

东江七种鱼类的生活史类型研究*

叶富良

(湛江水产学院)

提要

本文通过渐近体长(L_∞)、渐近体重(W_∞)、生长系数(K)、初次生殖年龄(T_m)、最大年龄(T_{max})、瞬时自然死亡率(M)和性腺指数(GI)等7个生态学参数来分析鱼类种群生活史类型。根据 r -选择和 K -选择的典型特征以及各参数间相互关系的显著性,性腺指数、瞬时死亡率和生长系数是判断东江7种鱼类种群偏向 r -选择的主要依据。应用平衡产量模式计算改变瞬时捕捞死亡率(F)和改变渔业补充年龄(t_c)时的产量变化,分析产量变化曲线可知,作为偏向 r 型的种群,提高捕捞强度不能增加渔业产量,适当的捕捞强度可以取得较高的产量。在幼龄阶段提高起捕年龄能增加一定产量,但到达一定年龄后再提高起捕年龄,反而引起产量大幅度下降。只有合理控制捕捞强度和起捕年龄,才能获取最大持续产量。

关键词: r -选择,性腺指数,瞬时自然死亡率,生长系数

每一种生物都有其独特的出生力、寿命、大小和存活率等生态特征,这些相互关联的生态特征是在长期的进化过程中,生物体与环境相互作用中形成的,是组成不同种群动态类型的基础。MacArthur 和 Wilson (1967)^[1]提出了 r -选择和 K -选择两类生活史类型的学说,代表 r -选择的种群,它的固有种群增长率大、个体小、成熟快,把可以获得的食物资源或能量尽量用于生殖机能,产生大量后代,以便接受残酷的环境变化,在较高死亡率条件下,仍可保存种族;代表 K -选择的种群,一般个体大、成熟慢,把可以获得的食物资源或能量分配于增强个体竞争力,甚至装备防卫或进攻器官以及抚养子代的复杂机制,以少数子代取得最大存活率。从极端的 r -选择到极端的 K -选择之间有一个连续的谱系,一部分生物种群特征更多地倾向 r 型,另一部分生物种群特性则更多地倾向 K 型,两者调和的结果,决定其排列 r 和 K 型之间的位置。

关于这一学说,近十多年来在生态学上有着广泛的讨论。一般认为大的动物多数属于 K 型,小的动物多数属于 r 型^[2]。对于鱼类,川崎健(1977)^[3]在研究底栖鱼类个体数量变动的方法论时,提出鱼类个体数量变动有两种类型,一种称为I型,论述的特征基本上与 r -选择相似;另一类型称II型,类似于 K -选择。洛-麦康内尔(1982)^[4]用 r -选择和 K -选择理论对热带鱼类群落型生态特征作了分析比较,指出这两类群落对于象过度捕捞或污染等干扰因素所作出的反应十分不同,认识这一点,对于保存种群极为重要。Adams

* 本文承华南师范大学潘炯华教授审阅,并提出宝贵意见,特此致谢。

1986年10月13日收到。

(1980)^[8] 就鱼类的生态学参数之间的关系作了回归分析, 认为多数参数的变化与 r 型和 K 型理论相一致。Gunderson (1980)^[9] 作了 11 种鱼类种群的主要生态学参数的分析, 应用这些参数来推测自然死亡率, 也讨论了鱼类的生活史类型问题。费鸿年 (1983)^[10] 估算了广东近海 11 种鱼类种群的生态学参数, 分析了参数间的相互关系, 判断广东沿海 11 种鱼类偏向 r -选择, 也讨论了研究鱼类生活史类型对渔业生产的实践意义。这些近年的文献表现了国内外学者对鱼类生活史类型的重视。但这些学者研究的都是海水鱼类, 没有淡水种类。本文的目的旨在通过估算广东省东江 7 种鱼类的 7 个主要生态学参数及各生态学参数之间的关系, 分析 7 种鱼类种群的生活史类型及其在研究渔业种群动态和渔业管理上的意义, 为研究淡水鱼类的生活史类型提供一些资料。

