

DOI: 10.3969/j.issn.1000-7083.2011.03.010

北江水系蟹生活史类型研究

李强¹, 蓝昭军², 赵俊², 陈龙秀², 钟良明³

(1. 广州大学生命科学学院, 广州 510006; 2. 华南师范大学生命科学学院, 广州 510631;

3. 韶关市水产研究所, 广东韶关 512006)

摘要:以 15 种已知生活史类型鱼类为参照, 选择渐近体长(L_{∞})、渐近体重(W_{∞})、生长系数(k)、自然死亡系数(M)、初次性成熟年龄(T_m)、最大年龄(T_{max})和种群繁殖力系数(PF)等 7 个生态学参数作指标, 采用模糊聚类分析法、主成分分析法、判别分析法和 Beverton-Holt 动态综合模型等 4 种方法判断蟹为 r -选择类型鱼类。作为渔业管理对策, 北江蟹的起捕年龄应定为 3 龄以上。

关键词:蟹; 聚类分析; 主成分分析; 生活史类型

中图分类号: Q959.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7083(2011)03-0348-05

Study on Life-history Pattern of *Hemiculter leucisculus* in the Beijiang River

LI Qiang¹, LAN Zhao-jun², ZHAO Jun², CHEN Long-xiu², ZHONG Liang-ming³

(1. School of Life science, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China; 2. School of Life Science, South China Normal University, Guangzhou 510631, China; 3. Shaoguan Fisheries Research Institute, Shaoguan, Guangdong Province 512006, China)

Abstract: Compared with the life-history patterns of 15 species of fishes, the life-history pattern of *Hemiculter leucisculus* was studied by analyzing seven ecological parameters, including asymptotic body-length (L_{∞}), asymptotic body-weight (W_{∞}), growth coefficient (k), natural mortality (M), primary reproductive age (T_m), maximum age (T_{max}) and population fecundity (PF). The results showed that the life-history pattern of *Hemiculter leucisculus* tended to be r -selected. Meanwhile, cluster analysis, principal component analyses, discriminant analysis and equilibrium yield model Beverton-Holt were performed to discuss the life-history pattern of *Hemiculter leucisculus*. As a strategy of fishery management, the harvesting age should be three years old will be advantageous to the conservation of resources.

Key words: *Hemiculter leucisculus*; cluster analysis; principal component analyses; life-history pattern

鱼类的生活史类型, 是鱼类在长期进化过程中与环境相互作用形成的, 是组成不同种群动态类型的基础, 可分为 K -选择和 r -选择两类(叶富良, 1983; 殷名称, 1995; 叶富良, 张健东, 2002)。 K -选择鱼类具有性成熟延迟、生长速度慢、死亡率低、个体大、最大年龄大、低繁殖能量分配和长的世代周期等特征; r -选择鱼类具有性成熟提早、生长速度加快、亲代产生大量子代、个体小、最大年龄小、高的繁殖能量分配和短的世代周期等特点(叶富良, 张健东, 2002)。 K -选择鱼类是以最大限度地接近环境承载量作为自然选择的一种策略, 当遭受过度死亡以后, 由于种群繁殖力小, 种群恢复到平衡水平的能力较低, 如果其数量低到一定限度, 就可能灭绝(叶富良, 陈刚,

1996); r -选择鱼类通常死亡率较高, 当种群在遭受过度死亡之后, 由于种群繁殖力大, 通常会很快恢复到很高的密度(殷名称, 1995)。因此, 不同生活史类型的鱼类在渔业管理上需要采取不同的措施。

蟹 *Hemiculter leucisculus* 属鲤形目, 鲤科, 鲃亚科, 蟹属, 分布极为广泛, 除西部高原地区外, 从海南岛至东北的各河流、湖泊等天然水体中都产此鱼, 是产区重要的野生经济鱼类之一(潘炯华等, 1991; 陈宜瑜, 1998), 珠江流域的产量达到渔获物的 10% 左右, 在一些水库(如南水水库)其产量可以达到 20% 以上。有关蟹的研究已有许多报道(谢宗墉等, 1986; 孙兆和, 1987; 刁晓明等, 1995; 崔奕波等, 2005; 李强等, 2008, 2009a, 2009b), 在生活史方面,

