

胶州湾桡足类幼虫和浮游生纤毛虫的丰度与生物量^{*}

张武昌 王 荣

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

提要 1997 年 9 月、12 月, 1998 年 2 月、4 月、8 月、11 月以及 1999 年 2 月和 5 月在胶州湾采集桡足类幼虫和浮游生纤毛虫的样品。样品用 Lugol's 试剂固定(最后浓度 1%), 用显微镜计数桡足类幼虫和浮游生纤毛虫的丰度, 并计算总生物量(表层生物量和水体生物量)。桡足类幼虫、无壳纤毛虫和砂壳纤毛虫的最大丰度分别为 850 ind/L (1998 年 8 月)、21300 ind/L (1998 年 8 月) 和 1720 ind/L (1999 年 5 月)。表层的总丰度为 10—22630 ind/L, 水平分布湾内比湾外多。表层纤毛虫和桡足类幼虫的总生物量为 0.10—380.27 mgC/L, 水体的生物量为 0.20—1426.02 mgC/m²。

关键词 浮游生纤毛虫 桡足类幼虫 胶州湾

中图分类号 Q958.885.3

微型浮游动物是指体长在 20—200 μm 之间的浮游动物, 包括桡足类幼虫、纤毛虫、异养鞭毛虫等, 它们是联系微型藻类和中型浮游动物的中间环节。我国以往的浮游动物研究是通过浮游动物网拖网采集样品, 网孔直径为 160 μm 左右, 因此无法估计微型浮游动物的丰度(abundance)和生物量(张武昌等, 2000; 李超伦等, 2000)。50 年代, 尹光德(1952; 1953)研究了胶州湾的砂壳纤毛虫, 共鉴定种类 34 种。本文报道 1997 年 8 月—1999 年 5 月 8 个航次的微型浮游动物中桡足类六足幼虫和纤毛虫两个类群的丰度和生物量, 以期填补胶州湾在这一研究领域的空白。

1 材料与方法

1.1 采样

1997 年 9、12 月, 1998 年 2、4、8、11 月和 1999 年 2、5 月, 在胶州湾搭乘“科交 2 号”艇进行季度采样, 共 8 个航次。采样站位见表 1 和图 1。每个站位的采样层次因各个航次的潮位和海况而不同。较浅的站位, 只在表层, 或表、底两层采样; 较深的站位, 在表层、中层和底层采样。各层次用颠倒温度计测量温度, 用 SYC2-2 型电极式盐度计(青岛海洋大学仪器厂生产)测量盐度。

用 2L Niskin 采水器在各个层次采水, 将水样 1000 ml 装入塑料样品瓶中, 用 Lugol's 试剂固定, 浓度为 1%, 拧紧瓶盖, 颠倒几次使固定剂和水样混合均匀。样品在阴凉处保

^{*} 国家自然科学基金资助项目, 49790010 号, 39630060 号。张武昌, 男, 出生于 1973 年 1 月, 博士, 助理研究员, E-mail: w. c. zhang@yeah.net

收稿日期: 1999-10-18, 收修改稿日期: 2000-05-08

存直至分析。1 个月内分析完毕。

1.2 记数

按 Utermohl(1958) 的方法进行。样品自然沉淀 48h 或以上, 吸出上清液, 留下 100ml, 摇动后倒入底部直径为 6cm 的玻璃瓶中, 再次自然沉淀 48h, 用吸管吸取底部一定面积(1/8—1/2)上的沉淀物, 放于回形槽中, 镜下(放大 150 倍)检查记数桡足类幼虫、砂壳纤毛虫、无壳纤毛虫。砂壳纤毛虫根据文献(尹光德, 1952; Yamaji, 1976)鉴定。

1.3 体积

测量各类群的尺寸, 按最相近的几何形状(柱体、球体、半球体和锥体)计算微型浮游动物的体积。每一种类至少测量 30 个个体, 取平均值。

1.4 生物量

生物量用体积乘上转换系数得来。转换系数为桡足类幼虫 0.05pg C/ μm^3 (Mullin, 1969), 纤毛虫 0.19pg C/ μm^3 (Putt *et al.*, 1989)。砂壳纤毛虫身体占壳的体积的 50%(Beers *et al.*, 1969)。水体生物量为水体从表到底生物量的积分, 单位为 mgC/m^2 。

