

黄海中南部小黄鱼种群生物学特征的季节变化和年际变化

单秀娟 李忠炉 戴芳群 金显仕*

(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 2000~2010 年“北斗”号调查船在黄海中南部水域 8 个航次的渔业生物底拖网调查数据,结合 1985~1986 年的历史资料,对该水域小黄鱼种群的生长、摄食、繁殖及资源量变动等生物学特征的季节变化和年际变化进行研究。结果表明,小黄鱼春季平均体长和优势体长范围要高于其他季节,从 2000~2010 年在同一季节小黄鱼的平均体长和优势体长降低,并且优势体长更为集中。小黄鱼食物组成从 1985~1986 年到 2000 年发生了显著的变化,2000~2010 年小黄鱼食物组成变化不大。1985~1986 年小黄鱼食物主要是以鳀 *Engraulis japonicus* (重量百分比为 45.18%) 为主,其次是小型底栖虾类。2000 年和 2010 年小黄鱼食物组成主要以太平洋磷虾 *Euphausia pacifica* 为主,占食物总量的 47.28%,其次是细螯虾 *Leptochela gracilis* 和脊腹褐虾 *Crangon affinis*,但是鳀在食物组成中从 4.67% 增加至 10.64%。小黄鱼各个季节性腺发育 II 期所占的比例较高。2000 年小黄鱼平均渔获量最高(夏季除外),2000 年以后其平均渔获量降低,其分布开始向北偏移。由上可知,黄海小黄鱼的种群属性及其生活史类型已经发生变化。因此,建议小黄鱼的渔业管理和资源养护要充分考虑其生物学特征的变化。

关键词 黄海 小黄鱼 生物学特征 季节和年际变化

中图分类号 S932.4 文献标识码 A 文章编号 1000-7075(2011)06-0007-10

Seasonal and annual variations in biological characteristics of small yellow croaker *Larimichthys polyactis* in the central and southern Yellow Sea

SHAN Xiu-juan LI Zhong-lu DAI Fang-qun JIN Xian-shi*

(Shandong Provincial Key Laboratory of Fishery Resources and Ecological Environment,

Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

ABSTRACT Based on the data collected from bottom trawl in eight cruises by R/V “Beidou” in the central and southern Yellow Sea from 2000 to 2010 and historical data from 1985 to 1986, seasonal and annual variations in the growth, feeding habits, reproductive characteristics of small yellow croaker *Larimichthys polyactis* and the dynamics of its resource were analyzed. The results were as follows: the average body length and the dominant body length range in spring were higher than those in the other seasons, and showed a decreasing trend from 2000 to

国家自然科学基金资助项目(40906086)、国家 863 计划课题(2009AA09Z401)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: 2011-01-26; 接受日期: 2011-03-30

作者简介: 单秀娟(1984-), 女, 博士, 主要从事鱼类生态学研究。E-mail: shanxj@ysfri.ac.cn, Tel: (0532)85836344

2010 with narrower dominant body length spectra. The food composition of small yellow croaker greatly changed from 1985~1986 to 2000, but no significant changes were found from 2000 to 2010. Japanese anchovy *Engraulis japonicus* was the predominant diet in 1985~1986, accounting for 45.18% of the total weight of the diets, then was the small-sized shrimps. In 2000 and 2010, *Euphausia pacifica* was the main diet, accounting for 47.28% and 37.20%, respectively, then were *Crangon affinis* and *Leptochela gracilis*. In addition, the proportion of Japanese anchovy in food composition increased from 4.67% in 2000 to 10.64% in 2010. The proportions of individuals with gonad development at stage II in 2000s were less than those during 2007~2010. The mean catch of small yellow croaker was the highest in the 2000s (excluding summer), but the relative abundance gradually decreased since the 2000s. In addition, the distribution of small yellow croaker gradually migrated northward. The impacts of human activities and environment changes on fishery resource become more and more serious, thus the attribute of small yellow croaker population and its life history characteristics in the Yellow Sea greatly changed. So, variations in biological characteristics of small yellow croaker should be fully considered in fishery resource management and conservation.

KEY WORDS Yellow Sea Small yellow croaker *Larimichthys polyactis*
Biological characteristics Seasonal and annual variations

小黄鱼 *Larimichthys polyactis* 隶属于鲈形目、石首鱼科、黄鱼属,分布于我国的渤海、黄海和东海,是我国近海重要的近底层经济鱼类,也是中、日、韩三国共同利用的主要鱼种,在我国海洋渔业中占有重要的位置,曾为中国东海“四大渔业”之一(郑元甲等 2003)。20世纪60~80年代,由于受到过度捕捞和环境恶化等因素的影响,小黄鱼资源量和渔获量发生了很大变化,资源逐渐趋于衰退,但在黄海渔业中,特别是底拖网渔业中仍然占有重要的地位。20世纪90年代以后,由于采取了一系列保护小黄鱼产卵场和补充群体的有效措施,如禁渔期、禁渔区、保护区及限制渔获物中幼鱼的比例等,其资源呈逐年恢复之势(林龙山等 2000)。2000年其产量创东海区小黄鱼历史产量的最高记录,达15.95万t,2001年产量为12.50万t,2002年产量为12.91万t,处于历史较高水平,而且渔获物绝大部分以1龄鱼为主,可以看出,小黄鱼渔业已经处于补充型过度捕捞状态(中国渔业统计年鉴 2000~2003)。