收稿日期: 2010-09-24 接受日期: 2010-11-20 基金项目: 广东省科技计划项目(2005A20105001, 2006B20701001, 2006B20201002); 广东重大科技兴海(渔)项目(B200601G02); 广州大学创新团队项目资助(1001-1012)

作者简介: 李强(1983~), 男, 实验师, 博士研究生, E-mail: lq512328@163.com

刁晓明等(1995)通过主成分分析,认为鲈属于 r -选择鱼类,崔奕波等(2005)通过聚类分析,也将鲈的生活史类型归为 r -选择,但这些学者的分析方法都较为单一。目前,鲈是北江流域内的一种重要经济鱼类,为了合理地利用这一鱼类资源,笔者尝试采用聚类分析、主成分分析、判别分析对北江鲈种群的生活史类型进行分析,并用 Beverton-Holt 动态综合模型进行验证,以期为渔业管理和资源保护提供资料。

1 材料与方法

1.1 数据资料

本研究选择达氏鳢 *Huso dauncus*、中华鲟 *Acipenser sinensis*、施氏鲟 *Acipenser schrenckii*、青海湖裸鲤 *Gymnocypris przewalskii przewalskii*、色林错裸鲤 *Gymnocypris selincuoensis*、白斑狗鱼 *Esox lucius*、草鱼 *Ctenopharyngodon idellus*、青鱼 *Mylopharyngodon piceus*、鲢 *Hypophthalmichthys molitris*、鳙 *Aristichys mobilis*、鲫 *Carassius auratus*、大眼鳊 *Siniperca kneri*、鲤 *Cyprinus carpio*、尖头塘鳢 *Eleotris oxycephala*、铜鱼 *Coreius heterodon* 等 15 种已知生活史类型的淡水鱼

类,作为鲈生活史类型研究的参照物,以上鱼类数据取自相关文献(叶富良,陈刚,1996,1998;杨严鸥等,1998;刘军,2005,2006;霍堂斌等,2009)。参考有关的文献(叶富良,陈刚,1996,1998;陈刚,1997;杨严鸥等,1998;刘军,2005,2006;安晓萍等,2008,2009;高欣等,2008;霍堂斌等,2009),用于研究鱼类生活史类型的生态参数主要有 7 项:渐近体长(L_{∞})、渐近体重(W_{∞})、生长系数(k)、自然死亡系数(M)、初次性成熟年龄(T_m)、最大年龄(T_{max})和种群繁殖力(PF)。北江鲈的生态学参数 L_{∞} (283.83 mm)、 W_{∞} (280.825g)、 k (0.177)、 T_m (1)和 t_0 (-1.349)取自李强等(2009a,2009b);生态学参数 M 的计算参照有关文献的方法(叶富良,陈刚,1996,1998;Felipe *et al.*, 2006;霍堂斌等,2009),先采用 Pauly 的经验公式和 Ralston's 公式分别计算,然后取两者的平均值,水温数据取自相关文献(潘炯华,1987); T_{max} 通过公式 $T_{max} = 3/k + t_0$ 求得, t_0 为理论上开始生长的年龄; PF 依照叶富良和陈刚(1998)及霍堂斌等(2009)的方法计算得到,有关数据取自李强等(2008,2009a)。

