

台湾海峡中北部海域刺鲷种群生态学参数 及其变动趋势

杜建国^{1,2}, 卢振彬³, 陈明茹¹, 杨圣云¹, 陈 骁¹

(1. 厦门大学海洋学系、生物资源开发与保护福建省重点实验室, 福建 厦门 361005;

2. 国家海洋局第三海洋研究所, 福建 厦门 361005;

3. 福建省水产研究所, 福建 厦门 361012)

摘要: 以 2001 ~ 2002 年周年逐月采集台湾海峡中北部单拖渔船渔获的刺鲷样品 578 尾, 进行群体结构和生长与死亡关系的研究, 与 1982 ~ 1984 年渔获群体结构进行了比较, 并结合 1995 ~ 2008 年渔业投入量和产出量的变化, 探讨其种群变化趋势及管理策略. 结果表明: 2001 ~ 2002 年刺鲷群体的 L 值为 238.17 mm, W 值为 506.31 g, k 值为 0.338 3, t_0 值为 -0.953 4a, t_r 值为 2.146 2a, 总死亡系数为 2.364 1, 自然死亡系数为 0.841 5, 捕捞死亡系数为 1.523 0. 与 1982 ~ 1984 年相比, 渔获群体发生了个体小型化、结构低龄化、性成熟提早等生态学变化. 这些变化与该渔场自 1993 年以来不断加大捕捞的投入和渔获量的产出且大量捕杀幼鱼, 开发比率高达 0.644 1, 处于过度开发有关. 因此必须强化对渔业资源的管理, 同时实施最小可捕叉长为 126.19 mm 和最小可捕体重为 58.81 g 的管理制度, 使该海域渔业资源得以恢复, 实现渔业的可持续发展.

关键词: 海洋生物学; 刺鲷; 群体结构; 生长; 死亡; 种群动态; 台湾海峡

DOI 10.3969/J. ISSN. 1000-8160. 2010. 02. 013

中图分类号: S 931.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-8160(2010)02-0234-07

刺鲷 (*Psenopsis anomala*) 属近海暖水性底层鱼类, 是刺网、底拖网和定置网渔船的捕捞对象. 2000 ~ 2001 年台湾海峡中北部即闽中渔场周年渔获物的调查资料显示, 刺鲷占单拖总渔获量的 1.07%, 占定置网总渔获量的 0.21% (m/m).

有关刺鲷的研究, 至今已有对福建闽中渔场刺鲷的生物量时空分布, 渔获群体包括叉长、体重的组成与结构, 性腺成熟度和摄食强度的季节变化, 东海刺鲷生长、死亡和资源及其利用现状^[1-2], 东海北部、黄海南部刺鲷的资源状况^[3], 南沙群岛西南陆架区刺鲷资源状况^[4]和南海北部刺鲷资源变动趋势^[5]等方面的研究报道. 但目前尚未见有关台湾海峡中北部, 即闽中渔场刺鲷生长与死亡及其资源变动的研究报道. 本工作以 2001 ~ 2002 年周年逐月从闽中渔场单船拖网渔船的渔获物中随机采集的刺鲷样品, 研究其群体组成与结构、生长与死亡等参数, 并确定最佳捕捞规格和最小可捕标准, 以为海洋与渔业管理部门提供参考意见, 使渔业资源有较明显的恢复.

1 材料与方 法

1.1 群体结构测定

2001 ~ 2002 年从闽中渔场 (24°30' ~ 26°00' N, 118°30' ~ 121°30' E) 单拖渔船的渔获物中随机采集 578 尾刺鲷样品, 测量其叉长和体重. 其中每批选取 25 ~ 35 尾刺鲷, 共计 361 尾样品, 解剖其耳石并在 6 × 10 倍的双筒解剖镜下进行年龄鉴定, 同时测量轮径和耳石半径. 轮径和半径分别为耳石中心至年轮外缘和肩区外缘的距离, 二者在同一直线上测量.

