

黄海中南部浮游动物春季和秋季生化成分及能值分析

聂丹丹^{1,2} 张 波² 金显仕^{2*}

(¹上海海洋大学海洋学院, 200090)

(²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, 青岛 266071)

摘要 利用 2006 年秋季和 2007 年春季在黄海中南部采集的浮游动物样品, 分析了不同粒径浮游动物的能值、脂肪含量及 C : N 比值及其随不同海区和季节的变化。结果表明, 不同粒径浮游动物的能值、脂肪含量与 C : N 比值无显著差异; 仅黄海中部的浮游动物脂肪 ($P < 0.05$) 和能值含量 ($P < 0.01$) 存在显著的季节变化, 春季的平均能值和脂肪含量高于秋季; 脂肪含量无明显的地理差异, 能值含量和 C : N 比值有显著的地理差异。统计分析表明, 脂肪含量与 C : N 比值 (春季 $P < 0.01$), 能值与 C : N 比值 (秋季 $P < 0.01$, 春季 $P < 0.01$), 水分含量与能值 (秋季 $P < 0.01$, 春季 $P < 0.01$) 之间具有显著的相关性。

关键词 黄海中南部 浮游动物 能值 C : N 比值 脂肪含量

中图分类号 S932 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2009)01-0008-07

Energy and biochemical composition of zooplankton during autumn and spring in southern and central Yellow Sea

NIE Dan-dan^{1, 2} ZHANG Bo² JIN Xian-shi^{2*}

(¹College of Marine Science and Technology, Shanghai Ocean University, 200090)

(²Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resource, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

ABSTRACT Based on the sampling of zooplankton in autumn 2006 and spring 2007 in southern and central Yellow Sea, seasonal and spatial variations of size, fat, C : N ratio and energy content of the zooplanktons were analyzed. There were no significant difference in energy content, fat content and C : N ratio among the zooplankton of different size groups. Fat content ($P < 0.05$) and energy content ($P < 0.01$) of the zooplankton showed significant seasonal difference in central Yellow Sea, and the values in spring were higher than those in autumn. There was no spatial difference in fat content, but the spatial difference in energy content and C : N ratio was significant. There were significant linear relationships between fat content (in spring $P < 0.01$) and C : N ratio ($P < 0.01$ in autumn and spring), energy content and C : N ratio ($P < 0.01$ in autumn and spring), and water content and energy ($P < 0.01$ in autumn and spring), respectively.

国家重点研究发展规划项目(2006CB400607)和国家自然科学基金重大项目(30490233)共同资助

* 通讯作者。E-mail: jin@ysfri.ac.cn

收稿日期:2007-09-17;接受日期:2008-01-09

作者简介:聂丹丹(1982-),女,硕士研究生,主要从事渔业资源生物学研究。E-mail: niedandan1982@sina.com, Tel: 13854290351

KEY WORDS Southern and central Yellow Sea Zooplankton Energy
C : N ratio Fat content

浮游动物既是浮游植物的摄食者(把浮游植物的化学能转变为浮游动物的机械能), 又是鱼类、虾和贝类的饵料基础。没有浮游动物的参与, 食物链和能量流动都不可能完成。因此, 在海洋生态系统中, 浮游动物是食物链/网中的重要中间环节, 是对能、物流起调控作用的关键功能群, 作为次级生产力在食物链/网中占有重要地位。许多生物学家、渔业海洋学家认为, 浮游动物的动态变化不仅影响许多鱼类和无脊椎动物种群的生物量, 同时, 浮游动物在形成生态系统结构和生源要素循环中起重要作用, 也对全球的气候系统产生影响(孙松等 2002)。对其能量的研究随着海洋生态系统动力学研究的深入已经越来越显现出它的重要性和必要性。