表 1 16 种鱼的生态学参数
Table 1 Value of ecological parameters of 16 species of fish

序号	鱼名	L_{∞} (mm) (x_1)	W_{∞} (g) (x_2)	k (x_3)	M (x_4)	T_m/a (x_5)	T_{max}/a (x_6)	PF (x_7)	生活史类型	文献 Reference
1	达氏鳢	4770	756800	0.4	0.07	16	73.8	1.24	K	叶富良,陈刚,1996
2	中华鲟	3459	529700	0.07	0.12	14	43.7	1.24	K	叶富良,陈刚,1996
3	施氏鲟	4134	540600	0.06	0.09	15	51.2	1.28	K	叶富良,陈刚,1996
4	青海湖裸鲤	590	3099	0.07	0.07	6	42.72	2.9	K	刘军,2005
5	色林错裸鲤	485	1410	0.07	0.14	9	43.6	1.93	K	刘军,2006
6	白斑狗鱼	1082.2	12658.3	0.137	0.22	3	20.8	86.07	r	霍堂斌等,2009
7	青鱼	1161	28090	0.22	0.51	4	13.6	45.7	r	叶富良,陈刚,1998
8	草鱼	872	14489.2	0.31	0.56	3	9.5	87.3	r	叶富良,陈刚,1998
9	鲤	851	19171.5	0.18	0.38	1.8	17	964.2	r	叶富良,陈刚,1998
10	鲢	1007	19264.9	0.56	0.42	4	11.3	41.5	r	叶富良,陈刚,1998
11	鳙	1142	26335.6	0.29	0.45	3	7.1	114.5	r	叶富良,陈刚,1998
12	大眼鳊	547	4179.9	0.18	0.43	2.1	16.8	371.7	r	叶富良,陈刚,1998
13	鲫	258	687.7	0.16	0.5	0.9	16.7	58388	r	叶富良,陈刚,1998
14	铜鱼	570	2745	0.181	0.388	3	16	83.155	r	杨严鸥等,1998
15	尖头塘鳢	260	387.3	0.28	0.71	1	10.7	49300	r	叶富良,陈刚,1998
16	鲈	283.83	280.825	0.177	0.45	1	15.5	319.68	待判别	本研究

1.2 数据分析

采用聚类分析、主成分分析、判别分析、Beverton-Holt 动态综合模型等方法对北江鲈的生活史类型进行分析,Beverton-Holt 动态综合模型的参数及其计算过程参照有关文献(叶富良,1983;陈刚,

1997),所有的数据使用 Excel 2003 和 SPSS 13.0 进行统计分析。

2 结果

2.1 生态学参数聚类分析

经计算,16 种鱼类生态学参数列于表 1。对表 1 中的 16 种淡水鱼类的数据进行聚类分析,得到聚类

树(图 1),从图可以看出北江鲮与 *r*-选择的鱼类聚成一支,属于 *r*-选择鱼类。

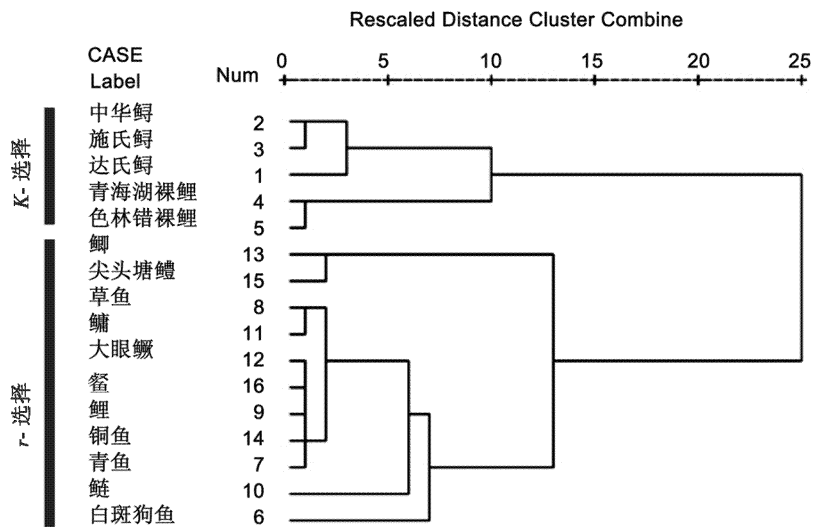


图 1 16 种鱼类生活史类型聚类树状图
Fig. 1 Dendrogram of life-history patterns of 16 species of fish

