

闽浙近海金色小沙丁鱼种群的初步研究*

杨圣云 丘书院

(厦门大学海洋系, 361005)

摘 要 通过对闽南—台湾浅滩渔场, 浙江近海渔场金色小沙丁鱼形态计数性状, 量度性状特征差异的比较, 并结合生物学、产卵场、洄游以及海洋环境条件等综合分析, 研究结果表明闽浙近海的金色小沙丁鱼群体分别属于闽南—台湾浅滩地方种群和东海地方种群。本章还讨论了两个海域金色小沙丁鱼的分布。

关键词 闽南—台湾浅滩, 浙江近海, 金色小沙丁鱼, 种群

金色小沙丁鱼(*Sardinella aurita*) 为广泛分布于三大洋的热带和亚热带的中上层鱼类, 在西太平洋, 北起日本南部, 经我国东南沿海至菲律宾皆有分布。在中国近海, 主要分布在长江口以南, 产量尤以闽南, 粤东近海和北部湾较大。在我国近海渔业资源中, 底层鱼类资源已遭严重破坏, 只有中上层鱼类尚有一定潜力。闽南—台湾浅滩渔场中上层鱼类渔获量近年稳定在 18—20 万吨左右, 金色小沙丁鱼是最主要的渔获物之一, 最高年产量曾达 2 万吨^[1]。浙江近海的鲱鲹鱼类产量最近也有一定的增长, 其中包括金色小沙丁鱼。

探讨鱼类资源的数量变动规律, 首先要查明种群的分化和地理生态变异。有关金色小沙丁鱼的种群问题, 台湾海峡南北部索饵群体的研究及一些调查报告中已有涉及^[4,9], 浙江近海的金色小沙丁鱼研究甚少^[7]。本文以闽南—台湾浅滩渔场和浙江近海金色小沙丁鱼群体为研究对象, 通过计数性状, 量度性状的差异比较, 结合鱼类生物学特征和海洋环境条件进行综合分析, 对两个海区的金色小沙丁鱼群体进行鉴别, 希望能为该鱼种的资源合理利用和渔业管理提供科学依据。

材 料 和 方 法

1990 年 4 月和 1990 年 9 月分别于闽南—台湾浅滩渔场灯光围网和浙江舟山渔场围网渔获物中采集金色小沙丁鱼标本 212 尾。其中浙江近海 102 尾, 闽南—台湾浅滩渔场 110 尾。参照 Simpson and Roe 的种群取样限度表, 50~100 尾样品已合乎理想^[10]。由于浙江近海每年皆没有捕捞生殖群体, 故只能采集幼鱼索饵群体。在闽南—台湾浅滩渔场采集的是生殖群体样品, 样品皆为随机取样所得, 用 10% 福尔马林溶液保存, 尽量保持鱼体原形和内脏完整。

计数性状的测定项目有: 腹椎骨数, 尾椎骨数, 背鳍鳍条数, 左、右胸鳍鳍条数, 左、右

* 国家教委博士点专项基金资助项目本文承张其永教授审阅, 浙江省海洋水产研究所宋海棠副研究员协助采集标本, 谨致谢忱。

收稿年月: 1992 年 10 月; 1993 年 1 月修改。

腹鳍鳍条数,臀鳍鳍条数。量度性状测定项目有:头长,吻长,眼间隔,眼径,叉长,尾柄长,体重,纯体重等。为避免差错和较大误差,采取逐尾逐项进行核对,通过重复计数和测量取得各项形态性状资料。

一般认为鉴别鱼类种群使用计数性状更可靠,故我们着重对计数性状进行差异比较和综合分析,而在量度性状中,仅就叉长/尾柄长、叉长/头长、头长/吻长、头长/眼间隔及头长/眼径作差异分析,数据统计和分析在 IBM、PC/XT 计算机上进行。

结 果

(一) 形态性状(计数性状和量度性状—表 1)

1. 脊椎骨数 浙江近海渔场群体的脊椎骨数为 45—48,个别 49;腹椎骨数 16—20,个别 21;尾椎骨数 27—31。闽南—台湾浅滩群体脊椎骨数为 45—48;腹椎骨数 16—19;尾椎骨数 26—31;两群体脊椎骨数中心分布相差 0.49,浙江近海群体稍多。