目前小黄鱼种群个体小型化现象非常突出,性成熟年龄提前、体长减小(金显仕 1996;林龙山 2004;林龙山等 2004)。鱼类性成熟的年龄和体长是促使其适应环境变化的重要生活史特征(Ro 1992;Stearns 1992),其繁殖生物学特征和个体发育方式随着环境变化和人类活动而作出适应性变化,将直接影响水域鱼类资源总量的变动,并且通过营养结构的改变而影响整个渔业生态系统。小黄鱼作为水域生态系统食物链中的高级消费者及渔业的主要捕捞对象,在整个生态系统中起很重要的作用。关于小黄鱼的研究主要集中在资源调查和评估(金显仕 1996;林龙山等 2000;汤建华等 2001;郑元甲等 2003;程家骅等 2006;丁峰元等 2007)、生长特征(郭旭鹏等 2006)和食性分析等(张波等 2004;薛莹等 2004a,b;严利平等 2006),本研究则根据黄海渔业资源的长期调查资料对小黄鱼生物学特征的季节变化和年间变化进行研究,以期揭示小黄鱼种群的生态适应性规律及科学规划海洋生物资源开发利用提供基础资料。

1 材料与方法

材料取自2000~2010年对黄海渔业生态系渔业生物底拖网调查(表1)。调查船“北斗”号,网具参数为:网具网目836目×20cm,网口周长167.2m,网具总长度83.2m,囊网网目2.4cm,拖速为3kn。每站拖网0.5~1h,记录每站小黄鱼的数量和重量,换算为每小时的重量(kg/h)。室内生物学测定主要包括体长、体重、性

腺成熟度、摄食等级及胃含物分析等。1985~1986 年黄海小黄鱼数据参考金显仕(1996), 捕捞产量来自历年(1957~2009)中国渔业统计年鉴。

2 结果

2.1 体长分布

2001 年春季小黄鱼平均体长为 120.3mm, 优势体长是 100~140mm, 约占 95.00%; 2010 年春季小黄鱼平均体长为 102.3mm, 其中优势体长是 81~120mm, 约占 85.39%。2000 年夏季小黄鱼平均体长为 118.0mm, 优势体长是 60~140mm, 约占 88.50%; 2007 年夏季小黄鱼平均体长为 94.0mm, 优势体长是 80~99mm, 约占 70.50%。2000 年秋季小黄鱼平均体长为 116.4mm, 优势体长是 80~140mm, 约占 83.80%; 2009 年秋季小黄鱼平均体长为 98.5mm, 优势体长是 80~109mm, 约占 76.50%。2000 年冬季小黄鱼平均体长为 124.3mm, 优势体长是 100~140mm, 约占群体的 82.70%; 2010 年冬季小黄鱼平均体长为 98.6mm, 优势体长是 60~120mm, 约占群体的 86.10%(图 1)。小黄鱼春季的平均体长和优势体长要高于其他季节, 并且在同一季节小黄鱼的平均体长和优势体长呈下降趋势。

表 1 调查时间、网次和范围

Table 1 List of research cruises used in this paper

	时间(年-月) Time	网次 Haul	范围 Range
春季 Spring	2001-04	47	32° ~ 36.5°N; 120° ~ 126°E
	2010-05	48	32° ~ 37°N; 121.5° ~ 125°E
夏季 Summer	2000-08	44	33° ~ 40.5°N; 118.5° ~ 125.75°E
	2007-08	43	32.5° ~ 39°N; 120.5° ~ 124.5°E
秋季 Autumn	2000-10	47	33° ~ 39°N; 121.5° ~ 125°E
	2009-10	47	32.5° ~ 37.5°N; 121.5° ~ 125.5°E
冬季 Winter	2000-12	30	32.5° ~ 37°N; 121° ~ 125.5°E
	2010-01	40	32.5° ~ 37.0°N; 121° ~ 124.5°E

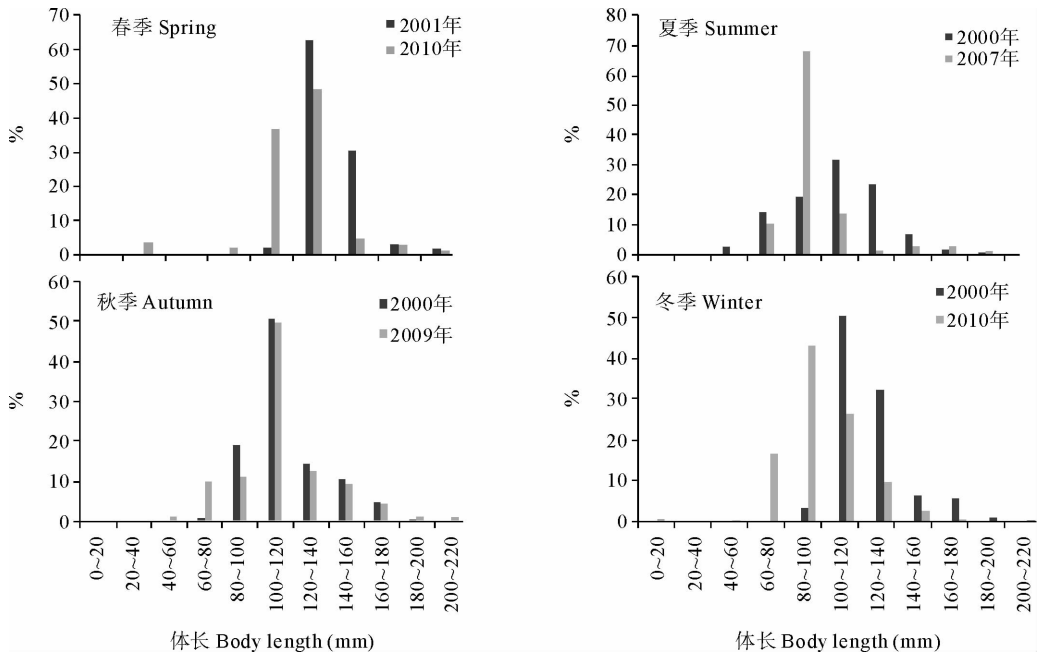


图 1 黄海中南部小黄鱼体长分布频率

Fig. 1 Length distribution of small yellow croaker in the central and southern Yellow Sea

2.2 摄食习性

小黄鱼食物组成中重量百分比大于 1% 的种类从 1985~1986 年到 2000 年之间发生了显著的变化, 但是 2000~2010 年食物组成变化较小(表 2)。1985~1986 年小黄鱼食物组成主要是以鳀为主, 占 45.18%, 其次是