2.2 生态学参数主成分分析

对表 1 中 16 种鱼类的生态学参数进行主成分分析,结果表明第 1、第 2 和第 3 主成分的贡献率分别为 63.864%、16.831% 和 13.448%,三者累计贡献率为 94.143%,已达到 85% 以上,不需再增加主成分。将 16 种鱼的第 1、第 2 和第 3 主成分得分列表 2。从表 2 可知,第 1 主成分的得分中 *K*-选择鱼类的得分均大于 0, *r*-选择鱼类的得分均小于 0,

而北江鲮的得分小于 0,所以是 *r*-选择鱼类。另外,对第 1 主成分与第 2 主成分和第 1 主成分与第 3 主成分分别作图(图 2,图 3),从图可知,*K*-选择和 *r*-选择鱼类分别聚集为一群,其中北江鲮分布在属于 *r*-选择的群中。

表 2 16 种鱼的主成分得分
Table 2 Factor loadings of 16 species of fish for the principal component analysis

序号	鱼名	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分
1	达氏鲤	2.22555	1.89133	0.18237
2	中华鲟	1.50092	-0.31874	0.47985
3	施氏鲟	1.76309	-0.29581	0.59733
4	青海湖裸鲤	0.35332	-1.58129	-0.16789
5	色林错裸鲤	0.40458	-1.46103	-0.08237
6	白斑狗鱼	-0.10308	-0.83655	-0.4221
7	青鱼	-0.42644	0.14715	-0.46135
8	草鱼	-0.64564	0.66732	-0.70729
9	鲤	-0.39802	-0.37673	-0.42421
10	鲢	-0.50903	1.90372	-1.35298
11	鳙	-0.50919	0.45397	-0.73362
12	大眼鳊	-0.48934	-0.37245	-0.44265
13	鲫	-0.94038	0.03488	2.56843
14	铜鱼	-0.4159	-0.41824	-0.48388
15	尖头塘鳢	-1.20143	0.98362	1.91389
16	鲮	-0.609	-0.42114	-0.46352

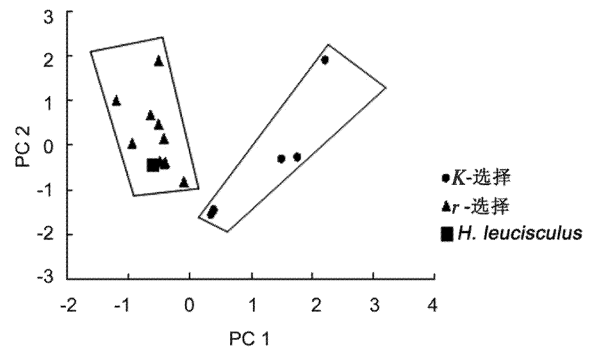


图 2 第一主成分和第二主成分散点图
Fig. 2 Scatterplot on the first and second principle components

2.3 生态学参数判别分析

对表 1 中的数据进行判别分析,经逐步判别后得到 *K*-选择和 *r*-选择鱼类的判别方程(1)和(2),将北江鲮的生态学参数带入两方程中,方程(2)的值大于方程(1)的值,结果表明北江鲮属于 *r*-选择鱼类。在 7 个生态学参数中, T_{max} 是判别生活史类型的主要参数。另外,从判别分析过程中得到的 Fish 判别分析图(图 4),可知北江鲮与其他 *r*-选择鱼类分布于 X 轴的左边, X 轴上的值均小于 0,而 *K*-选择鱼类则分布在 X 轴的右边, X 轴上的值均大于 0,所以北江鲮属于 *r*-选择鱼类。