表 1 金色小沙丁鱼形态性状

Table 1 The morphologic characters in stocks of *Sardinella aurita*

形态性状	浙江近海群体		闽南—台湾浅滩群体	
	$M \pm m$	S_x	$M \pm m$	S_x
脊椎骨数	46.63 ± 0.1079	1.0790	46.14 ± 0.0932	0.9323
腹椎骨数	18.23 ± 0.1294	1.2938	17.92 ± 0.0918	0.9176
尾椎骨数	28.57 ± 0.1277	1.2765	28.13 ± 0.1012	1.0116
背鳍鳍条数	18.06 ± 0.0371	0.3712	17.96 ± 0.0663	0.6655
臀鳍鳍条数	16.92 ± 0.0950	0.9501	16.25 ± 0.0783	0.7833
左胸鳍鳍条数	16.60 ± 0.0586	0.5860	16.08 ± 0.0581	0.5805
右胸鳍鳍条数	16.54 ± 0.0642	0.6423	16.00 ± 0.0512	0.5123
左腹鳍鳍条数	9.00 ± 0.0000	0.0000	9.00 ± 0.0000	0.0000
右腹鳍鳍条数	9.00 ± 0.0000	0.0000	9.00 ± 0.0000	0.0000
叉长/尾柄长	14.67 ± 0.1598	1.5978	15.39 ± 0.1362	1.3620
叉长/头长	4.51 ± 0.0166	0.1511	4.52 ± 0.0098	0.0985
头长/吻长	3.31 ± 0.0233	0.1680	3.31 ± 0.0167	0.1673
头长/眼径	4.37 ± 0.0219	0.2330	4.45 ± 0.0136	0.1360
头长/眼间隔	4.21 ± 0.0210	0.2101	4.31 ± 0.0249	0.2487
样品数	102		110	

2. 左、右胸鳍鳍条数 浙江近海群体左、右胸鳍鳍条数为 16—18,个别 15;闽南—台湾浅滩群体为 15—17。两群体左胸鳍鳍条数中心分布相差 0.52。右胸鳍鳍条数中心分布相差 0.54,浙江近海群体稍多。

3. 背鳍鳍条数 浙江近海群体背鳍鳍条数为 17—19,闽南—台湾浅滩群体也是 17—19,两群体中心分布相差 0.10。

4. 臀鳍鳍条数 浙江近海群体和闽南—台湾浅滩渔场群体臀鳍鳍条数都是 15—18,两者中心分布相差 0.67,前者稍多。

5. 腹鳍鳍条数 腹鳍鳍条数很稳定,浙江近海和闽南—台湾浅滩群体都是 9。

上述各计数特征频数分布统计数据见表 2。

6. 量度性状 浙江近海群体和闽南—台湾浅滩群体叉长/尾柄长的平均值相差 0.2422, 叉长/头长相差 0.0361; 头长/吻长相差 0.0270; 头长/眼间隔相差 0.2322; 头长/眼径相差 0.2114。除头长/吻长之外, 都是闽南—台湾浅滩群体的比值稍大。

表 2 金色小沙丁鱼各计数特征频数分布

Table 2 Distribution of meristic character frequency in the two stocks

计数性状	群体	浙江近海群体					闽南—台湾浅滩群体						
		条数	频数%	条数	频数%	条数	频数%	条数	频数%	条数	频数%		
脊椎骨数	条数	45	46	47	48	49	45	46	47	48			
	频数%	14.71	81.37	32.35	17.65	3.92	30.69	37.25	22.16	9.90			
腹椎骨数	条数	16	17	18	19	20	21	16	17	18	19	20	
	频数%	4.90	19.61	37.25	21.57	13.73	2.94	6.98	23.76	38.62	28.71	1.98	
尾椎骨数	条数	26	27	28	29	30	31	26	27	28	29	30	31
	频数%	1.80	21.57	38.24	24.67	8.82	4.90	4.95	16.83	45.54	25.75	3.96	3.97
背鳍鳍条数	条数	17	18	19				17	18	19			
	频数%	9.92	86.27	9.81				24.75	57.43	17.82			
臀鳍鳍条数	条数	26	15	16	17	18	19	15	16	17	18		
	频数%	1.80	6.86	25.49	37.25	28.43	1.97	14.86	52.47	22.77	9.90		
左胸鳍鳍条数	条数	15	16	17	18			15	16	17			
	频数%	1.96	39.22	55.88	2.94			10.89	71.29	17.82			
右胸鳍鳍条数	条数	15	16	17	18			15	16	17			
	频数%	1.96	43.14	50.98	2.92			10.89	74.26	14.85			