收稿日期: 2009-07-07

基金项目: 福建省 908 专项资助项目 (FJ908-02-01-08)

作者简介: 杜建国 (1981 ~), 男, 博士; E-mail: dujianguo999@gmail.com

通讯作者: 陈明茹 (1968 ~), 女, 副教授; E-mail: cmingru@hotmail.com

1.2 种群生态学参数计算

- 1.2.1 生长参数 根据 von Batalanffy 生长方程^[6], 计算刺鲳的渐近叉长 L (cm)、渐近体重 W (g)、生长速率 k 、理论叉长为零时的年龄 t_0 和体重生长拐点 t_r .
- 1.2.2 残存率 S 根据渔获物的年龄组成与结构, 采用 $S = (N_1 + N_2 + \dots + N_i) / (N_0 + N_1 + \dots + N_{i-1})^{1/7}$ 和 $S = t / [N + (t-1)^{1/8}]$ 计算 (其中 $t = N_1 + 2N_2 + 3N_3 + \dots + N_i$, $N = N_0 + N_1 + N_2 + \dots + N_i$, N_0 为第一标码的年龄尾数, N_1 为第二标码的年龄尾数, 以下依次类推), 取二者的平均值.
- 1.2.3 总死亡系数 Z 根据 $Z = -\ln S^{1/6}$ 计算.
- 1.2.4 自然死亡系数 M 根据 $\ln M = -0.0066 - 0.279 \ln L + 0.6543 \ln k + 0.4634 \ln T$ 式^[9] 计算. 其中, 渐近叉长 L 和渔场平均水温 T 的单位分别为 cm 和 $^{\circ}\text{C}$.
- 1.2.5 捕捞死亡系数 F 根据 $F = Z - M$ 计算.
- 1.2.6 开发比率 E 根据 $E = F/Z$ 计算.
- 1.2.7 最佳开捕年龄 t 根据 $t = [k t_0 - \ln M + \ln(3k + M)] / k$ 式^[10] 计算, 然后分别将 t 代入 von Batalanffy 体重和叉长生长方程, 计算最佳捕捞体重和最佳捕捞叉长.
- 1.2.8 最小可捕体重 W_R 根据 $W_R = E \bar{W}$ 式^[11] 计算.
- 1.2.9 最小可捕叉长 L_R 根据 $L_R = \bar{L}(E)^{1/b}$ 式^[12] 计算. 其中 \bar{L} 为渔获平均叉长, b 为叉长与体重关系的幂指数.

2 结果

2.1 群体结构

表 1 为台湾海峡中北部刺鲳群体叉长、体重和年龄的组成与结构. 因进行年龄鉴定的样品数仅为总样品数的 62.46%, 为保证年龄组成与结构的真实性, 本文中年龄组成与结构的数据由各年龄组的叉长分布频率和所有样品的叉长进行换算而得.

表 1 台湾海峡中北部海域刺鲳的群体结构

Tab 1 Population structure of *Psenopsis anomala* from the middle and northern Taiwan Strait

叉长 /mm			体重 /g			年龄 /a					
范围	优势组	平均值	范围	优势组	平均值	0	1	2	3	4	平均值
49~201	141~170	147.22	5~240	71~110	91.31	108	195	250	21	4	1.40

2.2 生长参数

2.2.1 叉长与耳石半径的关系 对台湾海峡中北部海域刺鲳群体的叉长 (L) 与耳石半径 (R) 作相关性分析, 二者的关系式为 $L = 31.42 + 4.3254R$ ($n = 361$, $r = 0.9633$, $F = 4.623 > F_{300, 0.01} = 6.72$), 呈线性关系.

2.2.2 逆算叉长和实测叉长 根据 Lee 的正比例修正式 $L_n = (r_n/R)(L - a) + a$ 逆算刺鲳年轮的叉长. 表 2 列出其平均逆算叉长和实测叉长, 二者比较接近.

