



新疆地区3种雅罗鱼的繁殖力比较

王业宁¹, 李胜忠^{1*}, 张 瑞¹, 刘长龙²

(¹新疆农业大学动物科学学院, 乌鲁木齐 830052; ²福海县海富特种鱼养殖有限责任公司, 新疆阿勒泰 836400)

摘要:【目的】比较分析新疆地区3种雅罗鱼的繁殖力差异,为雅罗鱼规模化人工养殖过程中亲鱼的选择提供参考依据。【方法】采用方差分析、多重比较和逐步回归分析等方法,研究贝加尔雅罗鱼、高体雅罗鱼和准噶尔雅罗鱼繁殖力与其体长(L)、体重(W)、卵子直径(D_o)、肥满度(K)及相对条件因子(K_n)的关系,并构建新疆雅罗鱼类的繁殖力预测方程。【结果】贝加尔雅罗鱼、高体雅罗鱼和准噶尔雅罗鱼的平均绝对繁殖力(F)依次为9280、16643和14310粒,其中,高体雅罗鱼的 F 显著高于准噶尔雅罗鱼($P<0.05$,下同),极显著高于贝加尔雅罗鱼($P<0.01$,下同);3种雅罗鱼的平均相对繁殖力(F_w)依次为104.1、98.0和125.4粒/g,表现为准噶尔雅罗鱼的 F_w 极显著高于贝加尔雅罗鱼和高体雅罗鱼,而贝加尔雅罗鱼与高体雅罗鱼间差异不显著($P>0.05$,下同)。以 K 或 K_n 分别与 L 和 D_o 构建的雅罗鱼 F 的预测回归方程具有相同拟合度,且未校正数据建立的多元回归方程与校正数据建立的多元回归方程均能预测出雅罗鱼的繁殖力。新疆地区3种雅罗鱼的繁殖力预测方程分别为:贝加尔雅罗鱼 $F=1280.398L+789831.20K-25154.759$ ($R^2=0.923$),高体雅罗鱼 $F=1786.538L+579612.54K-31779.054$ ($R^2=0.957$),准噶尔雅罗鱼 $F=1372.364L+1052451.21K-27321.297$ ($R^2=0.983$)。【结论】新疆地区3种雅罗鱼的繁殖力排序为准噶尔雅罗鱼>贝加尔雅罗鱼>高体雅罗鱼。以 K 或 K_n 分别与 L 和 D_o 构建的雅罗鱼 F 预测回归方程拟合效果相同,但 K 的计算更简便,且未校正数据所建的回归方程与校正数据所建的回归方程均能较好地预测雅罗鱼的繁殖力。

关键词: 雅罗鱼; 繁殖力; 回归方程; 肥满度(K); 相对条件因子(K_n); 新疆地区

中图分类号: S965.199

文献标志码: A

文章编号: 2095-1191(2020)01-0224-06

Comparing fertility of three species of *Leuciscus* in Xinjiang

WANG Ye-ning¹, LI Sheng-zhong^{1*}, ZHANG Rui¹, LIU Chang-long²

(¹College of Animal Science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; ²Fuhai County Haifu Special Fish Breeding Limited Liability Company, Altay, Xinjiang 836400, China)

Abstract: 【Objective】This study compared and analyzed the differences of fertility of three species of *Leuciscus* in Xinjiang, to provide reference for parent fish screening of large scale aquaculture of *Leuciscus*. 【Method】The relationship between fertility and body length(L), body weight(W), egg diameter(D_o), fatness(K) and relative condition factor(K_n) of *L. baicalensis*, *L. idus* and *L. merzbacher* were studied by using methods of variance analysis, multiple comparison and stepwise regression, and established the prediction equation of fertility for three species of *Leuciscus*. 【Result】The results showed that the average individual absolute fecundity(F) of *L. baicalensis*, *L. idus* and *L. merzbacher* were 9280, 16643 and 14310 eggs, respectively. The the average F of *L. idus* was significantly higher than that of *L. merzbacher* ($P<0.05$, the same below), and extremely significantly higher than that of *L. baicalensis* ($P<0.01$, the same below). And the average weight relative fecundity(F_w) of them were 104.1, 98.0, 125.4 egg/g, respectively. The the average F_w of *L. merzbacher* was extremely significantly higher than *L. baicalensis* and *L. idus*, and there was no significant difference between *L. baicalensis* and *L. idus* ($P>0.05$, the same below). The F regression equation established by using L and D_o with K or K_n had the same fitting degree. The regression equation established by using uncorrected data and corrected data both could predict fertility about three species of *Leuciscus* in Xinjiang. And the regression equations for fertility of *L. baicalensis* was $F=1280.398L+789831.20K-25154.759$ ($R^2=0.923$); the regression equations for fertility of *L. idus* was $F=1786.538L+579612.54K-31779.054$ ($R^2=0.957$); the regression equations for fertility of *L. merzbacher* was $F=1372.364L+1052451.21K-27321.297$ ($R^2=0.983$). 【Conclusion】The fertility of the three species of *Leuciscus* in Xinjiang

