

勒氏笛鲷年龄、生长和生活史类型的研究

陈 刚

(湛江水产学院养殖系, 524025)

摘 要 采用胸鳍部位的鳞片作为研究湛江沿海勒氏笛鲷的年龄鉴定材料。鳞长(R)和体长(L)的关系为 $L = 19.815 \cdot 9 + 63.369 \cdot 6R$ 。用灰色动态生长模型,一般 VBGF 和特殊 VBGF 都可表达体长、体重和年龄的关系,生长模型分别为

$$L_{t+1} = 474.0 - 342.6e^{-0.236t}, W_{t+1} = -1594.4 + 1656.2e^{0.123t},$$

$$L_t = 441.8[1 - e^{-0.3191(t+0.9552)}]^{1/0.643}, W_t = 2539.7[1 - e^{-0.3191(t+0.9552)}]^{3.0651/0.643},$$

$$L_t = 469.8[1 - e^{-0.2425(t+0.3762)}], W_t = 3366.6[1 - e^{-0.2425(t+0.3762)}]^3.$$

根据 r - 选择和 k - 选择的典型特征及渐近体长(L_∞)、渐近体重(W_∞)、生长系数(K)、瞬时自然死亡率(M)、初次生殖年龄(T_m)、最大年龄(T_{max})和种群繁殖力(PF)等 7 个生态学参数值,可以判断勒氏笛鲷偏向 r - 选择。应用平衡产量模式计算改变瞬时捕捞死亡率(F)和渔业补充年龄(t_c)时的产量变化,同样证实勒氏笛鲷偏向 r - 选择。作为渔业管理对策,勒氏笛鲷的捕捞年龄在 3 龄以上,捕捞强度不超过 1.5。在人工饲养条件下,养殖周期 2~3 年。

关键词 勒氏笛鲷, 年龄, 生长, 生活史类型, r - 选择

勒氏笛鲷(*Lutjanus russelli* Bleeker) 是一种近海性鱼类,分布于太平洋、印度洋、非洲东岸等地。其含肉量高,肉味鲜美,深受群众喜爱。在广东、广西、海南沿海一带已作为海水网箱养殖的品种之一,具有一定的经济价值。关于勒氏笛鲷年龄和生长方面的研究未见报导。本文试图通过对勒氏笛鲷的年龄结构、生长特性、生长模型的拟合和生活史类型的论述,为鱼类生长的定量描述、人工增殖、合理利用和保护资源等提供一些有价值的资料。

1 材料与方法

1993 年 11 月至 1995 年 7 月,在湛江市霞山水产市场及硃洲岛向渔民逐月收购勒氏笛鲷标本共 252 条。所有标本均进行常规生物学测定,并取鳞片、背鳍棘、鳃盖骨、脊椎骨、匙骨等材料用于观察年龄特征。鳞片取自胸鳍附近,背鳍与侧线之间,臀鳍上方等部位 10~20 枚,除去粘液,表皮、残留肌肉后用清水洗净保存。观察时,将鳞片夹于两载玻片之间,用解剖镜鉴别年轮。用 JTT 型台式投影仪测量鳞片的鳞径和各年轮的轮径。背鳍棘取第 2、3 根,在距鳍条基部 0.5cm 处截取 2mm 长的截块,磨成 0.2~0.3mm 厚的磨片,夹在载玻片中观察年龄。鳃盖骨、脊椎骨、匙骨剔除残留肌肉后用清水洗净保存备用。

2 结果

2.1 年轮特征和年龄结构

比较观察勒氏笛鲷的鳞片、鳃盖骨、脊椎骨、匙骨和背鳍棘上的年轮特征, 结果只有鳞片和鳍棘磨片上有明显的年轮特征。勒氏笛鲷的鳞片为栉鳞。前区和侧区的环片整体上呈同心圆排列, 有较明显的疏密结构, 在后区和侧区交界处(后侧区)环片排列呈明显的切割现象, 切割处即为年轮。疏密结构和切割往往联成一个完整的年轮圈, 年轮处的环片有时断裂而凌乱, 亦可作为判别年轮的依据。

