

黄海中部小黄鱼摄食习性的体长变化与昼夜变化

薛莹^{1,2}, 金显仕¹, 张波¹, 梁振林²

(1. 农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室, 中国水产科学研究院 黄海水产研究所, 山东 青岛 266071; 2. 中国海洋大学 水产学院, 山东 青岛 266003)

摘要: 根据2001年3月至2002年1月在黄海中部海域进行的4个季节的定点底拖网调查, 应用聚类分析、单因素方差分析和列联表检验等方法, 对小黄鱼(*Pseudosciaena polyactis* Bleeker)摄食的体长和昼夜变化进行研究。结果表明: 摄食强度没有明显的体长变化, 而食物组成却有明显的体长变化。随着体长的增大, 鱼类和虾类的比例有所增加, 而磷虾类、桡足类和端足类的比例则减少。饵料生境宽度在体长大于109 mm后有明显的增加。经检验, 小黄鱼平均每个胃中含有的饵料个数显著减少而饵料重量则增加, 这符合“最佳摄食理论”。聚类分析的结果表明, 小黄鱼在体长达到109 mm时, 出现了明显的食物转换现象。小黄鱼的摄食强度在各个季节都有明显的昼夜变化, 午夜24:00和早晨08:00是2个摄食高峰期。

关键词: 小黄鱼; 黄海中部; 摄食强度; 体长变化; 昼夜变化

中图分类号: Q959.483 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-8737-(2004)05-0420-06

鱼类的摄食不仅可以使个体获得能量以维持自身的生存、生长和繁殖, 同时还能够对鱼类群体的行动规律、食物关系、饵料环境以至种群的数量变动产生影响^[1]。因此, 对鱼类食性的研究是鱼类生物学及生态学领域的一项主要内容。对摄食随体长和昼夜变化的研究则是鱼类食性研究中不可缺少的重要组成部分。本研究是黄海中部小黄鱼食性研究的第2部分, 主要研究小黄鱼摄食的体长和昼夜变化。

1 材料和方法

样品取自2001年3月至2002年1月在黄海中部海域(34°00'~36°00'N, 121°00'~125°00'E)进行的春(3~4月)、夏(6月)、秋(10~11月)、冬(1月)4个季节的定点底拖网调查。取样方法、胃含物分析方法、评价饵料重要性和摄食强度的指标、聚类分析和统计检验的方法等见本研究的第1部分^[2]。

在研究摄食的体长变化时, 以10 mm为间隔, 将小黄鱼划分为7个体长组: 80~89 mm; 90~99 mm; 100~109 mm; 110~119 mm; 120~129 mm; 130~139 mm; 139 mm以上。在研究摄食强度的昼夜

变化时, 以4 h为间隔将一昼夜分为6个时段, 分别计算每个时段的平均饱满指数和空胃率。

各个体长组的饵料生境宽度用Shannon-Wiener多样性指数 H' ^[3]计算。计算公式如下:

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

式中 S 为饵料的种数, P_i 为饵料 i 在所有饵料中所占的个数百分比。Shannon-Wiener指数对于稀有饵料很灵敏, 是描述生境宽度的较好的指数^[4]。

方差分析用于比较各个体长组平均每个胃(有食物的胃)中含有的饵料个数和饵料重量的差异。分析前先将数据作对数变换, 经Bartlett检验发现, 变换后的数据满足方差齐性的要求^[5]。

2 结果

2.1 摄食强度和食物组成的体长变化

经检验发现, 小黄鱼的平均饱满指数($F = 1.30, P > 0.05$)和空胃率($\chi^2 = 8.55, P > 0.05$)都没有显著的体长变化(图1)。

小黄鱼的食物组成随体长的变化有明显的差异。根据重量百分比(表1), 体长较小(<110 mm)

收稿日期: 2003-11-27; 修订日期: 2004-02-03。

基金项目: 国家重点基础研究规划项目资助(G19990437); 国家自然科学基金项目资助(30371104)。

作者简介: 薛莹(1977-), 男, 博士研究生, 主要从事鱼类摄食生态学研究。

通讯作者: 金显仕, E-mail: jin@ysfri.ac.cn

的小黄鱼主要以磷虾类为食, 其中体长最小的小黄鱼(80~89 mm)还摄食了较多的桡足类和端足类。随着体长的增大, 虾类和鱼类的比例逐渐增加, 尤其当体长大于129 mm后, 虾类的比例超过磷虾类成为最重要的饵料类群。根据出现频率(表1), 鱼类($\chi^2 = 49.03, P < 0.005$)和虾类($\chi^2 = 23.00, P < 0.005$)的出现频率随着体长的增大而显著地增加,

