

赤水河鱼类资源量的初步估算

吴金明^{1,2}, 娄必云³, 赵海涛⁴, 黎 良³, 陈永祥⁴, 王剑伟¹

(1. 中国科学院水生生物研究所, 湖北 武汉 430072; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049;
3. 贵州省赤水市畜牧局, 贵州 遵义 564700; 4. 贵州毕节学院, 贵州 毕节 551700)

摘要: 为了解赤水河的鱼类资源现状, 于2010年5~6月和9~10月在赤水河赤水镇、赤水市和合江县的3个江段进行了渔获物调查工作。通过统计各江段的渔业捕捞情况, 计算年捕捞量。采用体长股分析的方法, 对云南光唇鱼(*Acrossocheilus yunnanensis*)、大鳍鲷(*Mystus macropterus*)和张氏鲮(*Hemiculter tchangii*)的资源量进行了估算, 并以此推算各江段鱼类的总资源量。结果显示, 赤水镇江段的鱼类年总资源量为10.76 t, 其中云南光唇鱼为1.23 t; 赤水市江段的年总资源量为51.05 t, 其中大鳍鲷为8.50 t; 合江县江段的年总资源量为71.37 t, 其中张氏鲮为4.39 t。估算结果可以为赤水河鱼类资源保护措施的制定提供数据参考。

关键词: 赤水河; 体长股分析; 资源量

中图分类号: S932.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-3075(2011)03-0099-05

鱼类资源量评估是河流渔业管理和资源保护的基础工作。目前, 国内外已有许多学者采用不同的方法进行了相关研究, 这些方法包括繁殖性能推算法(冷永智等, 1984)、标志重捕法(胡德高等, 1992)、体长与年龄股分析法(邱顺林和陈大庆, 1988; 虞功亮等, 2002)、声学探测法(陶江平等, 2010)和视觉探测法(Ruff et al, 1995)等; 其中, 体长股分析法具有操作方便和数据结构简单的优点, 被广泛应用于鱼类资源量的估算(张松, 2003)。在早期的体长股分析过程中, 研究者通常采用人工计算的方法估算资源量, 效率较低, 且不能保证计算精度。2005年, 联合国粮农组织(FAO)推出了专业的渔业评估软件FISAT II, 通过软件中的实际种群分析(VPA)模块, 可以快捷地利用鱼类体长或年龄结构数据估算资源量(Gayanilo et al, 2005)。严利平等(2010)运用VPA推算了东海西部日本鲭的种群资源量; 陈卫忠等(1998)也利用VPA模型对东海鲈鱼现存资源量进行了评估。迄今为止, 还未见VPA应用于河流鱼类资源评估的报道。

赤水河是长江上游的一级支流, 也是长江上游珍稀、特有鱼类国家级自然保护区的重要组成部分。吴金明等(2010)记录了赤水河的鱼类种类组成及分布格局, 并报道了中游江段鱼类早期资源的发生

规律; 王芊芊(2008)对赤水河中部分鱼类的早期发育过程进行了观察; 赵海涛等(2009)和孙宝柱等(2010)分别对赤水河中的云南光唇鱼和张氏鲮的年龄与生长进行了研究。本文基于上述研究结果和2010年渔获物调查数据, 采用VPA模型对赤水河上、中、下游代表性江段的鱼类资源量进行了评估, 以期对赤水河鱼类资源保护提供参考。

1 材料与方法

1.1 渔获物调查

2010年春季(5~6月)和秋季(9~10月)分别在赤水河上游的赤水镇江段(20 km)、中游的赤水市江段(16 km)以及下游的合江江段(10 km)设立渔获物调查点(见图1)。在渔埠码头随机抽取整船次的渔获物, 测量鱼类体长、体重, 记录鱼名、渔具、作业地点和水温等信息, 访问渔民, 统计各江段的总