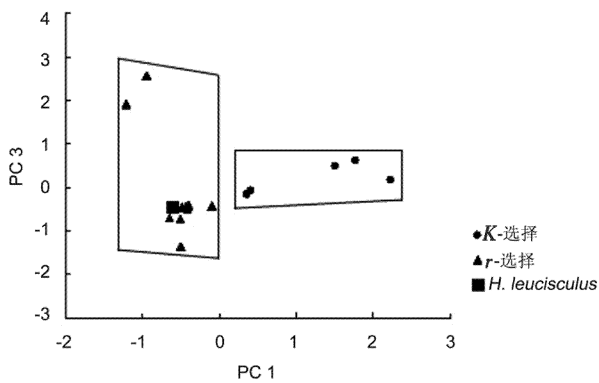


图 3 第 1 主成分和第 3 主成分散点图
Fig. 3 Scatterplot on the first and third principle components

$$Y_k = -21.887 + 0.831X_6 \dots\dots\dots (1)$$

$$Y_r = -2.311 + 0.23X_6 \dots\dots\dots (2)$$

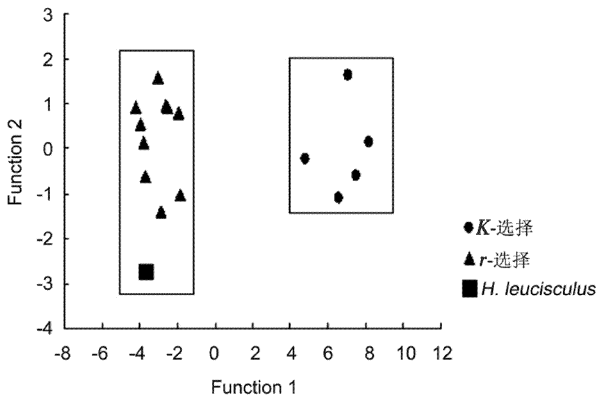


图 4 判别函数图
Fig. 4 Plots of discriminant function

2.4 Beverton-Holt 动态综合模型

对北江鳊 Beverton-Holt 平衡产量模型结果作散点图(图 5,图 6)。从图 5 可知, F 从 0.1 至 1.0 北江鳊的产量上升较快,过了 1.0 这一捕捞水平,产量曲线呈缓慢下降的趋势,这种产量曲线呈现了典型的 r 型产量曲线,表现出捕捞对种群数量变动的影响在自然变动的掩盖下不明显。如果是 K 型种群,在低捕捞水平时出现高的产量,呈现一个较尖的产量高峰,在高的捕捞水平时,产量则急剧下降,表现出捕捞对种群数量变动有明显的影 响。图 6 表示在一定捕捞强度(F = 0.2)下,变更起捕年龄,从 0.5 龄至 1 龄,产量略有提高,超过 1 龄,产量很快下降,这与北江鳊具有较高的死亡率有关,在同一世代的群体里,随着年龄的增加,由于自然死亡因素,种群密度大幅度减少,因而导致产量明显下降,这也是典型的 r 型产量曲线。

3 讨论

3.1 鱼类生活史类型的研究方法

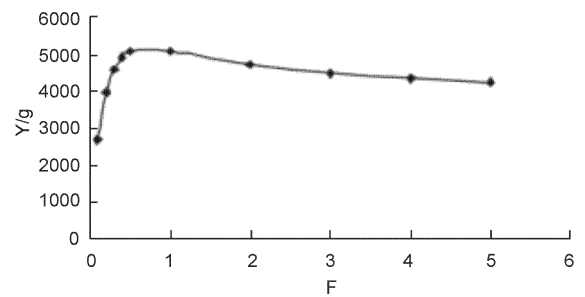


图 5 改变捕捞死亡系数(F)时鳊的产量(Y)曲线($t_c = 1$)
Fig. 5 Yield curves of *H. leucisculus* when the destruction coefficient changing at $t_c = 1$