磷虾类($\chi^2 = 37.52, P < 0.005$)、桡足类($\chi^2 = 97.47, P < 0.005$)和端足类($\chi^2 = 36.59, P < 0.005$)的出现频率则随着体长的增大而显著地减少。“其他”饵料($\chi^2 = 12.34, P > 0.05$)的出现频率则没有显著的变化。此外, 小黄鱼各个体长组的饵料生境宽度在体长大于109 mm后有显著地增加(表2)。

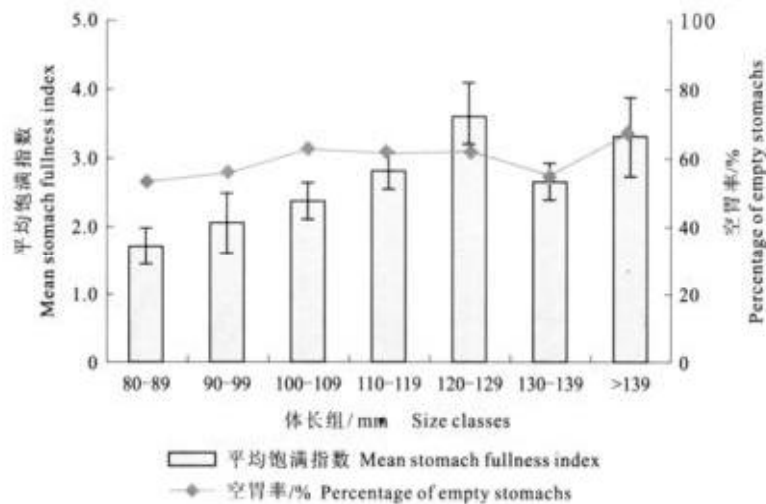


图1 小黄鱼各个体长组的平均饱满指数和空胃率(竖线表示标准误差)

Fig. 1 Mean stomach fullness index and percent of empty stomachs for each size class of small yellow croaker (vertical bars indicate SE)

表1 小黄鱼主要饵料类群重量百分比(W)和出现频率(F)随体长的变化

Table 1 Variation in percentage weight (W) and percentage frequency of occurrence (F) for major prey groups to the diets of each size class of small yellow croaker

体长组/mm Size Class	项目 Item	鱼类** Pisces**	虾类** Decapoda**	磷虾** Euphausiacea**	桡足类** Copepoda**	端足类** Amphipoda**	其他 Others
80-89	W	0	16.69	35.35	24.91	21.70	1.36
	F	0	18.42	57.89	47.37	39.47	10.53
90-299	W	3.96	14.43	69.87	4.15	7.45	0.14
	F	0.74	16.30	77.04	18.52	45.93	2.22
100-109	W	4.26	20.84	67.34	1.23	5.61	0.73
	F	2.48	21.74	71.43	8.07	36.65	3.73
110-119	W	26.30	17.89	47.74	0.13	3.50	4.43
	F	11.49	27.03	64.86	2.70	24.32	6.76
120-129	W	31.56	19.96	39.06	0.00	2.27	7.15
	F	20.00	27.78	54.44	1.11	26.67	12.22
130-139	W	23.12	42.40	31.55	0.01	1.02	1.91
	F	13.73	45.10	43.14	1.96	9.80	5.88
>139	W	33.34	44.77	20.56	0.00	0.35	0.97
	F	23.08	42.31	34.62	0.00	11.54	7.69

注: “其他”包括头足类、毛颚类、多毛类和其他甲壳类; “*”表示 $P < 0.005$, 没有“*”表示 $P > 0.05$ 。

Note: “Others” includes cephalopods, sagitta, polychaetes and other crustaceans; “*” indicates $P < 0.005$, none “*” indicates $P > 0.05$.

表2 小黄鱼各个体长组的饵料生境宽度

Table 2 Dietary breadth calculated for each size class of small yellow croaker

体长组/mm	Size classes	80-89	90-99	100-109	110-119	120-129	130-139	>139
Shannon-Wiener	H'	0.68	0.57	0.61	0.82	0.87	0.89	0.85

注: H' 为 Shannon-Wiener 多样性指数。

Note: H' means Shannon-Wiener diversity index.