收稿日期: 2019-03-26

基金项目: 新疆大学生创新创业训练计划项目(201710758152)

作者简介: *为通讯作者, 李胜忠(1964-), 副教授, 主要从事水产动物增养殖与繁殖生理学研究, E-mail: 389199087@qq.com.

王业宁(1994-), 研究方向为水产动物增养殖与繁殖生理学, E-mail: wangyeningwtyxl@163.com

is ranked as *L. merzbacher*>*L. baicalensis*=*L. idus*. The F regression equation established by using L and D_0 with K or K_n have the same fitting effects, but the calculation of K is easier than K_n . And the regression equation established by using uncorrected data and corrected data both can predict fertility about three species of *Leuciscus* in Xinjiang.

Key words: *Leuciscus*; fertility; regression equation; fatness(K); relative condition factor(K_n); Xinjiang

Foundation item: Xinjiang Undergraduate Training Programs for Innovation and Entrepreneurship(201710758152)

0 引言

【研究意义】鱼类个体繁殖力分为绝对繁殖力和相对繁殖力两类(李承林,2002)。其中,绝对繁殖力是指一尾雌鱼产卵期到来前其卵巢内所怀成熟卵子的粒数,是评估鱼类个体及种群繁殖潜力的基础;相对繁殖力指单位体重或体长的怀卵量,可对个体或群体的繁殖力进行比较(李培伦等,2015;吴伟军等,2016)。繁殖力是鱼类繁殖策略研究中的一个重要考量指标,且这种繁殖力差异普遍存在于物种间和物种内,是鱼类在期进化的结果(梁正其和杨梦双,2015)。高体雅罗鱼(*Leuciscus idus*)分布于新疆额尔齐斯河水系(任慕莲等,2002),贝加尔雅罗鱼(*L. baicalensis*)分布于新疆乌伦古河水系(郭焱等,2012),准噶尔雅罗鱼(*L. merzbacheri*)仅分布于天山北部的准噶尔盆地(郭焱等,2012),三者均属于新疆地区的经济鱼类。雅罗鱼类肉质鲜嫩,生长快,且适宜在湖泊、河流等大水面进行增殖放流。早在20世纪50—60年代以前,雅罗鱼类在新疆地区的资源量非常丰富,尤其是准噶尔雅罗鱼曾是准噶尔盆地最具代表性的物种(郭焱等,2005)。但受人类活动的影响,新疆雅罗鱼类的自然生存空间越来越小,其种群资源日趋匮乏。因此,加强雅罗鱼繁殖能力研究,对新疆雅罗鱼类的种群资源保护和推广养殖具有重要意义。【前人研究进展】目前,国内外有关鱼类繁殖力方面的研究已有较多报道。Reed等(1992)研究分析了生活在路易斯安那州匙吻鲟(*Polyodon spathula*)的生长性能、繁殖力及死亡率;Kurita等(2003)研究了闭锁卵母细胞在调节大西洋鲱(*Clupea harengus*)繁殖力中的作用,通过分析脂肪酸和水含量可确定鱼类身体状况对繁殖力的影响;Barnett等(2009)研究分析了科氏兔银鲛(*Hydrolagus colliei*)的成熟度、繁殖力及繁殖周期;Skjæraasen等(2010)通过建立鳕鱼(*Gadus*)肝脏能量模型成功预测其繁殖力,并解释了鳕鱼繁殖力下调的现象;Dębowska等(2015)分析了雌性欧洲鳗鲡(*Anguilla anguilla*)个体繁殖力与其体长和体重的关系,以及总体繁殖力与蛋白质、脂肪和脂肪酸含量间的相关性。在国内,霍堂斌等