脊腹褐虾 *Crangon affinis* 和戴氏赤虾 *Metapenaeopsis dalei*, 棘头梅童鱼 *Collichthys lucidus*、葛氏长臂虾 *Palaemon gravieri* 和鹰爪虾 *Trachypenaeus curvirostris* 也占较高的比例。2000年黄海小黄鱼食物组成主要以太平洋磷虾为主,占47.28%,其次是赤鼻棱鳀 *Thrissa kammalensis* 和脊腹褐虾,细螯虾 *Leptocheila gracilis* 也占据较高的比例,但是鳀仅占4.67%。2009~2010年小黄鱼的食物组成以太平洋磷虾(37.20%)、细螯虾(16.39%)和脊腹褐虾(19.74%)为主,鳀在食物组成中也占较高的比例(10.64%)。在本研究各航次调查中,小黄鱼各个季节的空胃率均小于70%,2000年小黄鱼各个季节的空胃率(41.9%~64.2%)要高于2007~2010年各个季节的空胃率(6.7%~37.4%),并且各个季节摄食等级中1级和2级均占较高的比例,3级和4级的比例在各个季节变化较大,在2009~2010年的春季和秋季占较高的比例(图2)。

表2 黄海小黄鱼主要食物种类的年间变化

Table 2 Annual changes of diet composition of small yellow croaker in the Yellow Sea

种类组成 Prey composition	1985~1986年 (唐启升等 1990)			2000~2001年 (薛莹等 2004b)			2009~2010年		
	重量百分比	个数百分比	出现频率	重量百分比	个数百分比	出现频率	重量百分比	个数百分比	出现频率
	W(%)	N(%)	F(%)	W(%)	N(%)	F(%)	W(%)	N(%)	F(%)
鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	45.18	4.25	31.91	4.67	0.07	0.92	10.64	0.54	3.19
赤鼻棱鳀 <i>T. kammalensis</i>				9.59	0.26	4.47			
棘头梅童鱼 <i>C. lucidus</i>	9.37	0.24	2.13						
细条天竺鱼 <i>Apogonichthys lineatus</i>			3.36	0.07	1.39				
方氏云鳚 <i>Enedrias fangi</i>				1.59	0.04	0.77			
脊腹褐虾 <i>C. affinis</i>	13.10	3.07	21.28	9.38	0.71	7.70	19.74	1.86	7.29
戴氏赤虾 <i>M. dalei</i>	15.13	2.13	12.80						
葛氏长臂虾 <i>P. gravieri</i>	3.21	0.71	2.13						
鹰爪虾 <i>T. curvirostris</i>	2.54	0.24	2.13						
太平洋磷虾 <i>Euphausia pacifica</i>				47.28	64.58	60.86	37.20	82.68	71.75
细螯虾 <i>L. gracilis</i>				7.21	2.28	10.79	16.39	5.12	11.62
中华安乐虾 <i>Eualus sinensis</i>				2.44	0.45	3.85	3.32	0.79	2.50
鲜明鼓虾 <i>Alpheus distinguendus</i>				1.51	0.02	0.46			
细长脚虫戎 <i>Themisto gracilipes</i>							0.71	1.76	2.50
中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i>				1.31	12.25	9.40			

2.3 繁殖特征

2000年8月和2007年8月小黄鱼性腺发育均处于Ⅱ期(图3);在2000年春季小黄鱼性腺发育处于Ⅱ期,占35.5%,在2010年春季小黄鱼性腺发育Ⅱ期,占81.6%,并且在2009年秋季小黄鱼性腺发育处于Ⅱ期的比例也高于2000年秋季;冬季2000年12月小黄鱼性腺发育处于Ⅱ期的比例小于2010年1月,这与小黄鱼的繁殖特性有关。

2.4 密度分布

小黄鱼在2001年春季主要分布在调查区域远离岸边水域的中部和南部,2010年春季主要分布在调查区域远离岸边水域的中部;2000年夏季相对资源量比较少,在整个调查水域内平均分布,而2007年夏季主要分布在调查区域中部近岸水域和南部水域;2000年秋季主要分布在调查区域中部靠近岸边水域和东南部水域,2009年秋季主要分布在调查区域中部靠近岸边水域;2000年冬季主要分布在调查区域远离岸边东南部水域,2010年冬季主要分布在远离岸边的东北部水域(图4)。从图4可以看出,除夏季外,从2000~2010年各个季

节小黄鱼的相对资源量降低, 并且其分布从 2000 年开始逐渐向北偏移。

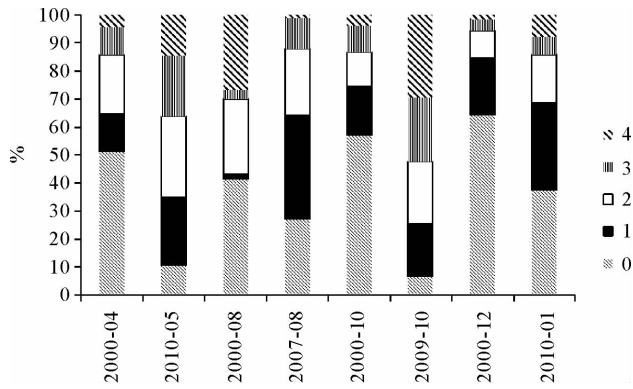


图 2 黄海中南部小黄鱼摄食等级的年间变化
Fig. 2 Feeding grade of small yellow croaker in the central and southern Yellow Sea