经检验发现,小黄鱼平均每个胃中含有的饵料个数($F=5.64, P<0.01$)和饵料重量($F=14.22, P<0.01$)均随体长的增加而发生显著地变化,从图2

中可以看出,随着体长的增大,平均每个胃中含有的饵料个数减少而饵料重量则有所增加。

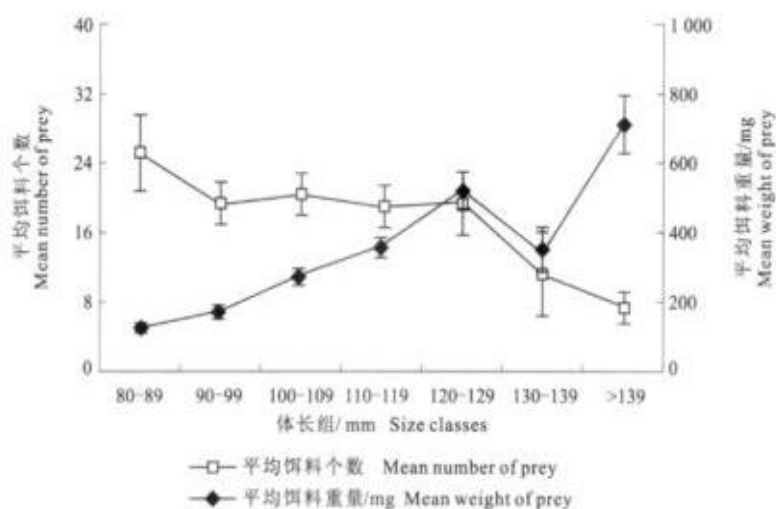


图2 小黄鱼各个体长组平均每个胃中的饵料个数和饵料重量(竖线表示标准误差)

Fig. 2 Mean number of prey per stomach and mean weight of prey per stomach for each size class of small yellow croaker (vertical bars indicate SE)

聚类分析将7个体长组分为2组(图3),其中一组是体长在80~109 mm的鱼类(相似性系数是56.41%),另一组是体长大于109 mm的鱼类(相似性系数是58.21%),这2组之间的平均相似性系数是47.90%。从饵料种类来看,体长在80~109 mm的小黄鱼主要以太平洋磷虾(*Euphausia pacifica*)、中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)、细长脚蛾(*Themisto gracilipes*)和细螯虾(*Leptochela gracilis*)为食,而体长大于109 mm的小黄鱼则主要摄食鳀鱼(*Engraulis japonicus*)、赤鼻棱鳀(*Thryssa kammalensis*)等小型鱼类和脊腹褐虾(*Crangon affinis*)。

2.2 摄食强度的昼夜变化

小黄鱼的摄食强度在各个季节都有显著的昼夜变化(图4)。各个季节,小黄鱼的平均饱满指数在一昼夜内都有两个高峰,分别出现在早晨08:00和午夜24:00,其他时间的平均饱满指数则相对较低。

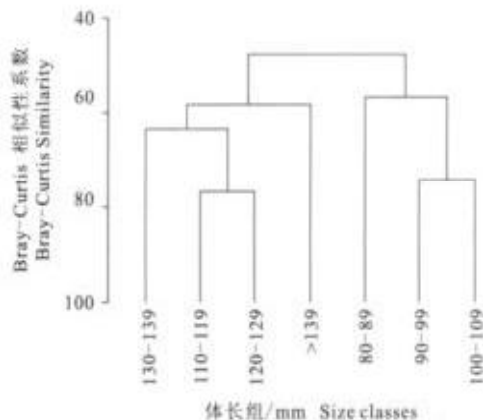


图3 小黄鱼各个体长组食物组成的聚类分析图

Fig. 3 Dendrogram of the cluster analysis of the dietary composition of small yellow croaker in each size class

