

秦岭细鳞鲑生物学参数研究及其个体变化探讨

张建禄,许涛清,黄吉芹,边坤,方 程,王启军

(陕西省秦岭珍稀濒危动物保育重点实验室,陕西省动物研究所,陕西 西安 710032)

摘要:探究秦岭细鳞鲑(*Brachymystax lenok tsinlingensis*)个体生物学参数及个体小型化现象,为该鱼种的保护与开发利用提供基础资料。于 1991 年 8 月、1992 年 11 月,对秦岭黑河流域秦岭细鳞鲑进行了两次调查,采集到样本 178 尾,对样本进行了生物学数据测量和分析。结果显示:秦岭细鳞鲑体长为 48~290 mm,体重为 3~475 g,50 g 以下个体占比达 75.84%。体长(L)-体重(W)关系式为: $W=3\times 10^{-5}L^{2.9105}$, $R^2=0.982$,雌雄性比为 1:1.44。独立样本 t 检验分析表明:雌、雄秦岭细鳞鲑的肥满度、比肠长、脏体比、腹腔脂肪指数等 4 个指标差异不显著($P>0.05$)。与 2014 年相同流域的秦岭细鳞鲑数据比对后发现,平均体重和 100 g 以下个体所占百分比无明显差异。综合分析现有关于秦岭细鳞鲑个体小型化的报道,认为秦岭细鳞鲑个体小型化有待进一步研究。

关键词:秦岭细鳞鲑;生物学参数;秦岭黑河;个体变化

中图分类号: S917.4

文献标志码: A

文章编号: 1674-3075(2022)05-0117-05

秦岭细鳞鲑(*Brachymystax lenok tsinlingensis*)属鲑形目(Salmoniformes)、鲑科(Salmonidae)、细鳞鲑属(*Brachymystax*),别名梅花鱼、花鱼,是我国特有的陆封型冷水性鱼类,属国家 II 级保护动物,分布在秦岭北麓的渭河流域较大支流,如秦岭黑河、千河等。秦岭细鳞鲑生物学研究对其种质资源的保护和开发利用具有重要意义。有关秦岭细鳞鲑生物学尤其是解剖生物学研究报道较少,前期研究普遍针对秦岭细鳞鲑存在个体小型化问题(任剑和梁刚,2004;王亚洲,2008;郑雪莉等,2010;薛超等,2013;张建禄等,2016;张建禄等,2019)。鱼类小型化包含 2 方面含义,即鱼类群落结构上的小型化和鱼类种群结构上的小型化。前者是指鱼类群落中小型鱼类比例增加的现象,而后者是指鱼类种群结构中小个体鱼比例增加,包括低龄化引起的小个体鱼比例增加和因生长受阻而导致小个体鱼比例增加(刘其根等,2005)。1991-1992 年,笔者在秦岭黑河陈河镇段、板房子镇鱼岔河段、厚畛子镇沙梁子段累计采集 178 尾秦岭细鳞鲑尾。2014 年,笔者分别于 4、8、11 月再次在这一流域调查捕获

104 尾秦岭细鳞鲑(张建禄等,2016)。本研究旨在分析秦岭细鳞鲑部分生物学数据,为该鱼种的保护与开发利用提供基础资料;同时通过对比分析相同河流不同历史时期(1991-1992 年与 2014 年)的秦岭细鳞鲑部分生物学数据,结合目前关于秦岭细鳞鲑个体小型化的报道分析(任剑和梁刚,2004;王亚洲,2008;郑雪莉等,2010;薛超等,2013;张建禄等,2016;张建禄等,2019),探讨秦岭细鳞鲑个体小型化问题。

1 材料与方法

1.1 采样方法

分别于 1991 年 8 月、1992 年 11 月,在秦岭黑河陈河乡陈河段、板房子镇鱼岔河段、厚畛子镇沙梁子段,累计采集 178 尾秦岭细鳞鲑,现场解剖,测量记录各指标,包括:全长、体长(L)、体重(W)、空壳重、肠长,解剖后能辨别雌雄的个体记录其性腺重,能剥离出腹腔脂肪的记录其腹腔脂肪重。