背鳍棘磨片在解剖镜下, 用透射光观察, 可以清晰地看到宽阔的不透明带(暗带)和狭窄的半透明带(明带), 明带和暗带的交界处即为年轮。鳍棘磨片显示年轮与鳞片上显示年轮吻合率达 85% 以上, 表明用鳞片和鳍棘均可鉴定年龄。

鳞片上有时在一个生长年带内会出现副轮。年轮和副轮的主要区别在于: 年轮形成是有规律的, 轮纹完整, 切割现象两侧对称; 副轮形成是非周期性、无规律的, 轮纹不完整, 切割现象可能一侧有、一侧无。另外, 副轮与年轮之间的轮间距较短, 可以依据年轮间递减的规律来判断副轮和年轮。

2.2 生长特性

2.2.1 体长和鳞径的关系

从勒氏笛鲷各体长组(组距 20mm)的平均体长与其相应的平均年龄作散点图, 得 L_t 与 R 呈直线相关, 说明勒氏笛鲷体长生长和鳞径生长呈正比例关系, 可据鳞径大小来推算以往年份的生长情况, 经计算求得直线回归方程: $L = 19.8159 + 63.3696R$ ($r = 0.9916$)。

从鳞片测得 6 个年龄的平均轮径分别为 1.778、2.869、3.925、4.524、4.976 和 5.810, 代入回归方程可得 1~6 龄鱼推算体长分别为 131.4、199.9、268.2、306.5、336.5 和 369.6mm。推算体长可看成是实足年龄的平均体长。

2.2.2 体长和体重的关系

经点图分析, 勒氏笛鲷的体长与体重呈幂指数关系, 可用 Taylor 公式 $W = aL^b$ 表示。根据各体长组(组距 20mm)的平均体长与其相应的平均体重, 求得关系式为: $W = 1.9817 \times 10^{-5} L^{3.0651}$ ($r = 0.9995$)。

2.2.3 生长参数和生长曲线

用特殊 VBGF 生长模型对勒氏笛鲷的生长进行拟合。其体长、体重的生长方程为: $L_t = L_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]$, $W_t = W_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]^3$ 。用各龄鱼平均体长的推算值, 从直线方程 $L_{t+1} = L_{\infty}(1 - e^{-k}) + e^{-k} \cdot L_t$ 求得渐近体长 $L_{\infty} = 469.8\text{mm}$, 生长系数 $k = 0.2425$ 。根据体长、体重的相关公式, 求得渐近体重 $W_{\infty} = 3366.6\text{g}$ 。从 $\ln(L_{\infty} - L_t) = \ln L_{\infty} + kt_0 - kt$ 求得理论上的体长或体重等于零时的年龄 $t_0 = -0.3762$ 。勒氏笛鲷的体长、体重的生长模型可表达为

$$L_t = 469.8 [1 - e^{-0.2425(t+0.3762)}], W_t = 3366.6 [1 - e^{-0.2425(t+0.3762)}]^3$$

从表 1 可知, 用特殊 VBGF 生长模型算出的理论值与推算值无显著差异, 表明生长方程能表达勒氏笛鲷的生长规律。

表 1 各龄鱼体长、体重计算值和阶段生长

Table 1 The calculated values of body length and body weight at various ages and the growth in stages

年龄(a)	1	2	3	4	5	6	t 检验	
体长 (mm)	理论体长	133.3	205.8	262.6	307.2	342.2	369.7	t= 0.836 4
	推算体长	131.4	199.9	268.2	306.5	336.5	369.6	t _{5,0.05} (双侧)= 2.571
	相对增长率(%)	52.1	34.2	14.3	9.8	9.8		t < t _{0.05} (双侧)
	生长指标	55.1	58.8	35.8	28.6	31.6		
体重 (g)	理论体重	75.6	280.5	585.1	938.3	1 298.3	1 637.8	t= 3.198 4
	推算体重	61.8	223.5	550.5	828.1	1 102.6	1 470.5	t _{5,0.01} (双侧)= 4.032
	相对增长率(%)	261.7	146.3	50.4	33.1	33.4		t < t _{0.01} (双侧)