国外已对部分浮游动物的生化成分有所研究, 对部分浮游动物类群的灰分重占干重比例和元素组成进行了一定的研究, 如对中型浮游动物、桡足类、翼足类、被囊类、纽鳃樽, 胶质浮游动物、半胶质浮游动物和非胶质浮游动物进行了测定。在已知主要有有机物质的生化组成的情况下, 便可以通过脂类、蛋白质和碳水化合物的能量转换系数来估算能值。但浮游动物的元素含量、有机物含量和能值都有很大的变化范围, 不同海区、季节和测量方法的差异都会引起测定系数的变化(张武昌等 2002)。国内, 王雄进等在 1988 年对中华哲水蚤体长、体重和碳、氮、氢含量的季节变化进行了研究。但是, 国内对浮游动物能值的直接测定和脂肪含量的研究少有报道。本研究旨在通过对不同粒径浮游动物的生化成分和能量含量的测定分析, 了解其相互关系, 进而推进海洋生态系统中小型饵料生物的能量含量及其营养质量的研究。

1 材料与方法

1.1 样品的采集与处理

实验样品为 2006 年 10 月和 2007 年 3 月, 利用黄海水产研究所“北斗”号海洋科学调查船水平网在黄海中、南部采得。拖网时间为 0.5 h, 拖速为 3 n mile/h, 取样时间为每日傍晚到次日凌晨。调查站位共 16 个(图 1), 其中黄海南部站位 8 个(A5、A6、A7、A8、A9、S3、S4 和 S5), 黄海中部站位 8 个(A1、A2、A3、A4、S1、S2、S6 和 S7)。

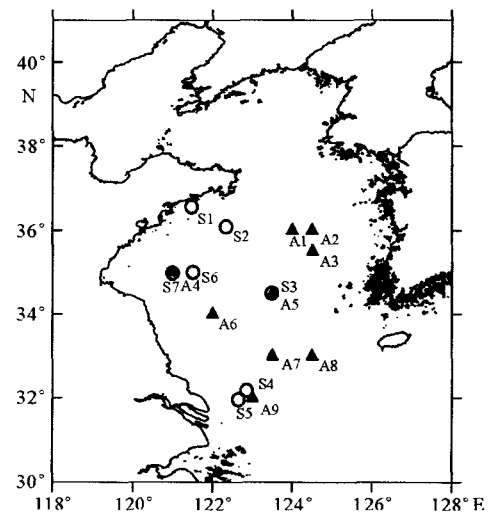
采集的样品速冻保存, 带回实验室后, 分别用粒径为 4 mm、900 μm 和 500 μm 的筛绢对样品进行过滤, 并在解剖镜下观察确定种类。共获得 3 个粒径的浮游动物 32 种(表 1), 大于 4 mm 的浮游动物有 3 种, 900 μm ~4 mm 的 27 种, 500~900 μm 的 18 种。样品在 60 $^{\circ}\text{C}$ 条件下烘干 24 h, 粉碎后冷冻保存待测。

1.2 能值测定

采用美国 Parr 公司生产的 1281 型氧弹热量计, 测定干样品的发热值。每个样品重复测定 3 次, 每次用量 0.4~0.5 g, 精确度为 0.000 1 g, 以 3 次重复值的平均值为该样品的比能值。本实验中能值表示为每克干重所含的能量(kJ/g)。

1.3 元素测定

采用德国瓦里安公司生产的 Vario EL III 型 C、H、O、N、S 元素分析仪测定浮游动物干样品中 C 和 N 元素的含量。



▲为春季取样站位, ○为秋季取样站位
▲ Stations in spring, ○ Stations in autumn

图 1 浮游动物采样站位

Fig. 1 Sampling stations of the zooplankton

表 1 2006 年秋季和 2007 年春季采集的浮游动物种类
Table 1 List of zooplankton species collected in the autumn 2006 and spring 2007