(2010)分别成功建立了白斑狗鱼(*Esox lucius*)和黑斑狗鱼(*E. reicherti*)个体繁殖力与其体长和体重间的回归方程;张乐等(2012)研究分析了黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)的繁殖力及其与生物学指标的关系;李培伦等(2015)建立了黑龙江乌苏里白鲑(*Coregonus ussuriensis*)个体繁殖力与其叉长和体重等生物学指标间的多元回归方程;阮行建等(2017)研究了东南太平洋智利竹筴鱼(*Trachurus murphyi*)个体繁殖力与其体重和性腺重量等生物学指标间的关系。有关雅罗鱼繁殖力的研究,董崇智等(1993)研究证实滩头雅罗鱼(*L. brandti*)的平均绝对繁殖力为34232粒;刘立志等(2006)研究发现瓦氏雅罗鱼(*L. waleckii*)的平均绝对繁殖力为3700粒。【本研究切入点】目前,针对鱼类繁殖力的研究主要是从体长、体重、叉长和性腺重量等形态指标与其繁殖力多元关系角度进行预测(霍堂斌等,2010;张乐等,2012;李培伦等,2015;阮行建等,2017),而通过鱼类内、外部形态指标及营养情况预测鱼类繁殖力的研究鲜见报道。【拟解决的关键问题】通过方差分析、多重比较和逐步回归分析,以体长(L)、卵子直径(D_0)和肥满度(K)或相对条件因子(K_n)构建新疆雅罗鱼类繁殖力预测方程,旨在为雅罗鱼规模化养殖过程中亲鱼的选择提供参考依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

供试的3种新疆雅罗鱼类均为一次产卵鱼类,其繁殖期在每年的3—5月。从新疆甘家湖捕捞准噶尔雅罗鱼3龄14尾和4龄16尾,从新疆吉力湖捕捞贝加尔雅罗鱼3龄18尾和4龄12尾,从新疆额尔齐斯河流域(北屯地区)捕捞高体雅罗鱼3龄14尾和4龄17尾。鱼龄均采用鳞片鉴定法进行鉴定。

1.2 试验方法

采用直尺和电子天平分别测定雅罗鱼的体长(L)和体重(W),解剖取出鱼体性腺并称重(W_0);取卵巢前、中、后三段性腺组织各1.00 g,于体视显微镜下统计三段性腺组织的平均卵粒数作为1.00 g卵巢

的卵粒数,拍照并测量卵子直径(D_0)。其中, L 精确到0.1 cm, D_0 精确到0.1 mm, W 和 W_0 精确到0.01 g。

参照Tanaka等(2016)的方法建立体重—体长回归方程,计算理论体重(\hat{W})。相关计算公式如下:

绝对繁殖力(F)=1.00 g卵巢的卵粒数 $\times W_0$

相对繁殖力(F_w)= F/W

肥满度(K)= $W/L^3 \times 100$

相对条件因子(K_n)= W/\hat{W}

1.3 统计分析

采用SPSS 21.0对所有试验数据进行方差分析、多重比较和逐步回归分析。

2 结果与分析

2.1 新疆地区3种雅罗鱼相关繁殖性状的测定结果

由表1可知,不同考察指标中以 W 的变异系数最高,其次是 L , D_0 的变异系数最低;准噶尔雅罗鱼 L 和 W 的变异系数均高于其他两种雅罗鱼,说明其 L 和 W 的变化大于贝加尔雅罗鱼和高体雅罗鱼;3种雅罗鱼的 D_0 变异系数相近,说明不同类型雅罗鱼的 D_0 变化范围差异不明显。在3种雅罗鱼中,以高体雅罗鱼的 L 、 W 、 D_0 和 F 最高但 F_w 最低,依次为21.8 cm、176.3 g、1.2 mm、16643粒和98.0粒/g;贝加尔雅罗鱼的 L 、 W 、 D_0 和 F 最低但 F_w 相对较高,依次为18.8 cm、90.2 g、0.9 mm、9280粒和104.1粒/g(表1)。在雅罗鱼繁殖力方面,高体雅罗鱼的 F 显著高于准噶尔雅罗鱼($P < 0.05$,下同),极显著高于贝加尔雅罗鱼($P < 0.01$,下同);准噶尔雅罗鱼的 F_w 极显著高于贝加尔雅罗鱼和高体雅罗鱼,而贝加尔雅罗鱼与高体雅罗鱼间差异不显著($P > 0.05$,下同)。