表 2 台湾海峡中北部海域刺鲳种群的实测叉长和逆算叉长

Tab 2 Experimental and back-calculated fork length of *Psenopsis anomala* from the middle and northern Taiwan Strait

年龄组 /a	1	2	3	4
平均实测叉长 /mm	116.5	152.1	174.9	195.3
平均逆算叉长 /mm	115.1	150.6	175.3	193.6

2.2.3 体重与叉长的关系 体重与叉长关系式为 $W = 8.3509 \times 10^{-5} L^{2.8536}$ ($n = 578$, $r = 0.9658$, $F = 7.991 > F_{500, 0.01} = 6.69$), 二者呈幂指数关系.

2.2.4 生长方程 台湾海峡中北部海域刺鲳种群的体重与叉长的幂指数 b 为 2.8536, 接近 3; 渐近体重 W 为 506.31 g, 渐近叉长 L 为 238.17 mm, 生长速率 k 为 0.3383, 理论叉长为 0 时的年龄 t_0 为 -0.9534a, 体重生长拐点 t_r 为 2.1462a. 体重和叉长生长方程分别为 $L_t = 238.17 / [1 - e^{-0.3383(t+0.9534)}]$, $W_t = 506.31 / [1 - e^{-0.3383(t+0.9534)}]^2$. 另外, 由表 3 可以看出, 根据生长方程计算出的刺鲳的理论叉长和理论体重均接近于相对应的逆算叉长和逆算体重.

表 3 台湾海峡中北部海域刺鲳种群的理论计算叉长和逆算叉长、理论计算体重和逆算体重

Tab 3 Theoretical-calculated and back-calculated fork length and body weight of *Psenopsis anomala* from the middle and northern Taiwan Strait

年龄组 /a	1	2	3	4
理论计算叉长 /mm	115.2	150.5	175.6	193.6
逆算叉长 /mm	115.1	150.6	175.3	193.6
理论计算体重 /g	65.7	136.6	212.2	280.3
逆算体重 /g	63.6	135.9	210.1	276.4

2.2.5 生长变化特征 台湾海峡中北部海域刺鲳的种群叉长和体重的生长速度方程、生长加速度方程分别为:

$$dL/dt = 80.57e^{-0.3383(t+0.9534)}$$

$$dW/dt = 488.78e^{-0.3383(t+0.9534)} [1 - e^{-0.3383(t+0.9534)}]^1.8536$$

$$d^2L/dt^2 = -27.26e^{-0.3383(t+0.9534)}$$

$$d^2W/dt^2 = 165.35e^{-0.3383(t+0.9534)} [1 - e^{-0.3383(t+0.9534)}]^{0.8536} [2.8536e^{-0.3383(t+0.9534)} - 1]$$

图 1、2 分别是台湾海峡中北部刺鲳种群叉长和体重的生长速度曲线、生长加速度曲线. 由图中可以看出, 刺鲳的叉长生长速度随年龄增加而减小直至趋于 0. 刺鲳体重生长速度曲线是一条抛物线: $t < 2.1462a$ 时, 体重随年龄增加而递增; $t = 2.1462a$ 时 (拐点, 其体重 $W_r = 0.292W$), 体重增加速度达到最大; 当 $t > 2.1462a$, 体重生长速度随年龄的增加而递减. 其拐点叉长为 154.71 mm, 与初次性成熟叉长组 150~160 mm 比较相近, 说明台湾海峡中北部海域刺鲳性成熟后体重增长减缓.