粒径 Size	2006 年秋季的种类 Zooplankton species collected in the autumn of 2006	2007 年春季的种类 Zooplankton species collected in the spring of 2007
>4 mm	阿利玛 <i>Alima larva</i>	海樽 <i>Thaliacea</i>
900 μ m~4mm	中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i> 海洋真刺水蚤 <i>Euchaeta marina</i> 精致真刺水蚤 <i>Euchaeta concinna</i> 背针胸刺水蚤 <i>Centropages dorsispinatus</i> 太平洋纺锤水蚤 <i>Acartia pacifica</i> 双刺唇角水蚤 <i>Labidocera bipinnata</i> 小唇角水蚤 <i>Labidocera minuta</i> 小哲水蚤 <i>Nannacalanus minar</i> 真刺唇角水蚤 <i>Labidocera euchaeta</i> 强壮箭虫 <i>Sagitta crassa</i> 拿卡箭虫 <i>Sagitta nagae</i> 太平洋磷虾 <i>Euphausia pacifica</i> 宽额假磷虾 <i>Pseudeuphausia latifrons</i> 儿岛囊糠虾 <i>Gastrosaccus kojimaensis</i> 中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i> 亨生莹虾 <i>Lucifer hanseni</i> 细长脚蛾 <i>Themisto gracilipes</i> 介形类 <i>Ostracoda</i> 短尾类蚤状幼体 <i>Brachyura megalopa larva</i> 蛇尾类幼体 <i>Ophiuroidea larva</i> 介形类幼体 <i>Ostracoda larva</i> 端足类幼体 <i>Amphipoda larva</i> 长尾类幼体 <i>Maeruvan larva</i> 腹足类幼体 <i>Gstropoda larva</i>	太平洋磷虾 <i>Euphausia pacifica</i> 中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i> 海洋真刺水蚤 <i>Euchaeta marina</i> 真刺唇角水蚤 <i>Labidocera euchaeta</i> 强壮箭虫 <i>Sagitta crassa</i> 儿岛囊糠虾 <i>Gastrosaccus kojimaensis</i> 细长脚蛾 <i>Themisto gracilipes</i> 长尾类幼体 <i>Maeruvan larva</i>
500~900 μ m	中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i> 太平洋纺锤水蚤 <i>Acartia pacifica</i> 真刺唇角水蚤 <i>Labidocera euchaeta</i> 双刺唇角水蚤 <i>Labidocera bipinnata</i> 瘦尾筒角水蚤 <i>Pontelloopsis tenuicauda</i> 小拟哲水蚤 <i>Paracalanus parva</i> 小哲水蚤 <i>Nannacalanus minar</i> 背针胸刺水蚤 <i>Centropages darsispinatus</i> 海洋真刺水蚤 <i>Euchaeta marina</i> 强壮箭虫 <i>Sagitta crassa</i> 正型莹虾 <i>Lucifer fypus</i> 蛾幼体 <i>Hyoeria larva</i> 端足类幼体 <i>Amphipoda</i> 介形类 <i>Ostracoda</i> 长尾类幼体 <i>Maeruvan larva</i> 短尾类幼体 <i>Brachyuva larva</i> 蛇尾类幼体 <i>Ophiuroidea larva</i>	中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i> 海洋真刺水蚤 <i>Euchaeta marina</i> 墨氏胸刺水蚤幼体 <i>Centropages mcmurricchi (larva)</i> 强壮箭虫 <i>Sagitta crassa</i> 长尾类幼体 <i>Maeruvan larva</i>

1.4 脂肪测定

采用瑞士 BUCHI 公司生产的 36680 型号脂肪抽提仪在室温下用乙醚抽提干样品中的脂肪。每个样品测定两次,测定结果误差超过 0.5%,测第 3 次;取误差在 0.5% 以内的两测定值的平均值为测定结果。

$$\text{湿重脂肪含量}\% = (1 - \text{水分含量}\%) \times \text{干重脂肪含量}\%$$

1.5 数据分析

利用单因子方差分析研究不同粒径的浮游动物生化组成及能值的季节变化和地理差异,并将干样品能值和脂肪含量换算成湿重含量后对各项生化成分与能值的相互关系进行回归分析和相关性分析。用 SPSS 软件进行数据的整理及统计分析。

