

东海近海带鱼群体相对资源密度、空间分布及其产卵群体的结构特征

陈云龙^{1,2} 单秀娟² 戴芳群² 金显仕^{2*}

(¹中国海洋大学, 青岛 266003)

(²农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 山东省渔业资源与生态环境重点实验室
中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

摘要 根据 2007 年 5 月、2008 年 5 月和 6 月东海近海渔业资源底拖网调查数据, 对该水域带鱼群体的相对资源密度、空间分布及产卵群体的生长特征和繁殖特性进行了初步分析。结果表明, 2007 年 5 月、2008 年 5 月和 6 月带鱼群体的相对资源密度分别为 13.07 ± 5.17 、 14.34 ± 6.64 、 16.10 ± 6.28 kg/h, 出现频率均在 85% 以上, 对总渔获量的贡献率分别为 63.55%、60.20%、53.77%。东海近海带鱼产卵群体平均肛长为 182.62 mm, 优势肛长为 150~200 mm; 平均体重为 102.77g, 优势体重为 50~110 g。雌、雄产卵个体间肛长-体重关系无显著差异 ($P > 0.05$), 呈等速生长, 肛长-体重关系为 $W = 4.520 \times 10^{-5} L^{2.795}$ ($R^2 = 0.929, n = 349$)。经 χ^2 检验, 带鱼产卵群体♀:♂均大于 1, 肛长 210 mm 以下, 雌性个体占优势, 其所占比例随肛长增加而不断变大, 雌雄个体的 50% 性成熟体长分别为 164.65、171.65 mm。

关键词 带鱼 相对资源密度 空间分布 产卵群体 东海近海

中图分类号 S913.2 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2013)04-0008-08

Relative stock density and distribution of hairtail *Trichiurus lepturus* and its spawning stock structure in coastal waters of the East China Sea

CHEN Yun-long^{1, 2} SHAN Xiu-juan²

DAI Fang-qun² JIN Xian-shi^{2*}

(¹Ocean University of China, Qingdao 266003)

(²Shandong Provincial Key Laboratory for Fishery Resources and Eco-environment,
Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture,
Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

ABSTRACT Based on the fishery data collected by bottom trawls during the spawning season (May, 2007 and May to June, 2008) in coastal waters of the East China Sea, the relative stock density and distribution of hairtail *Trichiurus lepturus* and the biological characteristics

国家重点基础研究发展计划(2011CB409805;2006CB400608)、国家国际科技合作专项(2013DFA31410)和山东省泰山学者专项基金共同资助

* 通讯作者。E-mail:jin@ysfri.ac.cn

收稿日期:2012-07-17;接受日期:2012-10-25

作者简介:陈云龙(1988-),男,硕士研究生,主要从事渔业种群动力学研究。E-mail:chenyunlongcyl@gmail.com, Tel:(0532)85836344

and reproductive characteristics of its spawning stock were studied. The results showed that the relative stock density of hairtail spawning stock were 13.07 ± 5.17 kg/h, 14.34 ± 6.64 kg/h, and 16.10 ± 6.28 kg/h in May, 2007, May and June, 2008, respectively, and accounted for 63.55%, 60.20% and 53.77% of the total catch, respectively. The occurrence frequencies of the fish were more than 85% in three surveys. The average anal length of hairtail spawning stock was 182.62 mm, and the dominant anal length was 150~200 mm; Average body weight was 102.77 g, and the dominant body weight ranged from 50 g to 110 g. There was no significant difference in body weight and anal length relationship between spawning males and females ($P > 0.05$), and the body weight and anal length relationship was $W = 4.520 \times 10^{-5} L^{2.795}$ ($R^2 = 0.929$, $n = 349$). According to Chi-square test, there were significantly more females than males in the spawning stock, and the group with the anal length less than 210 mm was dominant. Anal length at 50% sexual maturity (L_{50}) of female and male were 164.65 mm and 171.65 mm, respectively.

