

东海磷虾类优势种的生态适应

徐兆礼, 陈亚瞿*

(农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090)

摘要: 根据 1997~2000 年东海 23°30'~33°N, 118°30'~128°E 海域 4 个季节海洋调查资料, 对东海磷虾类优势种的生态特征进行了研究, 运用定量定性方法探讨了这些优势种的生态环境适应类型。结果表明: 东海磷虾类的优势种主要有小型磷虾 *Euphausia nana*、中华假磷虾 *Pseudeuphausia sinica*、宽额假磷虾 *Pseudeuphausia latifrons* 和太平洋磷虾 *Euphausia pacifica* 等 4 种; 中华假磷虾和宽额假磷虾属于适应夏秋季环境的暖温种和暖水种, 小型磷虾和太平洋磷虾为适应冬春季环境的温水种; 暖水种往往具有较高的丰度和出现频率, 温水种的出现率相对较低; 温水种有很高的聚集强度。中华假磷虾系近岸暖温种; 宽额假磷虾是外海暖水种; 小型磷虾最适温度相对较高, 分布区偏外海, 是高盐温水种; 太平洋磷虾最适温度相对较低, 分布区偏近海, 虽是高盐温水种, 但高分布区的盐度往往低于小型磷虾。

关键词: 浮游动物; 磷虾类; 优势种; 聚集强度; 东海

文章编号: 1000-0933(2005)09-2227-07 **中图分类号:** Q959.223+.61, Q178, S931 **文献标识码:** A

The dominant species of euphausiids in the east China sea and their ecological adaptability

XU Zhao-Li, CHEN Ya-Qu* (Key and Open Laboratory of Marine and Estuary Fisheries, Ministry of Agriculture of China, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Shanghai, 200090 China). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(9): 2227~2233.

Abstract: The aim of this paper is to study the ecological characters of the dominant species of Euphausiids in the East China Sea. Four oceanographic cruises were conducted in the East China Sea (23°30'~33°N, 118°30'~128°E) during the period 1997~2000. Altogether four dominant species of Euphausiids were recorded in the East China Sea, *Euphausia nana* Brinton, *Euphausia pacifica* Hansen, *Pseudeuphausia sinica* Wang et Chen, and *Pseudeuphausia latifrons* (S. O. Sars). They were categorized according to their habitat conditions into two groups, temperate, sub-tropical and tropical species. During the winter and spring periods, the community is dominated by temperate species, *E. nana* and *E. pacifica*. Their densities peak in the spring for *E. nana*, winter for *E. pacifica*, respectively, and are low in the summer and autumn during which *E. pacifica* is not even represented. The dominant species during the summer and autumn are *P. sinica* and *P. latifrons*, both of which are represented in low density in the winter and peak in the autumn. The sub-tropical and tropical species exhibited higher abundances than the temperate ones. Mean densities in autumn were 95.46 ind/100m³ for *P. sinica* and 37.77 ind/100m³ for *P. latifrons*, while in the spring the annual maximum density of *E. nana* was only 35.55 ind/100m³. In the spring, *E. nana* represented up to 85.5% of total species diversity.

Sub-tropical and tropical species displayed higher occurrence. However, the index of clumping (*I*) indicate that temperate

基金项目: 国家重点基础研究发展规划(973)资助项目(G1999043707); 国家海洋勘探专项资助项目(HY-126-03)

收稿日期: 2004-09-05; **修订日期:** 2005-03-14

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: yq-chen@citiz.net

作者简介: 徐兆礼(1958~), 女, 浙江温岭人, 研究员, 从事海洋浮游动物学和海洋生态学研究. E-mail: xiaomin@public4.sta.net.cn

致谢: 参加本项目工作的还有陈渊泉、王云龙、袁骥、蒋玫、韩金娣、朱江兴、杨关铭、杨元利等, 在此一并致谢

Foundation item: National Key Science Foundation Research "973" Project of the Ministry of Science and Technology of China (No. G1999043707) and National Oceanographic Survey Speciality (No. HY-126-03)

Received date: 2004-09-05; **Accepted date:** 2005-03-14

Biography: XU Zhao-Li, Professor, mainly engaged in marine zooplankton and marine ecology. E-mail: xiaomin@public4.sta.net.cn

species are more aggregative, the highest values were 24.68 for *E. nana* in the summer and 26.05 for *E. pacifica* in the spring, much higher than those for *P. sinica* (13.21 in the summer) and *P. latifrons* (12.62 in the autumn). *P. sinica* is distributed in nearshore waters and tolerates a wide range of temperatures. *P. latifrons* is mainly distributed in the offshore area of the East China Sea and its distribution is highly warm-water-dependent. The two temperate species, *E. nana* and *E. pacifica*, are both halophilic. *E. nana* prefers a higher water temperatures and blooms mainly in the south or in the offshore waters. However, the area with high-abundance of *E. pacifica* were located much closer to the continental shelf where it has adapted to a lower temperature and salinity than *E. nana*.