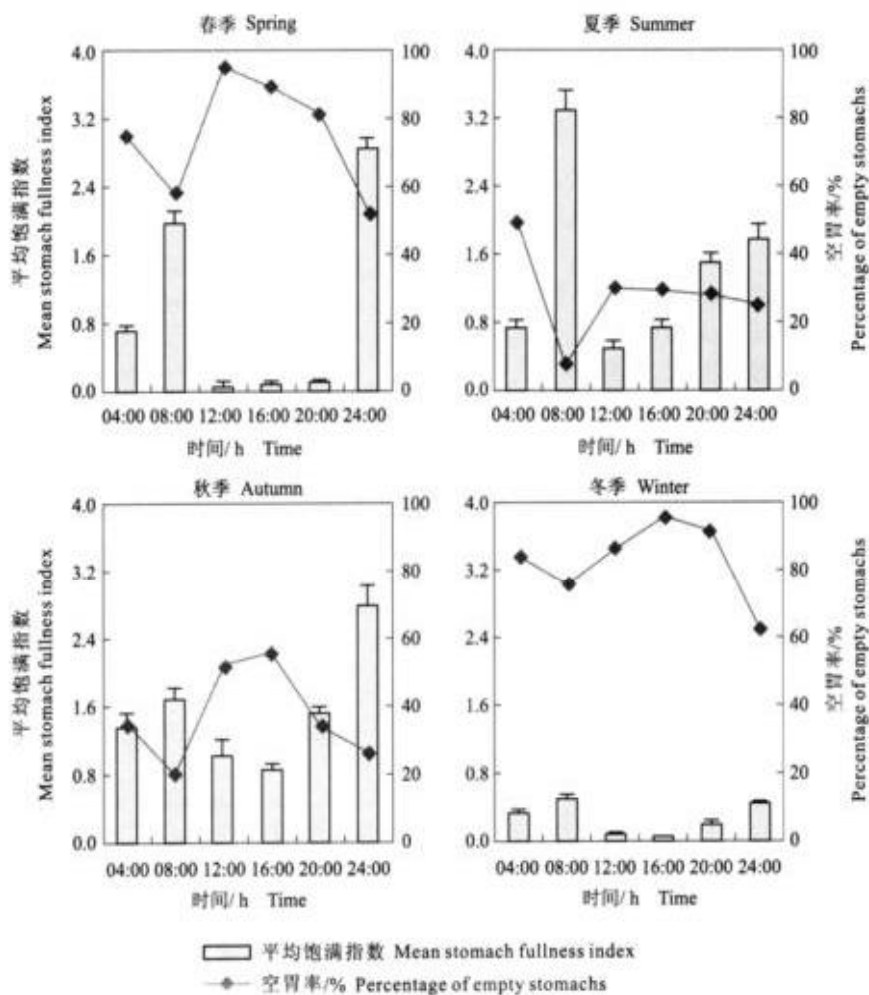


图4 小黄鱼各个季节平均饱满指数和空胃率的昼夜变化(竖线表示标准误差)

Fig. 4 Daily variations in mean stomach fullness and percent age of empty stomachs of small yellow croaker each season (vertical bars indicate SE)

平均饱满指数的最低值分别出现在中午 12:00 (春季和夏季) 和下午 16:00 (秋季和冬季)。空胃率的变化与平均饱满指数的变化恰恰相反。

3 讨论

3.1 体长变化

洪惠馨等^[1]经研究发现,体长较小的(<160 mm)小黄鱼,摄食强度要高于体长较大的(>270 mm)小黄鱼,这是因为幼鱼的新陈代谢水平要比成鱼高。Labropoulou 等^[6]在研究地中海纵带羊鱼(*Mullus surmuletus*)的摄食时也曾得出过类似的结

论。然而,本研究经统计检验发现,小黄鱼的摄食强度并没有显著的体长变化。产生这一结果的原因可能与本研究所收集的小黄鱼样品不够全面有关,因为体长较大(>178 mm)和较小的(<80 mm)小黄鱼均没有收集到。因此,关于小黄鱼摄食强度的体长变化,还需作进一步的研究。

从食物组成来看,各个体长组的小黄鱼均以鱼类、虾类和磷虾类为主要食物。然而,随着体长的增加,大型饵料(鱼类和虾类)在食物中所占的比例逐渐上升,而小型浮游甲壳类(磷虾类、桡足类和端足类)的比例则逐渐下降。而且,个体较大的鱼类摄食的饵料个数较少而重量却较大,说明随着体长的增加,小黄鱼摄食的饵料的个体也增大。这是因为

1) 洪惠馨,秦忆芹,陈莲芳,等. 黄海南部、东海北部小黄鱼摄食习性的初步研究[J]. 海洋渔业资源论文选集, 1962, 45-57.