2.2.4 3 种生长模型对勒氏笛鲷生长的拟合结果

据灰色动态生长模型(GDGM)和一般 VBGF 生长模型参数估计方法,用勒氏笛鲷体长推算值进行计算,得到以上两个拟合方程中的参数估计值,推算值与三个拟合方程的拟合残差平方和以及 VBGF 中可导出的生长拐点年龄。鱼类生长灰色动态模型的推导过程见严朝晖和史为良[1995]的运算。一般 VBGF 中的 D 值按 Pauly[1981]给出的公式计算: $D = b[1 - (0.674 + 0.03571gW_{max})]$ 。式中: b 为体长—体重关系式的指数, W_{max} 为所记录到的最大个体体重(g),我们记录到的勒氏笛鲷最大个体体重为 1 800g,由此求得 D 值为 0.643。灰色动态,一般 VBGF 两个拟合勒氏笛鲷的生长模型如下:

$$\text{灰色动态生长模型: } L_{t+1} = 474.0 - 342.6e^{-0.236t}, W_{t+1} = -1594.4 + 1656.2e^{-0.123t}$$

$$\text{一般 VBGF 生长模型: } L_t = 441.8[1 - e^{-0.319(1+(t+0.9552))}] \frac{1}{0.643},$$

$$W_t = 2539.7[1 - e^{-0.319(1+(t+0.9552))}] \frac{3.0651}{0.643},$$

结合前面讨论的特殊 VBGF 生长模型,勒氏笛鲷三种生长模型的拟合结果见表 2。

表 2 勒氏笛鲷生长的拟合结果

Table 2 Results of fitted back calculated increments for *Lutjanus russelli* by varied growth models

年龄	推算体长 (mm)	GDGM (mm)	特殊 VBGF (mm)	一般 VBGF (mm)	推算体重 (g)	GDGM (g)	特殊 VBGF (g)	一般 VBGF (g)
I	131.3	131.4	133.3	133.9	61.7	61.7	76.9	63.1
II	199.9	203.5	205.1	205.1	223.5	279.5	282.9	234.4
III	268.2	260.4	262.6	263.3	550.5	525.0	588.1	506.9
IV	306.5	305.4	307.2	308.8	828.1	802.7	941.6	829.5
V	336.5	340.8	342.2	343.4	1 102.6	1 116.7	1 301.5	1 153.6
VI	369.6	368.9	369.7	369.4	1 470.5	1 471.8	1 640.7	1 447.3
S ²	—	94.0	102.8	110.2	—	4 631.9	28 968.0	5 171.7

根据特殊 VBGF 的各项参数计算,湛江沿海勒氏笛鲷体长生长曲线不具拐点,随年龄的增加逐渐趋向渐近值。体重生长曲线为不对称的 S 型曲线,生长拐点在 $t_r = t_0 + \ln 3/k = 4.15a$,拐点处的体重为 996.0g(图 1、图 2);依一般 VBGF 计算,湛江沿海勒氏笛鲷体长生长拐点年龄为 $t_r = t_0 - 1/k \ln D = 2.34a$,拐点处的体长为 226.4mm,体重生长拐点年龄为 $t_r = t_0 + 1/k \ln b/D = 3.94a$,拐点处的体重为 827.1g,而 GDGM 模型不具拐点。

