

渤海莱州湾春季鱼卵、仔稚鱼生物多样性的年代际变化

王爱勇^{1,2} 金显仕^{1*} 万瑞景²

(¹中国海洋大学水产学院, 青岛, 266003)

(²中国水产科学研究院黄海水产研究所海洋可捕资源评估与生态系统实验室, 青岛, 266071)

摘要: 通过 1982 年、1993 年、2003 年和 2008 年在渤海莱州湾位置相同的 12 个站位的鱼卵和仔稚鱼调查资料, 分析了该海域鱼卵和仔稚鱼的种类组成及生物多样性的年代际变化。结果表明, 莱州湾鱼卵、仔稚鱼种类大幅减少, 由 1982 年的 27 种减少到 2003 年的 12 种和 2008 年的 14 种; 资源数量下降趋势明显, 2008 年鱼卵、仔稚鱼个体数量分别为 1982 年、1993 年、和 2003 年的 31.58%、0.61%和 5.77%。群落相似性分析表明莱州湾鱼卵和仔稚鱼群落结构年代际间存在显著差异 ($p < 0.05$), 且有变动加快的趋势。生物多样性指数 1993 年最低, 之后呈上升趋势。

关键词: 鱼卵、仔稚鱼; 莱州湾; 生物多样性; 年代际变化

Decadal variations of ichthyoplankton biodiversity in spring in Laizhou Bay of Bohai

WANG Ai-yong^{1,2} JIN Xian-shi^{2*} WAN Rui-jing²

(¹ Fishery College, Ocean University of China, Qingdao 266003)

(² Laboratory of Stock Assessment and Ecosystem, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

ABSTRACT The decadal biodiversity variations of ichthyoplankton collected at the same locations of the Laizhou Bay of Bohai in 1982, 1993, 2003 and 2008 were studied. The analyses indicated that the total species number of ichthyoplankton declined from 27 in 1982 to 12 in 2003 and 14 in 2008. The ichthyoplankton abundance also declined substantially, with the amount in 2008 only 41.31% of 1982's, 0.66% of 1993's and 6.64% of 2003's respectively. Analyses of community similarity indicated that the ichthyoplankton communities differ significantly in three decades ($P < 0.05$), and showed accelerating change trend. The biodiversity was at the lowest in 1993 and increased ever since.

KEYWORDS Ichthyoplankton Laizhou Bay Biodiversity Decadal variations

莱州湾地处渤海南部, 沿岸有黄河、小清河、胶莱河等 10 余条河流入海 (万修全等 2004), 是黄、渤海多种渔业资源种类的产卵场 (金显仕和邓景耀 1999)。渤海的渔业资源主要种类大多来自黄海 (金显仕和唐启升 1998), 主要渔业种群在黄海中南部越冬后, 于 4、5 月份进入渤海产卵繁殖 (邓景耀和金显仕 2001), 因此莱州湾春季的生殖群体资源状况很大程度上受黄海的资源变动的影 响, 而对莱州湾春季的鱼卵、仔稚鱼资源的研究也对黄、渤海渔业资源的研究有重要意义。

1982 年以来, 莱州湾受沿岸海水养殖业、陆源污染排放、入海河流径流量的变动和气

国家重点基础研究发展规划项目 (2006CB400608) \ 863 课题 (2009AA09Z401) \ 山东省泰山学者工程专项基金和农业部黄渤海渔业资源环境重点野外科学观测试验站共同资助。

* 通讯作者。E-mail: jin@ysfri.ac.cn, Tel: (0532) 85849430

作者简介: 王爱勇 (1982-), 男, 硕士研究生, 主要从事鱼类早期生活史方面的研究。E-mail: wangaiyong@live.com

候变化等因素的影响, 鱼卵、仔稚鱼组成与数量等方面均发生了比较显著的变化(程济生 2004)。对莱州湾的底拖网生物调查表明, 其渔业资源的生物量呈大幅度下降趋势, 生物多样性从1993年到1998年有所增加, 资源优势种不明显, 优势度下降(金显仕和邓景耀 1999)。历史上曾对莱州湾1982年至1983年、1992年至1993年的鱼卵、仔稚鱼种类组成与数量分布作过比较详细的研究(姜言伟等 1988; 万瑞景和姜言伟 1998)。

