+0.594)}]^2 \times e^{-0.132(t+0.594)}$ 和 $d^2W/dt^2 = 469.507e^{-0.132(t+0.594)} \times [1 - e^{-0.132(t+0.594)}]^2 \times [3e^{-0.132(t+0.594)} - 1]$，其相关曲线分别见图5-图7。

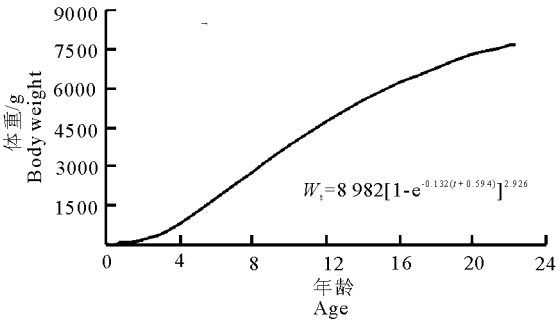

图4 可可托海水库江鳕体重生长曲线

Fig.4 Growth curve for body weight of *L. lota* in Koktokay Reservoir

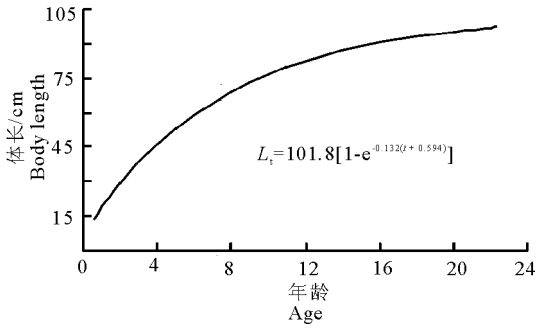

图3 可可托海水库江鳕体长生长曲线

Fig.3 Growth curve for body length of *L. lota* in Koktokay Reservoir

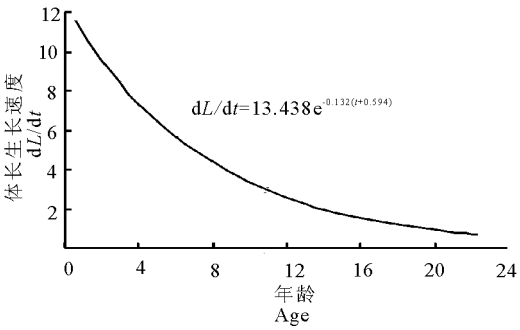

图5 可可托海水库江鳕体长生长速度曲线

Fig.5 Growth rate curve for body length of *L. lota* in Koktokay Reservoir

图5显示，体长生长速度曲线随着时间的增大而不断递减。图6和图7显示，当 $t < t_i$ 时，dW/dt（体重生长速度曲线）上升，d^2W/dt^2（体重加速度曲

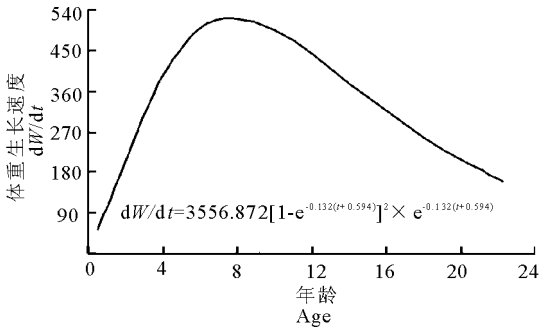

图 6　可可托海水库江鳕体重生长速度曲线

Fig.6　Growth rate curve for body weight of *L. lota* in Koktokay Reservoir

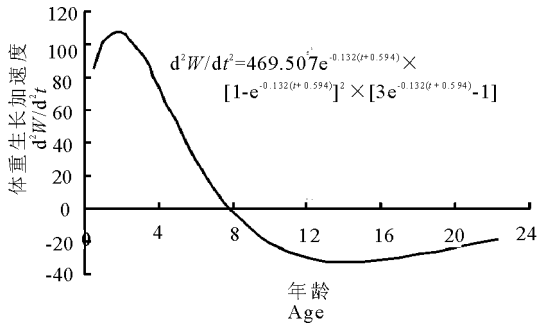

图 7　可可托海水库江鳕体重生长加速度曲线

Fig.7　Growth acceleration curve for body weight of *L. lota* in Koktokay Reservoir