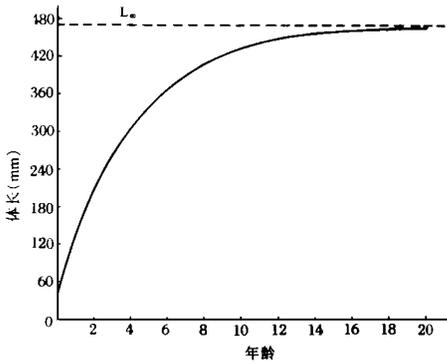


图 1 体长生长曲线

Fig. 1 Growth curve of the body length

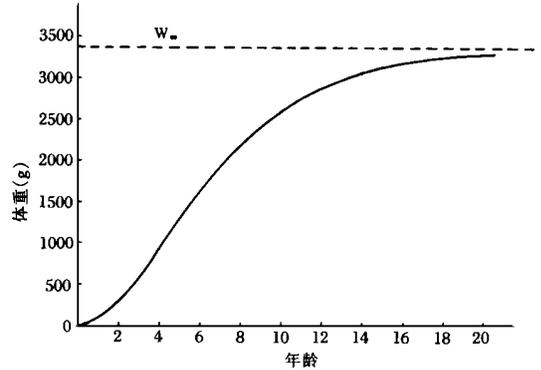


图 2 体重生长曲线

Fig. 2 Growth curve of the body weight

2.3 生活史类型的判断

关于鱼类种群生活史类型的研究不多,根据 r -选择和 k -选择的理论,可以用生态参数来表达。7 个生态学参数及计算方法如下: (1) L_{∞} ——渐近体长,是特殊 VBGF 模型的一个参数,为 46.98 cm。(2) W_{∞} ——渐近体重,是特殊 VBGF 模型的一个参数,为 3366.6 g。(3) k ——生长参数,是特殊 VBGF 模型的一个参数,为 0.242 5。(4) M ——瞬时自然死亡率。这是生态学参数中较难准确计算的一个参数,计算方法很多,因有 L_{∞} 、 k 和水温 T 是现成的数据,因此本文采用 Pauly 提出计算公式 $\log M = -0.0066 - 0.279 \log L_{\infty} + 0.6543 \log k + 0.4634 \log T$ 。式中水温 T 用广东沿海大陆架的年平均水温 21.19℃,经计算, M 为 0.55。(5) T_m ——初次生殖年龄。在各龄的样品中,50% 以上个体有成熟性腺的最低年龄,作为初次生殖年龄。本文为 2 龄。(6) T_{\max} ——最大年龄。因有 k 和 t_0 现成的两个数值,可采用下列模式计算: $T_{\max} = 3/k + t_0$,经计算, T_{\max} 为 11.99 a。(7) PF ——种群繁殖力,用公式 $PF = \frac{p_j}{r^x}$ 得,式中 p 为繁殖周期; j 为初次性成熟年龄; r 为一次产出的卵粒数,作为群体繁殖, r 值较难统计,本文采用绝对怀卵量; x 为生产卵次数,用 $(T - j) / p + 1$ 求得; T 为渔获物中最大年龄。经计算 PF 为 1313.8。

费鸿年和何保全[1983]研究广东沿海大陆架 11 种鱼类的生活史类型,叶富良[1983]研究东江鱼类的生活史类型中指出,从各生态学参数间的相关系数显著性来说,性腺指数(本文用种群繁殖力),生长系数和瞬时自然死亡率是判断鱼类生活史类型的主要生态学参数。广东沿海 11 种鱼类属于偏向 r -选择性,生长系数为 0.16~0.69,平均为 0.3038 ± 0.0693 ;瞬时自然死亡率为 0.22~0.68,平均为 0.39 ± 0.06 。东江 7 种偏向 r -选择鱼类,生长系数为 0.1147~0.2150,平均为 0.1607 ± 0.0388 ,瞬时自然死亡率为 0.31~0.54,平均为 0.41 ± 0.10 。勒氏笛鲷生长系数为 0.242 5,自然瞬时死亡率为 0.55,其参数值超过上述两地区鱼类生态学参数的平均值。种群繁殖力 PF 为 1313.8,表明其繁殖能力是较高的,对照 r - k 型的特征。可看出勒氏笛鲷明显地偏向 r -选择型。

不同生活史类型的鱼类,对捕捞强度有不同的反应。一些学者提出单位补充产量的平衡产量模式,用以探讨种群在不同捕捞强度和不同年龄的产量变化情况。本文使用特殊 VBGF 生长模型,有用以计算的现成数据,故采用里克处理过的 Beverton-Holt 模式:

$$Y = FN_0e^{-Mr}W_\infty\left(\frac{1}{Z} - \frac{3e^{-kr}}{Z+k} + \frac{3e^{-2kr}}{Z+2k} - \frac{e^{-3kr}}{Z+3k}\right)$$