生态学参数的估算方法

本文研究的东江 7 种鱼类是: 鲤 (*Cyprinus carpio* Linnaeus)、鲫 (*Carassius auratus* Linnaeus)、赤眼鳟 (*Squaliobarbus curriculus* Richardson)、黄尾鲴 (*Xenocypris davidi* Bleeker)、鲮 (*Cirrhina molitorella* C. et V.)、大眼鱥 (*Siniperca kneri* Garman)、尖头塘鳢 (*Eleotris oxycephala* T. et S.)。用于计算生态学参数的数据, 取自作者 1981—1982 年参加东江渔业资源调查时的调查资料^[1]。7 种鱼类各龄的体长、体重见表 1。

生态学参数是每种生物或其种群所具有的特定统计量, 不同地区的不同鱼类或其种群, 都各有特定的生态学参数, 几个生态学参数配合起来就表达了各有特性的种群, 在“适者生存”的意义上, 依靠各自的特点, 作出取得胜利的策略。7 个生态学参数及计算方法分述如下:

1. L_{∞} ——渐近体长, 是 Brody 和 Von Bertalanffy 体长生长方程式 $L_t = L_{\infty}[1 - e^{-k(t-t_0)}]$ 中的一个参数, L_{∞} 的数值通过直线回归方程 $L_{t+1} = L_{\infty}(1 - e^{-k}) + e^{-k}L_t$ 求得。测量单位用厘米。

表 1 东江 7 种鱼类各龄的体长、体重

Tab. 1 Body-length (cm) and body-weight (g) of different ages of seven fish species in Dongjiang River

鱼名 Species	<i>C. carpio</i>		<i>C. auratus</i>		<i>S. curriculus</i>		<i>X. davidi</i>		<i>C. molitorella</i>		<i>S. kneri</i>		<i>E. oxycephala</i>	
	年龄 Age	体长 Body length	体重 Body weight	体长	体重	体长	体重	体长	体重	体长	体重	体长	体重	体长
1	18.1	256.2	8.7	27.0	12.8	44.4	7.8	8.8	10.8	38.6	14.1	66.7	9.0	15.1
2	27.0	708.8	11.3	58.9	18.5	104.7	13.6	49.3	15.1	109.0	20.9	220.9	11.7	33.5
3	35.3	1464.0	13.9	110.2	24.5	304.4	17.5	108.0	19.6	236.2	26.5	456.7	14.7	69.3
4	43.5	2806.0	15.5	152.0	30.1	649.5	21.0	190.3	24.4	455.8	31.9	804.7	17.7	129.5
5	51.0	4052.0	16.7	188.2	34.4	984.0	23.5	276.6	27.5	740.3	34.1	984.7	20.2	178.2
6	55.5	4900.0	—	—	—	—	—	—	30.7	1032.0	—	—	—	—

1) 珠江水产研究所等, 1985, 珠江水系广东江段渔业资源调查报告。

2. W_∞ ——渐近体重, 是 Brody 和 Von Bertalanffy 体重生长方程 $W_t = W_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]^3$ 中的一个参数。这里通过体长-体重关系式 $W = aL^b$, 用最大体长换算最大体重。体重包括内脏在内的重量, 用克作为测定单位。

7 种鱼类的体长和体重关系式分别是:

鲤	$W = 4.102 \times 10^{-5} L^{2.959}$
鲫	$W = 4.580 \times 10^{-5} L^{2.975}$
赤眼鳟	$W = 1.101 \times 10^{-5} L^{3.133}$
黄尾鲴	$W = 1.161 \times 10^{-5} L^{3.107}$
鲮	$W = 1.452 \times 10^{-5} L^{3.133}$
大眼鱥	$W = 1.793 \times 10^{-5} L^{3.056}$
尖头塘鳢	$W = 1.70 \times 10^{-5} L^{3.045}$