本文选取了1982年、1993年、2003年和2008年在莱州湾位置相同的12个调查站的鱼卵、仔稚鱼调查资料, 分析了20世纪80年代以来鱼卵、仔稚鱼种类组成及生物多样性的变化, 为摸清莱州湾产卵群体的资源演替提供参考。

1 材料和方法

1.1 数据来源

所用材料取自1982年6月7日-6月15日(姜言伟等 1988)、1993年5月25日-6月7日(万瑞景和姜言伟 1998)、2003年5月20日-5月23日和2008年5月28日-6月1日在莱州湾119°00'-120°30'E、37°30'-38°30'N海域调查中位置基本相同的12个共同站位(图1)的鱼卵、仔稚鱼资料。

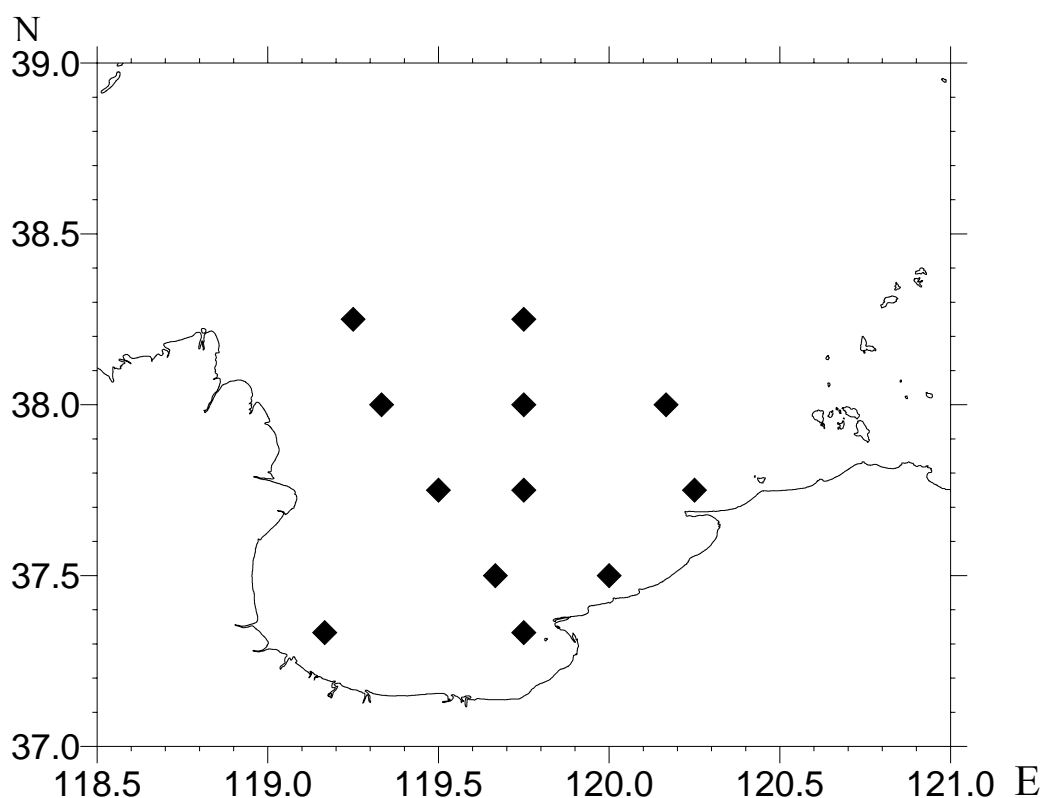


图 1 调查海域及站位分布

Fig. 1 Map of studying area and sampling stations

1.2 样品采集方法

样品采集采用大型浮游生物网(网口内径80cm, 网长280cm, 网目直径0.507mm)表层水平拖网, 每站拖网10min, 拖速为3n mile/h。样品装标本瓶以5%福尔马林海水溶液固定保存, 带回实验室分捡后在解剖显微镜下进行种类鉴定和计数, 鱼卵、仔稚鱼尽可能鉴定