线）下降，但曲线位于正值区域，表明在 t_i 前体重生长处于递增阶段，但其递增速度逐渐下降；当 $t=t_i$，dW/dt 达最大值，$d^2W/dt^2=0$；当 $t>t_i$ 时，dW/dt 和 d^2W/dt^2 均下降，d^2W/dt^2 曲线位于负值区域，表明体重生长进入缓慢期；d^2W/dt^2 降至最低点后又逐渐上升，表明随着体重生长速度进一步下降，其递减速度亦渐趋缓慢，个体开始进入衰老期。

2.2.5　肥满度　按不同季节、性别及规格（长度）统计分析了可可托海水库江鳕的肥满度。结果表明，春、夏、秋季可可托海水库江鳕的肥满度分别为（0.72±0.08）%、（0.74±0.14）% 和（0.67±0.10）%，不同季节的肥满度平均数值相近；雌性肥满度（0.69±0.12）%略低于雄性（0.76±0.14）%，但区别不大；各体长组肥满度基本一致（表 4）。

表 4　不同季节、性别及规格的可可托海水库江鳕肥满度

Tab.4　Condition factors of *L. lota* for different seasons, genders and body size groups

肥满度	季节			性别★		体长组/cm			
	春	夏	秋	♀	♂	20～29	30～39	40～49	50～59
幅度/%	0.69～1.05	0.58～1.34	0.59～1.13	0.58～1.28	0.52～1.34	0.52～1.28	0.66～1.23	0.59～1.01	0.62～1.00
平均/%	0.86±0.10	0.87±0.16	0.84±0.11	0.82±0.12	0.91±0.16	0.88±0.18	0.86±0.12	0.84±0.10	0.79±0.19
样本数/尾	16	121	53	106	82	70	87	30	3

注：★表示雌、雄群体不含性成熟度为Ⅰ期，即卵巢与精巢还未能被区分的标本。

Note: ★ indicates that male and female with the sexual maturity of period I were not among the specimens, in which the spermary and ovarium could not be distinguished.

2.3　繁殖特性

根据 2012－2014 年春、夏、秋季从可可托海水库及入库河道采集的 193 尾标本，分析其性腺发育状况及季节变化，见表 5。

2.4　食性

2.4.1　摄食率与饱满度　将 196 尾标本的摄食率和饱满度相关数据列入表 6。从表 6 可看出，该水体江鳕全年的平均摄食率为 86.06%，平均饱满度为（3.72±3.44）%。春季的摄食率为 100%，饱满度平均为（4.85±1.88）%；夏季的摄食率为 81.25%，饱满度平均为（3.88±3.73）%；秋季的摄食率为 76.92%，饱满度平均为（2.86±2.98）%。

2.4.2　食物组成　将不同季节的食物组成及出现率列入表 7。可见该水体江鳕全年的食物组成以小型鱼类为主，小型鱼类在食物中的重量比和出现率分别为 94.73%和 89.38%；其次为水生昆虫，比重和出现率分别为 5.09%和 12.50%；软体动物的比重和出现率均不足 1%。

江鳕全年食物虽然以小型鱼类为主，但不同季节的食物种类有所不同。春季，其食物全部为小型鱼类，其中麦穗鱼占绝对优势，比重和出现率分别高达 88.54%和 100%，其次为北方花鳅，比重和出现率分别达 6.42%和 43.75%；夏季，可可托海水库江鳕食物由小型鱼类和水生昆虫两大类组成，二者的比重分别为 71.17%和 28.83，出现率则分别为 83.65%和 19.23%，在小型鱼类中麦穗鱼占优势，其比重和出现率分别为 39.72%和 45.19%，其次为北方花鳅，比重和出现率分别达 16.14%和 25.00%；秋季，其食物中额河银鲫占主要地位，比重和出现率分别 48.05%和 55.00%，其次为麦穗鱼，其比重和出现率分别达 41.76%和 52.50%。从全年（春、夏、秋季）的食物组成综合分析结果来看，江鳕食物组成以麦穗鱼为主，比重和出现率分别达到 56.67%和 65.90%。