3. K ——生长系数, 是 Brody 和 Von Bertalanffy 生长期程中一个参数, K 值通过直线回归方程 $L_{t+1} = L_\infty (1 - e^{-k}) + e^{-k} L_t$, 求得。

4. M ——瞬时自然死亡率。这是种群生态学参数中较难计算得准确的一个参数, 方法很多, 因为 L_∞ 、 K 和水温 T 是现成的数据, 因此本文采用 Pauly (1980)^[11] 提出的计算公式

$$\log M = -0.0066 - 0.279 \log L_\infty + 0.6543 \log K + 0.4634 \log T$$

来估算瞬时自然死亡率, 式中水温 T 用东江年平均水温 22.4°C 代入。

5. T_m ——初次生殖年龄。在各年龄的样品中, 50% 以上的个体有成熟性腺的最低年龄, 作为初次生殖年龄。东江 7 种鱼类中, 雌、雄初次生殖年龄不一致, 雌鱼比雄鱼晚成熟 1—2 年, 本文以雌鱼的初次生殖年龄作为此参数。

6. T_{\max} ——最大年龄。因为有 K 和 t_0 现成两个参数值, 因此计算采用下列模式^[5]

$$T_{\max} = \frac{3}{K} + t_0$$

7. GI ——性腺与体重关系指数 (简称性腺指数)。表示一个种群的成熟个体的卵巢重量占净体重的百分率。这一数值标志着可用物质分配于生殖活动的比例大小, 但这个数值随着性腺的发育而变化, 这里选用全年各月平均值中的最高值。例如大眼鱥 3—8 月平均性腺指数分别为 3.72, 6.34, 11.20, 9.14, 8.75, 7.72, 这里取最高值 11.20。

现将各参数的计算值综合于表 2。

表 2 东江 7 种鱼类的生态学参数

Tab. 2 Ecological parameters of seven fishes of Dongjiang River

Species	L_∞	W_∞	K	T_m	T_{\max}	M	GI
<i>C. carpio</i>	85.1	19171.5	0.1730	2	17.0	0.38	17.5
<i>C. auratus</i>	25.8	687.7	0.1649	1	16.7	0.50	15.6
<i>S. curriculus</i>	72.3	10084.0	0.1147	2	26.2	0.30	11.8
<i>C. molitorella</i>	60.1	7335.4	0.1167	3	25.2	0.31	8.2
<i>X. daidai</i>	35.7	1013.5	0.2150	2	13.9	0.54	18.9
<i>S. kneri</i>	54.7	4179.9	0.1797	2	16.8	0.43	11.2
<i>E. oxycephala</i>	26.0	387.3	0.2793	1	10.7	0.71	23.1

东江 7 种鱼类生活史类型的判断

关于鱼类种群生活史类型,按照 Pirnka (1970)^[12] 和川崎健(1977)^[7]所提出的见解,从三方面来划分。首先,在栖居环境变化而造成较大死亡率方面, *r*-选择种群以①性成熟提早;②生长速度加快;③亲代产生大量子代;④个体小,最大年龄小等策略来取胜于自然选择。而 *K*-选择种群则相反,以①性成熟延迟;②生长速度减慢;③个体大,常有护卵习性;④寿命长等策略来取胜于自然选择。其次,在利用可以获得的物质资源或能量方面, *r*-选择种群着重于提高利用物质或能量的生产率,使它们分配于生殖活动的多,而 *K*-选择种群则着重于提高利用物质或能量的效率,使它们分配于巩固体质的多。第三,在其它方面, *r*-选择种群是①种群大小变化多,平衡较少,常处于低于环境容量的水平,群聚结构简单;集群能力大,每年往往重新集群;②种内、种间竞争有变化,有时较缓和;③食性阶层低;④捕捞对种群变动的影响往往在自然变动的掩盖下不很明显。*K*-选择种群是①种群大小相当稳定,往往处于平衡状态或接近于最大的环境容量,有时呈饱和状态,群聚结构复杂;②种内和种间竞争比较激烈;③食性阶层居于高位;④捕捞引起种群变动的作用明显。

根据 *r*-选择和 *K*-选择的理论,用生态学参数来表达,现把两种鱼类种群类型的假说与生态学参数的关系列于表 3。表 3 说明两个极端的理想生活史类型所具备的非数量性指标可以用生态学参数来表示。