到最低分类等级。调查方法与历史调查相同（姜言伟等 1988；万瑞景和姜言伟 1998）

1.3 数据处理方法

鱼卵、仔稚鱼丰度（Abundance）为每站的实际的鱼卵、仔稚鱼个体数量（ind.）表示。

1.3.1 优势度计算

根据优势度计算公式（孙濡泳 1992），计算不同年间各种类的优势度。

优势度计算公式为：

$$Y = \frac{n_i}{N} f_i$$

其中 Y 为优势度， N 为所有种类总个体数， n_i 为第 i 种的个体数， f_i 为该种在所有站位中出现的频率。

1.3.2 生物多样性分析

通过 Margalef 种类丰度指数（ R ）、Shannon-Wiener 多样性指数（ H' ）（Shannon 1948）、Pielou 均匀度指数（ J' ）来研究渤海莱州湾鱼卵、仔稚鱼的生物多样性（Ludwig & Reynolds, 1988）。由于鱼卵、仔稚鱼个体间大小差异不大，因此文中根据个体数量计算种类多样性。

Margalef 种类丰富度指数：

$$R = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Shannon-Wiener 多样性指数：

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

Pielou 均匀度指数：

$$J' = \frac{H'}{\ln S}$$

其中， S 为种类数， N 为总个体数， P_i 为第 i 种个体数占总个体数的比例。

1.3.3 相似性分析

通过不同年份的种类、数量矩阵数据表，计算不同年间种类组成的 Bray-Curtis 相似性系数（Bray & Curtis 1957）：

$$B_{(m,n)} = 100 \times \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^S x_{im} - x_{in}}{\sum_{i=1}^S x_{im} + x_{in}} \right)$$

式中 x_{im} ， x_{in} 分别表示第 i 种在第 m 年份和第 n 年份渔获个体数（经过 $\log(x+1)$ 转换）。采用Primer软件包中的Cluster方法对年间种类组成相似性进行分组聚类，通过单因子相似性检

验ANOSIM进行不同年间群落结构差异的显著性检验(周红和张志南 2003; Field *et al.* 1982)。

2 结果

2.1 鱼卵、仔稚鱼种类组成及数量的年代际变化

在所选站位中,1982年、1993年、2003年、2008年采集到鱼卵、仔稚鱼种类分别为:27种、21种、12种和14种;个体数量分别为:23125 ind.、1201947 ind.、126575 ind.和7304 ind.(图2)。2003年和2008年鱼卵、仔稚鱼种类数较为接近,但都较1982年和1993年大幅减少。个体数量以1993年最多,2003年和2008年大幅减少,2008年个体数量分别只有1982年的31.58%、1993年的0.61%和2003年的5.77%。