2 结果

2.1 不同粒径的浮游动物的生化成分和能值含量

在春季采集到的样品中,粒径大于 4 mm 的浮游动物共有 3 种,海樽、太平洋磷虾和阿利玛幼体。在干重的情况下,海樽的能值,C 含量及 N 含量均低于其他两个粒径浮游动物的平均值;阿利玛幼体的能值,C:N 比值和脂肪含量与其他两个粒径浮游动物的平均值相近;S6,S7 采集的太平洋磷虾能值含量差异显著($P < 0.01$)。粒径大于 4 mm 的这 3 种浮游动物的平均能值为 17.28 kJ/g,平均 C:N 比值为 4.55;粒径范围在 900 μm ~4 mm 的平均能值为 20.96 kJ/g,平均 C:N 比值为 4.5;粒径范围在 500~900 μm 的平均能为 20.44 kJ/g,平均 C:N 比值为 4.75。粒径范围在 900 μm ~4 mm 的平均能值含量最高,粒径大于 4 mm 的最低;500~900 μm 的平均 C:N 比值最高,粒径范围在 900 μm ~4 mm 的最低。而粒径分别为 900 μm ~4 mm 和 500~900 μm 的样品的生化成分和能值间无显著差异。

2.2 浮游动物生化成分和能值含量的季节变化

表 2 给出了 2006 年秋季和 2007 年春季采样地点和时间,干样品的能值,C:N 比值和脂肪含量。秋季黄海中南部浮游动物干重的平均能值为 19.92 ± 1.39 kJ/g,春季为 22.44 ± 1.93 kJ/g;秋季的 C:N 比值平均值为 4.57 ± 0.63 ,春季平均值为 4.53 ± 0.42 ;秋季脂肪含量为 $9.91\% \pm 1.85\%$,春季为 $12.44\% \pm 7.42\%$ 。

统计分析表明,黄海中部浮游动物的脂肪含量($P < 0.05$)和能值($P < 0.01$)有显著的季节变化。黄海南部脂肪含量和能值、C:N 比值和中部的 C:N 比值的季节变化并不明显。

2.3 浮游动物生化成分和能值含量的地理差异

对黄海中、南部浮游动物生化成分和能值的地理差异进行了研究(表 2)。统计分析表明,黄海中部的平均能值为 21.78 ± 2.61 kJ/g,南部为 20.17 ± 1.11 kJ/g;黄海中部的平均脂肪含量为 $13.04\% \pm 4.82\%$,南部为 $9.53\% \pm 4.47\%$;黄海中部的平均 C:N 比值为 4.78 ± 0.72 ,C:N 比值为 4.39 ± 0.34 。黄海中部浮游动物的平均能值、脂肪含量及 C:N 比值均高于黄海南部。

黄海中、南部的浮游动物脂肪含量在秋季和春季都没有明显的地理变化;春季的能值在地理分布上存在极显著差异($P < 0.01$),秋季则无显著差异;浮游动物 C:N 比值在春季有显著的地理差异($P < 0.05$),秋季无显著差异。

2.4 浮游动物各生化成分与能值之间的相互关系

图 2、图 3 和图 4 反映了浮游动物各生化成分、能值之间的相互关系。结果表明,浮游动物干样品的脂肪含量与 C:N 比值在春季具有正相关性($P < 0.01$),秋季则无显著相关性;浮游动物干样品能值与 C:N 比值在秋季呈负相关性($P < 0.01$),在春季呈正相关性($P < 0.01$);水分含量与能值之间在秋、春两季均呈负相关性(秋季: $P < 0.01$;春季: $P < 0.01$)。浮游动物的水分含量与脂肪含量及 C:N 比值并无明显的相关性;能值与脂肪含量之间无显著的相关性。

3 讨论

浮游动物生化组成是指浮游动物机体内主要有机物(蛋白质、脂类和碳水化合物)的含量,可以通过分析浮

游动物的元素组成粗略估计。一般认为,C : N 比值可以表明机体主要有机成分(蛋白质和非蛋白质组分)的组成。碳水化合物在浮游动物组织中含量较低,因此可以用 C : N 比值表明蛋白质和脂类的组成(张武昌等 2002)。动物体内脂肪 C 含量平均为 76.5%,蛋白质 C 含量平均为 52%(北京农业大学 1980)。由于脂肪的 C : N 比值(11.3)与蛋白质的 C : N 比值(2.9)差别很大,C : N 比值可作为区别脂肪和蛋白质相对含量的指标(Ikeda 1974)。相近的物种种类机体成分的 C : N 是稳定的,变化幅度很小(Uye 1982)。以往的研究表明,低等动物偏爱摄食 C : N 比值较低的食物(Landry *et al.* 1991; Gonzalez *et al.* 1993)。