表 3 生活史类型与生态学参数的关系

Tab. 3 Comparison of ecological parameters between fish species having different life history patterns

特征值 Characteristic values	L_{∞}	W_{∞}	K	T_m	T_{\max}	M	GI
<i>r</i> -选择 <i>r</i> -selection	较小	较小	较大	较小	小	大	大
<i>K</i> -选择 <i>K</i> -selection	较大	较大	较小	较大	大	小	小

根据表 2 列出 7 个系列的 7 种生态学参数,相互作回归分析,各系列相关系数的计算结果列于表 4。

从表 4 可以看出,具正相关的有 9 对生态学参数,极显著的正相关除渐近体长 L_{∞} 和渐近体重 W_{∞} 外,还有三对:①生长系数 K 和瞬时自然死亡率 M , 相关系数 $r = 0.954$ ($P > 0.01$);②性腺指数 GI 和生长系数 K , $r = 0.910$ ($P > 0.01$);③性腺指数 GI 和瞬时自然死亡率 M , $r = 0.886$ ($P > 0.01$)。具负相关的有 12 对生态学参数,极显著的负相关有两对:①生长系数 K 和最大年龄 T_{\max} , $r = -0.915$ ($P < -0.01$);②瞬时自然死亡率 M 和最大年龄 T_{\max} , $r = -0.859$ ($P < -0.05$)。上述说明东江 7 种鱼类各参数间的关系与前人研究的结果相一致^[5,8,9],证实这些参数的关系符合 *r*-选择和 *K*-选择理论,可以用这些参数来表达鱼类种群的生活史类型。

表 4 各参数的相关系数值

Tab. 4 Correlation coefficients of various parameters

参数 Parameters	L_∞	W_∞	K	T_m	T_{\max}	M	GI
L_∞	1.000	0.957	-0.653	0.718	0.590	-0.834	-0.552
W_∞		1.000	-0.608	0.634	0.569	-0.764	-0.422
K			1.000	-0.714	-0.915	0.954	0.910
T_m				1.000	0.792	-0.812	-0.721
T_{\max}					1.000	-0.859	-0.840
M						1.000	0.886
GI							1.000

上述 7 个生态学参数中有 6 个参数是通过公式计算出来的, 有一定的误差, 只有性腺指数 GI 是实测值, 数值误差小, 较可靠, 因此以 GI 为基本参数, 同其它参数作相关性比较。费鸿年(1983)^[5]研究广东沿海大陆架鱼类中偏向 r -选择的 11 种鱼类的性腺指数 GI 为 2.5—11.2, 平均 4.88 ± 2.46 ; 而东江 7 种鱼类的性腺指数为 8.2—23.1, 平均 15.19 ± 5.13 , 比广东沿海 11 种鱼类的平均性腺指数大 3.1 倍左右, 因此 GI 是个数值较大的参数, 表示出具有很高的繁殖后代的能力。根据表 4 各参数间的关系, 从各参数与性腺指数相关关系可知, 渐近体长 L_∞ 、渐近体重 W_∞ 、初次生殖年龄 T_m 和最大年龄 T_{\max} 与性腺指数呈负相关, 因此数值较小, 而生长系数 K 和瞬时自然死亡率 M 与性腺指数呈正相关, 因此数值较大。把上述各参数对照表 3, 可以看出东江 7 种鱼类种群偏向 r -选择性, 从相关系数显著性来说, 性腺指数、生长系数和瞬时自然死亡率是判断东江 7 种鱼类生活史类型的主要生态学参数。

平衡产量的估算

研究鱼类种群的生活史类型, 是为了探讨种群在不同捕捞强度或补充鱼的不同大小范围的限制条件下所能取得的产量变化情况。一些学者提出单位补充量的平衡产量, 用以评定种群在不同捕捞强度和不同年龄的产量变化。应用平衡产量模式有个重要前提, 即假定种群与环境处于平衡状态, 在研究的范围内, 任何年龄的瞬时自然死亡率和生长率是恒定的。平衡产量模式有几个。因为本文使用了 Brody-Bertalanffy 生长方程, 有用于计算的现成数据, 因此采用 Beverton 和 Holt 模式。