表1 新疆地区3种雅罗鱼相关繁殖性状的测定结果

Table 1 The determination results of related reproductive traits for three *Leuciscus* species in Xinjiang

指标 Index	项目 Item	贝加尔雅罗鱼 <i>L. baicalensis</i>	高体雅罗鱼 <i>L. idus</i>	准噶尔雅罗鱼 <i>L. merzbacher</i>
体长(cm) L	范围 Range	16.7~24.7	18.7~26.2	14.8~28.3
	平均值 Mean	18.8±2.0bB	21.8±2.4aA	21.7±4.1aA
	变异系数(%) CV	10.61	11.08	18.66
体重(g) W	范围 Range	55.80~197.00	103.66~336.10	43.91~212.20
	平均值 Mean	90.2±35.5cB	176.3±70.4aA	121.3±57.9bB
	变异系数(%) CV	39.33	39.94	47.71
卵子直径(mm) D_0	范围 Range	0.8~1.1	1.0~1.3	0.7~1.0
	平均值 Mean	0.9±0.1bB	1.2±0.1aA	0.9±0.1bB
	变异系数(%) CV	0.10	0.10	0.09
绝对繁殖力(粒) F (egg)	范围 Range	4651~15198	10863~25015	6415~21111
	平均值 Mean	9280±3025cB	16643±4664aA	14310±5076bA
相对繁殖力(粒/g) F_w (egg/g)	范围 Range	77.15~117.93	70.64~116.30	95.40~152.49
	平均值 Mean	104.1±12.9bB	98.0±11.6bB	125.4±17.6aA

同行数据后不同大、小写字母分别表示极显著($P < 0.01$)或差异显著($P < 0.05$)。表2同

Different uppercase letters represented in the same row extremely significant difference ($P < 0.01$), different lowercase letters indicated significant difference ($P < 0.05$). The same was applied in Table 2

2.2 体长(L)与体重(W)的关系

对3种雅罗鱼的 W 和 L 进行回归分析,结果(图1)表明 W 与 L 间存在良好的线性关系。其中,贝加尔雅罗鱼的体重—体长回归方程为 $\log W = 3.0213 \times \log L - 1.9123$ 或 $W = 0.1224L^{3.0213}$ ($R^2 = 0.8354$);高体雅罗鱼的体重—体长回归方程为 $\log W = 2.9639 \times \log L - 1.7413$ 或 $W = 0.0181L^{2.9639}$ ($R^2 = 0.8287$);准噶尔雅罗鱼的体重—体长回归方程为 $\log W = 2.6165 \times \log L - 1.4452$ 或 $W = 0.0359L^{2.6165}$ ($R^2 = 0.9197$)。

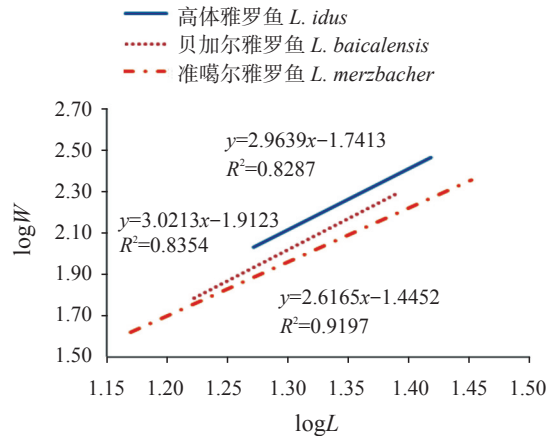


图1 新疆地区3种雅罗鱼的体长—体重关系

Fig.1 Body length-weight relationship for three *Leuciscus* species in Xinjiang

2.3 肥满度(K)和相对条件因子(K_n)的比较

经统计分析得知,贝加尔雅罗鱼的 K 、 K_n 分别为1.31和1.01,高体雅罗鱼的 K 、 K_n 分别为1.64和1.01,准噶尔雅罗鱼的 K 、 K_n 分别为1.12和1.01(表2)。就 K 而言,高体雅罗鱼极显著高于贝加尔雅罗鱼,二者又极显著高于准噶尔雅罗鱼。