KEY WORDS Hairtail *Trichiurus lepturus* Relative stock density Distribution
Spawning stock Coastal waters of the East China Sea

带鱼 *Trichiurus lepturus* 属于鲈形目 Perciformes、带鱼科 Trichiuridae、带鱼属 *Trichiurus*, 主要分布在西北太平洋和印度洋, 是我国沿海的主要经济鱼类之一, 多年来其产量居东海经济鱼类首位, 曾与大黄鱼、小黄鱼、乌贼并称为“四大渔产”。自 1970 年以来, 由于捕捞压力持续增大, 带鱼种群结构遭受严重破坏, 高龄鱼数量大幅度减少, 低龄鱼比重日益上升, 个体性成熟提早, 初次性成熟最小肛长减小, 群体组成趋向低龄化和小型化(宓崇道 1997)。目前, 带鱼群体结构主要以当龄鱼和 1 龄鱼为主, 生长型捕捞过度现象十分显著(徐汉祥等 1997; 周永东等 2002)。

带鱼作为我国的主要经济鱼类, 其研究也较多, 主要集中在摄食(陈亚瞿等 1984; 林龙山等 2005、2006)、个体繁殖力(李诚华 1982; 凌建忠等 2004、2005)、亲体和补充量(徐汉祥等 2003、2011)、渔获量变动(陈永利等 2004; 王跃中等 2006、2011)、资源动态管理(徐汉祥等 1997; 曹少鹏等 2007; 凌建忠等 2008; Ye *et al.* 1996)等方面, 而对于其产卵群体结构的研究, 仅见于罗秉征等(1985)。本研究基于 2007 年 5 月、2008 年 5 月和 6 月东海近海底拖网调查数据, 对东海近海带鱼群体的相对资源密度、空间分布及产卵群体的结构进行了分析, 以期了解其群体结构的变化, 掌握其资源动态, 为合理地开发利用其资源提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 样品采集

材料来自 2007 年 5 月、2008 年 5 月、2008 年 6 月利用“北斗”号渔业调查船对东海近海($121^{\circ} \sim 124^{\circ} \text{E}$, $27^{\circ} \sim 32^{\circ} \text{N}$)进行的底拖网调查。在调查海域布设 S0、S1、S2、S3、S4、S5、S6 共 7 条大致等间隔的断面, 共计 33 个站位, 调查站位见单秀娟等(2011)。底拖网网口周长 836 目 \times 20 cm, 网囊网目 2.4 cm, 网口高度 5~7 m。调查昼夜连续进行, 每站拖网 0.5~1 h, 拖速为 3.0 kn/h。记录各站捕获带鱼的重量和数量, 标准化为每小时的重量(kg/h), 然后冷冻保存。在实验室解冻后进行生物学测定, 测定指标有肛长、体重、性别、性腺成熟度等。2007 年 5 月、2008 年 5 月、2008 年 6 月分别随机抽取 525 尾、536 尾、611 尾带鱼用于生物学测定。每站现场用“Seabird 219”型 CTD 采集海底温度、盐度、水深等环境数据。

1.2 数据处理

1.2.1 相对资源密度及其空间分布

各个站位的拖网时间全部标准化为 1 h, 带鱼相对资源密度以单位时间的渔获量(kg/h)和渔获尾数(ind/h)表示。各个站位个体平均体重(kg/ind)和温度、盐度、水深的关系采用 Pearson 相关系数分析。

1.2.2 生物学特征

肛长和体重分别精确到 1 mm 和 1.0 g。肛长-体重关系用幂指数方程表示:

$$W = aL^b \quad (1)$$

式中, W 为体重(g), L 为肛长(mm), a 、 b 为参数。参数 a 是鱼体肥满度, 参数 b 为异速生长因子。参数 b 与 3 的差异性检验采用 t 检验, 雌、雄肛长-体重关系差异的显著性通过协方差分析(AVCOVA)进行检验, 若差异不显著则直接求算带鱼群体的肛长-体重关系。

带鱼的性比与 1:1 的差异通过 χ^2 检验求得, $\chi^2 = \sum[(O-E)^2/E]$ (df=1), O 为实际观察尾数, E 为理论尾数。性腺成熟度和性别划分采用目测法, 性腺成熟度分为 I~VI 期(中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局和中国国家标准化委员会 2007), 规定性腺成熟度 III 期及以上(III~VI 期)为性成熟(徐汉祥等 2003), 采用 Logistic 曲线来计算 50% 性成熟体长(Lysack 1980)。

$$P_L = \frac{G}{1 + e^{-\delta(L_{50} - L)}} \quad (2)$$

式中, P_L 指体长组 L 中性成熟鱼尾数所占比例, G 指该种鱼性成熟比例的最大值, δ 指成熟度增长系数, L 为体长组中值, L_{50} 为 50% 性成熟时体长。