前面已判断东江 7 种鱼类种群都偏向 r -选择, 现以鲤、鲮和大眼鱥为代表分析 r 型鱼类种群在变更瞬时捕捞率和起捕年龄时的产量变化。具体计算应用里克处理过的 Beverton-Holt 模式^[6]

$$Y = FN_0 e^{-Mr} W_\infty \left(\frac{1}{Z} - \frac{3e^{-Kr}}{Z+K} + \frac{3e^{-2Kr}}{Z+2K} - \frac{e^{-3Kr}}{Z+3K} \right)$$

式中: Y —— 以重量表示的产量

F —— 瞬时捕捞率

N_0 —— 每年达到年龄 t_0 时鱼的个体假设数

M ——瞬时自然死亡率

t_c ——进入渔业的补充年龄

t_0 ——鱼的体长为 0 时的假设性年龄

$r = t_c - t_0$

W_∞ ——渐近体重(这里用公斤作为重量单位)

Z ——瞬时总死亡率

K ——生长系数

用来计算这 3 种鱼平衡产量的特征值列于表 5。

表 5 3 种鱼的特征值

Tab. 5 Characteristics values of three species of fishes

Species	M	t_0	W	K
<i>C. carpio</i>	0.38	-0.0394	19.17	0.1730
<i>C. molitorella</i>	0.31	-0.3624	12.85	0.1167
<i>S. kneri</i>	0.43	-0.6687	4.18	0.1797

假说 t_0 时的个体数 N_0 为 1 000 尾, 分别改变瞬时捕捞率 (F) 和渔业补充年龄 (t_c) 来计算平衡鱼产量。若 t_c 固定在 2 龄, 变更瞬时捕捞率 ($F = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0$), 计算出的产量绘成产量曲线图(图 1); 若把 F 固定在 0.3, 改变进入渔业的补充年龄 ($t_c = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$), 计算出的产量绘成产量曲线图(图 2)。

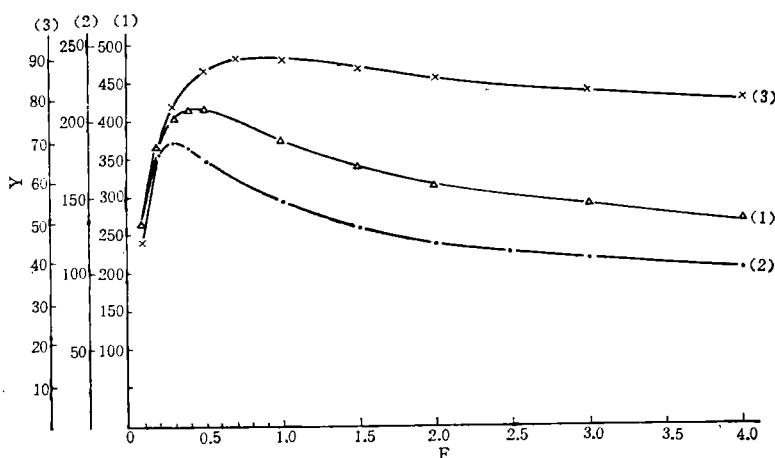


图 1 鲤、鲮、大眼鱥在改变瞬时捕捞率时的产量曲线

Fig. 1 Yield curves of *Cyprinus carpio*, *Cirrhina molitorella* and *Siniperca kneri* when the instantaneous catching mortality is changed