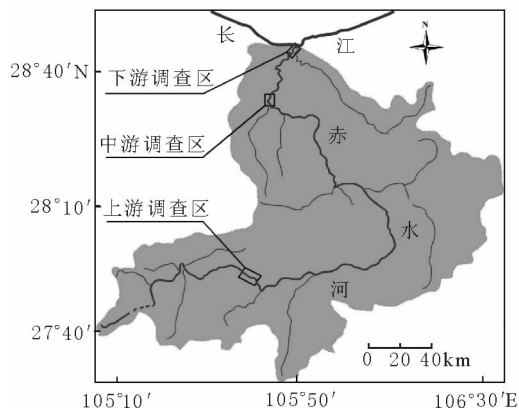


图1 赤水河调查区域示意图

Fig. 1 Sampling region in the Chishui River

收稿日期: 2011-01-06 收修改稿日期: 2011-04-19

基金项目: 水利部公益行业科研专项(200901012)。

通讯作者: 王剑伟。E-mail: wangjw@ihb.ac.cn

作者简介: 吴金明, 1984年生, 男, 博士, 研究方向为鱼类生态学。E-mail: jinming@ihb.ac.cn

渔船数、渔具以及全年作业天数等渔业捕捞信息。

1.2 数据处理与计算

1.2.1 评估种的生长参数 选择云南光唇鱼 (*Acrossocheilus yunnanensis*)、大鳍鲩 (*Mystus macropterus*) 和张氏鲮 (*Hemiculter tchangii*) 为赤水镇、赤水市和合江县江段鱼类资源量的评估对象。3 种鱼的生长参数如下:

云南光唇鱼: $L_{\infty} = 35.32 \text{ cm}$, $k = 0.1021$; $W = 0.019L^{2.977}$ (赵海涛等, 2009)

大鳍鲩^①: $L_{\infty} = 71.45 \text{ cm}$, $k = 0.0694$; $W = 0.026L^{2.638}$

张氏鲮: $L_{\infty} = 19.61$, $k = 0.3600$; $W = 0.008L^{3.145}$ (孙宝柱等, 2010)

式中: L_{∞} 表示极限体长 (cm), k 表示生长参数, W 表示体重 (g), L 表示体长 (cm)。采用 FISAT II 中自然死亡率估算模块估算自然死亡率 (M):

$$\ln M = -0.0152 - 0.279 \ln L_{\infty} + 0.6543 \ln K + 0.463 \ln T$$

T 表示栖息江段平均水温。对于温带集群性鱼类, M 取上述所求值的 4/5 (Pauly, 1980)。

1.2.2 渔获物数据处理与年捕捞量的计算 渔获物抽样数据分江段录入 Excel 电子表格, 计算每种渔具的日平均捕捞重量和尾数, 以及评估种在该渔具渔获物中的重量和尾数比例; 根据抽样船次、年作业天数计算各江段年度捕捞量。根据如下公式计算评估种在年总渔获物中的尾数比 (p)。

$$p = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \times N_i \times D_i)}{\sum_{i=1}^n (N_i \times D_i)}$$

式中: P_i 为评估种在某种渔具渔获物中尾数

比, N_i 为该江段使用该渔具的船数, D_i 为该渔具年作业天数; n 为渔具种类数。

1.2.3 资源量与最大持续产量 (MSY) 的估算 分别将云南光唇鱼、大鳍鲩和张氏鲮的年渔获尾数按照体长分组录入 VPA 模型中, 并输入极限体长 (L_{∞}), 生长参数 (k)、自然死亡系数 (M)、最大体长组的捕捞死亡系数 (F_i) 以及体长与体重关系式中的条件系数 (a) 和指数系数 (b)。运行软件后即可得出各体长组的捕捞死亡系数与年均资源量。最大体长组的捕捞死亡系数以 0.5 为初始值, 采用迭代法进行反复计算, 直到赋予的 F_i 值与各体长组捕捞死亡系数的加权平均值收敛为止, 确定最终的 F_i 值。各体长组的资源量之和即为该种在这一江段的年平均资源量, 再依据该种在渔获物抽样数据中的比例, 推算该江段其他鱼类的资源量与总体资源量。

评估种的最大持续产量 (MSY) 采用 Cadima 经验公式 (詹秉义, 1995) 估算:

$$MSY = 0.5(Y + M \cdot B)$$

式中: Y 为年渔获量, M 为自然死亡率, B 为年资源量。

2 结果

2.1 各江段的年度捕捞情况

各江段的渔业捕捞情况和主要渔具的抽样统计结果见表 1。计算出赤水镇江段、赤水市江段和合江县江段的年捕捞重量分别为 7 290、24 303 和 17 128 kg; 总捕捞数量为 163 029、465 037 和 339 486 尾。云南光唇鱼、大鳍鲩和张氏鲮在赤水镇、赤水市和合江县江段年总渔获物中的尾数比分