(二) 性状差异比较

1. 差异系数 应用差异系数 $(C, D) = M_1 - M_2 / S_{\sigma_1} + S_{\sigma_2}$ 计算群体性状差异系数, 其中 M_1, M_2 分别为两个群体性状平均数, $S_{\sigma_1}, S_{\sigma_2}$ 分别表示其标准差, 参照划分亚种 75% 原则, 如果差异系数值大于 1.28, 则应把群体划分为两个亚种。浙江近海群体和闽南—台湾浅滩渔场群体之间的计数性状和量度性状差异系数均小于 1.28, 因此, 可以认为这两个群体尚未分化达到亚种差异水平(表 3)。

2. 均数差异显著性 应用文献[10]的均数差异显著性公式

$$M_{0.1, f} = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{\frac{n_1}{n_2} m_2^2 + \frac{n_2}{n_1} m_1^2}}$$

n_1, n_2 分别表示两个群体的样品数, M_1, M_2 表示性状平均数; m_1, m_2 分别表示其标准误差, 用 t 值检验群体间同一性状的差异程度。当自由度大于 120 时, $t_{0.01} = 2.58$ 。结果表

表3 金色小沙丁鱼形态性状差异系数
Table 3 The coefficient of difference in morphologic characters between the two stocks

形态性状	浙江近海—— 闽南—台湾浅滩群体	形态性状	浙江近海—— 闽南—台湾浅滩群体
脊椎骨数	0.2436	臀鳍鳍条数	0.4028
腹椎骨数	0.1402	叉长/尾柄长	0.2422
尾椎骨数	0.1049	叉长/头长	0.0861
背鳍鳍条数	0.0965	头长/吻长	0.0270
左胸鳍鳍条数	0.4458	头长/眼间隔	0.2322
右胸鳍鳍条数	0.4676	头长/眼径	0.2114

表4 金色小沙丁鱼形态性状均数差异显著性
Table 4 The mean differences significant in morphologic characters between the two stocks

形态性状	浙江近海—— 闽南—台湾浅滩群体	形态性状	浙江近海—— 闽南—台湾浅滩群体
脊椎骨数	3.4362	右胸鳍鳍条数	6.5717
腹椎骨数	1.0544	叉长/尾柄长	3.4155
尾椎骨数	1.4735	叉长/头长	0.4970
背鳍鳍条数	1.3123	头长/吻长	0.3819
臀鳍鳍条数	5.6394	头长/眼径	2.8912
左胸鳍鳍条数	6.8042	头长/眼间隔	3.2866

明两群体的脊椎骨数、臀鳍鳍条数、左、右胸鳍鳍条数、叉长/尾柄长、头长/眼径、头长/眼间隔皆有显著差异。(表4)

3. 方差分析 利用方差分析方法判明两批鱼的某些性状是否具有显著性差异,如果有,则可认为这两批鱼为不同种群和群体,否则反之。

假设 K 个海域的鱼尾数分别为 n_1, n_2, \dots, n_K , 令 $n = \sum_{i=1}^K n_i$; $T_i = \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}$, $T = \sum_{i=1}^K T_i$, 其中 x_{ij} 为第 i 批鱼第 j 尾鱼的某一性状项目, T 为 K 海域鱼的某一性状的总和, 根据 $\{x_{ij}\}$ 值可以求出:

$$F = \frac{1}{K-1} \left[\sum_{i=1}^K \frac{T_i^2}{n_i} - \frac{T^2}{n} \right] / \frac{1}{n-K} \left[\sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2 - \sum_{i=1}^K \frac{T_i^2}{n_i} \right]$$