(1) 鲤 *Cyprinus carpio*; (2) 鲮 *Cirrhina molitorella*; (3) 大眼鱥 *Siniperca kneri*

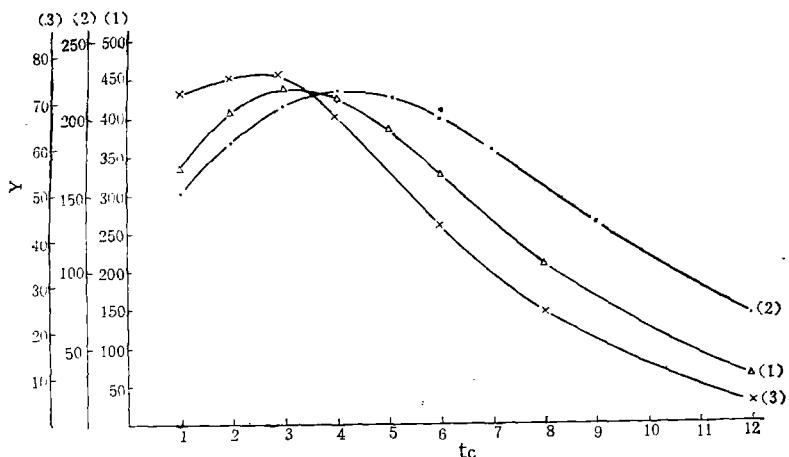


图 2 鲤、鲮、大眼鱥在变更渔业补充年龄时的产量曲线

Fig. 2 Yield curves of *Cyprinus carpio*, *Cirrhina molitorella* and *Siniperca kneri* when the fishery recruit age is changed

(1) 鲤 *Cyprinus carpio*; (2) 鲮 *Cirrhina molitorella*; (3) 大眼鱥 *Siniperca kneri*

从图 1 可知, 在变更瞬时捕捞率的情况下, 这 3 种鱼的产量曲线有些差异。 F 从 0.1 至 0.4, 鲤的产量曲线处于上升位置, 过了 0.4 这一捕捞水平, 产量不再上升, 经历一个不大尖锐的产量高峰后逐渐下降; F 从 0.1 至 0.3, 鲮的产量曲线处于上升位置, 过了 0.3 这一捕捞水平, 产量不再上升, 有个不太尖锐的产量高峰后逐渐下降; F 从 0.1 至 0.7, 大眼鱥的产量曲线处于上升位置, 过了 0.7 这一捕捞水平, 产量不再上升, 而是缓慢地下降。这 3 种鱼的产量曲线呈现了典型的 r 型, 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很明显。如果是 K 型种群, 在低捕捞水平时出现高的产量, 有一个较尖的产量高峰, 在高的捕捞水平时, 产量则急剧下降。

图 2 产量曲线表示, 在一定的捕捞强度下, 鲤和大眼鱥的起捕年龄从 1 龄增至 3 龄, 鱼产量有所提高, 超过 3 龄, 产量明显下降; 鲮则超过 4 龄产量开始下降。这反映出 r 型种群繁殖力强, 提高起捕年龄, 产生后代的密度增大, 密度增大到一定程度, 影响到个体的生长速度, 导致产量下降。

小结和讨论

1. 生态学参数是每种生物或其种群所具有的特定统计量, 用来判断鱼类种群的生活史类型是可行的。不同地区的不同种鱼类各有特定的生态学参数, 因此, 各生态学参数间的相关显著性不同。以东江 7 种鱼类来说, 性腺指数 GI 和生长系数 K 、性腺指数 GI 和瞬时自然死亡率 M 、瞬时自然死亡率 M 和生长系数 K , 这 3 者的相关最显著, 并且性腺指数、瞬时自然死亡率和生长系数都很大, 这 3 项参数是判断东江 7 种鱼类种群偏向 r -选择的主要依据。

由于这一学说处于初创阶段, 数据资料不足, 要确定 r -选择或 K -选择的各生态学参

数的数值标准,目前尚有困难,有待于今后进一步研究解决。

2. 作为偏向 r 型的鱼类种群,从 3 种鱼的产量变化曲线分析,对东江渔业管理提出以下几点认识:

①适当的捕捞强度能取得较高的产量,获得最佳的经济效益,超过一定捕捞水平后继续提高捕捞强度不能增加渔业产量,盲目增加捕捞强度反而引起产量下降,提高生产成本,遭受经济损失。

②在低龄阶段提高起捕年龄可以增加一定的产量,但到达一定年龄后继续提高起捕年龄会引起产量大幅度下降。至于提高起捕年龄的幅度,因不同鱼而异,可以通过不同鱼类的生物研究来确定。