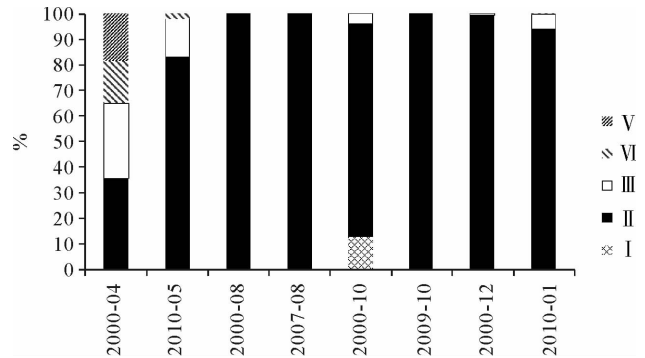


图 3 黄海中南部小黄鱼性腺成熟度的百分比组成
Fig. 3 Percentage of sex maturity stage of small yellow croaker in the central and southern Yellow Sea

2.5 资源量变动

小黄鱼的平均渔获量在各个季节从 2000 年到 2007~2010 年处于显著下降趋势, 并且对总渔获量的贡献也显著下降, 但是其出现频率在春季、夏季和冬季却显著上升(表 3)。图 5 显示了小黄鱼平均渔获量的年间变化, 2000 年平均渔获量最高, 但是从黄海区小黄鱼的捕捞量来看(图 6), 从 1990 年开始该海域小黄鱼的捕捞产量进入急速增长期。

表 3 黄海中南部小黄鱼的平均渔获量、对总渔获量的贡献及出现频率

Table 3 Mean catch, the contribution to the total catch (%) and the frequency of occurrence of small yellow croaker in the central and southern Yellow Sea

	时间 Time	渔获量	对总渔获量的贡献	出现频率
		Mean catch (kg/h)	Contribution to total catch(%)	Frequency of occurrence(%)
春季 Spring	2001-04	5.25	37.41	61.70
	2010-05	2.54	23.00	89.60
夏季 Summer	2000-08	0.13	0.03	38.62
	2007-08	16.36	22.49	67.42
秋季 Autumn	2000-10	4.33	8.04	85.13
	2009-10	2.09	3.65	83.00
冬季 Winter	2000-12	9.93	18.80	56.71
	2010-01	1.32	3.07	72.50

3 讨论

3.1 生物学特征的生态适应性

3.1.1 个体小型化、低龄化现象日益加剧

黄海小黄鱼种群个体小型化、低龄化现象非常严重(图 7), 小黄鱼的平均年龄和平均体长除在 1990~1997 年间出现一个相对稳定期外, 从 1950~2010 年一直处于下降的趋势。在本研究中, 小黄鱼种群平均体长和优势体长存在明显的季节变化, 2007~2010 年调查中捕获的小黄鱼种群平均体长和优势体长要小于 2000 年, 特别是产卵群体和越冬群体, 但是均小于 1985~1990 年各个季节小黄鱼的平均体长和优势体长(金显仕 1996), 更远远小于 20 世纪 50 年代黄海小黄鱼种群的平均体长(214~225 mm)(水柏年 2003), 优势体长也更为集中, 特别是夏季优势体长组由双峰型转变为单峰型。在东海区小黄鱼种群的研究中也有类似的发现(柳卫海等 1999)。另外, 过度捕捞可引起海洋生物资源量和补充量关系失衡, 捕食与被捕食关系不匹配(Bundy 2001), 目标种群资源因过度利用而衰退, 群落生物量显著降低, 小个体, 短生命周期补偿生长提高, 因而形成资源结构“小型化”的生态效应(Myers *et al.* 2003), 甚至限制最小可捕体长规格也会导致鱼类上述生物学特征、遗传学特征和行为的改变(Conover *et al.* 2002; Walsh *et al.* 2006)。