表 1 胶州湾站位经纬度和水深

Tab. 1 Position and depth of the stations in the Jiaozhou Bay							
站位	经度(°E)	纬度(°N)	水深(m)	站位	经度(°E)	纬度(°N)	水深(m)
1	120.186	36.133	4	6	120.291	36.100	14
2	120.250	36.158	4	7	120.233	36.066	12
3	120.330	36.155	5	8	120.233	36.036	15
4	120.180	36.091	10	9	120.286	36.030	30
5	120.250	36.100	15	10	120.425	35.983	18

2 结果

2.1 水文环境

胶州湾位于北纬 35°38′—36°18′、东经 120°04′—120°23′ 之间, 是一个中型的半封闭浅水海湾, 总面积为 423km², 平均水深为 7m, 湾内最大水深为 64m, 0—5m 的浅水区占 52.7%, 而水深大于 20m 的仅占总面积的 5.4%。

胶州湾温度有明显的季节变化, 2 月最低, 为 4—5℃; 8 月最高, 为 26—28℃, 平面分布为秋冬季节湾外比湾内温度高, 春夏季节相反。盐度的季节变化为 31.4—32.3, 平面分布为湾内比湾外盐度低。由于胶州湾较浅, 温度和盐度的垂直变化较小, 底层和表层温度的变化不超过 2℃, 盐度的变化不超过 0.2。温度的垂直分布均为表层高, 底层低。

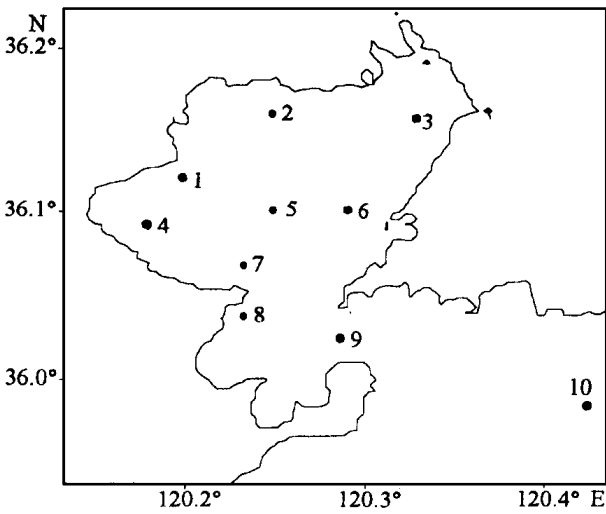


图 1 胶州湾取样站位
Fig. 1 Sample stations in the Jiaozhou Bay

2.2 纤毛虫和桡足类幼虫在各个航次的最大丰度

表 2 列出了各个航次中每个类群的最大丰度。其中,砂壳纤毛虫主要包括百乐拟铃虫(*Tintinnopsis beroidea* Stein)、卡拉直克拟铃虫(*T. karajacensis* Brandt)、根状拟铃虫(*T. radix* Brandt)、诺氏薄铃虫[*Leptotintinnus nordqvisti* (Brandt) Kofoid & Campbell]、巴拿马网纹虫(*Favella panamensis* Kofoid & Campbell)、妥肯丁拟铃虫(*T. tocan-tinensis* Kofoid & Campbell)、运动类铃虫(*Codonellopsis mobillis* Wang) 和 *Tintinnopsis brevicollis*。*T. brevicollis* 是胶州湾的新报道种。

每个航次都有明显的优势种。1997 年 8 月桡足类幼虫占优势,1999 年 5 月砂壳纤毛虫占优势,其余航次均为无壳的寡毛类纤毛虫占优势。

桡足类幼虫在 1997 年 9 月、1998 年的 8 月(秋季) 数量较大(表 2),这与桡足类在夏季繁殖有关。无壳的纤毛虫是形成 1997 年 12 月到 1999 年 2 月微型浮游动物数量峰值的原因。但是各个航次无壳纤毛虫的数量差别很大,从 10—21300ind/L。砂壳纤毛虫的最大丰度出现在 1999 年 5 月的 5 号站,达到 1800ind/L。砂壳纤毛虫单种的最大丰度也出现在 1999 年 5 月的 5 号站,*Tintinnopsis brevicollis* 达到 1720ind/L; 其次为 1998 年 8 月,卡拉直克拟铃虫达到 1020ind/L。在其它航次,砂壳纤毛虫的总数不超过 400ind/L,单种砂壳纤毛虫的数量不超过 220ind/L。