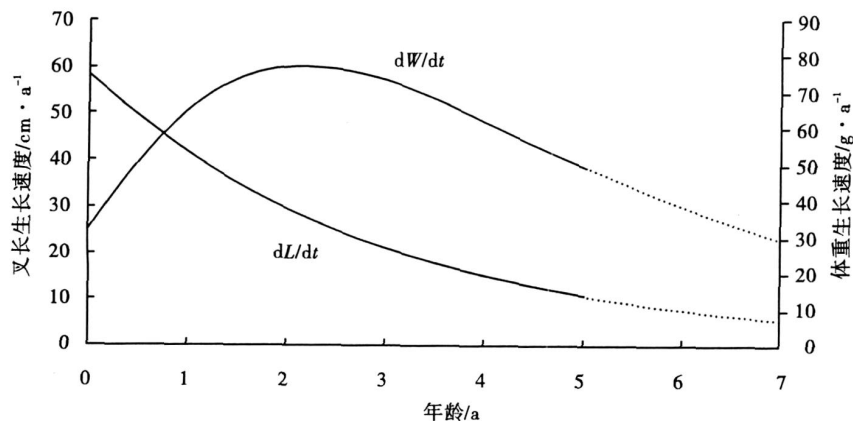


图1 刺鲳叉长和体重的生长速度曲线

Fig.1 Growth rate of fork length and body weight of *P. anomala*

在拐点前 ($t < 2.1462a$), 体重生长加速度为正值, 体重生长速度处于递增阶段, 但递增的速度却逐渐减

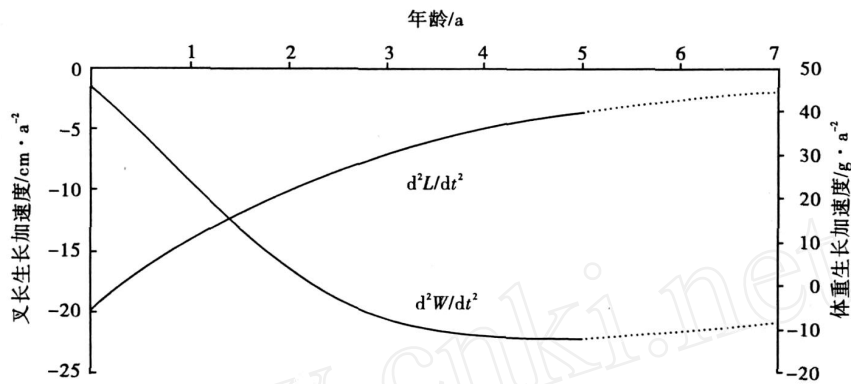


图2 刺鲳叉长和体重的生长加速度曲线

Fig.2 Acceleration curve of fork length and body weight of *P. anomala*

小. 在拐点处 ($t=2.1462a$), 体重生长速度最大, 体重生长加速度为 0 在拐点后 ($t>2.1462a$), 体重生长加速度为负值, 生长速度处于递减阶段. 当 $t=4.5a$ 时, 体重生长加速度达到最小, 体重增长速度开始明显下降, 刺鲳进入生长的衰滞阶段. 因此, 台湾海峡中北部的刺鲳生命旺盛期为 $4.5a$

2.3 死亡特征

表 4 为台湾海峡中北部刺鲳种群的死亡参数. 以表 1 的年龄组成和结构, 采用 Heincke 和 Robson 经验公式^[7-8] 计算出刺鲳种群的残存率分别为 0.0923 和 0.0957. 然后再根据残存率依次计算出刺鲳的总死亡系数、自然死亡系数、捕捞死亡系数和开发比率分别为 2.3645、0.8415、1.5230 和 0.6441.