数据处理由 Excel 2003、SPSS 18.0 和 Surfer 8.0 软件完成。

2 结果

2.1 东海近海带鱼群体相对资源密度及其空间分布

2.1.1 相对资源密度

东海近海带鱼群体的相对资源密度分析(表 1)显示, 各个站位渔获量为 0~140 kg/h, 平均渔获量以 2008 年 6 月最高, 达到 19.05 kg/h, 2007 年 5 月最低, 为 13.07 kg/h; 平均渔获尾数波动于 480~680 ind/h, 各航次出现率为 88%~100%, 对总渔获量的贡献率以 2007 年 5 月最大, 为 63.55%。

表 1 东海近海带鱼群体相对资源密度

Table 1 Relative stock density of hairtail stock in coastal waters of the East China Sea

时间(年-月) Time(y-m)	平均渔获量 Mean catch per hour (\pm S. E., kg/h)	平均渔获尾数 Mean number of fish caught per hour (\pm S. E., ind/h)	出现频率* Occurrence frequency (%)	贡献率* Contribution rate (%)
2007-05	13.07 \pm 5.17	481.69 \pm 211.31	100.00	63.55
2008-05	14.34 \pm 6.64	573.56 \pm 192.03	88.00	60.20
2008-06	19.05 \pm 6.28	673.62 \pm 315.26	88.46	53.77

* 数据来源于单秀娟等(2011)

2.1.2 相对资源密度的空间分布

2007 年 5 月, 带鱼群体相对资源密度较高的区域分布在浙江中部以及舟山渔场南部海域, 最大相对资源密度出现在大陈岛以东的 S4-2 站(28.5°N, 122.25°E), 为 100 kg/h、4 700 ind/h。

2008 年 5 月, 带鱼群体相对资源密度较高的区域主要分布在嵊山以东、鱼山渔场中部以及舟山渔场南部海域, 渔获尾数的密集区除上述海域外, 在温州以东海域也有分布, 最大相对资源密度出现在舟山渔场南部海

域的 S2-6 站(29.5°N、124°E),为 140 kg/h、3 640 ind/h。

2008 年 6 月,带鱼相对资源密度的密集区分布范围较为广泛,鱼山渔场和舟山渔场均有分布,最大相对资源密度出现在大陈岛以东的 S4-2 站(28.5°N、122.25°E),为 151.2 kg/h、8 172 ind/h。