表5 可可托海水库江鳕不同季节性腺发育状况

Tab.5 Gonad development of *L. lota* in Koktokay Reservoir during different seasons

性别	季节	性成熟度	体长/cm	体重/g	年龄	卵巢重/g	卵巢颜色	成熟系数/%	样本/尾
雌	春	Ⅱ	26.8～34.2	134.0～317.0	2^+～3^+	0.65～1.62	肉白	0.33～0.92	7
		Ⅲ	31.5～32.5	284.0～286.0	2^+～3^+	2.96～4.53	淡黄	1.04～1.60	2
	夏	Ⅰ★	8.3～20.6	39.6～72.1	0^+～1^+	0.04～0.09	透明	0.08～0.21	5
		Ⅱ	22.8～42.5	74.7～670.0	1^+～4^+	0.29～4.50	肉白	0.23～1.22	60
		Ⅲ	31.7	323.5	2^+	4.41	淡黄	1.36	1
	秋	Ⅱ	30.2～49.5	190.0～1070.0	2^+～5^+	0.84～7.68	肉白	0.25～0.72	12
		Ⅲ	33.0～49.0	284.0～993.0	3^+～5^+	1.66～10.00	淡黄	0.56～1.16	6
		Ⅳ	34.0～57.0	325.0～1408.0	2^+～6^+	11.91～59.96	嫩黄	2.71～6.31	18
雄	春	Ⅱ	30.5	265.0	2^+	2.27	嫩红	0.89	1
		Ⅲ	29.6～35.7	208.0～425.0	2^+～3^+	3.28～8.92	淡白	1.58～2.79	4
	夏	Ⅰ★							
		Ⅱ	19.0～41.5	50.1～600.0	1^+～4^+	0.10～2.19	嫩红	0.11～0.72	56
		Ⅲ	23.6	144.0	2^+	2.65	淡白	1.84	1
	秋	Ⅱ	36.5～44.3	397.0～802.0	2^+～5^+	0.41～2.00	嫩红	0.10～0.25	2
		Ⅲ	47.5	876	4^+	4.00	淡白	0.46	1
		Ⅳ	29.5～46.0	199.0～957.0	2^+～5^+	8.31～74.04	纯白	3.23～11.72	17

注：春为2013年3月中旬，夏为2012－2014年6－8月，秋为2012－2014年10月中旬，★表示性成熟度为Ⅰ期的标本，是卵巢与精巢即雌、雄还未能被区分的鱼。

Note: Spring, mid-march of 2013; Summer, June to August in 2012－2014; Autumn, mid-October in 2012－2014; ★indicates that specimens were the fishes with the sexual maturity of I period, of which the spermary and ovary could not be distinguished.

表6 可可托海水库江鳕不同季节的摄食率及饱满度

Tab.6 Feeding rate and fullness of *L. lota* from Koktokay Reservoir in various seasons

季节	标本总数/尾	消化道有食物的标本总数/尾	摄食率/%	饱满度/% 幅度	饱满度/% 平均
春季(3月)	16	16	100.00	1.01～7.34	4.85±1.88
夏季(6－8月)	128	104	81.25	0.03～17.02	2.42±4.27
秋季(10月)	52	40	76.92	0.02～13.52	3.74±3.50
全年	196	160	86.06	0.02～17.02	3.72±3.44

表7 可可托海水库江鳕不同季节的食物组成及食物出现率

Tab.7 Diet composition and food occurrence rate of *L. lota* from Koktokay Reservoir in various seasons