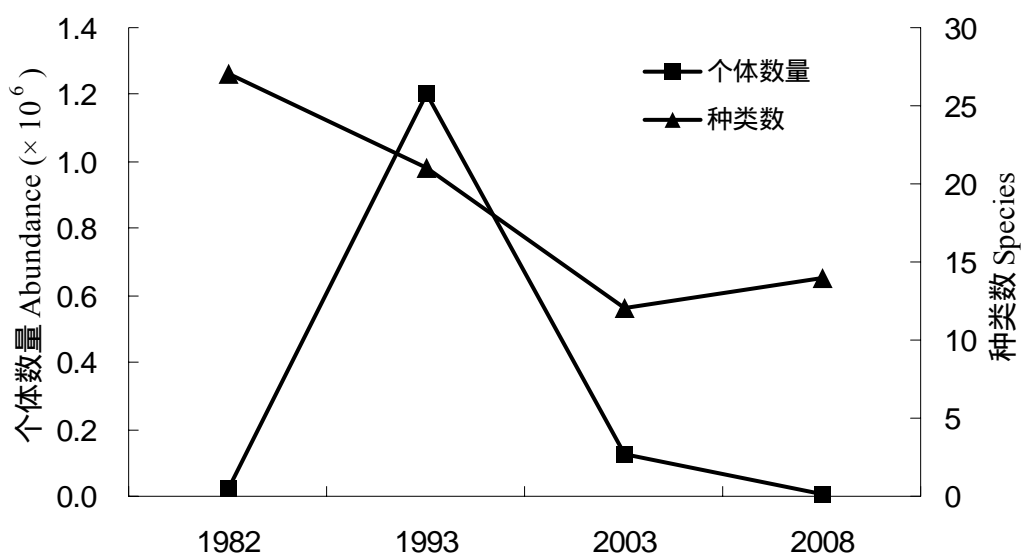


图2 莱州湾鱼卵、仔稚鱼种类、个体数量年代际变化

Fig. 2 Decadal variations of ichthyoplankton species and abundance in Laizhou Bay

4个年份中前5位优势种个体数量占当年调查的鱼卵、仔稚鱼个体数量百分比分别为:74.64%、98.65%、98.69%和91.76%(表1)。鳀在4个年份中都作为第一优势种出现,尤其在1993年,鱼卵数量达到了110多万粒,优势度达到0.880,1993年后,鳀个体数量和数量百分比都呈减少趋势,2008年个体数量分别只有1993年的0.49%和2003年的5.11%,2008年鳀优势度高于2003年的主要原因是鳀在2008年调查中出现频率较高。鲮在4个年份中都作为优势种出现,在前三次调查中个体数量逐年代增加,以2003年个体数量最多,但在2008年其数量大幅减少,分别只有1982年、1993年和2003年的28.03%、2.82%、2.24%。黄姑鱼在前三次调查中都作为优势种出现,但在2008年所选站位中没有出现。短吻红舌鲷、多鳞鱮、绯鱮、梭鱼分别仅在1982年、1993年、2003年、2008年作为优势种出现。

表1 莱州湾春季鱼卵、仔稚鱼优势种组成

Table 1 The composition of dominant species in Laizhou Bay

种类 Species	个体数量 Abundance (ind.)	优势度 Dominance degree
1982 年		
鯉 <i>Engraulis japonicus</i>	13341	0.2885
鲮 <i>Platycephalus indicus</i>	735	0.0238
黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	1060	0.0229
蓝点马鲛 <i>Scomberomorus niphonius</i>	1520	0.0219
短吻红舌鲷 <i>Cynoglossus joyneri</i>	604	0.0218
1993 年		
鯉 <i>Engraulis japonicus</i>	1153792	0.880
多鳞鱈 <i>Sillago sihama</i>	8538	0.0047
鲮 <i>Platycephalus indicus</i>	7298	0.0030
斑鰾 <i>Konosirus punctatus</i>	8610	0.0024
黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	7473	0.0021
2003 年		
鯉 <i>Engraulis japonicus</i>	110236	0.4355
鲮 <i>Platycephalus indicus</i>	9180	0.0423
蓝点马鲛 <i>Scomberomorus niphonius</i>	3859	0.0102
绯鲷 <i>Callionymus beniteguri</i>	945	0.002
黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	702	0.002
2008 年		
鯉 <i>Engraulis japonicus</i>	5637	0.5145
梭鱼 <i>Liza haematocheila</i>	406	0.0232
鲮 <i>Platycephalus indicus</i>	206	0.0212
蓝点马鲛 <i>Scomberomorus niphonius</i>	215	0.0196
斑鰾 <i>Konosirus punctatus</i>	238	0.0109

2.2 各年代际种类组成相似性分析

根据 Bray-Curtis 相似性系数公式计算不同年间群落结构的相似性系数，得到相似性三角矩阵（表 2），结果显示，1982 年和 1993 年相似度最高，达到 71.84%，其次为 1993 和 2003 年，相似度为 68.77%，而 2003 年到 2008 年虽只间隔 5 年，但相似度仅为 55.73%。

ANOSIM 分析表明，莱州湾鱼卵、仔稚鱼群落结构在 1982 年与 2003 年间、2003 年与 2008 年间存在显著性差异 ($p < 0.05$)，1982 年与 1993 年间、1982 年与 2008 年间、1993 年与 2003 年间、1993 年与 2008 年间均存在极显著差异 ($p < 0.01$)。