Key words: zooplankton; euphausiids; dominant species; aggregation intensity; East China Sea

磷虾类是海洋浮游动物的一个重要类群。其分布广,数量大,是鱼类的优质饵料生物。许多磷虾优势种因有极强的集群性,是鱼群追逐的对象。此外磷虾类优势种对水文环境变化敏感,常常作为水团的指示种。

我国以往对磷虾类的研究有过不少报道,例如国内王荣^[1,2]、蔡秉及^[3,4]、张金标^[5]、徐兆礼^[6,7]、郑重^[8]、农业部水产局^[9]等的研究。近年来对东海区较大尺度范围内四季磷虾类主要优势种的专门研究,尚未见过报道。本文利用1997~2000年东海区大面海洋调查资料,用生态特征指标分析方法,对东海磷虾类优势种进行了研究。为东海生态系统动力学研究等提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 调查时间、范围和方法

1997~2000年利用“北斗号”调查船,在东海23°30′~33°00′N、118°30′~128°00′E海域。分别进行春(1998.3~5)、夏(1999.6~8)、秋(1997.10~11)和冬(2000.1~2)4个航次的海洋综合调查,站位设置见图1,台湾海峡海域冬季没有调查;调查期间共采集浮游动物样品508个。浮游动物样品采集和室内处理均按照“海洋调查规范”进行。用标准浮游动物大网(口径80cm、筛绢GG36、网目孔径0.505mm)由底至表层垂直拖曳采集,按个体计数法在立体显微镜下鉴定到种并计数测定浮游动物样品中磷虾类丰度(ind/100m³)。

为了详细分析海洋磷虾类与栖息环境的关系,将上述东海调查区分成5个海区^[9],即:I为北部近海(29°30′~33°N、123°30′~125°E)、II为北部外海(29°30′~33°N、125°~128°E)、III为南部近海(25°30′~29°30′N、120°30′~125°E)、IV为南部外海(25°30′~29°30′N、125°~128°E)和V为台湾海峡(23°30′~25°30′N、118°~121°E)。

1.2 数据处理

出现率,是指该种出现的站位数占总站位数之比的百分数。优势种丰度占磷虾总丰度的百分比(%)是指该季节该优势种出现的个体数占磷虾总个体数的百分数。

优势种种群聚集强度用自编程序采用如下公式^[10]计算:

丛生指标(Index of clumping)

$$I = \frac{S^2}{\bar{X}} - 1 \quad (1)$$

扩散指标(Index of dispersion)

$$I_d = \frac{S^2 - \bar{X} + (\bar{X})^2}{(\bar{X})^2} \cdot \frac{N}{N-1} \quad (2)$$

聚块性指标(Index of patchiness)

$$\frac{\bar{X}^*}{\bar{X}} = \frac{S^2 - \bar{X} + (\bar{X})^2}{(\bar{X})^2} \quad (3)$$

平均拥挤(Mean crowding)

$$\bar{X}^* = \frac{S^2 - \bar{X} + (\bar{X})^2}{\bar{X}} \quad (4)$$

式中, $\bar{X}$ 为某物种的平均丰度, S^2 为方差, N 为磷虾类总丰度。根据上述公式可以看出,这些指标是从不同的侧面估计各种

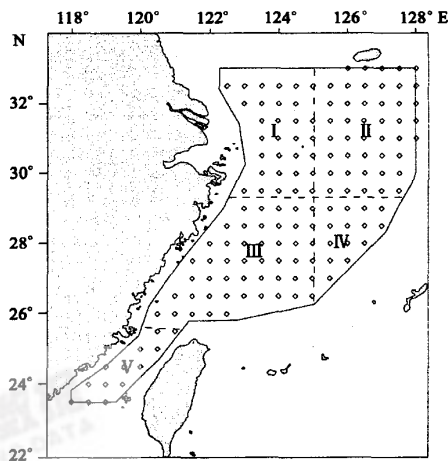


图1 采样站位

Fig. 1 Sampling stations

群空间格局非随机程度的统计量。从数理统计上讲,也就是估计 $S^2/\bar{X}$ 的统计量。当 $S^2 > \bar{X}$, 即 $S^2 - \bar{X}$ 为正值是时说明种群空间格局非随机程度较大,即有一定的聚集。正值数值越大,其聚集强度越高。