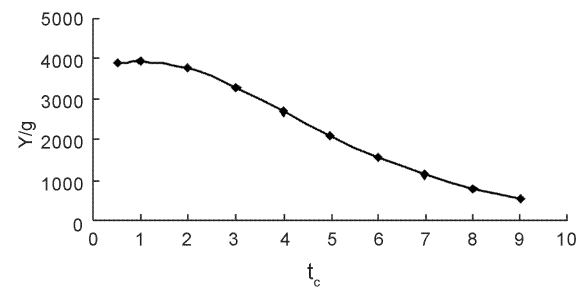


图 6 改变起捕年龄(t_c)时鳊的产量(Y)曲线($F = 0.2$)
Fig. 6 Yield curves of *H. leucisculus* when harvesting age changing at $F = 0.2$

目前国内研究鱼类生活类型的方法主要有以下几种:(1)根据鱼类主要生态参数的大小以及各参数间的相互关系对生活史作出判断(叶富良,陈刚,1996,1998;张健东,2002);(2)将鱼类的生态学参数代入 Beverton-Holt 动态综合模型中,改变捕捞死亡系数和起捕年龄,得出不同的结果,然后将结果做成散点图,根据图的形状进行判断(叶富良,1983;叶富良,陈刚,1996;刘军,2005,2006;霍堂斌等,2009);(3)以已知生活史类型的鱼类作为参照物,运用聚类分析的方法,把参照物和目标鱼类一起进行聚类分析,然后得出目标鱼类的生活史类型(霍堂斌等,2009);(4)通过逻辑斯蒂方程进行回归判别鱼类生活史类型(高欣等,2008);(5)通过主成分分析,判断鱼类生活史类型(刁晓明等,1995)。本研究中通过 4 种方法对北江鳊的生活史类型进行研究,结果表明 4 种方法均能有效判断北江鳊的生活史类型,尤其是主成分分析和判别分析具有更加直观的特点。

3.2 北江鳊生活史类型

本文通过选择达氏鳊、尖头塘鳢等 15 种已知生活史类型的淡水鱼类为参照物,对其常用的 7 个生态学参数进行聚类分析、主成分分析、判别分析,结果均表明北江鳊属于 r-选择类型鱼类。利用 Beverton-Holt 动态综合模型对北江鳊的生活史类型进行

验证,结果也表明北江鲮属于 r -选择鱼类,这与其他作者对鲮的生活史类型研究结果一致(刁晓明等, 1995; 崔奕波等, 2005)。另外,叶富良和陈刚(1998)通过对 19 种淡水鱼类的生活史类型研究,认为种群繁殖力是判断生活史类型最重要的参数之一,霍堂斌等(2009)通过对额尔齐斯河白斑狗鱼的生活史研究也认同叶富良的观点。在本文中,笔者通过对 16 种鱼的生态学参数进行逐步判别分析,结果表明最大年龄(T_{\max})是判断生活史类型最重要的参数。这与前面两位学者的研究结论不一致,可能是分析方法的不同,具体原因还有待于进一步研究。

3.3 北江鲮的合理捕捞年龄和规格

北江鲮作为 r -选择鱼类,自然死亡系数较高,同一世代群体,随着年龄增加,群体数量很快下降。例如在 $F=0.2$ 的捕捞强度下,4 龄时的产量为 1 龄的 67.99%,8 龄时的产量仅为 1 龄时的 20.06%,因此,在低龄阶段提高起捕年龄可以增加一定产量,但达到一定起捕年龄继续提高起捕年龄会引起产量下降。从单位补充量产量的计算结果也可知,北江鲮达到最高产量时的起捕年龄为 1 龄左右,而初次性成熟年龄为 1 龄(李强等,2009a),生长指标从 3 龄以后下降的速度才比较快,年增积量 2~3 龄最大(李强等,2009b),捕捞 1~2 龄的个体不仅损失了该鱼的生长潜能,而且资源的生长优势未能得到充分发挥。因此,从资源保护的角度来看,作为渔业管理对策,北江鲮的起捕年龄应定为 3 龄以上。