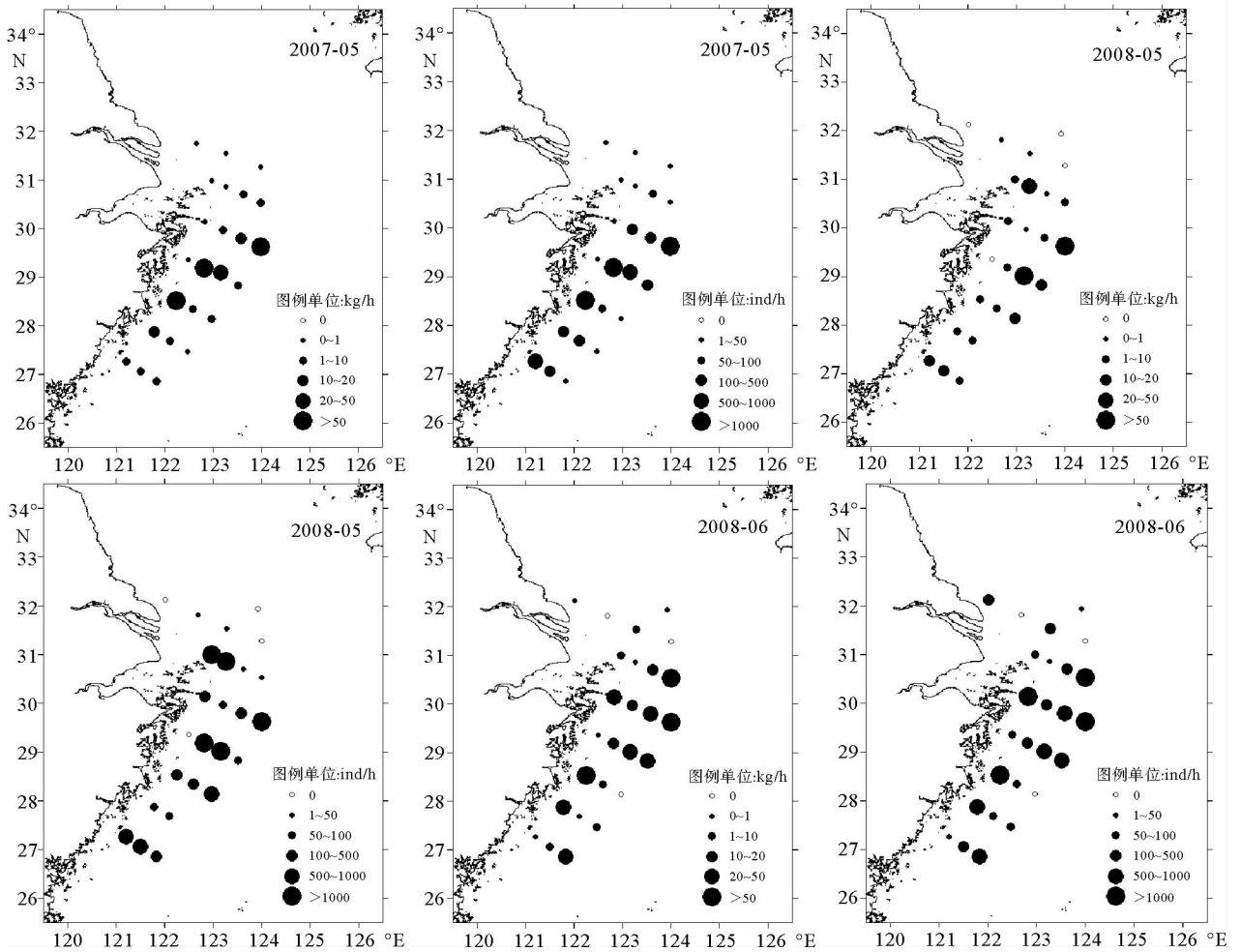


图1 东海近海带鱼群体相对资源密度分布

Fig. 1 Relative density distribution of hairtail stock in coastal waters of the East China Sea

2.2 产卵群体的生长特征

2.2.1 肛长及体重组成

2007 年 5 月、2008 年 5 月、2008 年 6 月 3 次调查中,带鱼产卵群体肛长范围为 126~332 mm,优势肛长为 150~200 mm,占群体的 76.22%,平均肛长 182.62 mm;体重范围为 26~573 g,优势体重为 50~110 g,占群体的 73.07%,平均体重 102.77 g。雌、雄个体肛长体重各参数见表 2。

2.2.2 肛长与体重的关系

依据肛长-体重关系式 $W = aL^b$,以实验中随机取样的带鱼产卵群体的肛长(mm)和体重(g)拟合方程,现求得各参数(表 3)。

带鱼产卵群体的雌、雄性异速生长因子 b 与 3 均无显著差异($P > 0.05$),产卵群体呈等速生长。

经协方差检验,带鱼产卵群体肛长-体重关系在雌、雄个体间无显著差异($P > 0.05$),因此,带鱼产卵群体的肛长-体重关系为:

$$W = 4.520 \times 10^{-5} L^{2.795} (R^2 = 0.929, n = 349)$$

表2 东海近海带鱼产卵群体肛长和体重的分布特征

Table 2 Anal length and body weight of hairtail spawning stock in coastal waters of the East China Sea

时间(年-月) Time (y-m)	性别 Sex	肛长 Anal length(mm)			体重 Body weight(g)			样本数量 Sample size
		范围 Range	优势肛长范围(%) Dominant anal length	平均值 Mean anal length	范围 Range	优势体重范围(%) Dominant body weight	平均值 Mean body weight	
2007-05	♀	147~332	160~190(66.0)	192.9	56~573	70~110(60.0)	127.4	50
	♂	157~288	160~190(50.0)	205.7	66~323	60~90(50.0)	138.8	22
2008-05	♀	130~287	160~190(66.3)	181.7	43~389	60~100(61.3)	100.6	80
	♂	132~278	130~180(63.8)	181.3	34~307	40~90(55.3)	103.0	47
2008-06	♀	147~320	150~200(83.0)	181.6	46~494	60~110(72.7)	97.3	88
	♂	126~228	140~190(85.5)	169.7	26~169	50~110(85.5)	80.5	62