表 1 各江段的捕捞数据统计

Tab. 1 Fishery statistic data of three reaches in the Chishui River

项 目	赤水镇江段			赤水市江段			合江县江段			
	电渔机	定置刺网	小钩	定置刺网	流刺网	其他渔具	小钩	定置刺网	虾笼	其他渔具
作业船数	5	2	11	15	6	3	7	18	6	5
年作业时间/d	217 ± 42	124 ± 35	226 ± 23	196 ± 33	108 ± 20	113 ± 96	195 ± 47	163 ± 25	117 ± 54	123 ± 77
抽样统计船次	33	8	42	27	13	7	13	31	6	10
日均捕捞重量/kg	6.18	2.36	4.25	3.06	5.94	2.63	3.17	2.87	3.13	3.55
日均捕捞数量/尾	137	58	107	36	114	57	102	43	67	44
评估种的重量比/%	11.65	8.90	24.45	3.14	0	5.87	0	15.22	6.43	2.36
评估种的数量比/%	8.93	8.15	12.57	1.53	0	1.58	0	16.38	18.65	2.23
年捕捞总重量/kg	6 705	585	10 566	8 996	3 849	892	4 327	8 421	2 197	2 183
年捕捞总数量/尾	148 645	14 384	266 002	105 840	73 872	19 323	139 230	126 162	47 034	27 060
评估种年捕捞数量/尾	13 274	1 172	33 436	1 619	0	305	0	20 665	8 772	603

注: 赤水镇、赤水市和合江县江段的评估种分别为云南光唇鱼、大鳍鲩和张氏鲮。
Note: The valuing species in Chishui Town reach, Chishui City reach and Hejiang County were *Acrossocheilus yunnanensis*, *Mystus macropterus* and *Hemiculter tchangii*, respectively.

① 吴金明, 张富铁, 刘飞, 等. 赤水河大鳍鲩年龄与生长的研究 (待发表)。

别为8.86%、7.60%和8.85%,重量比为11.43%、11.91%和8.60%,年渔获尾数分别为14 446、35 360和30 040尾,年渔获重量分别为833、2 894和1 473 kg。

2.2 评估种的年资源量与最大持续产量

根据各江段的年平均水温,计算出云南光唇鱼、大鳍鲩和张氏鲮的自然死亡率(M)分别为0.231、0.274和0.735。在VPA模型中,通过迭代法计算出3种评估种最大体长组的捕捞死亡系数(F_l)分别为0.243、0.228和0.092;云南光唇鱼、大鳍鲩和张氏鲮年资源数量分别为170 095、435 076和3 547 336尾,相应的重量为1.23、8.50和4.39 t(表2~表4)。根据Cadima经验公式,计算出云南光唇鱼、大鳍鲩和张氏鲮的最大持续产量为0.56、2.61和2.35 t。

表 2 赤水镇江段云南光唇鱼的资源量

Tab.2 Resource of <i>Acrossocheilus yunanensis</i> in the reach of Chishui Town						
体长组 中值/cm	抽样 数/尾	百分 比/%	渔获数 量/尾	捕捞死 亡率	资源数 量/尾	资源重 量/t
6.5	1	0.40	58	0.0063	28 245	0.05
7.5	2	0.81	117	0.0133	26 054	0.07
8.5	6	2.43	351	0.0422	23 904	0.09
9.5	8	3.24	468	0.0602	21 632	0.12
10.5	19	7.69	1 111	0.1566	19 368	0.15
11.5	26	10.53	1 521	0.2448	16 618	0.17
12.5	42	17.01	2 456	0.4862	13 662	0.18
13.5	55	22.27	3 217	0.9117	10 039	0.16
14.5	53	21.46	3 100	1.6526	6 007	0.10
15.5	21	8.50	1 228	1.4909	2 474	0.05
16.5	6	2.43	351	0.8309	1 055	0.03
17.5	4	1.62	234	0.9534	607	0.02
18.5	3	1.21	176	1.5177	316	0.01
19.5	1	0.40	58	0.2430	114	0.03
合计	247	100	14 446	—	170 095	1.23