随着鱼类的生长发育,其口器日趋完善,捕食能力也逐渐增强,必然会发生对饵料的种类和大小要求的变化^[7]。这一现象符合“最佳摄食理论”,即捕食者总是尽可能地捕食个体较大的饵料,因为捕食大个体的饵料所获得的收益(补充的能量)要大于支出(捕食所消耗的能量),从而可以最大限度地获得能量^[8]。此外,Shannon-Wiener 多样性指数在体长大于109 mm后有明显地增加,这说明个体较大的鱼类,其饵料生境宽度也较高,从而增强了其适应环境波动的能力,许多学者都有过类似的报道^[9-10]。

本研究通过聚类分析发现,小黄鱼在体长达到109 mm时有明显的食物转换现象,体长在80~109 mm的小黄鱼主要以太平洋磷虾、中华哲水蚤、细长脚蚬和细螯虾为食,而体长大于109 mm的小黄鱼则主要以脊腹褐虾和一些小型鱼类为食。这种食物转换现象的出现,对于扩大种群的饵料基础,满足不同发育阶段鱼类的饵料需求以及缓和它们对有限饵料资源的竞争都是十分有利的^[11-13]。

3.2 昼夜变化

各个季节,小黄鱼在一昼夜内都有2个摄食高峰期,分别出现在早晨08:00和午夜24:00,其他时间的摄食强度则相对较低。洪惠馨等^[1]在研究长江口附近(9月份)和黄海南部(3月份)小黄鱼的摄食习性时也得出过类似的结论。本研究还发现,小黄鱼在早晨04:00的摄食强度较低,这说明在2个摄食高峰期之间有短暂的摄食减弱的时期。

从小黄鱼在午夜至早晨这段时间的摄食强度较大来看,小黄鱼是晚上游到中上层来觅食的,而白天的摄食强度则较低,这在很大程度上与小黄鱼优势饵料生物的分布和生活习性有关。小黄鱼有昼夜垂直移动的习性,黄昏时上浮,黎明时下沉^[14]。虽然其优势饵料太平洋磷虾也有昼沉夜浮的习性,但它在白天很少分布在30 m以下的水层^[15],这与小黄鱼在白天的分布水层不完全一致。而小黄鱼的另一种优势饵料—脊腹褐虾,白天常常潜入海底的泥沙中^[16],难以被小黄鱼发现并摄食。因此,饵料生物可获得性的降低是导致小黄鱼白天摄食强度减弱的主要原因。此外,小黄鱼白天摄食强度的减弱还可能与其自身的生活习性有关^[1]。

致谢:本研究工作得到了韦晟、戴芳群、李延智和程济生等老师的大力帮助,在此一并致谢。

参考文献:

- [1] 邓景耀,赵传纲. 海洋渔业生物学[M]. 北京:中国农业出版社,1991.
- [2] 薛莹,金显仕,张波,等. 黄海中部长小黄鱼(*Pseudosciaena polyactis* Bleeker)的食物组成和摄食习性的季节变化[J]. 中国水产科学,2004,11(3):237-243.
- [3] Krebs C J. Ecological Methodology [M]. New York: Harper and Row, 1989.
- [4] Marshall S, Elliott M. A comparison of univariate and multivariate numerical and graphical techniques for determining inter- and intra-specific feeding relationships in estuarine fish [J]. J Fish Biol, 1997, 51:526-545.
- [5] Zar J H. Biostatistical analysis [M]. Second edition. New York: Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1984.
- [6] Labropoulou M, Machias A, Tsimenides N, et al. Feeding habits and ontogenetic diet shift of the striped red mullet, *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758 [J]. Fish Res, 1997, 31:257-267.
- [7] Wootton R J. Ecology of teleost fishes [M]. London: Chapman & Hall, 1990.
- [8] Gerking S D. Feeding ecology of fish [M]. San Diego: Academic Press, 1994.
- [9] Schafer I N, Platell M E, Valesinni F J, et al. Comparisons between the influence of habitat type, season and body size on the dietary compositions of fish species in nearshore marine waters [J]. J Exp Mar Biol Ecol, 2002, 278:67-92.
- [10] Platell M E, Sarre G A, Potter I C. The diets of two co-occurring marine teleosts, *Parupeneus melbourneensis* and *Pseudocaranx wrighti*, and their relationships to body size and mouth morphology, and the season and location of capture [J]. Environ Biol Fish, 1997, 49:361-376.
- [11] Brooks J L, Dodson S L. Predation, body size, and competition of plankton [J]. Science, 1965, 150:28-35.
- [12] Grossman G D. Ecological aspects of ontogenetic shifts in prey size utilization in the Bay goby (Pisces: Gobiidae) [J]. Oecologia, 1980, 47:233-238.
- [13] Langton R W. Diet overlap between Atlantic cod, *Gadus morhua*, silver hake *Merluccius bilinearis* and fifteen other northwest Atlantic finfish [J]. Fish Bull, 1982, 80:745-759.
- [14] 孟庆闻,缪学祖,俞泰济,等. 鱼类学[M]. 上海:上海科学技术出版社,1989.
- [15] 王克,王荣,高尚武. 东海浮游动物昼夜垂直移动的初步研究[J]. 海洋与湖沼, 2001,32(5):534-540.
- [16] 唐启升,叶懋中. 山东近海渔业资源开发与保护[M]. 北京:中国农业出版社,1990.