表 2 新疆地区3种雅罗鱼 K 和 K_n 的比较Table 2 Comparison of fatness(K) and relative condition factor(K_n) for three *Leuciscus* species in Xinjiang

指标 Index	项目 Item	贝加尔雅罗鱼 <i>L. baicalensis</i>	高体雅罗鱼 <i>L. idus</i>	准噶尔雅罗鱼 <i>L. merzbacheri</i>
K	范围 Range	1.04~1.71	1.15~2.05	0.80~1.50
	平均值 Mean	1.31±0.17bB	1.64±0.23aA	1.12±0.19cC
K_n	范围 Range	0.80~1.32	0.71~1.26	0.79~1.42
	平均值 Mean	1.01±0.14	1.01±0.14	1.01±0.26

2.4 新疆地区3种雅罗鱼个体绝对繁殖力预测方程

以 L 、 K 或 K_n 对不同类型雅罗鱼的 F 构建多元回归方程,结果(表3)显示,当回归系数未校正时,3种雅罗鱼的 D_0 均未被选入预测方程,由 L 、 K 或 K_n 构建的

多元回归方程均能对3种雅罗鱼的个体繁殖力进行预测。当回归系数校正后,仅准噶尔雅罗鱼的 D_0 被选入构建的预测方程,而贝加尔雅罗鱼和高体雅罗鱼的 D_0 均未选入。不论是校正数据建立的多元回归方程还是未校正数据建立的多元回归方程,其预测获得的绝对繁殖力与真实繁殖力间均无显著差异。最终确定新疆地区3种雅罗鱼的繁殖力预测方程分别为:贝加尔雅罗鱼 $F=1280.398L+789831.20K-25154.759$ ($R^2=0.923$),高体雅罗鱼 $F=1786.538L+579612.54K-31779.054$ ($R^2=0.957$),准噶尔雅罗鱼 $F=1372.364L+1052451.21K-27321.297$ ($R^2=0.983$)。

表 3 新疆地区3种雅罗鱼个体绝对繁殖力预测方程的参数

Table 3 The predicting equation of the individual absolute fecundity for three species of *Leuciscus* in Xinjiang

项目 Item		贝加尔雅罗鱼 <i>L. baicalensis</i>		高体雅罗鱼 <i>L. idus</i>		准噶尔雅罗鱼 <i>L. merzbacheri</i>	
		1	2	1	2	1	2
非校正数据 Non-corrected data	常数 Constant	-25154.759	-25377.813	-31779.054	-31404.427	-27321.297	-22647.622
	L	1280.398	1293.045	1786.538	1769.879	1372.364	1161.078
	K	789831.20	-	579612.54	-	1052451.21	-
	K_n	-	10275.363	-	9397.643	-	11628.071
	D_0	-	-	-	-	-	-
	R^2	0.923	0.923	0.957	0.957	0.983	0.983
校正数据 Corrected data	常数 Constant	-20609.119	-67460.023	-65479.723	-10394.237	-35285.168	-63108.233
	$\log L$	59743.274	60342.271	91091.706	90294.240	66563.805	58718.572
	$\log K$	2448.851	-	22090.466	-	19554.419	-
	$\log K_n$	-	24448.821	-	22090.466	-	19554.419
	$\log D_0$	-	-	-	-	13598.806	13598.806
	R^2	0.945	0.945	0.959	0.959	0.987	0.987
	P	0.515	0.515	0.867	0.867	0.835	0.835

“-”表示建方程时未考虑该因子;“1”表示考虑 K 但不考虑 K_n ;“2”表示考虑 K_n 但不考虑 K

“-”indicated that the factor was not considered when building the equation;“1”indicated that K was considered when building the formula, regardless of K_n ;“2”indicated that K_n was considered when building the formula, regardless of K

3 讨论

3.1 新疆地区3种雅罗鱼繁殖力的比较

繁殖力能反映出物种及其种群对环境的适应性,具有种属特性(李培伦等,2015)。本研究结果表明,高体雅罗鱼的 F 平均为16643粒,显著高于准噶尔雅罗鱼(14310粒),二者又极显著高于贝加尔雅罗鱼(9280粒);此外,这3种雅罗鱼的 F 均高于瓦氏雅罗鱼(3700粒)(刘立志等,2006),但低于滩头雅罗鱼(34232粒)(董崇智等,1993)。说明同属不同种间的鱼类 F 差异明显,与李培伦等(2015)对乌苏里白鲑与其他鲑科鱼类相比的结果一致,可能与鱼类的种间差异、卵径大小、营养状况及栖息水域环境等因素有关。