表 4 台湾海峡中北部海域刺鲳种群的死亡特征

Tab 4 Mortality and characteristic of *Psenopsis anomala* from the middle and northern Taiwan Strait

残存率	总死亡系数	自然死亡系数	捕捞死亡系数	开发比率
0.0940	2.3645	0.8415	1.5230	0.6441

3 讨论

3.1 种群变动

把 2001~2002 年同期的群体结构测定结果与 1982~1984 年周年调查中的 7~9 月对单拖渔船渔获的刺鲳群体结构的测定结果^[13] 进行比较, 结果见表 5. 由于 1982~1984 年个体长度以体长 (L_b) 表示, 而 2002 年的个体长度以叉长表示, 为了便于比较, 本文以 2002 年测定的 50 尾刺鲳叉长和体长的资料, 求得叉长与体长的关系式: $L=0.1811+1.1340L_b$, 将 1982 年的体长换算为叉长. 因为 1982 年的数据中无年龄组成和群体结构资料, 本文以 2002 年各年龄组的叉长分布频率来换算 1982 年的年龄组成和群体结构 (表 5). 比较结果表明, 2002 年渔获群体的最大叉长与平均叉长、最大体重与平均体重、最大年龄与平均年龄均较 1982 年同期的明显减小, 群体结构已向个体小型化和低龄化转变, 雌性初次性成熟叉长也缩小了. 这与该渔场上个世纪 90 年代以来投入过大的捕捞力量, 尤其底层拖网渔船捕捞力量急速加大有直接的关系. 另外, 从表 4 可见, 刺鲳种群的捕捞死亡系数较高, 开发比率高达 0.6441, 呈现出捕捞过度、资源衰退的态势.

影响鱼类种群数量变动的原因有很多, 其中捕捞是主要原因之一. 在适当的捕捞强度下, 鱼类种群数量的减少部分与补充部分处于平衡状态, 而过度的捕捞则使减少的部分与补充的部分失去平衡, 种群数量因而大幅下降, 资源遭到破坏. 捕捞强度越大资源减少得越多, 较高龄的鱼类资源减少尤为明显, 并由此缓和了食物的竞争, 个体较小的鱼类加快了生长^[6], 从而导致种群生态学参数发生变化. 这是种群对自然环境的激烈变化和人类强烈捕捞所采取的生态对策. 该渔场刺鲳所发生的群体结构变化主要是由捕捞过度引起的.

表 5 台湾海峡中北部海域刺鲳种群的结构变化

Tab 5 Changes of population structure of *Psenopsis anomala* from the middle and northern Taiwan Strait

年份	叉长 /mm			体重 /g			年龄 /a			初次性成熟 最小叉长	
	范围	优势组	平均值	范围	优势组	平均值	范围	优势组	平均值	雌	雄
1982 ^[13]	114~246	131~170	150.5	40~320	51~150	93.7	0~5	1~2	1.5	169	139
2002	107~195	131~170	147.2	40~175	51~110	91.3	0~4	1~2	1.4	162	140

据研究,本渔场鱼类资源年生产量为 41.14×10^4 t,最大可持续开发量为 25.32×10^4 t,最大可持续捕捞力量为 3 678艘标准拖网渔船^[14]。其中底层和近底层鱼类资源年生产量为 15.83×10^4 t,最大可持续开发量为 9.42×10^4 t^[14]。然而,1995~2008年间,实际的年渔获量连续 14a超过了估算的最大可持续开发量,分别达 27.00×10^4 ~ 40.01×10^4 t自 1993年以来年投入的实际捕捞力量分别达 3 738~6 646艘标准拖网渔船,已经连续 16a超过了最大可持续捕捞力量。近年来,虽然投入的捕捞力量和渔获量都有所降低,但捕捞力量和渔获量仍出现“双超”的局面。因此,必须采取有效措施,进一步实施捕捞力量和渔获量“负增长”的策略,实行捕捞力量和渔获量的双裁减,即在 2008年实际数的基础上,分别削减 1 418艘标准拖网渔船的捕捞力量(27.83%)和 5.36×10^4 t的渔获量(17.48%)。实施“负增长”若干年后,当渔获量恢复到最大可持续开发量时,再实施“零增长”制度。只有先实施“负增长”,后实施“零增长”,包括刺鲳在内的渔业资源才能得到有效地恢复。