1.2 数据处理

用 Excel 2017 统计所有数据的平均值和标准差,并对体长(L)-体重(W)关系式进行幂指数函数拟合。对雌雄秦岭细鳞鲑不同生物学参数的差异性用 SPSS19.0 进行独立样本 t 检验进行比较。生物学参数计算公式如下:

$$\text{肥满度(CF)} = W/L^3;$$

$$\text{比肠长(RGL)} = (\text{肠长}/\text{体长}) \times 100\%;$$

$$\text{脏体比(VSI)} = (\text{内脏总重}/\text{全鱼重}) \times 100\%$$

$$\text{腹腔脂肪指数(IFI)} = (\text{腹腔脂肪重}/\text{体重}) \times 100\%$$

收稿日期:2021-04-04 修回日期:2022-07-20

基金项目:陕西省重点研发计划一般项目-农业领域(2018NY-108);陕西省重点研发计划一般项目-社会发展领域(2017SF-395)。

作者简介:张建禄,1985 年生,助理研究员,主要从事鱼类学研究。E-mail:469574548@qq.com

通信作者:王启军,1983 年生,副研究员,主要从事水生动物保护与繁育。E-mail:wqjab@126.com

为消除鱼体大小对测量数据的影响,对体重和空壳重用体长予以校正。用 Pauly 的 t 检验法检验体长-体重关系中幂指数 b 与“3”之间的差异(Pauly, 1984):

$$t = \frac{SD(L)}{SD(W)} \times \frac{|b - 3|}{\sqrt{1 - R^2}} \times \sqrt{n - 2} \quad (1)$$

式中:SD (L)和SD (W)分别为体长和体重的标准差, n 为样本数, R^2 为相关系数。

2 结果与分析

2.1 秦岭细鳞鲑渔获物分析

对 178 尾秦岭细鳞鲑体长和体重分布进行分析,见表 1。体长为 48~290 mm,体重为 3~475 g,50 g 以下个体占比达 75.84%。

表 2 秦岭细鳞鲑生物学参数

Tab.2 Biological parameters of *B. lenok tsinlingensis*

指标	全长/mm	体长/mm	体长体重比	体长空壳重比	CF	RGL/%	VSI/%	IFI/%
平均值±标准差	118.36 ± 65.08	101.42 ± 56.71	9.15 ± 4.85	8.42 ± 5.75	1.83 ± 0.46	85.42 ± 24.16	10.76 ± 4.67	2.07 ± 1.50

2.2.1 雌、雄群体比较 对雌、雄秦岭细鳞鲑的 8 项生物学参数的统计数据进行独立样本 t 检验。结果表明 P 值均大于 0.05(见表 3),尽管雌性平均体重校正值和 VSI 均明显大于雄性,但差异并不显著($P > 0.05$)。薛超等(2013)分析比较了秦岭细鳞鲑雌雄群体的体长和体重,同样没有显著性差异($P > 0.05$)。王忠乾等(2011)于 2009 年在秦岭黑河和陕西太白县大箭沟捕获 74 尾秦岭细鳞鲑亲本,雌性平均体重 168 g,明显大于雄性平均体重 103 g,并未分析其差异性。

表 3 雌、雄秦岭细鳞鲑生物学参数的比较

Tab.3 Comparison of biological parameters between female and male *B. lenok tsinlingensis*

指标	雌性	雄性	P
全长/mm	229.47±35.46	223.22±31.07	0.5388
体长/mm	197.82±32.59	192.37±28.76	0.5599
体长体重比/ $\text{mm} \cdot \text{g}^{-1}$	0.72±0.31	0.66±0.19	0.5607
体长空壳重比/ $\text{L} \cdot \text{g}^{-1}$	1.74±0.54	1.86±0.61	0.2995
CF	1.78±0.24	1.75±0.17	0.6648
RGL/%	76.66±32.10	89.97±17.35	0.2154
VSI/%	14.32±4.70	13.13±3.70	0.3553
IFI/%	1.60±0.59	2.38±0.61	0.2203