表 2 纤毛虫和桡足类幼虫在 8 个航次(年. 月)的最大丰度(ind/L)

Tab. 2 The maximum abundance (ind/L) of copepod nauplii and ciliates during the eight cruises

种类	1997. 09	1997. 12	1998. 02	1998. 04	1998. 08	1998. 11	1999. 02	1999. 05
桡足类幼虫	60	10	10	10	850	10	10	80
无壳纤毛虫	10	170	3200	280	21300	410	820	490
砂壳纤毛虫								
百乐拟铃虫	—	—	160	100	—	—	180	—
卡拉直克拟铃虫	10	10	—	—	1020	20	10	—
根状拟铃虫	—	—	—	—	—	10	—	—
诺氏薄铃虫	10	—	—	—	10	10	10	—
巴拿马网纹虫	—	—	—	—	10	50	—	10
妥肯丁拟铃虫	10	—	—	—	10	—	—	—
运动类铃虫	10	—	—	140	—	—	—	80
<i>Tintinnopsis brevicollis</i>	—	—	—	—	—	—	—	1720

注:表中数据按 4 舍 5 入变为 10 的倍数

2.3 表层纤毛虫和桡足类幼虫总丰度的水平分布

表 3 为各航次中纤毛虫和桡足类幼虫总丰度。1997 年 9 月桡足类幼虫占优势,胶州湾西部沿岸是高值区。1997 年 12 月无壳纤毛虫占优势,湾外比湾内丰度大。1998 年 2 月无壳纤毛虫占优势,高值区出现在湾东部的 3 号和 6 号站,达到 3460ind/L。1998 年 4 月无壳纤毛虫占优势,湾内比湾外丰度大,在湾东部和西部各有一个高值区。1998 年 8 月无壳纤毛虫占优势,湾内比湾外丰度大,最大丰度出现在 3 号站。1998 年 11 月湾内比湾外丰度大。1999 年 2 月,最大丰度出现在 3 号站。1999 年 5 月,最大丰度出现在湾中,

部的 5 号站, 优势类群为砂壳纤毛虫的 *Tintinnopsis brevicollis*, 在 1 号站还有一个无壳纤毛虫的高值区。

表 3 胶州湾桡足类幼虫和纤毛虫总丰度(ind/L) 在 8 个航次(年. 月)的表层分布

Tab. 3 Surface distribution of total abundance (ind/L) of copepod nauplii and ciliates during eight cruises

站位	1997. 09	1997. 12	1998. 02	1998. 04	1998. 08	1998. 11	1999. 02	1999. 05
1	20	10	730	70	10170	420	160	744
2	50	5	1400	150	17830	460	420	60
3	10	20	1780	560	22630	50	1030	448
4	60	10	3090	540	1320	30	230	56
5	30	120	880	190	1330	30	180	1800
6	10	5	3460	360	1340	40	860	504
7	60	90	1020	160	1540	130	90	1056
8	30	160	1270	170	2140	90	100	328
9	—	120	280	70	670	50	30	480
10	—	10	280	220	420	20	30	0

2.4 各航次优势类群的垂直分布

胶州湾较浅, 采样的水层又少, 所以研究浮游动物垂直分布的意义不大, 但有些站位仍存在着表层和底层数量的差异。1997 年 9 月、1998 年 4 月和 11 月, 动物数量较少, 讨论垂直分布意义不大。1999 年 2 月, 采样是在连续几天大风过后, 胶州湾海水混合均匀, 表层和底层的数量一致。作为资料的积累, 本文将另外几个航次优势类群的垂直分布情况(表 4)介绍如下。

表 4 几个航次中优势类群丰度(ind/L) 的垂直分布

Tab. 4 Vertical profiles of dominant species abundance (ind/L) during several cruises