3.2 最佳捕捞规格和最小可捕标准

从经济效益角度考虑,当捕捞达到临界年龄的群体时鱼类资源的利用率达到最佳,即当鱼体生长到临界年龄时进行捕捞,可获得最高的经济效益。然而,迄今还没有一种捕捞作业类型具有对处于临界年龄的群体进行筛选捕捞的功能,而且临界年龄以上的群体在种群中的比例很小,捕捞者得不到理想的经济效益。但是大量捕捞幼鱼,对资源造成了严重的破坏。为了解决这一问题,Allen(1953)提出了最佳最小捕捞规格策略^[11],既维护了捕捞者的利益,又不对资源造成大的破坏。表 6中台湾海峡中北部刺鲳种群的临界叉长(最佳捕捞叉长)和临界体重(最佳捕捞体重)由袁蔚文(1989)的公式^[10]计算,最小可捕体重由 Allen的公式^[11]计算,最小可捕叉长由徐旭才(1988)公式^[12]计算。可见,刺鲳最佳捕捞叉长和最小可捕叉长分别为 130.21 mm和 126.19 mm,最佳捕捞体重和最小可捕体重分别为 90.38 g和 58.81 g

表 6 台湾海峡中北部海域刺鲳种群的最佳捕捞规格和最小可捕参数

Tab 6 Optimum fishing size and minimum capture parameters of *Psenopsis anomala* from the middle and northern Taiwan Strait

临界年龄 /a	最佳捕捞叉长 /mm	最佳捕捞体重 /g	最小可捕叉长 /mm	最小可捕体重 /g
1.3854	130.21	90.38	126.19	58.81

2001~2002年测定的渔获样品中最小可捕叉长以下的个体占 21.75%,这对幼鱼的损害相当大。因此渔业管理部门应制定相关法规,以便开展实质性的有效管理,如放大渔具的网目、避开在幼鱼集结的海区作业,或者当渔获物中小于可捕标准的比例较大时停止作业等。

1979年,福建省人民政府颁布了《福建省水产资源繁殖保护实施细则暂行规定》,确定了重点保护的种类及其最小可捕标准。经过近 30a的实施,该规定对资源管理起了一定的积极作用。但是,当时规定的重点保护对象仅有大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)、小黄鱼(*Pseudosciaena polyactis*)、石斑鱼(*Epinephelus*)和马鲛鱼(*Scorpaenopsis*)等 30多种,也仅制定了其中大黄鱼、带鱼(*Trichiurus haumela*)、金色小沙丁鱼(*Sardinella aurita*)、二长棘鲷(*Parargyrops edita*)、蓝圆鲹(*Decapterus muanadsi*)和脂眼鲱(*Etmopterus micropus*)等 6种鱼类的最小可捕标准,且只规定了最小可捕体重,而没有规定最小可捕体长,这对渔政执法检查存在着不便之处。鉴于福建海区渔业资源已经发生明显变化,资源结构也有较大变化,包括刺鲳在内的许多重要经济鱼类资源

严重衰退,以前在渔获物中的次要种类已成为现在的主要种类,而过去的规定已经不能满足对现有资源管理的需要,必须增加对现今主要捕捞种群的最小可捕标准的规定.同时,对已经规定的种群最小可捕标准,也应根据其种群生态学参数的变化,适时进行最小可捕标准的修正,以适应变化后的资源管理和保护的需

参考文献:

- [1] 胡芬, 严利平, 李圣法. 东海区刺鲷生长、死亡及资源利用状况评价 [J]. 水产学报, 2006, 30(5): 662-668
- [2] 胡芬, 严利平. 东海刺鲷资源状况及数量分布 [J]. 海洋渔业, 2006, 28(2): 99-104
- [3] 陈卫平, 薄治礼. 东海北部、黄海南部刺鲷的资源状况 [J]. 浙江海洋学院学报, 2005, 24(3): 217-220
- [4] 黄梓荣, 陈作志. 南沙群岛西南陆架区刺鲷资源状况的研究 [J]. 大连水产学院学报, 2006, 21(1): 37-41
- [5] 林昭进. 南海北部刺鲷的资源变动趋势 [J]. 南海水产研究, 2002, 24(6): 36-39
- [6] 詹秉义. 渔业资源评估 [M]. 北京: 农业出版社, 1995.
- [7] Heincke F. Investigations on the plaice, general report I. plaice fishery and protective regulations Part I [J]. Rapp P-V Reun Cons Int Exp BrMer, 1913, 17A: 1-153
- [8] Robson D S, Chpmna D G. Catch curves and mortality rates [J]. Trans Am Fish Soc, 1961, 90: 181-189
- [9] Pauly D. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks [J]. J Con, 1980, 39: 175-192
- [10] 袁蔚文. 南海北部主要经济鱼类的生长方程和临界年龄 [C] // 中国水产科学研究院南海水产研究所. 南海水产研究文集 (1). 广州: 广东科技出版社, 1989.
- [11] Allen K R. A method for computing the optimum size-limit for a fishery [J]. Nature, 1953, 1038: 172-210
- [12] 徐旭才, 张其永. 闽南台湾浅滩渔场多齿蛇鲷种群年龄和生长 [J]. 台湾海峡, 1988, 7(3): 256-263
- [13] 福建省水产研究所. 闽中渔场渔业资源调查报告 [R]. 厦门: 福建省水产研究所, 1985.
- [14] 卢振彬, 李雪丁. 台湾海峡中北部不同生态类群的鱼类资源生产量 [J]. 科学研究月刊, 2006, 20(8): 69-74.

Changes in ecological parameters and resources of Japanese butterflyfish, *Psenopsis anomala*, in the middle and northern Taiwan Strait

DU Jian-guo^{1, 2}, LU Zhen-bin³, CHEN Ming-ru¹, YANG Sheng-yun¹, CHEN Xiao¹

(1. Department of Oceanography, Key Laboratory for Exploitation and Conservation of Biological Resources of Fujian Province, Xiamen University, Xiamen 361005, China;

2. Third Institute of Oceanography, SOA, Xiamen 361005, China;

3. Fisheries Research Institute of Fujian, Xiamen 361012, China)

Abstract Biological data were recorded for 578 individuals of *Psenopsis anomala* collected using a single boat trawl in the middle and northern Taiwan Strait between 2001 and 2002. The population structure, growth parameters and mortality were studied and compared with previous studies from 1982 and 1984 and the total fisheries capture from 1995 to 2008. Trends in the population structure of *P. anomala* and possible management steps are discussed. The growth parameters of *P. anomala* were: $L_{\infty} = 238.17$ mm, $W_{\infty} = 506.31$ g, $k = 0.3383$, $t_0 = -0.9534$ a (t_0 is the age when the theoretical fork length is 0), $t_r = 2.1462$ a (t_r is the age of the inflexion point of body weight growth), the rates of total mortality, natural mortality and fishing mortality were found to be 2.3641, 0.8415 and 1.5230, respectively, and the exploitation rate was 0.6441. When compared with the population structure of stocks from 1982 and 1984 it was evident that current adults mature early and have fast growth and are thus smaller and younger than in previous years. These changes may be caused by enhanced input-output of fishing in this area and overfishing with heavy exploitation of juvenile *P. anomala* (with an exploitation rate as high as 0.6441) since

1993. Therefore, it is suggested that the minimum capture fork length and body weight were should be 126.19 mm and 58.81 g, respectively and at the same time protection and management of fish resources should be intensified to restore this fishery and achieve sustainability.

Key words: marine biology; *Psenopsis anomala*; population structure; growth; mortality; population dynamic; Taiwan Strait

DOI 10.3969/J. ISSN. 1000-8160. 2010. 02. 013

www.cnki.net (责任编辑:郭水伙)