2.2.2 可辨、难辨性别组比较 可辨性别组为性腺发育出明显性特征的成鱼,难辨性别组为性腺未发育出明显性特征的幼鱼,对比 2 组的全长、体长和体重差

表 1 秦岭细鳞鲑体长和体重分析

Tab.1 Analysis of *B. lenok tsinlingensis* body length and body weight

体长/mm	数量/尾	百分比/%	体重/g	尾数	百分比/%
0~50	4	2.25	0~50	135	75.84
51~100	128	71.91	51~100	15	8.43
101~150	4	2.25	101~150	10	5.62
151~200	26	14.61	151~200	13	7.30
201~250	15	8.43	201~250	4	2.25
> 250	1	0.56	> 250	1	0.56

2.2 秦岭细鳞鲑生物学参数

经解剖观察性腺,134 尾为性未成熟个体,无法辨别雌雄。能辨别雌雄的仅 44 尾,其中雌性 18 尾,雄性 26 尾,性比为 1:1.44。其他生物学参数见表 2。

异性无意义。因此,仅对 2 组的 CF、RGL、VSI 做 t 检验分析,结果显示:CF 和 RGL 无显著性差异($P > 0.05$),可辨性别组的 VSI 显著大于难辨性别组($P < 0.05$),见表 4。

表 4 可辨和难辨性别秦岭细鳞鲑生物学参数比较

Tab.4 Comparison of biological parameters for *B. lenok tsinlingensis* with discernible and indistinguishable sex

指标	可辨性别组	难辨性别组	P
全长/mm	225.64±32.33	83.13±1.53	-
体长/mm	194.48±29.75	70.86±13.72	-
体重/g	139.82±74.00	7.02±7.11	-
CF	1.76±0.20	1.85±0.52	0.2298
RGL/%	84.19±25.13	94.90±14.11	0.4810
VSI/%	13.58±3.79*	8.91±4.17	0.0001

2.3 秦岭细鳞鲑体长(L)-体重(W)关系

秦岭细鳞鲑体长-体重符合幂指数函数,即 $W = bL^a$ (刘其根等,2005;薛超等,2013;刘海侠,2014;张建禄等,2019)。本研究对 178 尾秦岭细鳞鲑的体长-体重数据进行幂函数曲线回归分析,其关系式为: $W = 3 \times 10^{-5} L^{2.9105}$ ($R^2 = 0.982, n = 178$)。检验体长(L)-体重(W)相关的幂指数 b (2.9105) 与“3”的关系, $t = 0.6474 < t_{0.05} = 1.96$, 差异不显著,表现为等速生长。

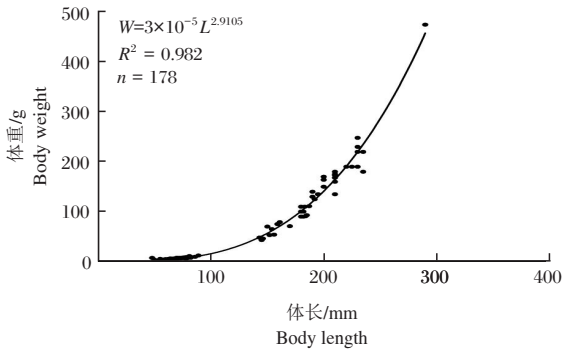


图1 秦岭细鳞鲑体长-体重关系

Fig.1 Relationship between body length and weight of *B. lenok tsinlingensis*

3 讨论

3.1 秦岭细鳞鲑生物学参数的意义

秦岭细鳞鲑人工繁殖于2009年首次获得成功(王中乾等,2011),但其人工养殖条件下的营养需求与人工配合饲料的研究还是空白。CF、RGL和VSI等指标在鱼类营养与饲料科学上有重要意义。

CF用来反映鱼类生长的营养状况以及鱼群饵料保障的丰欠。CF受外部条件(如气候、饵料)及鱼类自身因素影响,也与性腺发育有关(曹希全等,2019)。肠道是鱼类吸收营养物质的重要场所,RGL是一个重要形态学指标,也是鱼类学中使用最广泛和实用的消化道参数之一(Elliott & Bellwood, 2003)。其大小也可反映食物消化的难易程度。三倍体虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)的RGL随饲料蛋白质水平的升高而降低(韩步鹰等,2020)。同一种鱼的RGL随生境不同也会产生较大的差异,如敞水区生活的河鲈(*Perca fluviatilis*)比沿岸带生活的具有更大的RGL(Olsson et al, 2007)。因此可以通过比较不同养殖水体秦岭细鳞鲑的RGL来评估不同水体对秦岭细鳞鲑的适宜性。