表 2 1982、1993、2003 和 2008 年间莱州湾鱼卵、仔稚鱼种类组成相似性系数
Table 2 Similarity of ichthyoplankton composition in Laizhou Bay between 1982, 1993, 2003 and 2008

年份 Year	1982	1993	2003	2008
1982				
1993	71.843			

年份 Year	1982	1993	2003	2008
2003	62.245	68.767		
2008	49.133	44.309	55.731	

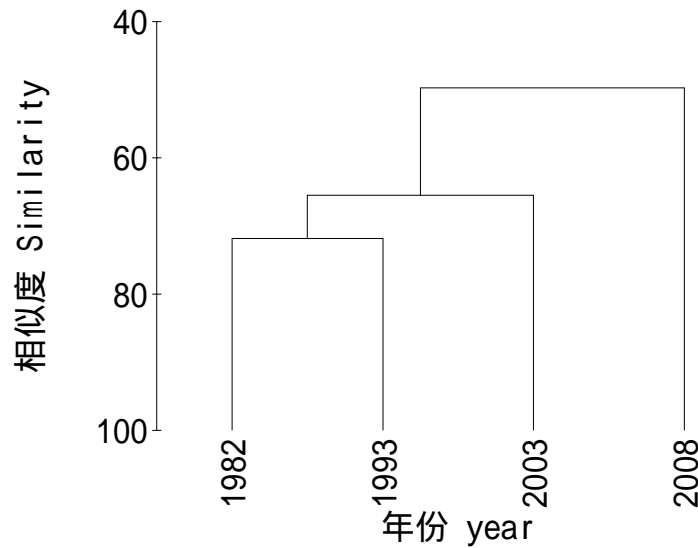


图 3 1982、1993、2003 和 2008 年间鱼卵、仔稚鱼种类组成相似性聚类

Fig. 3 Cluster analysis of ichthyoplankton composition between 1982, 1993, 2003 and 2008

2.3 生物多样性指数的年代际变化

分析表明(表 3) 4 个年份 Margalef 种类丰度指数、Shannon-Wiener 多样性指数及 Pielou 均匀度指数变化趋势基本一致(图 4)。Margalef 种类丰度指数(R)以 1982 年最高,从 1982 年到 2003 年呈年代际递减,2008 年有所上升。Shannon-Wiener 多样性指数(H')和 Pielou 均匀度指数(J')均以 1993 年最低,1993 年后呈上升趋势。

表 3 莱州湾春季鱼卵、仔稚鱼生物多样性的年代际变化

Table 3 Decadal variations of ichthyoplankton biodiversity indices in Laizhou Bay

年份 Year	种类数 Number of species	个体数 Abundance	种类丰富度 Richness (R)	多样性 Diversity (H')	均匀度 Evenness (J')
1982	27	23125	2.59	1.665	0.505
1993	21	1201947	1.43	0.253	0.083
2003	12	126575	0.94	0.558	0.224
2008	14	7304	1.46	0.988	0.375