2 结果

2.1 优势种及其生态特征值

平均值,从表 1 可见,从春,夏,秋,冬,四季磷虾类丰度最高值分别为:小型磷虾 *Euphausia nana*(35.55 ind/100m³)、小型磷虾(16.53 ind/100m³)、中华假磷虾 *Pseudeuphausia sinica*(96.55 ind/100m³)和小型磷虾(12.26 ind/100m³)。秋季宽额假磷虾 *Pseudeuphausia latifrons* 丰度为 37.77 ind/100m³,仅次于同一季节的中华假磷虾,为所有优势种的次高值。

百分比,本文所涉及的优势种尽管种类数并不多,但所占总丰度的比例较高。4 种优势种在一年四季中各自所占总丰度的比例分别为 96.10%,78.26%,95.46%和 62.69%。优势种的数量变动对总丰度的变化有重要的影响。在春秋季节,优势种丰度占总丰度的比例均大于 95.00%,明显高于冬夏季。

出现率,东海磷虾优势种在四季中的出现率较低,冬、春季的小型磷虾,秋季的中华假磷虾和宽额假磷虾出现率较高,而其它优势种的出现率较低。夏季仅宽额假磷虾的出现率超过 20%。

表 1 磷虾优势种平均丰度($\bar{X}$),百分比和出现率
Table 1 Average abundance($\bar{X}$),percent and occurrence frequency of Euphausiacea dominant species (ind/100m³)

优势种 Dominant species	春 Spring			夏 Summer		
	$\bar{X}$	百分比(%) Percent	出现率(%) Occurrence	$\bar{X}$	百分比(%) Percent	出现率% Occurrence
小型磷虾 <i>Euphausia nana</i>	35.55	85.52	28.23	16.53	54.47	17.81
中华假磷虾 <i>Pseudeuphausia sinica</i>	2.27	5.47	12.21	4.60	15.17	10.96
宽额假磷虾 <i>Pseudeuphausia latifrons</i>				2.62	8.62	21.23
太平洋磷虾 <i>Euphausia pacifica</i>	2.11	5.07	5.34			

优势种 Dominant species	秋 Autumn			冬 Winter		
	均值 $\bar{X}$	百分比% Percent	出现率% Occurrence	均值 $\bar{X}$	百分比% Percent	出现率% Occurrence
小型磷虾 <i>Euphausia nana</i>	8.46	5.60	16.22	12.26	39.17	36.99
中华假磷虾 <i>Pseudeuphausia sinica</i>	96.55	63.94	58.56	6.62	21.14	18.50
宽额假磷虾 <i>Pseudeuphausia latifrons</i>	37.77	25.01	29.73	3.85	12.29	23.12
太平洋磷虾 <i>Euphausia pacifica</i>		2.85	9.09	12.33		

2.2 优势种的聚集强度

东海磷虾有很高的集群性,表 2 所列的优势种除了宽额假磷虾冬、春和夏季不是优势种,因而聚集强度较低,其它春、夏和秋季小型磷虾,春、夏季中华假磷虾,夏季宽额假磷虾,春季太平洋磷虾 *Euphausia pacifica* 都有很高的聚集强度。尤其是春季太平洋磷虾聚集强度是所有优势种的最高值。

表 2 磷虾类优势种聚集强度
Table 2 Aggregated intensity of dominant species of Euphausiacea

优势种 Dominant species	春 Spring				夏 Summer			
	<i>I</i>	$\frac{\bar{X}^*}{\bar{X}}$	<i>I</i> ₀	$\bar{X}^*$	<i>I</i>	$\frac{\bar{X}^*}{\bar{X}}$	<i>I</i> ₀	$\bar{X}^*$
小型磷虾 <i>Euphausia nana</i>	16.94	48.65	49.72	17.29	24.68	150.31	156.80	24.84
中华假磷虾 <i>Pseudeuphausia sinica</i>	2.40	106.51	160.31	2.42	13.21	287.91	338.24	13.25
宽额假磷虾 <i>Pseudeuphausia latifrons</i>					-0.46	-16.51	-22.37	-0.43
太平洋磷虾 <i>Euphausia pacifica</i>	26.05	1237.31	1940.32	26.07				