2.3 各江段的资源量

根据评估种在各江段渔获物中的重量和尾数比例,计算出赤水镇、赤水市和合江县江段2010年的鱼类资源量分别 1.98×10^6 、 5.72×10^6 和 4.01×10^7 尾,相应的重量为10.76、51.05和71.37 t。各江段鱼类资源量组成情况见图2~图4。在赤水镇江段,白甲鱼、切尾拟鲮和泉水鱼的生物量较高,占全部资源重量的46.93%,而宽鳍鲮、切尾拟鲮和泉水鱼的尾数较多,占全部资源尾数的46.99%;在赤水市江段,花骨鱼的重量比例最高,占全部资源总量的17.49%,切尾拟鲮的数量最多,占全部资源尾数的15.45%;在合江江段,银鲴占总资源尾数的32.35%,而其他种类在总资源量的比例均不高。

表 3 赤水市江段大鳍鲩的资源量

Tab.3 Resource of <i>Mystus macropterus</i> in the reach of Chishui City						
体长组 中值/cm	抽样 数/尾	百分 比/%	渔获数 量/尾	捕捞死 亡率	资源数 量/尾	资源重 量/t
7.7	1	0.31	111	0.0055	61 870	0.17
9.2	2	0.63	222	0.0113	58 215	0.27
10.7	19	5.96	2 106	0.1140	54 585	0.38
12.2	22	6.90	2 439	0.1436	49 264	0.49
13.7	45	14.11	4 988	0.3333	43 871	0.58
15.2	38	11.91	4 212	0.3323	36 279	0.65
16.7	26	8.15	2 882	0.2661	29 861	0.71
18.2	23	7.21	2 549	0.2735	25 095	0.77
19.7	23	7.21	2 549	0.3228	20 924	0.80
21.2	30	9.40	3 325	0.5263	17 001	0.78
22.7	22	6.90	2 439	0.5064	12 576	0.71
24.2	14	4.39	1 552	0.4160	9 299	0.65
25.7	17	5.33	1 884	0.6827	7 098	0.56
27.2	12	3.76	1 330	0.7074	4 734	0.45
28.7	16	5.02	1 774	1.8029	3 077	0.27
30.2	8	2.51	887	3.1711	1 131	0.09
31.7	1	0.31	111	0.2278	196	0.17
合计	319	100	35 360	—	435 076	8.50

表 4 合江县江段张氏鲮的资源量

Tab.4 Resource of <i>Hemiculter tchangii</i> in the reach of Hejiang County						
体长组 中值/cm	抽样 数/尾	百分 比/%	渔获数 量/尾	捕捞死 亡率	资源数 量/尾	资源重 量/t
6.5	5	3.07	921	0.0182	2 588 361	0.15
7.5	5	3.07	921	0.0198	220 641	0.21
8.5	3	1.84	553	0.0131	185 545	0.28
9.5	12	7.36	2 212	0.0582	153 874	0.36
10.5	23	14.11	4 239	0.1277	123 721	0.43
11.5	16	9.82	2 949	0.1041	95 080	0.49
12.5	27	16.56	4 976	0.2135	71 305	0.53
13.5	37	22.70	6 819	0.3887	49 195	0.50
14.5	17	10.43	3 133	0.2520	29 482	0.45
15.5	10	6.13	1 843	0.2139	17 211	0.38
16.5	6	3.68	1 106	0.2011	9 034	0.30
17.5	2	1.23	368	0.0770	3 887	0.31
18.5	3	1.21	176	1.5177	316	0.01
19.5	1	0.40	58	0.2430	114	0.03
合计	163	100	30 040	—	3 547 336	4.39

3 讨论

3.1 年渔获量的计算

在VPA模型中,年渔获量的统计结果直接影响了资源量估算的精度。本文评估的3个江段隶属于不同的行政县,虽然各县渔政部门均有年度捕捞数据,但数据包括了县域内所有自然水体(河流、水库和池塘)的捕捞量,无法从总量中分离评估江段的数据,加之总量数据并没有分鱼种统计,因此无法采用渔政部门的数据作为计算资源量的基础。由于各评估江段的长度均在20 km以内,采用实地访问的