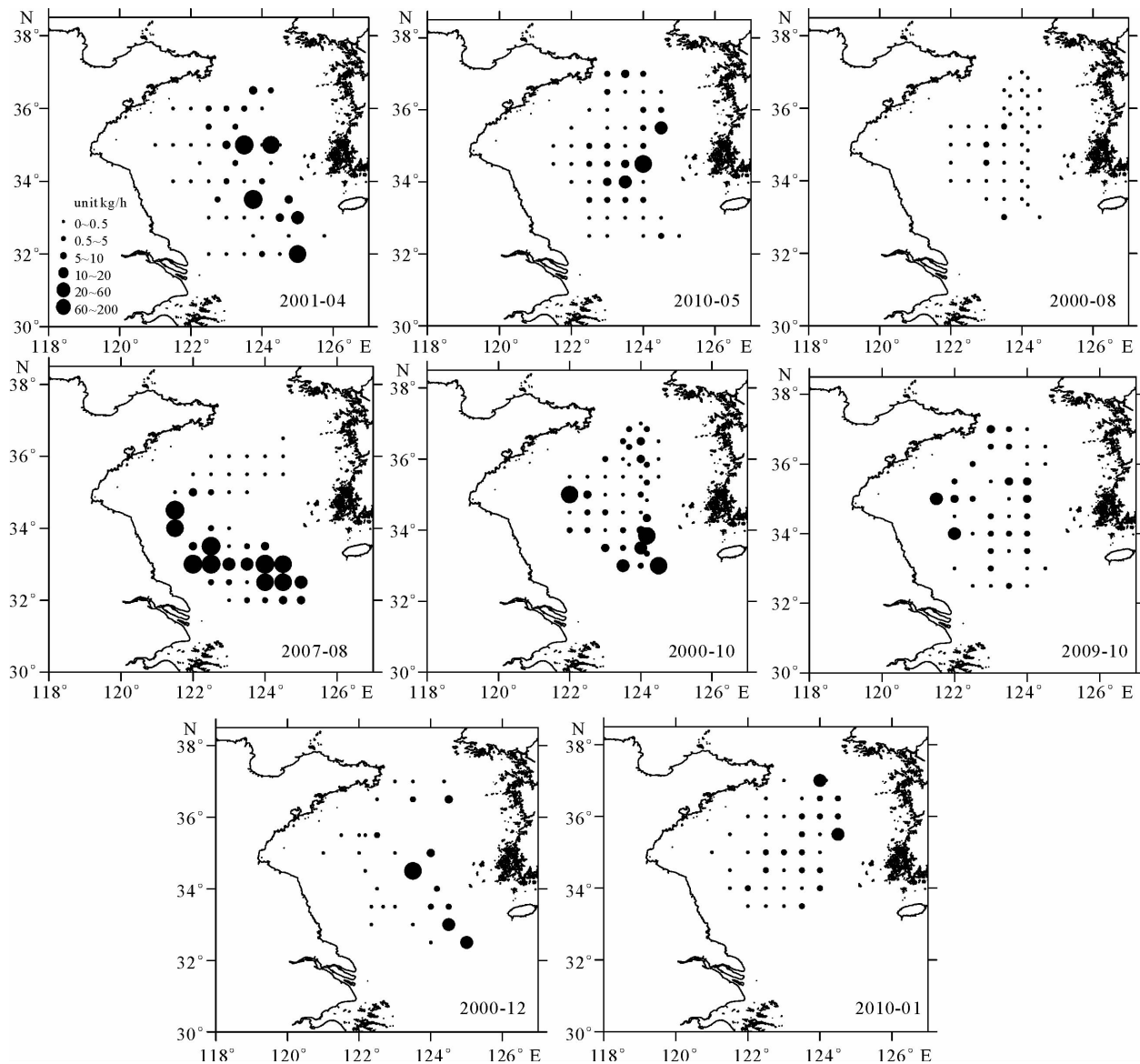


图4 黄海中南部小黄鱼相对资源量的空间分布

Fig. 4 The relative abundance of small yellow croaker in the central and southern Yellow Sea

3.1.2 个体生长速度加快,性成熟提早

随着水域环境的变化及人类活动的日益加剧,小黄鱼的种群结构已经发生了很大变化。黄海小黄鱼种群的生长参数 k 和 t_0 逐渐增大(表4)。 k 、 t_0 值分别由1959年的0.17、-2.5龄,逐步增大至1985年的0.25、-1.21龄、2008年的0.45、-0.47龄。其次,拐点年龄逐渐变小,1959、1985年和2008年小黄鱼的体重生长拐点年龄分别为5.4、3.83、1.83龄(刘效舜 1990;金显仕 1996;张国政等 2010)。在渤海和东海水域小黄鱼种群也有类似的研究结果,其生长方式和种群结构都发生了明显的变化(林龙山等 2004;郭旭鹏等 2006;Dieckmann 2005),并且小黄鱼性成熟最小体长和年龄也显著下降(水柏年 2003)。在其他鱼类的研究中也有生长速度加快,生长拐点提前的现象(邱盛尧等 1993)。从表4可以看出,从1959~1985年小黄鱼的生长速度加快,拐点年龄降低,但是其理论上的最大体长增大;从1985~2008年小黄鱼的生长速度继续加快,拐点年龄继续降低,但是理论上的最大体长也显著小于1959年和1985年的理论最大体长。这可能是在环境变化

和不同强度的捕捞压力下, 小黄鱼为了种族的延续和繁衍, 通过自然选择对其所处的环境进行适应性调节而产生的一系列生态学特征的适应, 种群生长的内禀增长力发生变化是其中的一种表现形式(罗秉征等 1993)。

本研究中夏季小黄鱼性腺发育均处于Ⅱ期, 2000年春季和秋季小黄鱼性腺发育处于Ⅱ期的比例显著高于2009~2010年春季和秋季, 与1985年相比, Ⅱ期所占比例升高。各季的渔获物中2000年雄鱼多于雌鱼, 但在2010年的调查中雌鱼开始多于雄鱼。种群数量变动的生活方式也是各个种类生活史的反映, 种群动态与其生活史选择型有着密切关系(罗秉征等 1993), 并且生活史特征受资源利用程度和环境变化的调节(Smale *et al.* 2010)。在过度捕捞压力下, 研究证明金赤鲷 *Pagrus auratus* 的生活史特征发生了显著的改变(Hauser *et al.* 2002)。小黄鱼属于K-型略偏r-型(罗秉征等 1993), 但是目前研究结果显示, 小黄鱼群体性成熟提早, 虽然性成熟体长减小, 但是繁殖力提高(金显仕 1996; 郭旭鹏等 2006; 水柏年 2003; 曾玲等 2005), 这也充分证明了小黄鱼在环境变化和人类活动压力下生活史选择型向R-型的转变, 但是有关这种转变的具体调节机制需要进一步研究。另外, 人类活动对渔业资源的影响逐步升级, 特别是长期的过度捕捞和环境变化, 甚至导致渔业种群遗传特征的变化(Dieckmann 2005), 这些变化对鱼类的生物学特征产生了深远的影响。

3.1.3 食物种类组成发生变化, 营养级降低

小黄鱼食物组成从1985~1986年到2000年发生了显著的变化。1985~1986年小黄鱼食物主要是以鳀(占食物总量的45.18%)为主, 其次是小型底栖虾类(唐启升等 1990)。2000年小黄鱼食物组成主要以太平洋磷虾为主, 占食物总量的47.28%, 鳀仅占4.67%(薛莹等 2004)。

饵料组成的这种变化可能与水域生态系统中的种间关系及食物竞争密切相关, 近年来, 黄鮟鱇 *Lophius litulon* 和细纹狮子鱼 *Liparis tanakae* 资源量增加, 这两种鱼类不仅繁殖量大、成活率高, 还吞食大量经济鱼类的幼鱼, 还与其他鱼类形成食物竞争(唐启升等 1990)。另外, 环境中优势饵料生物的数量波动也是导致其食性改变的主要原因, 在其他的鱼类食性的研究中也类似发现(金显仕 2003; 张波 2007; Jin *et al.* 2010), 种群食谱的变化与种群个体的异质性变化有关, 这些适应性变化使得种群数量相应于食物保障(黄宗强等 1982)。黄海小黄鱼的营养级从1985~1986年的3.7下降至2000~2001年的3.4(张波等 2004), 这在其他海域小黄鱼的食性研究中也类似的结果(林龙山等 2008), 并且大于全球每10年下降0.1的速度(Pauly 1998)。营养级的改变不仅与食性的改变有关, 而且与过度捕捞密切相关, 它改变了渔业生态系统中