采样季节	标本数/尾	食物组成及生物量比 种类组成		占比/%	食物出现率/% 整体	食物出现率/% 个体
春季	16	鱼类	麦穗鱼	88.54	100.00	100.00
			北方花鳅	6.42		43.75
			额河银鲫	3.71		18.75
			尖鳍鮈	0.95		6.25
			北方须鳅	0.29		6.25
夏季	104	鱼类	麦穗鱼	39.72	83.65	45.19
			北方花鳅	16.14		25.00
			阿勒泰鱥	10.83		5.77
			北方须鳅	7.30		13.46
			尖鳍鮈	6.66		9.62
			额河银鲫	4.02		15.38
		水生昆虫	蜉蝣目	11.10	19.20	15.38
			毛翅目	3.33		7.69
			蜻蜓目	0.45		2.88
			摇蚊科	0.40		2.88
秋季	104	鱼类	额河银鲫	48.05	100.00	55.00
			麦穗鱼	41.76		52.50
			北方须鳅	2.58		12.50
			阿勒泰鱥	4.00		5.00
			江鳕	3.04		5.00
			北方花鳅	0.02		2.50
		软体动物	螺	0.54	2.50	2.50

3 讨论

3.1 江鳕体长和体重生长相对较快

从体长、体重生长结果(表2－3、图3－7)来看，各年龄阶段可可托海水库的江鳕体长、体重生长近似于额尔齐斯河主河道的江鳕(任慕莲等，2002年)，但各年龄阶段的体长、体重理论数值明显大于牡丹江的种群(表3)。可可托海水库属于额尔齐斯河水系，两者地理环境、气候条件以及水文状况、理化性状和饵料生物等因素基本相一致，但牡丹江流域所具的相应条件可能同额尔齐斯河流域的不相一致，所以生活在两个不同水系江鳕的体长、体重生长间也有一定的区别。

3.2 季节、性别和规格对江鳕肥满度影响

表4显示，可可托海水库江鳕群体春、夏、秋季的肥满度平均数值几乎一致，雌、雄个体肥满度近似，不同规格间的肥满度也基本一样，可见季节、性别和规格相应的肥满度数值基本一致。这是由于可可托海水库江鳕雌雄群体在各生长阶段的生存环境

条件（水温、溶解氧、酸碱度、盐度和饵料生物等因子）的变化规律以及食性、繁殖、育肥、越冬等生命规律基本一致；在同样生长阶段，雌雄个体自身性腺发育和摄食情况处于相同水平。肥满度数值的一致性结果还能够说明，该水体江鳕群体在不同生长阶段对其栖息环境条件的变化（如春、夏、秋季的水温、水量和其它理化性状以及饵料生物）规律存在较强的适应能力。

3.3　不同水域江鳕的食性基本类似

可可托海水库江鳕以鱼类和水生昆虫及软体动物为食，额尔齐斯河江鳕食物组成主要为鱼类，其次为水生昆虫（任慕莲等，2002）。牡丹江上游江鳕 1^+ 龄之前的个体以水生昆虫（石蝇幼虫）和底栖动物为食，1^+～2^+ 龄个体以鱼类为食（杨树勋等，1989）。哈纳斯湖的江鳕以钩虾、螺、水生昆虫和小鱼等为食（冯敏等，1990）。由此可见，江鳕属于肉食性鱼类，不同水域中的江鳕均以鱼类和水生昆虫为主要食物，是其固有属性；至于在不同水域中食物差异，则是由食物的可得性引起，体现了江鳕食物的可塑性。这与江鳕摄食消化器官具备有利于捕食及消化动物性饵料的齿带（牙齿）以及胃和幽门盲囊等器官形态特征相适应。

3.4　生长繁殖及摄食的时空变化

由于受北方山区自然环境和气候条件的影响，库区气候特点为冬寒漫长、夏凉季短，多年气温变化在-51.5～33.3℃，年平均气温为-1.9℃（李定枝，1997）。水体冰封期从 10 月下旬延续至次年 4 月中旬，春末至秋初水温在 10～20℃，余下时间在 0～10℃。5-7 月山雪融化，入库河流发洪水，河道与水库水量明显增加、流速加快、水位上涨和透明度下降，其他时间水量减少、流速降低、水位下降和透明度增高。春、夏季库区饵料生物相对丰富，秋季尤其冬季饵料生物相对欠缺。