式中: Y ——以重量表示产量; N_0 ——每年达到 t_0 年龄时鱼的个体假设数; F ——瞬时捕捞率; M ——瞬时自然死亡率; t_c ——进入渔业的补充年龄; $r = t_c - t_0$; t_0 ——鱼的体长为零时的假设性年龄; Z ——瞬时总死亡率; W_∞ ——渐近体重; k ——生长系数。

假设 t_0 时个体数为 $N_0 = 1\ 000$ 尾, 分别改变瞬时捕捞率 (F) 和渔业补充年龄 (t_c) 来计算平均产量。把 t_c 定在 2 龄, 变更瞬时捕捞率 (F = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0), 计算出的产量绘成产量曲线 (图 3); 把 (F) 固定 0.2, 改变进入渔业补充年龄 ($t_c = 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0, 10.0$), 计算出的产量绘成产量曲线 (图 4)。

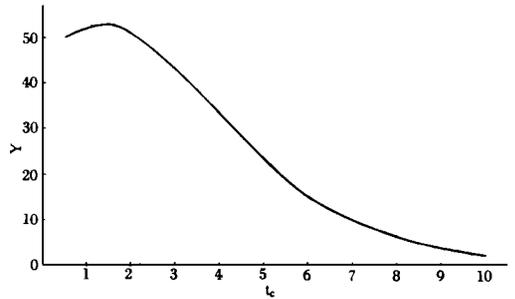
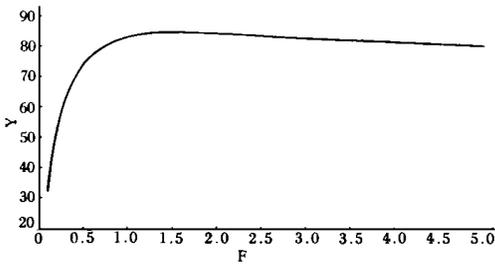


图 3 勒氏笛鲷在改变瞬时捕捞时的产量曲线

图 4 勒氏笛鲷在改变渔业补充年龄时的产量曲线

Fig. 3 Yield curve of *L. russelli* when the instantaneous fishing mortality is changed

Fig. 4 Yield curve of *L. russelli* when the fishing recruit age is changed

从图 3 可知, F 从 0.1 至 1.5, 勒氏笛鲷的产量处于上升位置, 过了 1.5 这一捕捞水平, 产量曲线不再上升, 而是极缓慢下降, 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 4 表示在一定捕捞强度 (F = 0.2) 下, 变更起捕年龄, 从 0.5 龄至 1.5 龄, 产量略有提高, 超过 1.5 龄, 产量很快下降, 这与勒氏笛鲷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

勒氏笛鲷的鳞片和背鳍棘磨片可用于鉴定年龄, 用胸鳍覆盖处的鳞片观察年龄的效果好于其它部位的鳞片。

因为勒氏笛鲷自然死亡率较高, 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 龄时的产量仅为 2 龄的 3/5, 8 龄时的产量仅为 2 龄时的 1/10 强, 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。适当的捕捞强度能取得较高的产量, 获得最佳的经济效益, 超过一定的捕捞水平后盲目提高捕捞强度, 不但不能增加渔业产量, 反而引起产量下降。

根据不同生长方程的分析, 特殊 VBGF 对体长生长的拟合效果好于一般 VBGF, 而一般 VBGF 对体重的拟合效果则好于特殊 VBGF。

从勒氏笛鲷的阶段生长特性可以看出, 1~3 龄鱼生长速度较快, 4 龄开始生长速度减慢, 这与生长方程求出的体重生长拐点(4.15 或 3.94 年)是一致的。通过性腺发育观察, 大部分雄性鱼 2 龄可达到性成熟, 雌性 3 龄才开始性成熟。因此, 过多地捕捞该种鱼的低龄鱼, 势必不利于勒氏笛鲷的繁殖和资源的生长, 作为渔业管理, 天然捕捞应捕 3 龄以上的鱼(最好 4 龄以上), 捕捞强度 F 不超过 1.5。在人工养殖条件下, 养殖周期 2~3 年。