1) 洪惠馨,秦忆芹,陈莲芳,等. 黄海南部、东海北部小黄鱼摄食习性的初步研究[J]. 海洋渔业资源论文选集,1962,45-57.

Ontogenetic and diel variation in feeding habits of small yellow croaker *Pseudosciaena polyactis* Bleeker in the central part of Yellow Sea

XUE Ying^{1,2}, JIN Xian-shi¹, ZHANG Bo¹, LIANG Zhen-lin²

(1. Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resource, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Fisheries College, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

Abstract: A total of 1 688 specimens of small yellow croaker, *Pseudosciaena polyactis* Bleeker, at standard length (SL) of 80–178 mm, were sampled from seasonal bottom trawl surveys by the R/V ‘Bei Dou’ in the central part of Yellow Sea from March 2001 to January 2002. The ontogenetic and diel variation in the feeding ecology of small yellow croaker in the central part of Yellow Sea were examined by applying the cluster analysis, one-way ANOVA and a chi-squared test. The results show that the feeding intensity, as indicated by the percentage of empty stomachs (PES) and mean stomach fullness index (MSFI), do not vary significantly among different classes of sizes. But the diet composition varied with fish size. The frequency of fish and decapods increased significantly with increasing fish size, whereas the frequency of euphausiids, copepods and amphipods decreased. The dietary breadth increased significantly for fish longer than 109 mm SL. The mean number of prey per fish decreased significantly with the increase of fish size, while the mean weight of prey items per fish increased. This event is consistent with the “optimum foraging theory”. Cluster analysis revealed that there was an abrupt change in diet composition in the fish at about 109 mm SL. At species level, *Euphausia pacifica*, *Calanus sinicus* and *Themisto gracilipes* dominated the diet of fish smaller than 109 mm SL, whereas *Thyssa kammalensis*, *Leptochela gracilis* and *Crangon affinis* were the dominant prey for fish greater than 109 mm SL. The feeding intensity showed significantly diel variation during each season. The MSFI showed two main peaks at 08:00 a. m. and 24:00 p. m. in each season. The minimum value of MSFI in spring and summer occurred at 12:00 a. m., and in autumn and winter at 16:00 p. m. The PES at different time in each season was also different. The distribution of the PES showed an opposite tendency to the MSFI.

Key words: *Pseudosciaena polyactis*; the central part of Yellow Sea; feeding intensity; ontogenetic variation; diel variation

Corresponding author: JIN Xian-shi. E-mail: jin@ysfri.ac.cn

《海洋渔业》杂志 2005 年征订启事

《海洋渔业》杂志是中国水产学会和中国水产科学研究院东海水产研究所主办的学术性期刊,创刊于 1979 年。主要刊载水产资源和捕捞、水产养殖和增殖、水产品保鲜与综合利用、渔业水域环境保护、渔业机械与仪器以及水产基础研究的论文、综述和简报。

《海洋渔业》杂志为国内外公开发行,国内统一刊号:CN31-1341/S,国际标准刊号:ISSN1004-2490,邮发代号:4-630。季刊,大 16 开,88 页,逢季中月 25 日出版。每期定价 14 元,全年 56 元。全国各地邮局(所)均可订阅,也可直接汇款至编辑部订阅。

编辑部地址:上海市军工路 300 号;邮编:200090;联系电话:021-65680116;021-65684690 转 8048;传真:021-65683926;E-mail:haiyangyue@163.net