从生长、繁殖和食性分析结果（表 2～3、表 5～7 和图 3～4）可以看出，作为在上述多变环境中生存的物种，江鳕雌雄个体最小性成熟年龄均为 2^+ 龄，其中雌性最小性成熟个体体长和体重分别为 34.0 cm 和 325.0 g，雄性的分别为 29.5 cm 和 199.0 g，性成熟阶段是其体长和体重生长旺盛期，尤其到性成熟年龄后，体重加速增长，直到生长拐点 7.792 龄；性腺发育达Ⅳ期的雌、雄个体平均成熟系数分别（3.59±0.93）%和（7.93±2.50）%，雌性绝对怀卵量和相对怀卵量分别（274 445.06±98 039.81）粒和（417.49±112.30）粒/g，在冬季繁殖；全年平均摄食率和饱满度达（86.06±12.51）%和（3.72±3.44）%。由此可见，可可托海水库江鳕群体通过长期适应复杂的时空变化，孕育出较强的繁殖、捕食及抗寒能力，完成越冬、繁殖、育肥等生长繁衍活动。

3.5　江鳕资源需要保护与合理利用

江鳕是具有生物多样性和经济价值的大型凶猛鱼，我国额尔齐斯河目前的江鳕资源主要集中于可可托海水库，年捕捞量 8.7 t，对当地经济与社会的发展有一定的贡献。食物中麦穗鱼的比重和出现率分别为 56.67%和 65.90%，在一定程度上控制该水体外来物种——麦穗鱼的数量和生物量，具有生态平衡的作用。

可可托海水库江鳕渔获物年龄在 0^+～6^+ 龄，其中 1^+～4^+ 龄的占 88.1%，相应的实测体重范围在 50.1～876.0 g（表 5）。说明捕捞对象属于还未性成熟和刚性成熟、生长正在旺盛阶段的幼鱼与低龄鱼，存在捕捞规格小型化、资源捕捞过度、保护与利用不合理的问题，造成这部分鱼类生长潜能的损失以及降低了补充群体和生育群体资源量，最终可能导致其种群数量的衰减。

本研究认为，采取护幼捕大措施是解决可可托海水库江鳕资源问题的主要途径，即需要给该水体江鳕补充群体创造繁殖 3 次的条件最为合理，这意味着江鳕捕捞群体年龄应在 4 龄以上。根据体长、体重生长方程，4 龄阶段的可可托海水库江鳕体长、体重分别为 46.3 cm 和 895.1g（≈46 cm 和 900 g）。根据本研究中江鳕形态特征相应的可量性数据（头高、头宽以及体高、体宽），为捕捞体长和体重规格在 46 cm 和 900 g 以上的江鳕，需要把挂网网目规格控制在 60.0 mm 以上，停用网目小于 60.0 mm 的挂网。除利用单层挂网外，渔民还使用网目为 2.0 mm 的地笼捕获江鳕，其对类此于江鳕的底栖鱼类捕获率更高些，尤其容易捕获小规格江鳕，对其幼、低龄群体资源破坏性较大，因此需要停用地笼。

综上所述，采取相应的保护举措有利于江鳕繁殖群体资源的恢复，符合可可托海水库渔业生产的长远发展要求和当地市场供需规律。在捕捞数量不变的条件下，有望 4 年后把江鳕的年产量由现在的 8.7 t增加 2 倍左右。确保库区江鳕资源的有效保护与合理开发利用，以提高其经济效益、社会效益和生态效益。

参考文献

阿达可白克·可尔江，2005. 额尔齐斯河中国段鱼类资源现状及合理开发[J]. 水利渔业，25(1)：48－50，52.

冯敏，任慕莲，1990. 新疆哈纳斯湖科学考察[M]. 北京：科学出版社：123－125.

郭焱，张人铭，蔡林钢，等，2012. 新疆鱼类志[M]. 乌鲁木齐：新疆科学技术出版社.

郭焱，张人铭，李红，2003. 额尔齐斯河土著鱼类资源衰退原因与保护措施[J]. 干旱研究，20（2）：152－154.