一般认为,鱼类的 F_w 高,其鱼卵体积较小、数量较多; F_w 低则意味着鱼卵体积较大、数量较少(张乐等,2012)。在本研究中,准噶尔雅罗鱼的 F_w 极显著高于贝加尔雅罗鱼和高体雅罗鱼,拥有较多且较小

的卵子;但高体雅罗鱼和贝加尔雅罗鱼并不完全符合这一规律,高体雅罗鱼拥有体积较大且多的卵子,贝加尔雅罗鱼的卵子体积小且数量少,可能与鱼类个体大小及繁殖期间腹部变化差异不同有关。

3.2 雅罗鱼绝对繁殖力预测方程指标的选择

已有研究表明, L 或 W 的变异系数可反映出鱼类的生长状况及性腺发育程度(Mathur and Bhatara, 2007),通过 L 和 W 两个性状能解释并预测鱼类繁殖力,且 W 较 L 拥有更好的预测效果(Koops et al., 2004; Rideout and Morgan, 2010; Tanaka et al., 2016);但Hansen等(2001)在研究大西洋鳕鱼(*Gadus morhua*)时发现鱼类的 W 在一年中变异程度较大,不建议作为繁殖力分析的主要预测因子。此外,相对于 W 的测量,鱼类的 L 可更快速、更准确地获得,且 W 可通过体重—体长关系推测获得(Chakraborty and Goswami, 2016)。本研究也发现,新疆地区3种雅罗鱼的 W 变异系数较大,因此在建立雅罗鱼繁殖

力预测方程时仅选择 L 而剔除 W 。Tanaka等(2016)还引进 D_0 这一性状指标,证实利用 L 、 K 及 D_0 作为因子预测鱼类个体繁殖力,较单一模型拥有更高的相关系数,说明包含 D_0 的模型有潜在纠正成熟度和进行不同年份、种群及地理位置无偏差繁殖力比较的作用,且可采用处于繁殖早期的鱼类个体作为繁殖力预测样本。本研究参照Tanaka等(2016)的研究方法,选择 L 、 K 和 D_0 建立了准噶尔雅罗鱼的繁殖力校正预测方程(R^2 均高于0.900),但在建立贝加尔雅罗鱼和高体雅罗鱼的繁殖力校正预测方程时并未选择 D_0 ,其原因可能与雅罗鱼的物种特异性有关。

K 通常在鱼类个体繁殖力预测模型中体现其营养状况(Marteinsdottir and Begg, 2002; Yoneda and Wright, 2004),但易受环境和生物因素的影响,因此在构建个体繁殖力预测模型时常被 K_n 所代替。 K_n 是将鱼类的 W 与标准计算的 W 进行校正,可反映出相对于标准条件下的鱼类营养状况(Koushlesh et al., 2017)。Tanaka等(2016)研究表明,以 K 或 K_n 为协变量时二者对于个体繁殖力的拟合度相同,均能对阿拉斯加鳕鱼(*G. chalcogrammus*)的繁殖力进行预测。在本研究中,对于准噶尔雅罗鱼而言,选择 L 、 D_0 和 K 建立的繁殖力校正预测方程与选择 L 、 D_0 和 K_n 建立的繁殖力预测方程具有相同的拟合程度;对于贝加尔雅罗鱼和高体雅罗鱼而言,选择 L 和 K 与选择 L 和 K_n 所建立的繁殖力预测方程也具有相同的拟合度。说明利用 K 或 K_n 预测鱼类繁殖力具有相同的效果。

4 结论

新疆地区3种雅罗鱼的繁殖力排序为准噶尔雅罗鱼>贝加尔雅罗鱼>高体雅罗鱼。以 K 或 K_n 分别与 L 和 D_0 构建的雅罗鱼繁殖力预测方程拟合效果相同,但 K 的计算更简便,且未校正数据所建的回归方程与校正数据所建的回归方程均能较好地预测雅罗鱼的繁殖力。

参考文献:

董崇智,赵春刚,金贞礼. 1993. 绥芬河滩头雅罗鱼溯河生殖群体结构的探讨[J]. 水产学报, 17(4): 304-311. [Dong C Z, Zhao C G, Jin Z L. 1993. An approach on the breeding population structure of *Leucis brandti* during migration in Suifen River[J]. Journal of Fisheries of China, 17(4): 304-311.]