2.3 繁殖特性

2.3.1 性比

带鱼产卵群体♀:♂均大于1(表4),其中2007年5月($\chi^2=10.89, P<0.01$)和2008年5月($\chi^2=8.58, P<0.01$)雌性个体数量极显著多于雄性个体,2008年6月($\chi^2=4.51, P<0.05$)雌性个体数量显著多于雄性个体。

2.3.2 性比与肛长的关系

在带鱼产卵群体中,其性比随肛长的变化而不同(图2)。210 mm以下,雌性个体占优势,其所占比例随肛长增加而不断变大,肛长210 mm以上个体中雌、雄个体所占的比例不均衡,这可能是由于样本数量太少导致。

表4 东海近海带鱼产卵群体性比

Table 4 Sex ratio of hairtail spawning stock in coastal waters of the East China Sea

	2007-05	2008-05	2008-06
♀(%)	69	63	59
♂(%)	31	37	41
性比 Sex ratio	2.27**	1.70**	1.42*
样本数 Sample size	72	127	150

注:ns表示性比与1:1无显著差异($P>0.05$);*表示性比与1:1存在显著差异($P<0.05$);**表示性比与1:1存在极显著差异($P<0.01$)

Note:ns denotes no significant difference between sex ratio and 1:1 ($P>0.05$); * denotes significant difference between sex ratio and 1:1 ($P<0.05$); ** denotes extremely significant difference between sex ratio and 1:1 ($P<0.01$)

2.3.3 50%性成熟体长(L_{50})

以肛长10 mm为一组,性腺成熟度Ⅲ~Ⅵ期为性成熟,根据公式(2)分别计算雌雄个体各肛长组的性成熟比例。使用最小二乘法计算,求得带鱼雌性个体的 L_{50} 为164.65 mm,雄性个体的 L_{50} 为171.65 mm。雌雄个

表3 东海近海带鱼产卵群体肛长-体重关系式中各参数

Table 3 Parameters in the equation between anal length and body weight of hairtail spawning stock in coastal waters of the East China Sea

参数 Parameters	($\times 10^{-5}$)	<i>b</i>	<i>R</i>	<i>N</i>	<i>t</i>
雌性 Female	3.719	2.832	0.969	218	3.00 ^{ns}
雄性 Male	5.760	2.748	0.960	131	4.06 ^{ns}
雌雄 Female and male	4.520	2.795	0.964	349	4.88 ^{ns}

注:*a*, *b*: 肛长(cm)-体重(g)关系参数; *R*: 相关系数; *N*: 样本个数; *t*: *b*与3的差异性*t*检验值($H_0: b=3$); ns: *b*与3比较差异不显著; *: *b*与3比较差异显著($P<0.05$); **: *b*与3比较差异极显著($P<0.01$)

Note: *a*, *b*: parameters in the relationship between anal length (cm) and body weight (g); *R*: correlation coefficient; *N*: sample size; *t*: *t* test value between *b* and 3 ($H_0: b=3$); ns denotes no significant difference; * denotes significant difference ($P<0.05$); ** denotes extremely significant difference ($P<0.01$)

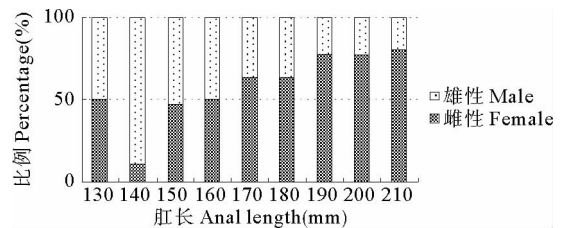


图2 东海近海带鱼产卵群体肛长与性比的关系
Fig. 2 The relationship between anal length and sex ratio of hairtail spawning stock in coastal waters of the East China Sea

体各肛长组的性成熟比例见表 5。

表 5 东海近海带鱼群体各体长组性成熟比例

Table 5 Proportion of sexual maturity of hairtail stock in different anal length groups in coastal waters of the East China Sea