当 $F > F_{0.01}$ 或 $F > F_{0.05}$ 时, 则可认为 K 海域的鱼性状存在显著性差异。

根据对浙江近海渔场和闽南—台湾浅滩渔场金色小沙丁鱼群体方差分析的 F 值分布(自由度为 1, 210), 从表 5 可见, 除了脊椎骨数, 尾椎骨数和背鳍鳍条数的 F 值外, 两个海区样品的其余计数性状 F 值皆大于 $F_{0.01}$ 和 $F_{0.05}$ 。因此, 可以认为, 浙江近海和闽南—台湾浅滩的金色小沙丁鱼群体在计数性状方面存在显著性差异, 两者应属不同的地方种群。

4. 判别函数分析 根据金色小沙丁鱼脊椎骨数、背鳍鳍条数、臀鳍鳍条数以及左、右胸鳍鳍条数等五项计数性状, 运用判别函数分析方法进一步综合检验浙江近海和闽南—

表 5 形态计数性状方差分析 F 值表
Table 5 The F values of variance analysis of meristic characters between the two stocks

形态计数性状	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
脊椎骨数	11.8053*	3.88	6.75
腹椎骨数	3.8198	3.88	6.75
尾椎骨数	2.1714	3.88	6.75
背鳍鳍条数	1.7223	3.88	6.75
臀鳍鳍条数	29.6057*	3.88	6.75
左胸鳍鳍条数	39.7411*	3.88	6.75
右胸鳍鳍条数	43.1903*	3.88	6.75

台湾浅滩群体之间是否存在微小的差异。

C_i 表示第 i 项计数性状的离均差, S_{ij} 表示第 i, j 项计数性状的协方差之和, P 表示计数性状项数, N_1, N_2 分别表示两个群体的取样尾数。

$$C_i = \bar{x}_i - \bar{x}'_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, P$$

$$S_{ij} = \sum_{t=1}^{N_1} (x_{it} - \bar{x}_i)(x_{jt} - \bar{x}_j) + \sum_{t=1}^{N_2} (x'_{it} - \bar{x}'_i)(x'_{jt} - \bar{x}'_j)$$

$$i, j = 1, 2, \dots, P$$

从线性方程组

$$\begin{cases} \lambda_1 S_{11} + \lambda_2 S_{12} + \dots + \lambda_P S_{1P} = C_1 \\ \lambda_2 S_{21} + \lambda_2 S_{22} + \dots + \lambda_P S_{2P} = C_2 \\ \dots \\ \lambda_1 S_{P1} + \lambda_2 S_{P2} + \dots + \lambda_P S_{PP} = C_P \end{cases}$$

解出 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_P$ 。令

$$D = \lambda_1 C_1 + \lambda_2 C_2 + \dots + \lambda_P C_P$$

$$F = \frac{N_1 N_2}{N_1 + N_2} \cdot \frac{N_1 + N_2 - P - 1}{P} \cdot D$$

当自由度 $C_P, N_1 + N_2 - P - 1 = 5, 206$ 时, 求出 $F = 22.2914$, 查 F 值分布表, $F_{(5, 120)}^{0.05} = 2.29$, $F_{(5, 120)}^{0.01} = 3.17$, F 值大于 $F_{0.05}$ 和 $F_{0.01}$, 说明浙江近海金色小沙丁鱼和闽南—台湾浅滩金色小沙丁鱼群体之间计数特征的综合性状达到显著差异程度。

从计数性状对应的 $\lambda_i C_i$ 占 D 的百分数大小可见, 浙江近海群体和闽南—台湾浅滩群

表 6 金色小沙丁鱼计数性状判别函数检验
Table 6 The discriminate function test of meristic characters between the two stocks

群 体	F	$\lambda_i C_i / D$ (%)				
		脊椎骨	背 鳍	臀 鳍	左胸鳍	右胸鳍
浙江近海——闽南 台湾浅滩渔场	22.2914	16.958	1.086	29.248	17.161	42.685

体的脊椎骨数、臀鳍条数、左、右胸鳍条数是显著差异($P < 0.01$)的主要计数性状。

5. 变异系数 利用变异系数($C.V.$)= $S_x/m \times 100\%$ 可比较各群体内计数性状相对变异程度, m 表示某一计数性状平均数, S_x 为标准差。从表7可见, 浙江近海群体有四项计数性状变异系数大于3; 闽南—台湾浅滩群体有五项计数性状大于3。闽南—台湾浅滩群体计数性状变异系数平均值大于浙江近海群体。