优势种 Dominant species	秋 Autumn				冬 Winter			
	<i>I</i>	$\frac{\bar{X}^*}{\bar{X}}$	<i>I</i> ₀	$\bar{X}^*$	<i>I</i>	$\frac{\bar{X}^*}{\bar{X}}$	<i>I</i> ₀	$\bar{X}^*$
小型磷虾 <i>Euphausia nana</i>	8.72	104.09	103.09	8.81	0.56	5.54	6.34	0.68
中华假磷虾 <i>Pseudeuphausia sinica</i>	8.27	9.57	8.57	9.24	0.45	7.86	10.24	0.52
宽额假磷虾 <i>Pseudeuphausia latifrons</i>	12.62	34.43	33.43	13.00	-0.49	-11.77	-19.62	-0.45
太平洋磷虾 <i>Euphausia pacifica</i>					0.16	6.49	14.13	0.18

2.3 主要优势种的数量分布

小型磷虾 相对磷虾类的其它优势种而言,小型磷虾在东海分布较广,四季均为优势种。其中冬季主要在水温为 18~20℃

的东海南部外海,中心密度 183 ind/100m³。春季最高密度 1101 ind/100m³,位于 26°30'N,124°00'E 水域,东海近海中西部分布很少。夏季东海近海没有分布,高分布区位于济州岛西南,中心位置 32°30'N,125°30'E,该水域具有低水温,高盐度的特征。海区底层水温 15℃,盐度 33.5~34.5。表层水温 24~26℃,表层盐度 30。跃层特征十分明显。中心密度 987 ind/100m³。秋季,小型磷虾仅分布在东海北部近海。

中华假磷虾 中华假磷虾由于在 4 个季节出现,在秋季是第 1 优势种,也是东海的 1 个主要优势种。从图 3 可见,中华假磷虾夏秋季主要分布区在整个东海近海。冬春季则主要在东海北部近海,没有高丰度分布区,最高密度低于 100 ind/100m³,东海南部近海很少分布。除秋季外,东海 125°30'E 以东中华假磷虾只有零星分布。夏季分布范围扩大。向近海集中,最高丰度位于浙江中部近海,中心位置 28°00'N,122°00'E。中心密度 324 ind/100m³。秋季有多个高丰度分布区,东海北部近海丰度最高值为 1139 ind/100m³,东海南部近海丰度最高值为 1625 ind/100m³。

宽额假磷虾 春季,宽额假磷虾在整个东海只有 1 个站位(32°30'N,127°30'E)出现,数量极少。夏季,宽额假磷虾主要分布在东海北部外海,东海南部近海几乎没有分布,东海北部近海和东海南部外海仅个别地方有零星分布。秋季,东海主要分在东海北部,高丰度分布区位于 30°30'N,126°00'E,中心密度 1302 ind/100m³,东海南部几乎没有分布。冬季,宽额假磷虾仅仅分布在东海外海,主要是东海外海北部,东海近海仅南部有个别站位分布。数量很少。

太平洋磷虾 太平洋磷虾仅仅分布在东海北部,夏季没有出现,秋季几乎没有出现。冬春季太平洋磷虾仅分布在东海北部 31°30'~33°00'N,123°30'~128°00'E 与黄海邻近的海域,水温 9.0~16.5℃,盐度 32~34。东海南部没有分布。