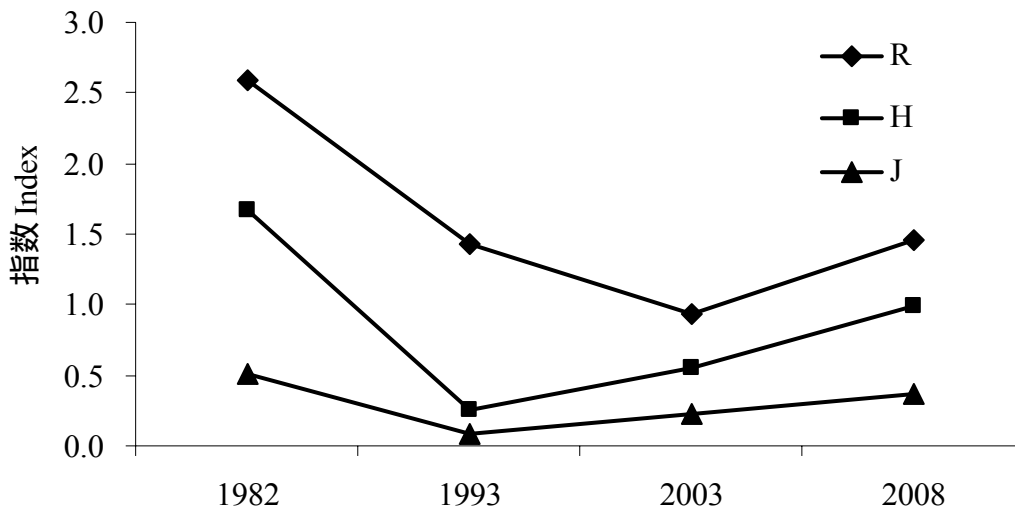


图 4 莱州湾鱼卵、仔稚鱼多样性指数的年代际变化

Fig. 4 Decadal variations of ichthyoplankton diversity indices in Laizhou Bay

3 讨论

渤海莱州湾鱼卵、仔稚鱼的种类数已由 1982 年的 27 种减少到 2003 年的 12 种和 2008 年的 14 种,个体数量也大幅减少,2008 年鱼卵、仔稚鱼数量只有 1982 年的 31.58%和 1993 年的 0.61%。可以看出,自 2003 年后,莱州湾鱼卵、仔稚鱼的种类数处于很低的水平,部分种类,如短鳍红娘鱼在 2003 年和 2008 年的两次调查中均未出现,花鲈、褐牙鲆等只在 1982 年调查中出现,其后再未出现。种类数的大幅减少一方面与渤海渔业资源种类的减少有关,1983 年 5 月渤海出现鱼类有 63 种(任胜民 1993),1992 年 5 月有 43 种(金显仕 2002),1998 年 5 月有 40 种(程济生 2004),而 2004 年 5 月仅出现 30 种(李显森 2008);另一方面,莱州湾小型中上层鱼类的分布范围缩小(金显仕和唐启升 1998),致使部分种类,如青鳞沙丁鱼等,在 2003 年和 2008 年调查所选站位中未采集到,也可能是导致鱼卵、仔稚鱼种类数减少的一个主要原因。

鱼卵、仔稚鱼数量变化是衡量渔业生殖群体资源量大小及补充量变化的重要依据。在 4 次调查中,鲈均为数量最多的种类,分别占当年调查鱼卵、仔稚鱼总数量的 57.69%、95.99%、87.09%、77.18%,其中又以 1993 年数量最多,达到 110 多万。根据渤海渔业资源调查资料,1982 年鲈渔获量为 6.8kg/网·h,1992-1993 年达到 25.0kg/网·h(金显仕,2001);1992-1993 年与 1982-1983 年同期相比,春季鱼类资源量下降了 29.0%、夏季增加了 20.2%、秋季下降了 4.0%。因此 1993 年鱼卵、仔稚鱼的大量出现与鲈产卵群体资源量较大有关,同时较高的补充量进入鱼类群体也导致 1992-1993 年夏、秋季鱼类资源量较高。

莱州湾春季渔业资源优势种自 1982 年开始已经由黄鲫、鲈、赤鼻稜鲈等个体小、营养层次低的小型中上层鱼类逐步替代了带鱼、小黄鱼等营养层次较高的种类(金显仕和邓景耀 2000)。自 1982 年以后的鱼卵、仔稚鱼群体中,以鲈、鲮、斑鲈等为主的优势种结构没有较大变化。鲈虽一直处于绝对优势地位,但其个体数量在 1993 年后已大幅减少,优势降低;其它种类如斑鲈、多鳞鱈、绯鲈、黄姑鱼等个体数量自 1993 年后也都大幅下降。渤海的地方性种类(邓景耀和金显仕 2001)中,梭鱼个体数量从 2003 年开始增多;矛尾复鰕虎鱼数量从 2008 年开始增多;底层鱼类短吻红舌鲷 1993 年生物量较大,2008 年则未采集到;黑