表7 金色小沙丁鱼形态计数性状变异系数
Table 7 Coefficient of variance in meristic characters
between the two stocks

计数性状	群 体	
	浙江近海群体	闽南—台湾浅滩群体
脊椎骨数	2.3139	2.4205
腹椎骨数	2.4971	2.6962
尾椎骨数	3.5995	3.8854
背鳍条数	2.0554	3.7055
臀鳍条数	5.0152	4.8203
左胸鳍条数	3.5301	3.6101
右胸鳍条数	3.4833	3.2031
平均	3.2135	3.4773

(三) 叉长、体重分布

为了进一步分析浙江近海与闽南—台湾浅滩渔场金色小沙丁鱼的差异, 表8列出两个群体的叉长和体重分布状况。从表8可见, 浙江近海群体叉长分布小于闽南—台湾浅滩群体。在相同的叉长组中(如181—190, 191~200mm), 浙江近海群体平均体重大于闽南—台湾浅滩群体。

表8 金色小沙丁鱼不同群体叉长, 体重分布
Table 8 Distribution of fork length and body weight in the two stocks

叉长组(mm)	浙江近海群体			闽南—台湾浅滩群体		
	体重范围(g)	平均	样品数	体重范围(g)	平均	样品数
171—180	76.8—90.0	87.50	12			
181—190	88.4—113.5	101.92	51	87.4—113.0	96.30	13
191—200	101—120.5	108.67	39	90.2—125.0	106.86	57
201—210				111.2—133.8	119.96	22
211—220				120.2—158.8	138.21	18

讨 论

1. 从闽南—台湾浅滩渔场金色小沙丁鱼群体和浙江近海群体形态性状看, 它们在统计学上存在显著的差异。此外, 闽南—台湾浅滩群体的产卵场在 $22^{\circ}40'N$ 以南海域^[8]。

每年夏季有一部分幼鱼可以从台湾海峡南部到达海峡北部索饵，秋季又返回台湾海峡南部越冬。绝大部分成鱼和幼鱼一般不作长距离洄游，主要分布在海峡南部索饵。其生殖期为2—9月，盛期在4月。而浙江近海的金色小沙丁鱼群体每年2—3月从南几外海向西北洄游，5—6月到达鱼山，大陈外侧，7—8月进入淮北渔场，10月下旬又移动到鱼山以东消失^[7](图1)。因此，浙江近海的金色小沙丁鱼与闽南—台湾浅滩渔场的金色小沙丁鱼属于异域分布，且有地理隔离(台湾省和台湾海峡)。尽管浙江近海金色小沙丁鱼由于取样困难以及过去研究的不够，目前尚不清楚其群体结构。但从现有叉长、体重分布情况来看，在相同的181~190mm、191~200mm的两个叉长组中，浙江近海群体的体重大于闽南—台湾浅滩群体。因此可以认为，闽南—台湾浅滩金色小沙丁鱼群体与浙江近海群体不属于同一地方种群，而分别为闽南—台湾浅滩地方种群和东海南部地方种群。

2. 鱼类计数性状的变异大小主要取决于遗传变异和环境变异^[8]。在不同的海域，同一种鱼各项计数性状所表现的变异是不相同的。金色小沙丁鱼的腹鳍鳍条数很稳定，未发现个体变异。而从计数性状的平均变异系数看，闽南—台湾浅滩群体大于浙江近海群体。外界环境如水温因子等对鱼类早期发育计数性状的变异影响较大。闽南—台湾浅滩群体主要洄游在台湾海峡南部，影响本区的海洋环境条件较复杂^[2]，台湾浅滩外缘正处于亚热带的中国—日本亚区和热带的印度—马来亚区的分界线，它兼有亚热带和热带海洋特征^[4]，水团复杂，水温和盐度等水平和垂直变化较大。同时，该海区还是个上升流渔场^[2]，金色小沙丁鱼的产卵场随时间的推移从东南向西北方向移动。东海属于亚热带性的中国—日本亚区，与大陆沿海关系较密切，水温、盐度、水团等海洋环境因子水平和垂直变化不如台湾浅滩外缘那么复杂多变。因此，在闽南—台湾浅滩渔场孵化的金色小沙丁鱼群体平均计数性状变异系数大于浙江近海群体，这是形态特征对不同海洋环境条件长期适应的结果。