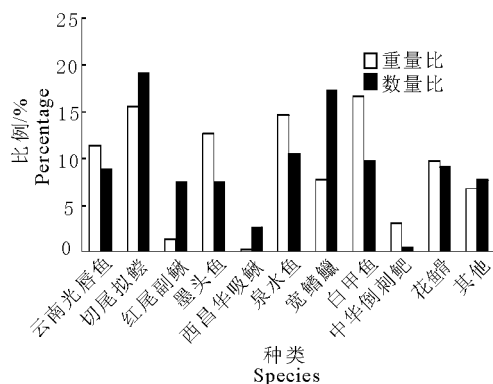


图2 赤水镇江段的鱼类资源量

Fig. 2 Composing of fish resource in the reach of Chishui Town

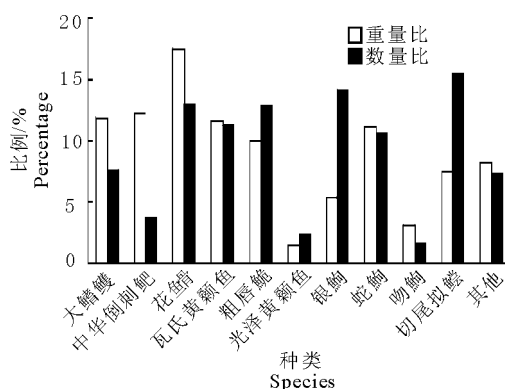


图3 赤水市江段的鱼类资源量

Fig. 3 Composing of fish resources in the reach of Chishui City

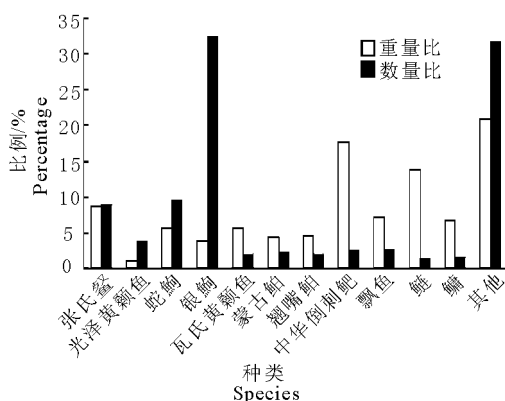


图4 合江县江段的鱼类资源量

Fig. 4 Composing of fish resources in the reach of Hejiang County

方式统计作业船数、渔具使用和年作业天数等信息是可行的,统计结果可信度较高。但计算各渔具的日均捕捞量时会存在一定的偏差,其主要原因是春秋渔汛期日捕捞量可能高于年均日捕捞量,但缺乏非渔汛期的数据,无法进行校正,因此本文计算的年

捕捞量可能高于实际捕捞量;另一方面,赤水市和合江县的2个江段,除3种使用频率较高的渔具外,还有多种渔具在特定的水文条件下或季节内作业,年作业时间一般较短,抽样数较少,本文中将这渔具合并计算时也会使年总渔获量产生偏差。增加非渔汛期的调查以及季节性渔具的抽样次数,将提高计算年渔获量的精度,这些应该在以后的研究中加强。

3.2 赤水河鱼类资源量评价

赤水河的3个评估江段中,上游赤水镇江段的鱼类资源量最低(0.5 t/km),中游赤水市江段(3.2 t/km)高于上游,下游合江县江段(7.1 t/km)最高,这种资源量变化的趋势与河流生态学的基本规律吻合,即鱼的种类数以及生物量随着上游-下游的梯度而逐渐增加(Matthews, 1998)。赤水河中游及下游江段表现出了较高的资源丰富度,显著高于临近的长江干流合江段(1.6~2.8 t/km)(张松, 2003)。吴金明等(2010)比较了赤水河与长江上游其他几条支流的鱼类分布情况,认为赤水河中鱼类种类丰富,资源保护状况优于其它支流,本文从资源量的角度印证了以上观点。

3.3 最大持续产量与年均捕捞量

通过计算评估种的最大持续产量发现,除张氏鲮外,其他2种的年捕捞量均超过了最大持续产量,云南光唇鱼的捕捞群体多集中在120~150 mm,尚处于快速生长期(赵海涛等, 2009)。大鳍鱬为生长缓慢的鱼类,在6~7龄时体重年增量达到最大值^①,而捕捞规格多在200 mm(4龄)。由此可见,赤水河的鱼类资源也面临着过度开发的挑战。根据长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区总体规划及实施计划,赤水河流域将会全面禁渔。到目前为止,渔民转产安置工作进展缓慢,各级政府及相关部门应加快工作进度,切实保护赤水河的鱼类资源。