站位	1997 年 12 月			1998 年 2 月			1998 年 8 月			1998 年 8 月			1998 年 8 月			1999 年 5 月		
	无壳纤毛虫			无壳纤毛虫			桡足类幼虫			无壳纤毛虫			卡拉直克拟铃虫			<i>T. brevicollis</i>		
	表层	中层	底层	表层	中层	底层	表层	中层	底层	表层	中层	底层	表层	中层	底层	表层	中层	底层
1	0	—	—	576	—	1536	846	—	—	7771	—	—	411	—	—	32	—	—
2	0	—	—	1140	—	—	629	—	—	16343	—	—	914	—	—	12	—	—
3	20	—	—	1456	—	—	251	—	—	21314	—	—	1017	—	—	368	—	320
4	6	—	—	2888	—	1672	457	—	69	863	—	103	0	—	0	160	—	112
5	87	—	8	1162	—	788	114	—	11	977	—	446	57	—	11	1720	—	696
6	3	—	—	3088	—	2952	137	—	123	1143	—	20	80	—	103	468	—	—
7	74	—	91	864	—	768	354	—	16	914	—	45	240	—	0	984	—	1152
8	119	—	129	606	—	1048	340	—	60	1760	—	103	34	—	0	304	184	1480
9	36	152	54	196	104	52	350	110	110	303	34	11	23	0	0	480	1584	1064
10	3	166	110	144	—	104	216	310	30	0	120	0	80	0	0	0	736	1200

1997 年 12 月微型浮游动物的优势种是一种无壳的纤毛虫类,它的垂直分布为 5 号站表层多, 底层少; 7、8 号站表底分布均匀, 9、10 两站为中层多。1998 年 2 月, 微型浮游动物的优势种是无壳的纤毛虫, 有的站位表层多, 有的站位表层少于底层。1998 年 8 月无壳纤毛虫、砂壳纤毛虫和桡足类幼虫的丰度都很大, 它们的分布为表层多, 底层少。1999 年 5 月, 无壳纤毛虫在 1 号站占优势, 其余各站均以砂壳纤毛虫 *T. brevicollis* 为优势种, 所以只列出 *T. brevicollis* 的垂直分布。*T. brevicollis* 的垂直分布与 1997 年 12 月的分布相似, 在湾外为底层多, 在湾内为表层多。

2.5 纤毛虫和桡足类幼虫的总生物量

胶州湾表层生物量为 0.10—380.27 $\mu\text{gC/L}$ (表 5), 水体的生物量为 0.20—1426.02 mgC/m^2 (表 6)。各个季节的差别很大。

表 5 8 个航次(年.月)中表层纤毛虫和桡足类幼虫的总生物量($\mu\text{gC/L}$)

Tab. 5 Total biomass ($\mu\text{gC/L}$) of copepod nauplii and ciliates in the surface waters in 8 cruises

站位	1997. 09	1997. 12	1998. 02	1998. 04	1998. 08	1998. 11	1999. 02	1999. 05
1	0. 29	0. 12	12. 23	1. 10	170. 93	7. 01	2. 69	2. 59
2	0. 87	0. 07	20. 40	2. 54	299. 61	7. 78	7. 11	0. 42
3	0. 10	0. 35	29. 85	9. 46	380. 27	0. 86	17. 29	3. 12
4	0. 99	0. 17	51. 96	9. 03	22. 18	0. 58	3. 84	0. 39
5	0. 55	1. 95	14. 79	3. 22	22. 28	0. 48	3. 07	12. 55
6	0. 10	0. 08	58. 21	6. 00	22. 47	0. 67	14. 40	3. 51
7	0. 96	1. 43	17. 07	2. 69	25. 93	2. 11	1. 54	7. 36
8	0. 42	2. 76	5. 34	2. 83	35. 91	1. 44	1. 63	2. 29
9	—	1. 97	4. 71	1. 10	11. 24	0. 77	0. 58	3. 35
10	—	3. 56	4. 71	3. 75	7. 11	0. 29	0. 58	0

表 6 8 个航次(年.月)中纤毛虫和桡足类幼虫的水体总生物量(mgC/m^2)

Tab. 6 Water column total biomass (mgC/m^2) of copepod nauplii and ciliates in 8 cruises

站位	1997. 09	1997. 12	1998. 02	1998. 04	1998. 08	1998. 11	1999. 02	1999. 05
1	0. 86	0. 35	36. 70	3. 31	512. 79	21. 03	8. 07	10. 38
2	2. 62	0. 20	61. 20	7. 63	898. 83	23. 33	21. 32	3. 012
3	0. 38	1. 32	111. 92	35. 47	1426. 02	3. 24	64. 82	14. 23
4	7. 44	1. 26	389. 71	67. 70	166. 37	4. 32	28. 81	16. 46
5	6. 24	21. 93	166. 37	36. 19	250. 63	5. 40	34. 57	178
6	1. 06	0. 88	611. 23	63. 02	235. 94	7. 06	151. 25	49. 2
7	8. 62	12. 86	153. 66	24. 20	233. 35	19. 01	13. 83	92. 38
8	4. 73	31. 01	60. 12	31. 87	404. 04	16. 20	18. 37	95. 39
9	—	44. 24	105. 87	24. 85	252. 80	17. 29	12. 96	295. 2
10	—	48. 10	63. 52	50. 56	95. 93	3. 89	7. 78	82. 25