同样,VSI作为评价动物生长发育程度和器官功能的常用指标,用来衡量水产动物形体、健康状况。鱼类大都是由腹腔脂肪的蓄积引起VSI增加(Akanes, 1996)。研究表明,适量增加饲料蛋白质水平可降低星斑川鲮(*Platichthys stellatus*)(丁立云等, 2010)和拉萨裸裂尻鱼(*Schizopygopsis younghusbandi*)(曾本和等,2019)VSI。摄食低蛋白质水平饲料导致青鱼(*Mylopharngodon piceus*)VSI升高(陈建明等, 2014)。饲料中脂肪水平过高也会引起鱼类VSI升高(Yan et al, 2015)。因此,在秦岭细鳞鲑人工养殖过程中,可以通过养殖后鱼体的VSI和本研究中的野生秦岭细鳞鲑VSI作比较,间接反映人工配合饲料的营养价值,包括蛋白和脂肪水平。

鱼类的体长和体重具有相关性,研究鱼类体长-体重关系对渔业生产和研究种群数量具有重要意义(殷名称,1995)。有关秦岭细鳞鲑体长-体重关系式见表5。不同学者的研究结果存在一定差异,但幂指数 b 均趋近3,属于等速生长类型(Santos et al, 2002),即秦岭细鳞鲑个体的体长(或全长)、体高和体宽3个线度的生长比速大致相等。

3.2 秦岭细鳞鲑个体变化情况

鱼类小型化是一种普遍的生态学现象,最早见于20世纪初德国渔业生物学家的报道(Heincke, 1913)。国内也多有报道,如鄱阳湖中的鲤(*Cyprinus carpio*),与20世纪70年代相比,表现出小型化趋势(熊飞等, 2009)。与20世纪70年代相比,长江宜昌段鱮(*Aristichthys nobilis*)的繁殖群体也表现出低龄化和小型化趋势(郜星辰等,2019),以上2例属于鱼类种群结构的小型化。中国境内额尔齐斯河流域的土著鱼类小型化(霍堂斌等,2010),太湖鱼类中鲢(*Coilia ectenes*)、鲤、鲫(*Carassius auratus*)等鱼类年龄结构低龄化,小型鱼类比例增加(刘恩生,2009),以上2例属于鱼类群落结构的小型化。本研究中,1991-1992年在秦岭

表5 不同研究报道的秦岭细鳞鲑体长-体重关系式

Tab.5 Relationship between body length and weight of *B. lenok tsinlingensis* as previously reported

编号	体长-体重关系式	采样地点	采样时间	采样方式	文献来源
1	$W = 4.5 \times 10^{-2} L^{2.725}$ ($R^2 = 0.906, n = 104$)	陕西太白山自然保护区渭水河、太白河及其支流	2008年7-8月	电捕法	郑雪莉等, 2010
2	$W = 2 \times 10^{-5} L^{2.9681}$ ($R^2 = 0.98, n = 397$)	陕西陇县千河流域上游干支流	2009年7-10月、 2012年4-8月	电捕法	薛超等, 2013
3	$W = 1.97 \times 10^{-5} L^{2.8686}$ ($R^2 = 0.9194, n = 100$)	陕西洋县西水河	2011年9月	电捕法	刘海侠, 2014
4	$W = 4.5 \times 10^{-5} L^{2.7023}$ ($R^2 = 0.974, n = 92$)	陕西周至黑河流域	2014年4、8、11月	电捕法	张建禄等, 2016
5	$W = 3 \times 10^{-5} L^{2.9105}$ ($R^2 = 0.982, n = 178$)	陕西周至黑河流域	1991年8月、1992年11月	炸鱼	本研究