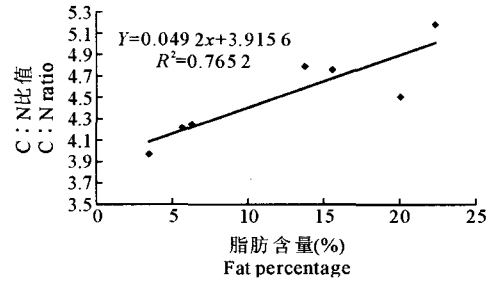


图 2 2007 年 3 月黄海浮游动物干样品中脂肪含量与 C : N 比的关系
Fig. 2 Relationships between fat and C : N ratio of the dried zooplankton samples in March, 2007

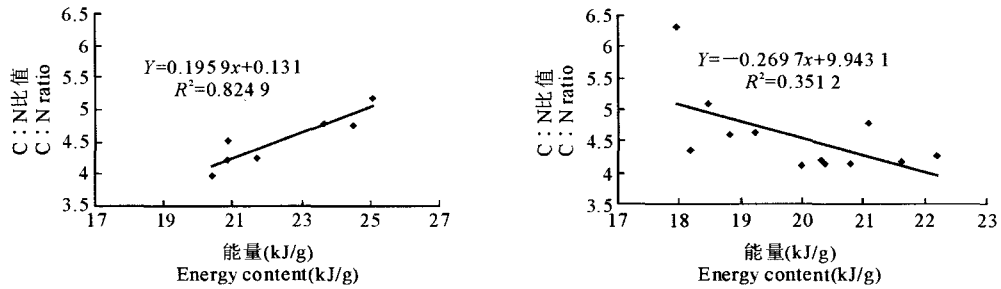


图 3 2007 年 3 月(左)和 2006 年 10 月(右)浮游动物干样品中能值含量与 C : N 比的关系
Fig. 3 Relationships between energy content and C : N ratio of the dried zooplankton samples in March 2007 (left) and October 2006 (right)

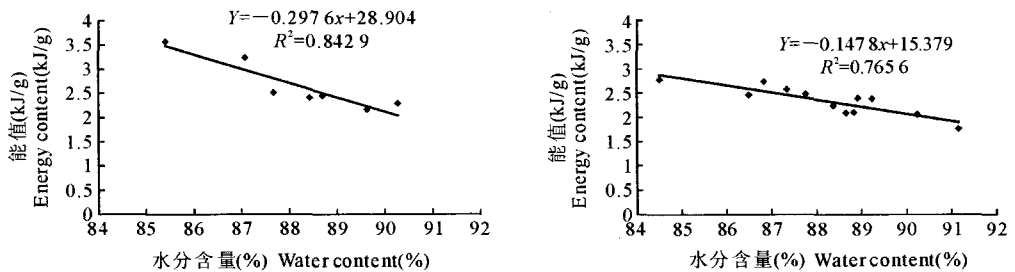


图 4 2007 年 3 月(左)和 2006 年 10 月(右)浮游动物能值含量与水分含量的关系
Fig. 4 Relationships between energy content and water content of the zooplankton in May 2007 (left) and October 2006 (right)

粒径大于 4mm 的海樽 *Thaliacea* 属尾索动物门 Urochordata 海樽纲,是海洋浮游动物的一个重要类群(徐兆礼等 2006),海樽由于具有永久性的透明胶质囊,饵料价值相对较低,常被称为“非饵料动物”(郑重等 1984)。太平洋磷虾 *Euphausia pacifica* 为太平洋亚北极区的磷虾优势种,数量很大,为该海区浮游动物的重要代表,广泛分布于远东海域、黄海以南到台湾海峡附近,是重要的饵料生物。阿利玛(Alima)是口虾蛄的幼体,属于浮游幼虫,是一类阶段性浮游生物,经过变态以后便脱离浮游生活,改营底栖生活。这 3 种浮游动物隶属于不同的属,就其饵料价值而言都具有一定的代表性。本研究结果表明,“非饵料动物”海樽的能值、C 含量和 N 含量均明显低于其他浮游动物;阿利玛的生化成分和能值均接近于浮游动物的平均含量;不同采样点太平洋磷虾的生化成分和能量差异较大。但粒径为 900 μ m~4mm 和 500~900 μ m 的样品的生化成分和能值间无显著差异,在下一步的研究中将增加取样量,扩大和细化粒径范围,从而能够进一步讨论不同粒径的浮游动物生化成分和能值的差异。