性别 Sex	肛长组中值 Mean value of anal length(mm)	性腺成熟度 Sex maturity stage					总计 Total number of fish	性成熟比例 Percentage of fish reaching sexual maturity(%)
		II	III	IV	V	VI		
♂		2	0	0	0	0	2	0.0
♀	96.5	2	0	0	0	0	2	0.0
♂		1	0	0	0	0	19	0.0
♀	106.5	5	0	0	0	0	5	0.0
♂		4	0	0	0	0	43	0.0
♀	116.5	1	0	0	0	0	14	0.0
♂		6	0	0	0	1	69	1.4
♀	126.5	3	0	1	0	0	32	3.1
♂		6	3	0	0	4	75	9.3
♀	136.5	2	0	1	0	1	30	6.7
♂		7	1	0	2	7	86	11.6
♀	146.5	4	2	0	1	4	47	14.9
♂		7	4	0	4	1	93	21.5
♀	156.5	4	1	1	1	7	66	31.8
♂		4	6	0	3	1	69	30.4
♀	166.5	2	8	3	1	1	65	61.5
♂		2	8	1	5	1	50	60.0
♀	176.5	1	1	6	1	1	70	77.1
♂		1	1	3	4	8	17	94.1
♀	186.5	3	1	6	1	9	49	93.9
♂		2	1	1	2	1	7	71.4
♀	196.5	1	3	3	1	5	24	95.8
♂		0	0	0	1	2	3	100.0
♀	206.5	1	0	2	6	3	12	91.7
♂		0	0	0	1	0	1	100.0
♀	216.5	0	0	0	2	2	4	100.0
♂		0	0	1	1	2	4	100.0
♀	226.5	0	0	0	2	0	2	100.0
♂		0	1	1	4	1	7	100.0
♀	236.5	0	0	0	1	0	1	100.0
♂		0	0	3	1	0	4	100.0
♀	246.5	0	1	1	0	0	2	100.0
♂		0	1	1	0	0	2	100.0
♀	256.5	0	1	0	2	1	4	100.0
♂		0	0	2	0	0	2	100.0
♀	266.5	0	0	1	0	0	1	100.0
♂		0	0	0	1	0	1	100.0
♀	276.5	0	0	0	0	0	0	
♂		0	1	0	0	0	1	100.0
♀	286.5	0	0	0	2	0	2	100.0
♂		0	0	0	0	0	0	
♀	296.5	0	0	1	2	0	3	100.0
♂		0	0	0	0	0	0	
♀	306.5	0	0	0	0	0	0	
♂		0	0	0	0	0	0	
♀	316.5	0	0	1	0	0	1	100.0
♂		0	0	0	0	0	0	
♀	326.5	0	0	0	0	0	0	
♂		0	0	0	0	0	0	
♀	336.5	0	0	1	0	0	1	100.0

3 讨论

3.1 数量分布及其与环境的关系

东海带鱼相对资源密度分布显示,5月东海带鱼群体主要集中在鱼山渔场和舟山渔场南部附近海域,2008年5月较2007年5月带鱼群体聚集区东移,离岸稍远;而2008年6月则广泛分布在东海近海海域。带鱼属于多次产卵类型的鱼类(李诚华 1982),随着春季水温的升高,东海带鱼逐渐从位于浙江中南部外海的越冬场开始集群向近海进行生殖洄游,先后到达鱼山、舟山和长江口渔场,具有产卵期较长、产卵场分布范围广泛的特点(唐启升等 2006)。本研究中带鱼产卵群体的相对资源密度分布与其生殖洄游的路线基本一致。

表6为各站平均体重(kg/ind)与环境因子的相关性分析结果。2007年5月和2008年5月各站平均体重与深度呈极显著正相关,2008年6月各站平均体重与盐度和深度显著正相关,个体越大,越倾向分布于高盐深水区。

2008年5月带鱼群体平均体重为61.8 g,2007年5月的平均体重为43.7 g,2008年带鱼个体较2007年大,这可能是造成2008年5月较2007年5月带鱼群体聚集区东移、离岸稍远的原因。另外,东海及其邻近水域主要受两种水系的影响,一是台湾暖流,二是以长江冲淡水为主的沿岸水,二者相互作用的东侧锋面表层锋线基本沿123°E分布,在30°N以南偏向近岸,而底层锋线在122.5°~123°E之间,其走向与表层锋线大致平行,在锋面表层长江径流起着主要作用,深层主要受台湾暖流的影响(翁学传等 1984)。2007年5月及2008年5月带鱼的聚集区在受东侧锋面影响的分布区内有所差异,作者推测这可能与2007年5月长江径流较小有关(张辉等 2010),具体原因尚待进一步研究。