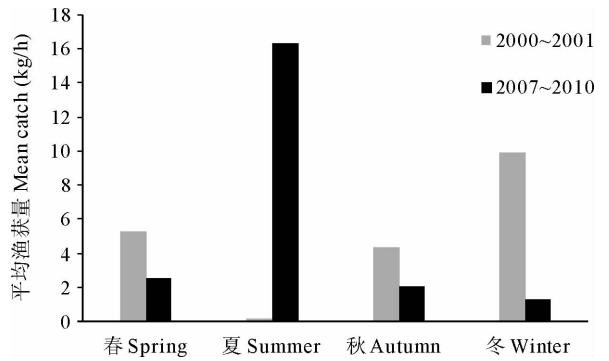


图5 黄海中南部小黄鱼平均渔获量的季节变化和年际变化

Fig. 5 Seasonal and annual variations of mean catch of small yellow croaker in the central and southern Yellow Sea

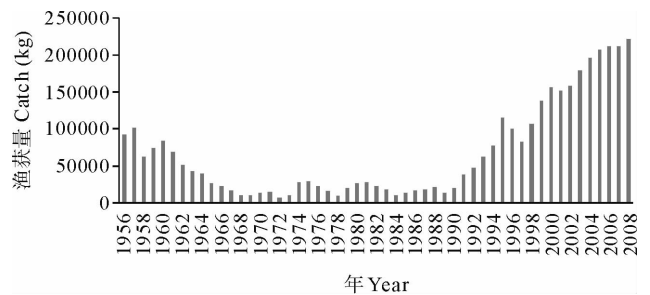


图6 黄海小黄鱼捕捞产量的年际变化

Fig. 6 Fluctuations of catches of small yellow croaker in the Yellow Sea

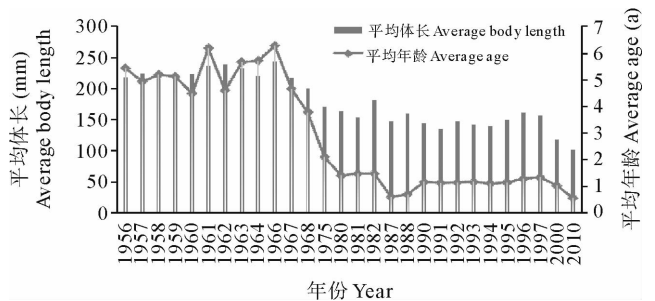


图7 黄海小黄鱼平均体长和平均年龄的年际变化

Fig. 7 Annual variations in average body length and average age of small yellow croaker in the Yellow Sea

的营养结构,已引起了生态系统食物网平均营养级的全面下降以及生态系统结构的改变(Pauly 1998、2003; Link *et al.* 2002)。

但是在研究中发现,从 2000~2010 年小黄鱼的食物组成变化并不显著,并且鳀在食物组成中所占的比例开始逐渐升高。在 20 世纪 60 年代黄海小黄鱼的饵料组成主要是鳀(12.49%)、脊腹褐虾(16.89%)、太平洋磷虾(15.36%) (邓景耀等

表 4 黄海小黄鱼生长参数的变化*

Table 4 Variations of growth parameters of small yellow croaker in the Yellow Sea

生长参数	Growth parameters	1959 年	1985 年	2008 年
生长系数 k	Growth coefficient	0.17	0.22	0.45
极限体长 L_{∞}	Asymptotic length/mm	330	361	270
理论初始年龄 t_0	Zero-length age	-2.5	-1.21	-0.47
拐点年龄 t_r	Inflexion age of body weight growth	5.4	3.83	1.83

* 数据来源于刘效舜(1990)、金显仕(1996)和张国政等(2010)

1991),与 2009~2010 年小黄鱼饵料组成中的比例相似(太平洋磷虾除外),这是否反映了生态系统经过了长期变动后的一种反演尚需进一步研究。在本研究中,小黄鱼各个季节的空胃率均小于 70%,2000 年小黄鱼各个季节的空胃率要高于 2007~2010 年各个季节的空胃率,特别是 2010 年春季,与 1990 年以前小黄鱼在春季的空胃率达 98.5% 存在显著差异(金显仕 1996)。气候变化温度升高,提高了小黄鱼的代谢能力,促进了小黄鱼的摄食;温度是鱼类产生各种生理过程的标志因子,温度升高,小黄鱼达到生殖所需要有效积温的时间提前,使得繁殖盛期提前(小黄鱼在繁殖季节大部分停止摄食),因此导致 5 月份调查中小黄鱼的空胃率显著下降。

3.2 资源量的分布及变动

3.2.1 相对资源量减少,分布产生偏移

小黄鱼的平均渔获量在各个季节从 2000 年到 2007~2010 年处于显著下降趋势,并且对总渔获量的贡献也显著下降。虽然从 20 世纪 90 年代开始小黄鱼在黄海区的捕捞量进入急速增长期,但是 2000 年代平均渔获量最高,从其平均体长和平均年龄的变化趋势(图 7)来看,从 1990~2000 年之间,小黄鱼处于资源的相对恢复期。目前,小黄鱼全国捕捞量居高不下,但是其渔获物群体结构简单,主要以 1 龄鱼为主,补充群体成为渔业生产的主要对象(金显仕 1996)。东海区小黄鱼渔获物中 1 龄鱼占 93.4%,并且幼鱼在渔获物中超过 20% (柳卫海等 1999)。因此,渔获量是鱼类种群数量最直接的反应,引起补充群体和剩余群体比例失调,导致种群属性和种群结构的变化。