参考文献

- 陈卫忠,胡芬,严利平. 1998. 用实际种群分析法评估东海鲈鱼现存资源量[J]. 水产学报, 22(4): 334-339.
- 胡德高,柯福恩,张国良,等. 1992. 葛洲坝下中华鲟产卵场的调查[J]. 淡水渔业, (5): 6-10.
- 冷永智,何立太,魏清和. 1984. 葛洲坝水利枢纽截流后长江上游铜鱼的种群生物学及资源量估算[J]. 淡水渔业, (5): 21-25.
- 邱顺林,陈大庆. 1988. 长江鲟鱼世代分析及资源量的初步评估[J]. 淡水渔业, (6): 3-5.
- 孙宝柱,李晋,但胜国,等. 2010. 张氏鲮的年龄结构与生长特性[J]. 淡水渔业, 42(2): 3-8.

陶江平,艾为明,龚昱田,等. 2010. 采用渔业声学方法和 GIS 模型对楠溪江鱼类资源量及空间分布的评估[J]. 生态学报,30(11):2992-3000.

王芊芊. 2008. 赤水河鱼类早期资源调查及九种鱼类早期发育的研究[D]. 武汉:华中师范大学.

吴金明,赵海涛,苗志国,等. 2010. 赤水河鱼类资源的现状与保护[J]. 生物多样性,18(2):162-168.

严利平,李建生,凌建忠,等. 2010. 应用体长结构 VPA 评估东海西部日本鲭种群资源量[J]. 渔业科学进展,31(2):16-22.

虞功亮,刘军,许蕴珩,等. 2002. 葛洲坝下游江段中华鲟产卵场食卵鱼类资源量估算[J]. 水生生物学报,26(6):591-599.

詹秉义. 1995. 渔业资源评估[M]. 北京:中国农业出版社.

张松. 2003. 长江上游合江江段渔业现状评估及长鳍吻鲈的资源评估[D]. 武汉:华中农业大学.

赵海涛,王剑伟,胡付平,等. 2009. 赤水河上游云南光唇鱼年

龄与生长研究[J]. 毕节学院学报,27(8):77-82.

Gayanilo F, Sparre P, Pauly D. 2005. The FAO - ICLARM Stock Assessment Tools II (User's Guide) [M]. Rome: FAO Computerized Information Series (Fisheries):117-120.

Matthews W. 1998. Patterns in Freshwater Fish Ecology [M]. New York: Chapman & Hall:30-85.

Pauly D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks [J]. J Cons int Explor Mer, 39(3):175-192.

Ruff B, Marchant J, Frost. A. 1995. Fish sizing and monitoring using a stereo image analysis system applied to fish farming [J]. Aquacultural Engineering, 14(2):155-173.

(责任编辑 万月华)

Preliminary Assessment of Fish Stock in the Chishui River

WU Jin-ming^{1,2}, LOU Bi-yun³, ZHAO Hai-tao⁴, LI Liang³, CHEN Yong-xiang⁴, WANG Jian-wei¹

- (1. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China;
2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;
3. Agriculture Bureau of Chishui City, Zunyi 564700, China;
4. Bijie University, Bijie 551700, China)

Abstract: In May-June and September-October 2010, an investigation of commercial fishing was carried out in Chishui River with the purpose to study the status of fish resources. Based on the fishery statistic data, total fish catch was estimated. The length-structure VPA method was applied to evaluate the stock size of *Acrossocheilus yunnanensis*, *Mystus macropterus* and *Hemiculter tchangii*. The results showed that the biomass of the above three species were 1.23 tones, 8.50 tones and 4.39 tones, respectively. The total fish biomass for reaches of Chishui Town, Chishui City and Hejiang County were 10.76 tones, 51.05 tones and 71.37 tones, respectively. The results may provide information for assessing protection potentialities and developing conservation strategies.

Key words: Chishui River; length-structure VPA; fish resources biomass