3.2 生长和繁殖特征

Ricker(1975)认为,当 $b=3$ 时,鱼类呈等速生长,即其长、宽、高3个线度方向生长的速度相等,随着个体的生长,其体型呈等比例变大。本研究表明,东海近海带鱼产卵群体的雌、雄性异速生长因子 b 与3均无显著差异,产卵群体呈等速生长。此外,由于雄性个体受性成熟影响较小,其异速生长因子往往更能反映群体的生长特征。异速生长因子可能受到群体内在体长、性成熟比例、外在的饵料环境和捕捞压力的影响(李忠炉等 2011)。

性比反映了种群结构的特点和变化(邓景耀等 1991),其受遗传、生理和环境多方面的影响(Devlin *et al.* 2002)。本研究发现,带鱼产卵群体中雌性个体居多,且其性比随肛长增加而变化,由于样本数量问题,本研究主要集中在肛长210 mm以下的带鱼产卵群体,在产卵群体肛长范围内,雌性个体占优势,且其所占比例随肛长增加而不断变大。

而在整个带鱼群体中,肛长170 mm以下雄性个体占优势,肛长170~210 mm雌性个体占优势(图3)。肛长较小组中雄性个体比例的增加可能是种群对大个

表6 各站平均体重与环境因子的相关性

Table 6 Relationship between average body weight and environment factors for each station

Pearson correlation	温度 Temperature	盐度 Salinity	深度 Depth
2007-05	0.109	0.355	0.576 **
2008-05	0.270	0.082	0.522 **
2008-06	0.324	0.481 *	0.508 *

注:“*”和“**”分别代表平均体重和环境因子显著和极显著相关

Note: “*” and “**” denote significant correlation and extremely significant correlation between average body weight and environment factors for each station respectively

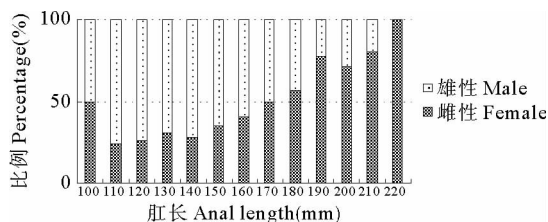


图3 东海近海带鱼群体肛长与性比的关系

Fig. 3 The relationship between anal length and sex ratio of hairtail stock in coastal waters of the East China Sea

体中雄鱼较少的一种补偿。罗秉征等(1983)在对带鱼生长特征的研究指出,带鱼肛长 220 mm 以下雄性个体占优势,肛长 220 mm 以上则雌性个体占优势。与本研究比较可以看出雌、雄个体所占比重转换的分界点已经由 20 世纪 80 年代的 220 mm 降至现在的 170 mm。

带鱼雌性个体的 L_{50} 为 164.65 mm,小于雄性个体的 171.65 mm。50%性成熟体长(L_{50})作为渔业管理中的重要生物学参考点(Hilborn *et al.*, 1992),其大小受到环境因素、生长率、捕捞压力、种群大小以及地域性的综合作用(Nash *et al.*, 2010)。一般来说,雌性个体相比雄性个体有更大的 L_{50} 值,性成熟时间更晚(Ajiad *et al.*, 1999)。而本研究发现带鱼雌性个体的 L_{50} 要小于雄性个体。作者推测这可能是带鱼种群对不断升高的捕捞压力的一种适应,带鱼产卵群体性比中雌性个体占优势也验证了这一点。此外,由于各种原因造成的取样误差可能对结果有一定影响(Nash *et al.*, 2010),这一现象需要长时间序列数据验证。