表 2 浮游动物的脂肪、能值含量及元素分析
Table 2 Fat, energy content and C : N ratio of zooplankton

粒径 Size	采样地点 Sampling station	采样时间 Sampling time	能值(kJ/g D. W.) Energy content (kJ/g D. W.)	C : N 比值 C : N ratio	脂肪含量(%) Fat content(%D. W.)
>4mm	黄海南部(阿利玛)	2006-10	19.164 0	4.91	11.959 8
	S6(海樽)	2007-03	13.182 5	5.09	—
	S6(太平洋磷虾)	2007-03	15.962 9	4.13	—
	S7(太平洋磷虾)	2007-03	20.823 7	4.06	6.024 8
900 μ m~4mm	A1	2006-11	22.198 0	4.27	11.011 7
	A2	2006-11	20.378 8	4.15	7.685 3
	A3	2006-10	21.629 7	4.18	11.170 3
	A4	2006-10	17.951 0	6.32	—
	A5	2006-10	19.245 9	4.64	8.932 8
	A6	2006-10	18.194 7	4.35	8.474 3
	A7-1	2006-10	19.984 2	4.10	6.615 7
	A7-2	2006-10	20.782 1	4.15	11.509 9
	A8	2006-10	21.085 2	4.80	12.752 1
	A9	2006-10	20.303 9	4.19	9.785 0
	S1	2007-03	24.506 8	4.76	15.546 3
	S2	2007-03	25.093 5	5.19	22.311 3
	S3	2007-03	20.431 8	3.97	3.468 7
	S4	2007-03	20.836 3	4.22	5.680 6
	S5	2007-03	21.706 9	4.25	6.285 3
	500~900 μ m	黄海南部 The southern Yellow Sea	2006.10	18.457 2	5.09
黄海中部 The central Yellow Sea		2006-10	18.812 3	4.61	9.837 2
黄海南部 The southern Yellow Sea		2007-03	20.843 5	4.51	20.042 8
黄海中部 The central Yellow Sea		2007-03	23.640 3	4.79	13.733 9

与粒径大于浮游动物同为重要饵料生物的小型饵料鱼类和无脊椎动物在相同季节生化成分及能值的比较(表 3);浮游动物的水分含量远高鱼类及无脊椎动物;湿重情况下,浮游动物的脂肪含量远低于小黄鱼、其他饵料鱼类的脂肪含量,但接近无脊椎动物的脂肪含量;能值也远低于小黄鱼、其他饵料鱼类和无脊椎动物的能值(张敏 2007)。

表 3 浮游动物与小型饵料鱼类和无脊椎动物的比较

Table 3 Seasonal variation of biochemical composition and energy content for zooplankton, trash fish and invertebrates

种类 Species	水分含量(%) Water content(%)		能值含量(kJ/g) Energy content (kJ/g)		脂肪含量(%) Fat content(%)	
	春季 Spring	秋季 Autumn	春季 Spring	秋季 Autumn	春季 Spring	秋季 Autumn
	浮游动物 Zooplankton	88.17	88.2	2.66	2.34	1.48
无脊椎动物 Invertebrate	66.21~81.83	71.73~84.33	3.27~4.53	2.98~3.72	1.08~2.39	1.05~1.73
其他饵料鱼类 Trash fish	69.2~78.09	64.22~81.17	4.99~9.00	4.23~9.93	3.29~14.03	2.23~14.62
小黄鱼 Yellow croaker	77.68	77	5.29	4.96	4.52	3.39

注:无脊椎动物、其他饵料鱼类及小黄鱼的生化成分和能值数据引自张敏硕士学位论文(2007)