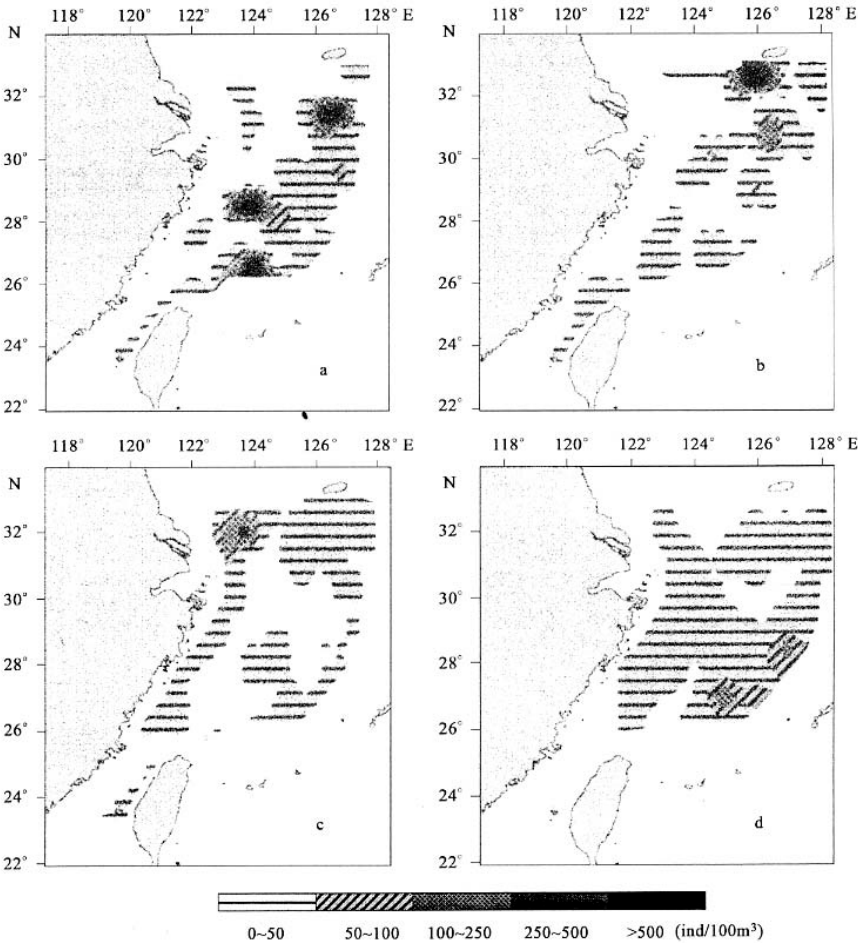


图 2 东海小型磷虾(*Euphausia nana*)丰度平面分布
Fig. 2 Horizontal distribution of *Euphausia nana* abundance in the East China Sea
a 春季 spring; b 夏季 summer; c 秋季 autumn; d 冬季 winter