参 考 文 献

- 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局和中国国家标准化管理委员会. 2007. 海洋调查规范(GB/T12763.6-2007). 北京:中国标准出版社
- 王跃中, 贾晓平, 林昭进, 孙典荣. 2011. 东海带鱼渔获量对捕捞压力和气候变动的响应. 水产学报, 35(12): 1881-1889
- 王跃中, 邱永松. 2006. 东海带鱼渔获量变动原因分析. 南方水产, 2(3): 16-24
- 邓景耀, 赵传玺. 1991. 海洋渔业生物学. 北京:农业出版社, 39-163
- 陈永利, 王凡, 白学志, 白虹, 纪风颖. 2004. 东海带鱼(*Trichiurus lepturus*)渔获量与邻近海域水文环境变化的关系. 海洋与湖沼, 35(5): 404-412
- 陈亚瞿, 朱启琴. 1984. 东海带鱼摄食习性、饵料基础及与渔场的关系. 水产学报, 8(2): 135-145
- 李诚华. 1982. 东海带鱼的生物学. I. 卵巢周年变化的初步研究. 海洋与湖沼, 13(5): 461-471
- 李忠炉, 金显仕, 单秀娟, 戴芳群. 2011. 小黄鱼体长-体质量关系和肥满度的年际变化. 中国水产科学, 18(3): 602-610
- 张辉, 袁兴伟, 程家骅. 2010. 东海区小黄鱼繁殖模型优化选择及其管理应用研究. 中国水产科学, 17(6): 1300-1318
- 单秀娟, 金显仕. 2011. 长江口近海春季鱼类群落结构的多样性研究. 海洋与湖沼, 42(1): 32-40
- 林龙山, 严利平, 凌建忠, 刘勇, 周荣康. 2005. 东海带鱼的摄食习性的研究. 海洋渔业, 27(3): 187-192
- 林龙山, 张寒野, 李惠玉, 程家骅. 2006. 东海带鱼食性的季节变化. 中国海洋大学学报, 36(6): 932-936
- 周永东, 徐汉祥, 刘子藩, 薛利建. 2002. 东海带鱼群体结构变动的研究. 浙江水产学院学报, 21(4): 314-320
- 罗秉征, 黄颂芳, 卢继武. 1983. 东海北部带鱼种群结构与特性. 海洋与湖沼, 14(2): 148-159
- 罗秉征, 卢继武, 黄颂芳. 1985. 东海带鱼春、夏和秋季产卵群体的生殖周期特性与种群问题. 动物学报, 31(4): 348-358
- 宓崇道. 1997. 东海带鱼资源状况、群体结构及繁殖特性变化的研究. 中国水产科学, 4(1): 7-14
- 徐汉祥, 刘子藩, 许源剑. 1997. 带鱼资源动态综述及管理现状分析. 浙江水产学院学报, 16(3): 219-225
- 徐汉祥, 刘子藩, 周永东. 2003. 东海带鱼生殖和补充特征的变动. 水产学报, 27(1): 322-327
- 徐汉祥, 刘子藩, 周永东, 王焱. 2011. 伏季休渔条件下东海带鱼的亲体和补充量关系. 渔业现代化, 38(11): 64-69
- 唐启升, 贾晓平, 郑元甲, 孟田湘. 2006. 中国专属经济区海洋生物资源与栖息环境. 北京:科学出版社, 663-680
- 翁学传, 王从敏. 1984. 东海西北部海水温、盐度结构初步探讨. 海洋科学集刊, 21: 49-60
- 凌建忠, 李圣法, 严利平, 程家骅. 2008. 基于 Beverton-Holt 模型的东海带鱼资源利用与管理. 应用生态学报, 19(1): 178-182
- 凌建忠, 严利平, 林龙山, 李建生, 程家骅. 2005. 东海带鱼繁殖力及其资源的合理利用. 中国水产科学, 12(6): 726-730
- 凌建忠, 程家骅, 任一平, 林龙山. 2004. 东海带鱼主要体征与个体繁殖力的关系. 中国水产科学, 11(2): 116-120
- 曹少鹏, 刘群. 2007. 把不确定性引入生物学参考点 $F_{0.1}$ 和 F_{max} 的估计以评估东海带鱼渔业资源. 南方水产, 3(2): 42-48
- Ajiad A, Jakobsen T, Nakken O. 1999. Sexual difference in maturation of Northeast Arctic cod. Fisheries Science 25: 1-15
- Devlin RH, Nagahama Y. 2002. Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. Aquaculture 208(3-4):191-364
- Hilborn R, Walters CJ. 1992. Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty. London: Chapman & Hall
- Lysack W. 1980. Lake Winnipeg fish stock assessment program. Manitoba Department of Natural Resources, 1-118
- Nash RDM, Pilling GM, Kell LT and 2 others. 2010. Investment in maturity-at-age and-length in northeast Atlantic cod stocks. Fisheries Research 104: 89-99
- Ricker WE. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada, 191: 1-382
- Ye Y, Beddington J. 1996. Modelling interactions between inshore and offshore fisheries: the case of the East China Sea hairtail (*Trichiurus lepturus*) fishery. Fisheries Research 27: 153-177