③如果是由于捕捞原因引起种群资源量下降,只要合理控制捕捞强度和起捕年龄,资源容易恢复,并可获取最大持续产量。作者根据东江的鲤和大眼鱥的种群动态以及捕捞情况,曾提出鲤的捕捞强度保持 0.35 左右,起捕年龄定在 2 龄^[1];大眼鱥的捕捞强度保持 0.3 左右,起捕年龄定在 3 龄^[2],可望得到最大持续产量的意见。

参 考 文 献

- [1] 叶富良、陈军, 1986。东江鲤鱼种群动态及其最大持续渔获量的研究。水生生物学报, **10**(2): 105—115。
- [2] 叶富良、陈军、周天柱, 1986。新丰江水库大眼鱥生物学及其最大持续渔获量的初步研究。鱼类学论文集(第 5 辑): 137—150。
- [3] 华东师范大学等, 1981。动物生态学。163—167。人民教育出版社。
- [4] 林特漠, 孙儒泳译 (R. H. 洛-麦康内尔著), 1982。热带鱼类生态学。81—85。科学出版社。
- [5] 费鸿年, 何宝全, 1983。广东大陆架鱼类生态学参数和生活史类型。水产科技文集第 2 集, 6—16。农业出版社。
- [6] 费鸿年, 袁蔚文译 (W. E. 里克著), 1984。鱼类种群生物统计量的计算和解析。175—178。科学出版社。
- [7] 川崎健, 1977。底鱼の个体数变动研究の方法论。水产海洋研究学学会报, **30**: 95—97。
- [8] Adams, P. B., 1980. Life history pattern in marine fishes and their consequences for fisheries management. *Fish. Bull.*, **78**: 1—2.
- [9] Gunderson, D. R., 1980. Using r - k selection theory to predict natural mortality. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **37**: 2266—2271.
- [10] MacArthur, R. and Wilson, E. O., 1967. The theory of Island. Biogeography Princeton Univ Press, Princeton, New Jersey.
- [11] Pauly, D., 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fishstocks. *J. Cons. int. Explor. Mer.*, **39**(2): 175—192.
- [12] Pianka, E. R., 1970. On r and k selection. *Amer. Natur.*, **104**: 592—597.

STUDY ON LIFE-HISTORY PATTERN OF SEVEN FRESHWATER FISHES IN THE DONGJIANG RIVER, GUANGDONG

Yie Fuliang

(*Zhanjiang Fisheries College*)

Abstract

Life history of fishes may be divided into two patterns, i.e. r -selection and K -selection. In this paper, seven ecological parameters, namely, asymptotic body-length (L_∞), asymptotic body-weight (W_∞), growth coefficient (K), instantaneous natural mortality (M), primary reproductive age (T_m), maximum age (T_{max}) and genital gland indices (GI) are used for the analyses of lifehistory patterns of fishes. Seven fishes from Dongjiang River, Guangdong, viz., *Cyprinus carpio* L., *Carassius auratus* L., *Squaliobarbus curriculus* R., *Xenocypris davidi* B., *Cirrhina molitorella* C. et V., *Siniperca kneri* G., *Eleotris oxycephala* T. et S. seem to have their strategy inclined to r -selection and the genital gland indices (GI), instantaneous natural mortality (M) and growth coefficient (K) have been used as the main basis for this opinion.

Equilibrium yield formula is applied to calculate the catch when the instantaneous catching mortality (F) and fishery recruit age (t_e) of a particular fish population are changed. Analysis of catch curves demonstrates that for the fish populations of r -selection, higher catch can be obtained through a moderate increase of fishing strength, yet a reckless increase in fishing effort is harmful. Moreover, fish yield may have a certain increase by raising harvesting age when fishes are young, but fish yield will decline greatly by continuously raising harvesting age after fishes reach a certain age. If the decline is due to catching, fish populations will easily recuperate and the maximum sustained fish yield can be expected as long as harvesting strength and harvesting age are regulated reasonably.

Key words r -selection, genital gland indices, instantaneous natural mortality, growth coefficient