3 讨论

3.1 主要优势种环境适应类型的生态学分析

小型磷虾 小型磷虾是东海重要的磷虾类优势种,四季平均丰度占磷虾类总丰度的百分比为 46.19%,是所有磷虾类的最大值,其中春、夏和冬季较高。

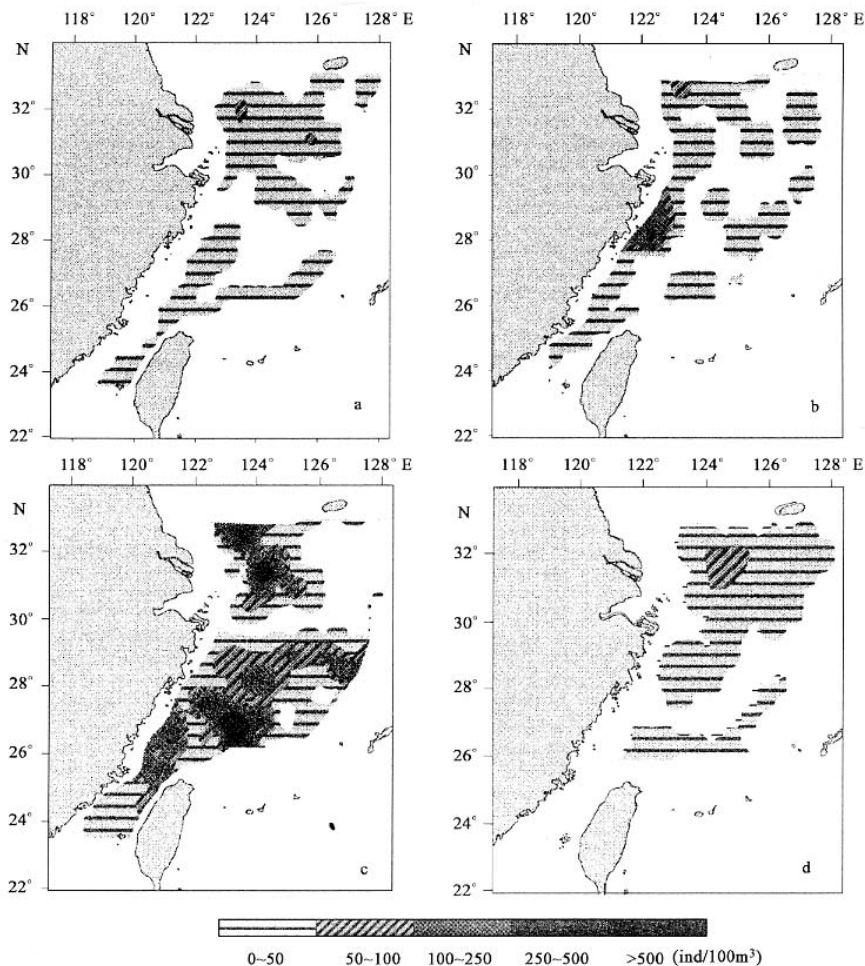


图 3 东海中华假磷虾(*Pseudeuphausia sinica*)丰度平面分布

Fig. 3 Horizontal distribution of *Pseudeuphausia sinica* abundance in the East China Sea

a 春季 spring; b 夏季 summer; c 秋季 autumn; d 冬季 winter

小型磷虾在冬春季有较高的出现率(36.99%和 28.23%)。其它季节,夏季(17.81%),秋季(16.22%),均明显低于冬春季。冬春季,小型磷虾的高丰度分布区主要位于东海外海或近海外缘。其它季节小型磷虾高丰度和较高丰度的分布区的水温基本上低于 20℃,有时也出现在表层水温较高海区,但这些水域往往有明显的跃层,表层水属高温低盐水,底层水属低温高盐水^[11]。由于在表层水温较低的冬春季有更广泛的分布,而在水温较高的夏秋季数量较少,主要分布区偏外。可以推定,这些水域底层的低温高盐水符合小型磷虾栖息和集群的环境条件。上层的高温低盐水不是小型磷虾生活的最适条件。因此小型磷虾是一个高盐温水种。

小型磷虾有很高的聚集特性,从表 1 可见,在调查的 4 个季节中,冬、春、夏 3 季小型磷虾有明显的聚集特征,其中夏、冬两季聚集程度位居第一,春季也有较高值。总的说来,4 个优势种中,小型磷虾的聚集特征最为明显。

中华假磷虾 中华假磷虾是东海磷虾类主要优势种之一。四季合计为 110.40 ind/100m³,明显高于小型磷虾和宽额假磷虾。其四季平均丰度占磷虾类总丰度的百分比为 26.43%,其中主要由秋季构成(表 1)。

中华假磷虾在秋季有较高的出现率(58.56%)。是单一季节出现率最高的种类。中华假磷虾的聚集程度低于小型磷虾,仅在夏秋季有较高的聚集强度值。冬春季分布均匀。从图3可见,中华假磷虾四季的主要分布区均位于东海近海。夏秋季高密度区在长江河口及浙江近海,秋季东海北部近海和南部近海有高密度的聚集区,均为受长江冲淡水和浙江沿岸水影响的海域。这是中华假磷虾生态特征值形成的重要原因。由于中华假磷虾能够在冬春全年水温最低的东海近海(9.0~11.0℃)出现,高分布区多在水温较高的季节和水域,可以认为,中华假磷虾是近岸暖温种。