郭焱,蔡林钢,张人铭,吐尔逊,张北平. 2005. 新疆赛里木湖准噶尔雅罗鱼生物学特征观测[J]. 干旱区研究, 22(2): 197-200. [Guo Y, Cai L G, Zhang R M, Turxun, Zhang

B P. 2005. Preliminary study on the biological properties of *Leuciscus merzbacheri* Zugmayer in the Sayram Lake, Xinjiang[J]. Arid Zone Research, 22(2): 197-200.]

郭焱,张人铭,蔡林钢. 2012. 新疆鱼类志[M]. 乌鲁木齐:新疆科学技术出版社: 77-83. [Guo Y, Zhang R M, Cai L G. 2012. Ichthyography of Xinjiang[M]. Urumqi: Xinjiang Science and Technology Press: 77-83.]

霍堂斌,袁美云,阿达可白克·可尔江,张丽荣,姜作发. 2010. 白斑狗鱼与黑斑狗鱼繁殖力的比较研究[J]. 大连海洋大学学报, 25(6): 511-517. [Huo T B, Yuan M Y, Adakbek·Kar, Zhang L R, Jiang Z F. 2010. The comparison of individual fecundity between Northern Pike *Esox lucius* and Amur Pike *Esox reichrit* [J]. Journal of Dalian Ocean University, 25(6): 511-517.]

李承林. 2002. 鱼类学[M]. 北京: 中国农业出版社: 185-193. [Li C L. 2002. Ichthyology[M]. Beijing: China Agriculture Press: 185-193.]

李培伦,刘伟,王继隆,战培荣,王臣. 2015. 黑龙江乌苏里白鲑的个体繁殖力[J]. 中国水产科学, 22(6): 1234-1242. [Li P L, Liu W, Wang J L, Zhan P R, Wang C. 2015. Fecundity of *Coregonus ussuriensis* in the Heilongjiang River, China[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 22(6): 1234-1242.]

梁正其,杨梦双. 2015. 锦江河马口鱼的繁殖力及其与生物学指标关系的研究[J]. 铜仁学院学报, 17(4): 24-29. [Liang Z Q, Yang M S. 2015. Study on the fecundity and its relationship with the biological index of the *Opsariichthys bidens* in Jinjiang River[J]. Journal of Tongren University, 17(4): 24-29.]

刘立志,董崇智,宋鑫. 2006. 嫩江中游讷河江段瓦氏雅罗鱼生物学研究[J]. 水产学杂志, 18(1): 52-56. [Liu L Z, Dong C Z, Song X. 2006. A study on fishery biology of *Leuciscus waleckii* (Dybowski) in the middle section of Nenjiang River[J]. Chinese Journal of Fisheries, 18(1): 52-56.]

任慕莲,郭焱,张人铭,蔡林钢,李红,阿达克,付亚丽,刘昆仑,张秀善,邓贵忠. 2002. 中国额尔齐斯河鱼类资源及渔业[M]. 乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社: 119-130. [Ren M L, Guo Y, Zhang R M, Cai L G, Li H, Adake, Fu Y L, Liu K L, Zhang X S, Deng G Z. 2002. Fisheries resources and fishery of the Irtysh River in China[M]. Urumqi: Xinjiang Sci-Tech and Health Press: 119-130.]

阮行建,邹晓荣,张敏,李玉伟. 2017. 东南太平洋智利竹筴鱼生物学特征与个体繁殖力研究[J]. 海洋通报, 36(3): 333-339. [Ruan X J, Zou X R, Zhang M, Li Y W. 2017. Study on biological characteristics and individual fertility of Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*) in the Southeast Pacific Ocean[J]. Marine Science Bulletin, 36(3): 333-339.]