本文承叶富良教授审阅, 并提出宝贵意见, 特此致谢。

参 考 文 献

- 邓聚龙. 1985. 灰色控制系统. 武汉: 华中理工大学出版社. 293~343.
- 邓聚龙. 1990. 灰色系统理论教程. 武汉: 华中理工大学出版社(武汉). 175~264.
- 叶富良. 1983. 东江七种鱼类的生活史类型研究. 水生生物学报, 12(2): 107~115.
- 叶富良等. 1993. 尖头塘鲤 (*Eleotris oxycephala*) 的年龄、生长和生活史类型的研究. 生态学报, 13(1): 51~57.
- 严朝晖, 史为良. 1995. 大伙房水库鲢鳙的生长及生长模型. 水产学报, 19(1): 28~34.
- 费鸿年, 何保全. 1983. 广东大陆架鱼类生态学参数和生活史类型. 水产科技论文集第二集. 北京: 农业出版社. 6~16.
- 里克 W E. 1980. (费鸿年, 袁蔚文译). 鱼类种群生物统计量的计算和解析. 北京: 科学出版社. 153~159.
- Beverton R J H, Holt S J. 1957. On the dynamics of exploited fish population. U K Min Agric Fish Invest (Ser 2), 19: 1~533.
- Pauly D. 1979. Gill size and temperature as governing factors in fish growth: a generalization of von Bertalanffy's growth formula. Ber Inst Meeresk Univ Kiel, 63, 156.
- Pauly D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. J Cons int Explor Mer, 39(2): 175~192.
- Pauly D. 1981. The relationships between gill surface area and growth performance in fish: a generalization of von Bertalanffy's theory of growth. Meeresforsch, 28(4): 215~282.
- Pauly D. 1982. Standing species dynamics in tropical multispecies context. In Pauly D, Murphy G I (ed), Theory and management of tropical fisheries, Conference Proceedings 9, Manila. The Phillipines. 33~70.
- Pianka E R. 1970. On r and K selection. Amer Nat, 104: 592~597.

STUDIES ON AGE, GROWTH AND LIFE-HISTORY PATTERN OF *LUTLANUS RUSSELLI* BLEEKER

CHEN Gang

(Department of Aquaculture, Zhangjiang Fisheries College, 524025)

ABSTRACT The scale under pectoral fin is selected for the age determination material of *Lutianus russelli* in the littoral waters of Zhangjiang. The relationship between the length of the scale (R) and the body length (L , mm) is $L = 19.8159 + 63.3696R$ ($r = 0.9916$). The relationship between body length or body weight (W , g) and age can be described by the grey dynamic growth model (GDGM) and Von Bertalanffy growth equation (VBGF). The growth models are as follows:

$$L_{t+1} = 474.0 - 342.6e^{-0.236t}, W_{t+1} = -1594.4 + 1656.2e^{-0.123t}$$

$$L_t = 441.8 [1 - e^{-0.319 \cdot 1(t + 0.955 \cdot 2)}] \frac{1}{0.643}, W_t = 2539.7 [1 - e^{-0.319 \cdot 1(t + 0.955 \cdot 2)}] \frac{3.065 \cdot 1}{0.643},$$

$$L_t = 469.8 [1 - e^{-0.242 \cdot 5(t + 0.376 \cdot 2)}], W_t = 3366.6 [1 - e^{-0.242 \cdot 5(t + 0.376 \cdot 2)}]^3.$$

According to the typical characteristics of r and k selection and the given values of 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 population fecundity (PF), it is concluded that the life-history pattern of *L. russelli* tends to r-selection. Equilibrium yield model is applied to calculate the fish yield. When the instantaneous fishing mortality (F) is changed, the yield curve has a weaker peak at relatively low value of F, and beyond the value of F, the yield increases to a maximum value at $t_c = 1.5$ years and then decreases greatly with raising t_c . Analysis of yield curves also demonstrates that the life-history pattern inclines to r-selection. As a strategy of fishery management, the harvesting age can be decided above three years of age, the strength of fishing can not be more than 1.5. Under the condition of artificial raise, the cycle of cultivation can be determined at two to three years of age.

KEYWORDS *Lutjanus russelli*, Age, Growth, Life history pattern, R-selection