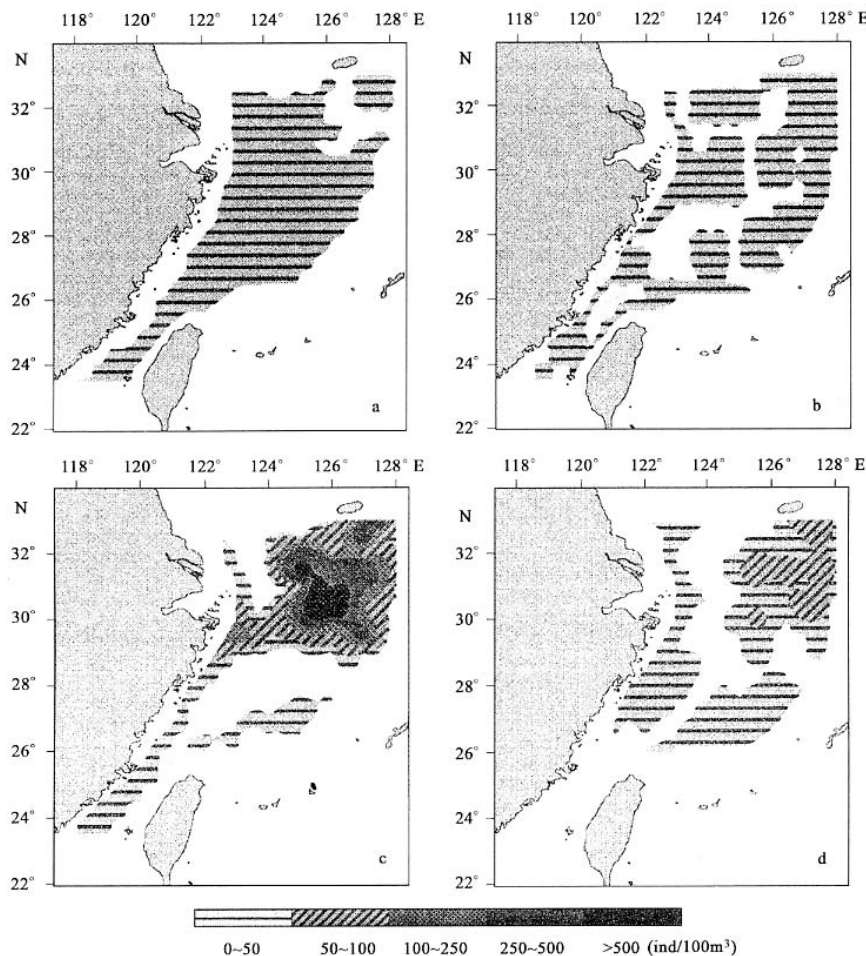


图4 东海宽额假磷虾(*Pseudeuphausia latifrons*)丰度平面分布

Fig. 4 Horizontal distribution of *Pseudeuphausia latifrons* abundance in the East China Sea

a 春季 spring b 夏季 summer c 秋季 autumn d 冬季 winter

宽额假磷虾 根据表1的结果,宽额假磷虾是东海秋季的主要优势种。秋季均值为37.77 ind/100m³,居该季磷虾类的第二位。其丰度所占磷虾类总丰度百分比四季合计为45.92%,其中主要由秋季构成。宽额假磷虾在夏秋冬季有较高的出现率,其中水温较高的秋季达29.73%。冬夏季宽额假磷虾大多数出现在东海外海的黑潮暖流区(图4)。由此可见,宽额假磷虾合适水温较高的环境,在水温较低的春季几乎没有分布。主要分布在盐度较高的东海外海,近海几乎没有分布。是一个外海暖水种。

太平洋磷虾 此种虾是东海冬春季的优势种。两季丰度的均值合计为4.96 ind/100m³,其丰度所占浮游磷虾类总丰度百分比两季合计仅为14.16%,居东海磷虾类的末位。太平洋磷虾在夏秋季几乎没有出现,冬春季较高丰度区主要在与黄海相邻的东海北部水温较低的海域。近海和外语都有出现。适应较高的盐度,从其分布区域上讲,是高盐温水种。

3.2 不同生态类型优势种的比较

东海磷虾类的4个优势种生态适应特征各不相同,可以分为两大类,一是适应夏秋季环境的暖温种和暖水种,二是适应冬春季环境的温水种。前者由中华假磷虾和宽额假磷虾组成,后者由小型磷虾和太平洋磷虾组成。这两类优势种在东海有不同的

生态学特征。

平均丰度分析表明:适应夏秋季环境的优势种往往具有较高的丰度,例如秋季中华假磷虾平均丰度为 95.46 ind/100m³,宽额假磷虾丰度为 37.77 ind/100m³,均是优势种单季平均丰度的最高值。优势种丰度所占浮游磷虾类总丰度百分比分析表明:适应夏秋季环境的优势种平均丰度高,但所占磷虾类总丰度百分比最大值却低于小型磷虾。小型磷虾虽平均丰度相对较低,但由于冬春季磷虾总丰度较低,该温水种丰度所占磷虾类总丰度百分比就很高,春季达 85.52%。出现率分析表明:适应夏秋季环境的优势种有较高的出现率,这是夏秋季海区温度差异较小,温度较高,给暖水种带来较广的生存空间形成。反之,适应冬春季环境的温水种出现率相对较低。聚集强度分析表明:适应冬春季环境的优势种有很高聚集强度,小型磷虾和太平洋磷虾是浮游动物中典型的具有集群性海洋生物,特别是太平洋磷虾,冬春季聚集强度最高,这与该种在东海可分布空间相对狭小有关。