4 参考文献

- 安晓萍,孟和平,杜昭宏,等. 2008. 达里湖东北雅罗鱼的生长、死亡和生活史类型的研究[J]. 淡水渔业, 38(6): 3~7.
- 安晓萍,齐景伟,乌兰,等. 2009. 岗更湖鲫的生长和生活史对策研究[J]. 水生态学杂志, 30(4): 71~74.
- 陈刚. 1997. 勒氏笛鲷年龄、生长和生活史类型的研究[J]. 水产学报, 21(1): 6~12.
- 陈宜瑜. 1998. 中国动物志 硬骨鱼纲 鲤形目(中卷)[M]. 北京: 科学出版社.
- 崔奕波,李忠杰,解绶启,等. 2005. 长江流域湖泊的渔业资源与环境保护[M]. 北京: 科学出版社.
- 刁晓明,罗一兵,李波,等. 1995. 四川 55 种鱼生活史型的研究[J]. 生态学杂志, 14(3): 19~25.
- 高欣,刘焕章,王剑伟. 2008. Logistic 回归分析在厚颌鲂生活史类型研究中的应用[J]. 四川动物, 27(4): 506~509.
- 霍堂斌,马波,唐富江,等. 2009. 额尔齐斯河白斑狗鱼的生长模型和生活史类型[J]. 中国水产科学, 16(3): 316~323.
- 李强,蓝昭军,李伟靖,等. 2008. 广东北江鲮个体生殖力研究[J]. 广州大学学报(自然科学版), 7(4): 55~59.
- 李强,李伟靖,赵俊. 2009a. 鲮(*Hemiculter leucisculus*)性腺发育的组织学研究[J]. 广州大学学报(自然科学版), 8(1): 63~67.
- 李强,赵俊,钟良明,等. 2009b. 北江鲮(*Hemiculter leucisculus*)生长研究[J]. 广州大学学报(自然科学版), 8(4): 38~41.
- 刘军. 2005. 青海湖裸鲤生活史类型的研究[J]. 四川动物, 24(4): 455~485.
- 刘军. 2006. 色林错裸鲤生活史类型的模糊聚类分析[J]. 水利渔业, 26(2): 17~18.
- 潘炯华,钟麟,郑慈英,等. 1991. 广东淡水鱼类志[M]. 广州: 广东科技出版社.
- 潘炯华. 1987. 珠江水系北江渔业资源[M]. 广州: 广东科技出版社.
- 孙兆和. 1987. 鲮鱼生物学的研究[J]. 吉林农业大学学报, 9(1): 66~69.
- 谢宗塘,吴飞雄,庄丽禾,等. 1986. 汾河水库鲮条 *Hemiculter leucisculus* 生物学的调查研究[J]. 山东海洋学院学报, 16(4): 54~69.
- 杨严鸥,甘永成,姚峰. 1998. 铜鱼生活史类型的模糊模式识别[J]. 湖北农学院学报, 18(4): 340~342.
- 叶富良,陈刚. 1996. 3 种鲟科鱼类生活史类型的研究[J]. 湛江水产学院学报, 16(1): 1~4.
- 叶富良,陈刚. 1998. 19 种淡水鱼类的生活史类型研究[J]. 湛江海洋大学学报, 18(3): 11~17.
- 叶富良,张健东. 1993. 尖头塘鳢 (*Eleotris oxycephala* Temmiuck et Schlegel) 的年龄、生长和生活史类型的研究[J]. 生态学报, 13(1): 51~57.
- 叶富良,张健东. 2002. 鱼类生态学[M]. 广州: 广东高等教育出版社.
- 叶富良. 1983. 东江七种鱼类的生活史类型研究[J]. 水生生物学报, 12(2): 107~115.
- 殷名称. 1995. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社.
- 张健东. 2002. 中华乌塘鳢的生长、生长模型和生活史类型[J]. 生态学报, 22(6): 841~846.
- Felipe A, Clarissa SA, Yanira GR. 2006. Age, growth and mortality of the spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* from the southeastern Gulf of California[J]. Fisheries Research, 77: 293~300.