黑河流域采集的 178 尾秦岭细鳞鲑体重为 3~475 g, 平均体重 39.84 g。对比秦岭黑河流域 2014 年的数据(张建禄等, 2016), 秦岭细鳞鲑平均体重略大于 1991-1992 年采集的(分别为 43.9、39.8 g), 100 g 以下个体百分比几乎一致(分别为 85.1% 和 84.27%), 2 组数据无法反映秦岭细鳞鲑个体变化。

关于秦岭细鳞鲑个体小型化的依据来自村民反馈, 缺少数据对比。本研究数据源于 20 世纪 90 年代, “炸鱼”的渔获物数据更为全面。而“炸鱼”被禁后, 多采用电捕法, 大规格个体易逃逸。比如 1991-1992 年渔获物的大个体数量多于 2014 年, 可能是该因素导致。最大个体方面, 1991-1992 年体重数据远大于 2014 年数据(分别为 475、194.3 g)。其次, 秦岭细鳞鲑生境往往水流湍急, 采样人员身背电捕器很难进入深水区, 导致渔获物中大规格个体数量锐减。因此, 必须考虑采样方法等因素对渔获物的影响。

如果秦岭细鳞鲑种群结构中总体表现出低龄化, 引起小个体秦岭细鳞鲑比例增加, 或者因生长受阻导致同龄秦岭细鳞鲑个体小型化, 则是秦岭细鳞鲑个体小型化最直接证据, 这需要和历史数据对比, 而目前所有涉及秦岭细鳞鲑个体小型化报道中均缺少这一比较。综上, 笔者认为秦岭细鳞鲑个体小型化有待进一步研究。

参考文献

曹希全, 李艳慧, 魏杰, 等, 2019. 宽口裂腹鱼体长-体质量关系和肥满度[J]. 西北农业学报, 28(8): 1380-1386.

陈建明, 沈斌斌, 潘茜, 等, 2014. 饲料蛋白和脂肪水平对青鱼大规格鱼种生长和体组成的影响[J]. 水生生物学报, 38(4): 699-705.

丁立云, 张利民, 王际英, 等, 2010. 饲料蛋白水平对星斑川鲈幼鱼生长、体组成及血浆生化指标的影响[J]. 中国水产科学, 17(6): 1285-1292.

郝星晨, 姜伟, 张琪, 等, 2009. 长江宜昌段鳊的繁殖生物学初步研究[J]. 水生态学杂志, 40(6): 92-98.

韩步鹰, 孟玉琼, 刘小红, 等, 2020. 饲料蛋白质水平对三倍体虹鳟生长和肠道组织形态的影响[J]. 水产学杂志, 33(1): 1-7.

霍堂斌, 姜作发, 阿达克白克·可尔江, 等, 2010. 额尔齐斯河流域(中国境内)鱼类分布及物种多样性现状研究[J]. 水生态学杂志, 31(4): 16-22.

刘恩生, 2009. 太湖鱼类群落变化规律、机制及其对环境的影响分析[J]. 水生态学杂志, 30(4): 8-14.

刘海侠, 2014. 秦岭细鳞鲑的生物学特征及遗传多样性研究[D]. 杨陵: 西北农林科技大学.

刘其根, 沈建忠, 陈马康, 等, 2005. 天然经济鱼类小型化问题的

研究进展[J]. 上海水产大学学报, 14(1): 79-83.

任剑, 梁刚, 2004. 千河流域秦岭细鳞鲑资源调查报告[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 32(S2): 165-168.

王亚洲, 2008. 秦岭细鳞鲑种质特性及保护对策[J]. 家畜生态学报, 29(1): 103-105.

王中乾, 赵虎, 张红星, 等, 2011. 细鳞鲑人工繁殖技术初探[J]. 河南水产, (2): 36-38.

熊飞, 刘绍平, 段辛斌, 等, 2009. 鄱阳湖鲤的年龄与生长特征[J]. 水生态学杂志, 30(4): 66-70.

薛超, 危起伟, 孙庆亮, 等, 2013. 秦岭细鳞鲑的年龄与生长[J]. 中国水产科学, 20(4): 743-749.

殷名称, 1995. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社: 51.