同样属于适应夏秋季环境的优势种,中华假磷虾和宽额假磷虾环境适应有明显的不同,中华假磷虾分布于东海近海,具有广泛的温度适应性,但高丰度区出现在水温较高的季节和水域,因而是近岸暖水种。宽额假磷虾主要分布在外海。仅仅适应较高的水温盐度,因而是外海暖水种。同样属于适应冬春季环境的种类,小型磷虾和太平洋磷虾环境适应也有明显的不同。小型磷虾最适温度相对较高,分布区偏南和偏外海,是高盐温水种。

References:

- [1] Wang R, Chen K Z. Description of a new species of the genus *Pseudeuphausia* (Crustacea)——*Pseudeuphausia sinica*, sp nov. *Oceanol et Limnol.* 1963,5(4):353~357.
- [2] Wang R, Chen Y Q, Wang K. Quantitative distribution of euphausiids in the Yellow Sea and East China Sea in spring and autumn in relation to the hydrographic condition. *Journal of Fisheries of China*, 2003,27(Suppl.): 31~38.
- [3] Cai B J. The taxonomy study on the *Euphausiacea* (Crustacea) from the South Yellow Sea and East China Sea. *Ocean Science and Technology*, 1978,8:15~38.
- [4] Cai B J. The taxonomy study on the *Euphausiacea* (crustacean) from the South Yellow Sea and East China Sea. *Marine Science Bulletin*, 1982,1(4):68~78.
- [5] Chang J B, Ning X R, Jiang J X. *Marine Atlas of Bohai Sea, Yellow Sea and East China Sea (Biology)*. Beijing: Ocean Press, 1991. 1~250.
- [6] Xu Z L, Hong B, Zhu M Y, et al. Study on ecological characteristics of zooplankton in the areas of often occurrence of red tide in the East China Sea in spring. *Chin. J. Appl. Ecol.*, 2003,14(7):1081~1085.
- [7] Xu Z L, Chen Y Q. Aggregated intensity of dominant species of zooplankton in autumn in the East China Sea and Yellow Sea. *Journal of Ecology*, 1989,8(4):13~15.
- [8] Zheng Zhong, Li Shaojing, Xu Zhenzu. *Marine planktology*. Beijing: Ocean Press, 1984. 468~494.
- [9] Fishery bureau of Ministry of Agriculture. *Investigation and division of fisheries resource of the East China Sea*. Shanghai: East China Normal University Press, 1987. 149~150, 281~299.
- [10] Zhao Z M, Zhou X Y. *Introduction to ecology*. Chongqing: Chongqing Branch of Scientific and Technical Documents Publishing House, 1984. 108~119.
- [11] Zhen Y J, Chen X Z, Chen J H, et al. *The Biological Resources and Environment in Continental Shelf of the East China Sea*. Shanghai Science and Technology Press, 2003. 30~65.

参考文献:

- [1] 王荣,陈宽智. 假磷虾一新种——中华假磷虾(*Pseudeuphausia sinica*, sp nov)的描述. 海洋与湖泊, 1963,5(4):353~357.
- [2] 王荣,陈亚盟,王克,黄. 东海春、秋季磷虾的数量分布及其与水文环境的关系. 水产学报, 2003, 27(增刊): 31~38.
- [3] 蔡秉及. 南黄海和东海磷虾类分类的初步研究. 海洋科技, 1978, 8:15~38.
- [4] 蔡秉及. 南黄海磷虾分类的初步研究. 海洋通报, 1982, 1(4):68~78.
- [5] 张金标,宁修仁,江锦祥,等. 渤、黄、东海海洋图集(生物). 北京:海洋出版社, 1991. 1~250.
- [6] 徐兆礼,洪波,朱明远,等. 东海赤潮高发区春季浮游动物生态特征的研究. 应用生态学报, 2003,14(7):1081~1085.
- [7] 徐兆礼,陈亚盟. 东黄海秋季浮游动物优势种聚集强度与鲈鲶渔场的关系. 生态学杂志, 1989,8(4):13~15.
- [8] 郑重,李少菁,许振祖. 海洋浮游生物学. 北京:海洋出版社, 1984. 68~494.
- [9] 农业部水产局. 东海区渔业资源调查和区划. 上海:华东师范大学出版社, 1987. 149~150, 281~299.
- [10] 赵志模,周新远. 生态学引论. 重庆:科学技术文献出版社重庆分社, 1984. 108~119.
- [11] 郑元甲,陈雪忠,程家骅,等. 东海大陆架生物资源与环境. 上海:上海科学技术出版社, 2003. 30~65.