李定枝，1997. 可可托海水库枯季径流及大坝运行管理[J]. 新疆有色金属，6(1)：44－47.

任慕莲，郭焱，张人铭，等，2002. 中国额尔齐斯河鱼类资源及渔业[M]. 乌鲁木齐：新疆科技卫生出版.

上海水产学院，1981. 组织胚胎学[M]. 北京：农业出版社，152－162.

杨树勋，李东奎，杨雨壮，等，1989. 牡丹江上游（含镜泊湖）江鳕年龄、生长、食性和繁殖的研究[J]. 水产学报，13(1)：5－16.

杨雨壮，秦大公，殷丽洁，等，2002. 江鳕耳石年轮[J]. 生物学通报，37(2)：6－7.

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，242－295.

朱松泉，1995. 中国淡水鱼类检索[M]. 南京：江苏科学技术出版社.

Mitrofanov V P，Dukravec G M，Sidorova A F，et al，1989. Fisheries of Kazahstan(Volume 3)[M]. Alma Ata：Kazakh SSR（Soviet Socialist Republic）Sciences Press：170－210.

Митрофанов В П，Дукравец Г М，Сидорова А Ф，и др，1989. Рыбы Казахстана（Том 3）[M]. Алма-Ата：Издательство Наука Казахской ССР：170－210.

（责任编辑　万月华）

Biological Characteristics of *Lota lota* in Koktokay Reservoir

KARJAN Adahbek[1], XIE Cong-xin[2], CAI Lin-gang[1], MA Xu-fa[2], GUO Yan[1]

(1.Xinjiang Fisheries Research Institute, Scientific Observing and Experimental Station of Fishery Resources and Environment in Northwest China, Ministry of Agriculture, Urumqi 830000, P.R.China;
2.Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, P.R.China)

Abstract: *Lota lota* Linnaeus is the primary economic fish in Koktokay Reservoir, accounting for 58.0% of the total fish production and making a large contribution to the local economy. To enrich the basic biological data and provide a scientific basis for protecting *L. lota*, we investigated the biological characteristics of *L. lota* in Koktokay Reservoir. From 2012 to 2014, 196 specimens were collected from the reservoir and its tributaries. Biological parameters were measured for each individual and the otolith was selected as the material for determining age. The morphological features, growth and reproduction characteristics and feeding habits of *L. lota* were analyzed. The body length to weight relationship was described by the equation $W=0.011L^{2.926}$. The Von Bertalanffy growth equations for body length and body weight were $L_t=101.8[1-e^{-0.132(t+0.594)}]$ and $W_t=8\ 982[1-e^{-0.132(t+0.594)}]^{2.926}$. The growth rate equations for body length and body weight were $dL/dt=13.438e^{-0.132(t+0.594)}$, $dW/dt=3\ 556.872[1-e^{-0.132(t+0.594)}]^2\times e^{-0.132(t+0.594)}$, and the growth acceleration equation of body weight was $d^2W/dt^2=469.507e^{-0.132(t+0.594)}\times[1-e^{-0.132(t+0.594)}]^2\times[3e^{-0.132(t+0.594)}-1]$. The fatness of *L. lota* ranged from 0.52 to 1.34, and there was little variation with season, gender or size. The ratio of female to male was 1.4 : 1 and both sexes reach sexual maturity at 2^+ yr. The gonadosomatic index for males and females at gonad phase IV were, respectively, (3.59±0.93)% and (7.93±2.50)%. The absolute fecundity was (274 445.06±98 039.81) eggs/g and the relative fecundity was (417.49±112.30) eggs/g. *L. lota* is a carnivorous fish and the weight ratio and occurrence rate of small fish accounted for 94.73% and 89.38% of the food supply for *L. lota*. The average feeding rate and fullness were (86.06±12.51)% and (3.72±3.44)%. Human activities have negatively affected the *L. lota* resource in the reservoir area. To enhance protection and rational utilization of *L. lota* resources, we recommend prohibition of overfishing and conservation of juveniles.

Key words: Koktokay Reservoir; *Lota lota*; morphological characteristics; biology