鳃梅童与棘头梅童除 1993 年少量出现 (42 ind.) 外, 其它时间几乎绝迹。因此 2008 年莱州湾鱼卵、仔稚鱼个体数量的大幅减少, 除与黄海渔业资源变动有关, 也与渤海的渔业资源开发及环境变化有关。

对莱州湾春季的鱼卵、仔稚鱼的群落结构的相似性分析显示, 群落结构自 1982 年以来的 3 个年代际间存在显著差异, 群落结构发生较大变化, 而且这一变化有越来越加快的趋势。作为描述群落重要特征的多样性指数 (H'), 反映了各种类数量的均匀程度 (孙濡泳 1992)。莱州湾鱼卵、仔稚鱼的生物多样性指数 1993 年最低, 与鳃的大量出现有关; 1993 年到 2003 年和 2008 年, 生物多样性呈增长趋势, 这一变化趋势也与莱州湾渔业资源生物多样性的变化趋势吻合 (金显仕和邓景耀 1999)。自 1993 年后, 莱州湾春季鱼卵、仔稚鱼生物多样性的增加也反映了鱼卵、仔稚鱼个体数量和种类的大幅减少, 主要种类资源优势下降, 各渔业种类鱼卵、仔稚鱼个体数量更均匀。

参 考 文 献:

- 万修全, 吴德星, 鲍献文, 姜华, 2004. 2000 年夏季莱州湾主要观测要素的分布特征. 中国海洋大学学报, 34 (1): 007-013
- 万瑞景, 姜言伟, 1998. 渤海硬骨鱼类鱼卵和仔稚鱼分布及其动态变化. 中国水产科学, 5 (1): 43-50
- 邓景耀, 金显仕, 2001. 渤海越冬场渔业生物资源量和群落结构的动态特征. 自然资源学报, 16 (1): 42-46
- 李显森, 牛明香, 戴芳群, 2008. 渤海渔业生物生殖群体结构及其分布特征. 海洋水产研究, 29 (4): 15-21
- 孙濡泳, 1992. 动物生态学原理 (第二版). 北京: 北京师范大学出版社. 356-357
- 任胜民, 1993. 渤海鱼类群落的研究. 海洋水产研究, 13: 35-45
- 金显仕, 唐启升, 1998. 渤海渔业资源结构、数量分布及其变化. 中国水产科学, 5 (3): 18-24
- 金显仕, 2001. 渤海主要渔业生物资源变化的研究. 中国水产科学, 7 (4): 22-26
- 金显仕, 2002. 群落结构与生物生产力 (苏纪兰, 唐启升 主编. 中国海洋生态系统动力学研究 - 渤海生态系统动力学过程). 北京: 科学出版社, 312-255
- 金显仕, 邓景耀, 1999. 莱州湾春季渔业资源及生物多样性的年间变化. 海洋水产研究, 20 (1): 6-12
- 金显仕, 邓景耀, 2000. 莱州湾渔业资源群落结构和生物多样性的变化. 生物多样性, 8 (1): 65-72
- 金显仕, 唐启升, 1998. 渤海渔业资源结构、数量分布及其变化. 中国水产科学, 5 (3): 18-24
- 周红, 张志南, 2003. 大型多元统计软件 PRIMER 的方法原理及其在底栖群落生态学中的应用. 青岛海洋大学学报, 33 (1): 058-064
- 姜言伟, 万瑞景, 陈瑞盛, 1988. 渤海硬骨鱼类鱼卵、仔稚鱼调查研究. 海洋水产研究, 9: 121-149
- 程济生, 2004. 黄渤海近岸水域生态环境与生物群落. 青岛: 中国海洋大学出版社. 368-385
- Bray J R. and Curtis J T, 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. Ecological Monographs, 27(4):325-349
- Field J G, Clarke K R and Warwick R M, 1982. A practical Strategy for analyzing multispecies distribution patterns. Marine Ecology Progress Series, 8: 37-52
- Ludwig J A and Reynolds J F, 1988. Statistical Ecology. New York: John Wiley & Sons
- Shannon, C.E., 1948. A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal, 27: 379-423