3 讨论

桡足类幼虫在胶州湾达到 850ind/ L, 比其它海区偏高。在南极的 Bellingshausen Sea, 桡足类的幼虫一般为 0—50ind/ L, 有时达到 160ind/ L (Burkill *et al*, 1995)。在 Washington 沿岸 (Landry *et al*, 1982), 桡足类幼虫的丰度为 20—160ind/ L。在 Dokai 湾 (Uye *et al*, 1998) 桡足类的幼虫达到 400ind/ L。在北大西洋 (Verity *et al*, 1992), 桡足类幼虫的丰度为 110—260ind/ L。

本文记录的砂壳纤毛虫种类的数量远远少于尹光德 (1952, 1953) 记录的种类, 原因可归纳为以下两点: (1) 采样时间。本文的采样仅有 8 次, 而尹光德 (1952, 1953) 的采样“自 1947 年 11 月至 1948 年 10 月, 及 1950 年 9 月、10 月, 每月采集二次或三次”, 有些种类是季节性发生的, 采样时间过稀可能采集不到。(2) 采样方法。本文采样为水样, 可能采不到丰度较小的种类, 另外, 即使采到了, 也可能在记数样品时漏掉。而尹光德 (1952, 1953) 是用浮游生物网采集样品, 过滤的水样大, 能采到丰度小的种类。虽然本文漏掉了一些砂壳纤毛虫种类, 但是由于这些种类丰度较小, 不会影响对纤毛虫群体丰度的估计。

本文对生物量的估计可能存在以下误差: (1) 假设砂壳纤毛虫虫体占壳体积的 50%, 高估了其生物量。按照 Gilron 等 (1989) 的研究, 在温带这种假设导致砂壳纤毛虫生物量被高估 178%。(2) 固定剂的浓度。Lugol's 试剂浓度为 1%, 对无壳纤毛虫的固定效果不如 5% 或 10% (Stoecker *et al*, 1994)。(3) 在记数的过程中可能有遗漏, 所以实际值比记数的结果要高。

与世界其它海区相比, 胶州湾砂壳纤毛虫数量, 纤毛虫 (砂壳纤毛虫和无壳纤毛虫) 数量和生物量均处在已有文献的范围之内。胶州湾砂壳纤毛虫的最大丰度为 1720ind/ L, 按照 Cordeiro 等 (1997) 的综述, 世界各海区砂壳纤毛虫的丰度为 1—729000ind/ L。胶州湾表层纤毛虫的丰度为 10—22350ind/ L, 生物量为 0—310μgC/ L, 与其它的近岸和海湾地区 (表 7) 相比, 处于文献范围之内。

表 7 纤毛虫在几个近岸和海湾地区的分布

Tab. 7 Distribution of ciliates in several coastal and estuarine area

海区	丰度 (ind/ ml)	生物量 (μgC/ L)	文献
Celtic Sea	2. 5—12	—	Burkill <i>et al</i> , 1987
Chesapeake Bay	1. 8—17. 2	—	Dolan <i>et al</i> , 1990
Chesapeake Bay	0. 4—78*	—	Dolan, 1991
哈利法克斯, Nova Scotia	2. 8—12. 8	—	Gifford, 1988
Shelikof 海峡	0. 36—3. 04	0. 45—19. 3	Howell-Kubler <i>et al</i> , 1996
东京湾	10—100	—	Kume, 1979
圣劳伦斯湾西部	—	< 100—400	Tamigneaux <i>et al</i> , 1997
Dokai Inlet, 日本	0. 76—2. 674**	2. 9—22. 4**	Uye <i>et al</i> , 1998

* 单个种类最大丰度 (Maximum abundance of one species); ** 微型浮游动物 (Microzooplankton)