张建禄, 边坤, 靳铁治, 等, 2016. 秦岭黑河流域鱼类资源现状调查[J]. 淡水渔业, 46(1): 103-108.

张建禄, 边坤, 马建林, 等, 2019. 秦岭甘峪河鱼类资源现状及保护评析[J]. 水生态学杂志, 40(1): 30-34.

曾本和, 张竹忪, 刘海平, 等, 2019. 饲料蛋白质水平对拉萨裸裂尻鱼幼鱼生长、饲料利用、形体指标和肌肉营养成分的影响[J]. 动物营养学报, 31(3): 1231-1239.

郑雪莉, 卜书海, 代栓发, 等, 2010. 细鳞鲑在太白山南坡的适应性生长研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 38(3): 52-58.

Akanes A, Hjertnes T, Opstvedt J, 1996. Effect of dietary protein level on growth and carcass composition in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) [J]. Aquaculture, 145(1): 225-233.

Elliott J P, and Bellwood D R, 2003. Alimentary tract morphology and diet in three coral reef fish families[J]. Journal of Fish Biology, 63(6): 1598-1609.

Heincke F, 1913. Investigation on the plaice, general report I. Plaice fishery and protective regulations Part 1 [J]. Rapp P V Reun Cons Int Explor Mer, 17A: 1-153.

Olsson J, Quevedo M, Colson C, et al, 2007. Gut length plasticity in perch: into the bowels of resource polymorphisms [J]. Biological Journal of the Linnean Society, 90(3): 517-523.

Pauly D, 1984. Fish Population Dynamics in Tropical Waters: A Manual for Use With Programmable Calculators [M]. Manila, Philippines: International Center for Living Aquatic Resources Management.

Santos M N, Gaspar M B, Vasconcelos P, et al, 2002. Weight-length relationships for 50 selected fish species of the Algarve coast (southern Portugal)[J]. Fish Res, 59: 289-295.

Yan J, Liao K, Wang T J, et al, 2015. Dietary lipid levels influence lipid deposition in the liver of large yellow croaker (*Larimichthys crocea*) by regulating lipoprotein receptors, fatty acid uptake and triacylglycerol synthesis and catabolism at the transcriptional level[J]. PloS One, 10(6): e0129937.

Biology and Miniaturization of *Brachymystax lenok tsinlingensis*

ZHANG Jian-lu, XU Tao-qing, HUANG Ji-qin, BIAN Kun, FANG Cheng, WANG Qi-jun

(Shaanxi Key Laboratory for Animal Conservation, Shaanxi Institute of Zoology, Xi'an 710032, P.R. China)

Abstract: *Brachymystax lenok tsinlingensis* is a landlocked cold water fish endemic to China, primarily distributed in the Weihe River basin, including the Heihe and Qianhe Rivers. Studying the biology of *B. lenok tsinlingensis* is important for its conservation and the exploitation of germplasm resources. In this study, we characterized the biology of *B. lenok tsinlingensis* and discussed the problem of miniaturization by comparing research results over time (1991–1992, 2014). A total of 178 *B. lenok tsinlingensis* specimens, collected in the Qinling Heihe River basin from 1991 to 1992, were analyzed. The body length and body weight ranges of the 178 specimens were 48–290 mm and 3–475 g, and individuals under 50 g accounted for 75.84% of the total. The relationship of body length (L) and body weight (W) was described as $W=3\times 10^{-5} L^{2.9105}$, $R^2=0.982$. Among the 44 individuals identified by sex, the ratio of females to males was 1:1.44. The t -test analysis of independent samples indicated no significant difference among the condition factor (CF), relative gut length (RGL), viserosomatic index (VSI) and intraperitoneal fat body index (IFI) of males and females ($P>0.05$). Compared with specimens collected in 2014, there were no significant differences between average body weight or the percentage of individuals under 100 g. Finally, we analyzed evidence for the miniaturization of *B. lenok tsinlingensis* reported by researchers, found the evidence unconvincing, and concluded that additional study of *B. lenok tsinlingensis* miniaturization is necessary to clearly resolve the issue.

Key words: *Brachymystax lenok tsinlingensis*; biological characteristics; Qinling Heihe River basin; miniaturization