本研究数据表明,秋季浮游动物物种丰富程度较春季高,这与以往的调查结果一致(庄志猛 2006),浮游动物在春季的生化成分和能值含量均高于秋季,这种现象可能与春季浮游动物进入繁殖旺季能量需求有关(张芳 2001;高露姣等 2003)。由于浮游动物夜间上升到浮游植物丰富的表层索饵,白昼下沉到深层以逃避捕

食者(Fancet *et al.* 1985; Zaret *et al.* 1976),因此,浮游动物午夜比傍晚所含生化成分略高。浮游动物在黄海中部的脂肪含量和能量存在显著的季节变化。

浮游动物的能量无显著的地理差异,只有春季的C:N比值存在显著地理差异。浮游动物的无水体积、体长、干重、无灰分干重、C、N和能量等相互之间具有一定的相关性。浮游动物的水分含量与能值之间在秋、春两季均呈负相关。浮游动物的生化成分与能量含量变化的含量和相关性分析都与无脊椎动物具有更好的相似性。浮游动物干样品能值与C:N比值在秋季呈负线性相关,在春季则呈正线性相关。这可能与不同季节脂肪和蛋白质含量的变化有关。

致谢:韦晟老师为本研究鉴定了浮游动物种类。

参 考 文 献

- 王雄进,康洁生,李松. 1988. 厦门港中华哲水蚤体长、体重和碳、氮、氢含量的季节变化. 台湾海峡, 7(2):173~178
- 北京农业大学(主编). 1980. 动物生物化学. 北京:农业出版社, 325~328
- 左涛,王荣. 2003. 海洋浮游动物生物量测定方法概述. 生态学杂志, 22(3):79~83
- 孙松,唐启升. 2002. 海洋生态学研究现状与发展趋势. 海洋与湖沼, (浮游动物研究专辑):1~9
- 庄志猛. 2006. 浮游动物. 见:黄渤海渔业资源综合研究与评估(金显仕,程济生,邱盛尧等著). 北京:海洋出版社, 98~109
- 张芳. 2001. 中华哲水蚤生殖和生理生态研究. 见:中国科学院硕士学位论文研究生论文
- 张武昌,王克,肖天. 2002. 浮游动物生物量和能量研究中的一些转换系数. 海洋科学, 26(1):33~36
- 张敏. 2007. 黄海中南部重要生物资源种类生化组成和能量含量的研究. 见:青岛大学硕士学位论文研究生论文
- 郑重,李少菁,许振祖. 1984. 海洋浮游生物学. 北京:海洋出版社, 468~494
- 高露姣,杨元利,李丁成,陈亚鞅. 2003. 黄海南部及东海中小型浮游桡足类生态学研究IV:拟哲水蚤属. 水产学报, 27(增刊):23~30
- 徐兆礼,林茂,张金标. 2006. 东海海樽类优势种的数量变化. 动物学报, 52(1):53~62
- 厦门水产学院(主编). 1981. 海洋浮游生物学. 北京:农业出版社, 4
- Fancett, M. S., and Kimmerrer, W. J. 1985. Vertical migration of the demersal copepod *Pseudodiaptomus* as a means of predator avoidance. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 88 (1) :31~43
- Gonzalez, J. M., Sherr, E. B., and Sherr, B. F. 1993. Differential feeding by marine flagellates on growing versus starving, and on motile versus nonmotile, bacterial prey. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 102:257~267
- Ikeda, T. 1974. Nutritional ecology of marine zooplankton, *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 22: 1~97
- Landry, M. R., Lehner-Fournier, J. M., Sundstrom, J. A. *et al.* 1991. Discrimination between living and heat-killed prey by a marine zooflagellate, *Paraphysomonas vestita* (Stokes). *Journal of Experimental Marine. Biology and Ecology*, 146:139~151
- Schneider, G. 1989. Carbon and nitrogen content of marine zooplankton dry material: A short review. *Plankton Newsletter*, 11(1):4~7
- Uye, S. I. 1982. Length-weight relationships of important zooplankton from the Inland Sea of Japan. *J. Oceanogr. Soc. Jap.* 28(3):149~158