除 2007 年夏季外,小黄鱼种群分布从 2000~2010 年在调查区域内向北偏移,与徐兆礼等(2009)的研究结果相比,春季向外海偏移,而冬季向北偏移,这与春季产卵场的迁移有关,在东海相关的研究中有类似的结果(刘勇等 2007)。小黄鱼的产卵场主要分布在底层冷水团与其他水团交汇处,黄海冷水团的北移及其他流系的变化,使得小黄鱼产卵场扩大,向外海迁移(林龙山等 2008)。在其他的研究中也证明小黄鱼集中分布区向北迁移,并且远离近岸水域(Cheung *et al.* 2008)。气候变化和人类活动可以引起鱼类时空分布的变化,从而造成鱼类生活习性的改变而引起鱼类的迁移,包括沿着纬度的迁移(Perry *et al.* 2005; Cury *et al.* 2008; Cheung *et al.* 2009)和生活垂直水层深度的改变(Dulvy *et al.* 2008),特别是底层鱼类(Cheung *et al.* 2008; Munday *et al.* 2008)。

3.2.2 单位补充量减少,生长型捕捞过度

黄海区小黄鱼的捕捞量居高不下,超过资源的再生能力,其平均体重、平均体长和平均年龄均出现明显下降,资源状况不容乐观。虽然 2008 年的捕捞量显著高于 2000 年,但是其平均渔获量显著下降,这充分证明高渔获量与高强度捕捞有关,加之生产渔具的改进和捕捞船只马力的增大,捕捞死亡系数增加,低龄鱼占据渔获物的主要成分,导致补充群体和剩余群体比例失调,单位补充量减少。研究证明,1985 年小黄鱼在开捕年龄为 0.3 龄、捕捞死亡系数为 1.20 的条件下(当时渔业的现行点),其单位补充量为 45.3g(金显仕 1996),而 2008

年小黄鱼在开捕年龄为 0.3 龄, 捕捞死亡系数为 1.63 的条件下(当前渔业的现行点), 其对应的单位补充量为 15.18g(张国政等 2010), 仅为 1985 年单位补充量的 33.5%。1990 年以前, 在黄渤海水域国家规定的小黄鱼可捕体长为 160~200 mm(唐启升等 1990), 农业部 1991 年颁布《渤海区渔业资源繁殖保护规定》中可捕体长为 180 mm, 而 2010 年小黄鱼在调查中的平均体长(102.3 mm)远远小于当时规定的可捕体长, 张国政等(2010)曾对黄海小黄鱼进行评估, 根据模型预测认为当前黄海小黄鱼资源可持续发展的可捕体长应调至 150 mm。

虽然近年间季节性休渔旨在保护经济资源种类的生殖群体、提高海洋生物资源自我更新能力, 该措施在一定程度上促进了小黄鱼资源的养护(程家骅等 2004), 但是休渔前的抢时间捕捞和休渔后的“百舸争流, 千船竞发”的态势所产生的冲击性捕捞效应, 却与海洋生物资源数量自然增长规律严重失衡, 使得资源恢复效果不容乐观。目前, 虽然国家和地方政府相继颁布了很多有关保护海洋渔业资源的法规和条例, 但是, 大量损害渔业资源的网具仍然在使用, 专捕和兼捕小黄鱼幼鱼的现象仍然严重。因此, 要严格控制捕捞强度, 加强产卵场的保护, 在制定各项相关政策的同时要考虑到小黄鱼种群属性和生活史类型的变化, 才可能实现小黄鱼资源的可持续利用。

参 考 文 献

- 丁峰元, 林龙山, 李建生, 程家骅. 2007. 东海区北部小黄鱼生殖群体分布及与水团关系. 自然资源学报, 22(6): 1 013~1 019
- 中国渔业统计年鉴. 1957~2009
- 水柏年. 2003. 黄海南部、东海北部小黄鱼的年龄与生长研究. 浙江海洋学院学报, 22(1): 16~20
- 邓景耀, 赵传纲. 1991. 海洋渔业生物学. 北京: 农业出版社, 164~200
- 刘效舜. 1990. 黄渤海区渔业资源调查与区划. 北京: 海洋出版社
- 刘勇, 严利平, 程家骅. 2007. 2003 年东海北部和黄海南部外海小黄鱼产卵群体的分布特征及其与水温、盐度的关系. 中国水产科学, 14(7): 89~96
- 汤建华, 仲霞铭, 高银生, 沈德华. 2001. 2000 年东海区小黄鱼资源数量变动的探讨. 现代渔业信息, 15(11): 6~12
- 邱盛尧, 叶懋中. 1993. 黄渤海蓝点马鲛当年幼鱼的生长特性. 水产学报, 17(1): 14~23
- 严利平, 胡芬, 凌建忠, 李圣法. 2006. 东海北部和黄海南部小黄鱼年龄与生长的研究. 中国海洋大学学报, 36(1): 95~100
- 张波, 唐启升. 2004. 渤、黄、东海高营养层次重要生物资源种类的营养级研究. 海洋科学进展, 22(4): 393~405
- 张波. 2007. 黄海中部高眼鲷的摄食及随体长的变化. 应用生态学报, 18(8): 1 849~1 854
- 张国政, 李显森, 金显仕, 朱建成, 戴芳群. 2010. 黄海南部小黄鱼生长、死亡和最适开捕体长的研究. 中国水产科学, 17(4): 839~846
- 金显仕. 1996. 黄海小黄鱼生态和种群动态的研究. 中国水产科学, 3(1): 32~46
- 金显仕. 2003. 山东半岛南部水域春季游泳动物群落结构的变化. 水产学报, 27(1): 19~24
- 林龙山, 凌建忠, 程家骅. 2000. 小黄鱼资源状况及合理利用意见. 海洋渔业, 22(3): 120~123
- 林龙山. 2004. 小黄鱼现存资源量的分析. 海洋渔业, 26(1): 18~24
- 林龙山, 程家骅. 2004. 东海区小黄鱼渔业生物学现状的分析. 中国海洋大学学报, 34(4): 555~570
- 林龙山, 程家骅, 姜亚洲, 袁兴伟, 李建生, 高天翔. 2008. 黄海南部和东海小黄鱼产卵场分布及其环境特征. 生态学报, 28(8): 3 485~3 494
- 郑元甲, 陈雪忠, 程家骅. 2003. 东海大陆架生物资源与环境. 上海: 科学技术出版社
- 柳卫海, 郭振华, 詹秉义. 1999. 东海区小黄鱼资源利用现状分析. 上海水产大学学报, 8(2): 105~111
- 徐兆礼, 陈佳杰. 2009. 小黄鱼洄游路线分析. 中国水产科学, 16(6): 931~940
- 郭旭鹏, 金显仕, 戴芳群. 2006. 渤海小黄鱼生长特征的变化. 中国水产科学, 13(2): 243~249
- 唐启升, 叶懋中. 1990. 山东近海渔业资源开发与利用. 北京: 农业出版社, 88
- 罗秉征, 卢继武, 兰永伦, 朱德林, 孔祥雨. 1993. 中国近海主要鱼类种群变动与生活史型的演变. 海洋科学集刊, 34: 123~138
- 曾玲, 金显仕, 李富国. 2005. 黄海南部银鲱的生殖力及其变化. 海洋水产研究, 26(6): 1~5
- 黄宗强, 洪港船, 张寿山. 1982. T·B·尼科里斯基著, 鱼类种群变动理论. 北京: 农业出版社, 156~229
- 程家骅, 林龙山, 凌建忠, 李建生, 丁峰元. 2004. 东海区小黄鱼伏季休渔效果及其资源合理利用探讨. 中国水产科学, 11(6): 554~560
- 薛莹, 金显仕, 张波, 梁振林. 2004a. 黄海中部小黄鱼摄食习性的体长变化与昼夜变化. 中国水产科学, 11(5): 420~425
- 薛莹, 金显仕, 张波, 梁振林. 2004b. 黄海中部小黄鱼的食物组成和摄食习性的季节变化. 中国水产科学, 11(3): 237~243
- Bundy, A. 2001. Fishing on ecosystem: the interplay of fishing and predation in Newfoundland-Labrador. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 58(6): 1 153~1 167