3. 在闽南—台湾浅滩渔场，每年夏秋汛捕捞的金色小沙丁鱼几乎都是未达性成熟的索饵幼鱼^[9]，生殖后的成鱼去向不明，推测是分散往较深的海区肥育^[4]。而在浙江近海，每年夏秋汛捕捞的也都是索饵群体，东海南部种群的产卵场和越冬场至今尚不明瞭。根据研究，在非洲西部，15—20cm的金色小沙丁鱼栖息于60—120米水深海域。大型金色小沙丁鱼喜欢稍冷的水温，在较深的海区能获得较好的渔获。(Седлечкая, 1972)^[1]。闽南—台湾浅滩渔场终年存在上升流，浙江近海由于台湾北部黑潮入侵的影响，也有上升流现象^[1]。因此，在闽南—台湾浅滩渔场，生殖后的金色小沙丁鱼群体有可能在80米等深线以外海域活动。过去的渔业生产大多在60米等深线以内海域作业，故没有发现。所以，在80米水深以外海域可能存在中上层鱼类集中区。而在浙江近海，金色小沙丁鱼的产卵场及生殖群体都未开展研究，根据其洄游路线，以及黑潮水对东海大陆架的影响和次表层水的涌升，结合中上层鱼类生态习性分析，在台湾东北部东海大陆架外缘水域，也可能存在金色小沙丁鱼的聚集区，从而可开拓为新渔场。

(1) 潘玉球等, 1991, 东海南部水文的季节特性。中国邻近海域物理和化学海洋学讨论会。论文摘要集, p.29。

参 考 文 献

- [1] 丘书院, 1983. 闽南—粤东近海金色小沙丁鱼的生物学及其渔业. 台湾海峡, 2(2): 111—121.
- [2] 丘书院等, 1991. 闽南—台湾浅滩渔场是个上升流渔场. 闽南—台湾浅滩渔场上升流区生态系研究, 609—618. 科学出版社(京).
- [3] 江素菲等, 1983. 闽南—台湾浅滩渔场金色小沙丁鱼的鱼卵和仔鱼. 海洋与湖沼, 14(3): 240—248.
- [4] 农牧渔业部水产局等, 1987. 东海区渔业资源调查与区划, 482—493. 华东师范大学出版社(沪).
- [5] 张其永等, 1981. 闽南—台湾浅滩鱼类区系的研究. 鱼类学论文集(第二辑), 91—109. 科学出版社(京).
- [6] ———, 1983. 台湾海峡和北部湾二长棘鲷种群鉴别研究. 海洋与湖沼, 14(6): 511—521.
- [7] 陈 强, 1984. 浙江近海金色小沙丁鱼的利用. 海洋渔业, (5): 214—217.
- [8] 杨圣云等, 1984. 台湾海峡南部金色小沙丁鱼的年龄和生长. 台湾海峡, 3(1): 100—111.
- [9] ———, 1992. 台湾海峡南北部金色小沙丁鱼幼鱼索饵群体研究. 台湾海峡, 11(3): 244—250.
- [10] Mayer, E. et al., 1953. *Methods and principles of systematic zoology*, 23—39, 125—154. McGraw-Hill, New York and London.

A PRELIMINARY STUDY ON POPULATION OF GOLDEN SARDINE *SARDINELLA AURITA* FROM FUJIAN AND ZHEJIANG OFFSHORE WATERS

Yang Shengyun and Qiu Shuyuan

(Department of Oceanography, Xiamen University, 361005)

ABSTRACT The meristic and morphometric character of *Sardinella aurita* is compared between the stocks of Minnan-Taiwan Bank and Zhejiang offshore waters, combining comprehensive analysis in biology character, spawning ground, migration and marine environment. The results indicated that the stocks of golden sardine in Fujian and Zhejiang offshore waters belong to Minnan-Taiwan Bank population and East China Sea population respectively. The coefficient of variability (C. V.) of the former is greater than that of the latter. The distribution of two populations is discussed as well.

KEYWORDS *Sardinella aurita*, golden sardine, Zhejiang offshore waters, Minnan-Taiwan Bank, population