吴伟军,何安尤,施军,韩耀全,雷建军,李育森,王大鹏. 2016. 红水河四大家鱼资源现状调查分析[J]. 南方农业学报, 47(1): 134-139. [Wu W J, He A Y, Shi J, Han Y

- Q, Lei J J, Li Y S, Wang D P. 2016. Investigation and analysis on resources of four major Chinese carps in the Hongshui River[J]. Journal of Southern Agriculture, 47(1):134-139.]
- 张乐,李皎,丁悦秀,郑剑晖. 2012. 黄颡鱼个体繁殖力的研究[J]. 安徽农学通报, 18(11):164-171. [Zhang L, Li J, Ding Y X, Zheng J H. 2012. Study on individual fecundity of *Pelteobagrus fulvidraco*[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 18(11):164-171.]
- Barnett L A K, Earley R L, Ebert D A, Cailliet G M. 2009. Maturity, fecundity, and reproductive cycle of the spotted ratfish, *Hydrolagus colliei*[J]. Marine Biology, 156(3):301-316.
- Chakraborty S, Goswami M M. 2016. Length-weight relationship and relative condition factor of Peacock eel (*Macrognathus aral* (Bloch and Schneider, 1801) from Dora Wetland of Assam[J]. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies, 4(3):548-551.
- Dębowska M, Nowosad J, Targońska K, Źarski D, Biłas M, Łuczyńska J, Kucharczyk D. 2015. Fecundity of migrating european eel (*Anguilla anguilla*) from polish waters [J]. Italian Journal of Animal Science, 14(3):566-571.
- Hansen T, Karlsen O, Taranger G L, Hemre G I, Holm J C, Kjesbu O S. 2001. Growth, gonadal development and spawning time of Atlantic cod (*Gadus morhua*) reared under different photoperiods[J]. Aquaculture, 203(1-2):51-67.
- Koops M A, Hutchings J A, McIntyre T M. 2004. Testing hypotheses about fecundity, body size and maternal condition in fishes[J]. Fish and Fisheries, 5(2):120-130.
- Koushlesh S K, Sinha A, Kumari K, Borah S, Chanu T N, Baitha R, Das S K, Gogoi P, Sharma S K, Ramteke M H, Das B K. 2017. Length-weight relationship and relative condition factor of five indigenous fish species from Torsa River, West Bengal, India[J]. Journal of Applied Ichthyology, 34(1):169-171.
- Kurita Y, Meier S, Kjesbu O S. 2003. Oocyte growth and fecundity regulation by atresia of Atlantic herring (*Clupea harengus*) in relation to body condition throughout the maturation cycle[J]. Journal of Sea Research, 49(3):203-219.
- Marteinsdottir G, Begg G A. 2002. Essential relationships incorporating the influence of age, size and condition on variables required for estimation of reproductive potential in Atlantic cod *Gadus morhua*[J]. Marine Ecology Progress Series, 235:235-256.
- Mathur N, Bhatara M. 2007. Length weight relationship and relative condition factor (K_n) of *Cirrhinus mrigala* (Ham.) from two lakes of Ajmer Zone, Rajasthan[J]. Ecology, Environment and Conservation, 13(2):225-230.
- Reed B C, Kelso W E, Rutherford D A. 1992. Growth, fecundity, and mortality of *Paddlefish* in Louisiana[J]. Transactions of the American Fisheries Society. doi: 10.1577/1548-8659(1992)121[0378:GFAMOP]2.3.CO;2.
- Rideout R M, Morgan M J. 2010. Relationships between maternal body size, condition and potential fecundity of four north-west Atlantic demersal fishes[J]. Journal of Fish Biology, 76(6):1379-1395.
- Skjæraasen J E, Nash R D M, Kennedy J, Thorse A, Nilsen T, Kjesbu O S. 2010. Liver energy, atresia and oocyte stage influence fecundity regulation in Northeast Arctic cod [J]. Marine Ecology Progress Series, 404:173-183.
- Tanaka H, Hamatsu T, Mori K. 2016. Comparison of potential fecundity models for walleye pollock *Gadus chalcogrammus* in the Pacific waters off Hokkaido, Japan[J]. Journal of Fish Biology, 90(1):236-248.
- Yoneda M, Wright P J. 2004. Temporal and spatial variation in reproductive investment of Atlantic cod *Gadus morhua* in the northern North Sea and Scottish west coast[J]. Marine Ecology Progress Series, 276(1):237-248.

(责任编辑 兰宗宝)