- Cheung, W. W. L., Close, C., Lam, V., Watson, R., and Pauly, D. 2008. Application of macroecological theory to predict effects of climate change on global fisheries potential. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 365: 187~197
- Cheung, W. W. L., Lam, V., Watson, R., and Pauly, D. 2009. Projecting global marine biodiversity impacts under climate change scenarios. *Fish and Fisheries*, 10(3):235~251
- Conover, D. O., and Munch, S. B. 2002. Sustaining fisheries yields over evolutionary timescales. *Science*, 297(5 578): 94~96
- Cury, P., Bakun, A., Crawford, R. J. M., Jarre-Teichmann, A., Quiñones, R. A., Shannon, L. J., and Verheye, H. M. 2000. Small pelagic in upwelling systems: patterns of interaction and structural changes in “wasp-waist” ecosystems. *ICES. J. Mar. Sci.* 57(3):603~618
- Dieckmann, U., Heino, M., and Jin, X. 2005. Shrinking fish: Fisheries-induced evolution in the Yellow Sea. *Options*, 8
- Dulvy, N. K., Rogers, S. I., Jennings, S., Stelzenmuller, V., Dye, S. R., and Skjoldal, H. R. 2008. Climate change and deepening of the North Sea fish assemblage: a biotic indicator of warming seas. *J. Appl. Ecol.* 45(4):1 029~1 039
- Hauser, L., Adcock, G. J., Smith, P. J., Ramirez, J. H. B., and Carvalho, G. R. 2002. Loss of microsatellite diversity and low effective population size in an overexploited population of New Zealand snapper (*Pagrus auratus*). *Proc Nat Acad Sci USA*, 99(18):11 742~11 747
- Jin, X. S., Zhang, B., and Xue, Y. 2010. The response of the diets of four carnivorous fishes to variations in the Yellow Sea ecosystem. *Deep Sea Research II*, 57(11-12):996~1 000
- Link, J. S., and Garrison, L. P. 2002. Changes in piscivory associated with fishing induced changes to the finfish community on Georges Bank. *Fish. Res.* 55(1-3):71~86
- Munday, P. L., Jones, G. P., Pratchett, M. S., and Williams, A. J. 2008. Climate change and the future for coral reef fishes. *Fish and Fisheries*, 9(3):261~285
- Myers, R. A., and Worm, B. 2003. Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. *Nature*, 423(15):280~283
- Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R., and Torres, F. 1998. Fishing down marine food webs. *Science*, 279(5 352):860~863
- Pauly, D., Palomares, M. L., and Froese, R. 2001. Fishing down Canadian aquatic food webs. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58(1):51~62
- Perry, A. L., Low, P. J., Ellis, J. R., and Reynolds, J. D. 2005. Climate change and distribution shifts in marine fishes. *Science*, 308(5 730): 1 192~1 195
- Ro, D. A. 1992. *The evolution of life histories. Theory and analysis.* New York: Chapman & Hall, 535
- Smale, D. A., Langlois, T. J., Kendrick, G. A., Meeuwig, J. J., and Harvey, E. S. 2010. From fronds to fish: the use of indicators for ecological monitoring in marine benthic ecosystems, with case studies from temperate Western Australia. *Rev. Fish. Biol. Fisheries*, 21(3):311~377
- Stearns, S. C. 1992. *The evolution of life histories.* Oxford, Oxford University Press, 249
- Walsh, M. R., Munch, S. B., Chiba, S., and Conover, D. O. 2006. Maladaptive changes in multiple traits caused by fishing: impediments to population recovery. *Ecology Letters*, 9(2):142~148
- Ziegler, P. E., Lyle, J. M., Haddon, M., and Ewing, G. P. 2007. Rapid changes in life-history characteristics of a long-lived temperate reef fish. *Mar. Freshwater Res.* 58(12):1 096~1 107