在胶州湾, 大多数航次是无壳纤毛虫占优势, 只在 1999 年 5 月为砂壳纤毛虫占优势。无壳纤毛虫和砂壳纤毛虫的比例在不同的海区所占的比例不同。一般认为, 在近岸海区, 砂壳纤毛虫占优势; 在外海和寡营养区无壳纤毛虫占优势 (Suzuki *et al*, 1998)。但是也

有一些例外,在 Middlebrook 等(1987)的研究中, Fundy 湾的 Quoddy 地区,无壳纤毛虫占优势。Verity 等(1992)也报道了这种情况,他们发现在挪威的两个海湾中,无壳纤毛虫占总数的 90%,而砂壳纤毛虫很少。Stoecker 等(1989)也发现,在 Georges Bank,砂壳纤毛虫占异养纤毛虫总数量的 8% 以上。

4 结语

作为我国微型浮游动物生态研究的开始,本文研究了纤毛虫和桡足类幼虫的丰度和生物量,工作还有待进一步深入,在以后的研究中应加强无壳纤毛虫的分类鉴定工作,并将研究领域向小于 $20\mu\text{m}$ 的 nano 浮游动物扩展。

致谢 在样品鉴定过程中得到青岛海洋大学水产学院徐奎栋、胡晓钟等同志的帮助,谨致谢忱。

参 考 文 献

- 尹光德, 1952. 胶州湾砂壳纤毛虫初步调查. 山东大学学报, 1: 36—56
- 尹光德, 1953. 胶州湾砂壳纤毛虫的三个新种. 山东大学学报, 2: 64—69
- 张武昌, 王 荣, 2000. 渤海微型浮游动物及其对浮游植物的摄食压力. 海洋与湖沼, 31(3): 252—258
- 李超伦, 孙 松, 吉 鹏等, 2000. 南极普里兹湾边缘浮冰区微型浮游动物的摄食及其氮的排泄. 海洋与湖沼, 31(6): 657—663
- Beers J R, Stewart G L, 1969. Microzooplankton and its abundance relative to the larger zooplankton and other seston components. Mar Biol, 4: 182—189
- Burkill P H, Mantoura F C, Llewellyn C A *et al*, 1987. Microzooplankton grazing and selectivity of phytoplankton in coastal waters. Mar Biol, 93: 581—590
- Burkill P H, Edwards E S, Sleight M A, 1995. Microzooplankton and their role in controlling phytoplankton growth in the marginal ice zone of the Bellingshausen Sea. Deep-Sea Res II, 42: 1277—1290
- Cordeiro T A, Brandini F P, Martens P, 1997. Spatial distribution of the Tintinnina (Ciliophora, Protista) in the North Sea, spring of 1986. J Plankton Res, 19: 1371—1383
- Dolan J R, Coats D W, 1990. Seasonal abundances of planktonic ciliates and microflagellates in mesohaline Chesapeake Bay water. Estuar Coast Shelf Sci, 31: 157—175
- Dolan J R, 1991. Guilds of ciliate microzooplankton in the Chesapeake Bay. Estuar Coast Shelf Sci, 33: 137—152
- Gifford D J, 1988. Impact of grazing by microzooplankton in the Northwest Arm of Halifax Harbour Nova Scotia. Mar Ecol Prog Ser, 47: 249—258
- Giron G L, Lynn D H, 1989. Assuming a 50% cell occupancy of the lorica overestimates tintinnine ciliate biomass. Mar Biol, 103: 413—416
- Howell-Kubler A N, Lessard E J, Napp J M, 1996. Springtime microprotozoan abundance and biomass in the southeastern Bering Sea and Shelikof Strait, Alaska. J Plankton Res, 18: 731—745
- Kume T, 1979. Distribution of the marine micro-ciliates in Tokyo Bay. La mer (Bull Soc franco-jap Oceanogr. Tokyo) 17: 189—196
- Landry M R, Hassett H P, 1982. Estimating the grazing impact of marine micro-zooplankton. Mar Biol, 67: 283—288
- Middlebrook K, Emerson C W, Roff J C *et al*, 1987. Distribution and abundance of tintinnids in the Quoddy Region of the Bay of Fundy. Can J Zool, 65: 594—601
- Mullin M M, 1969. Production of zooplankton in the ocean: the present status and problems. Oceanogr. Mar Biol Annu Rev, 7: 293—310

- Putt M, Stoecker D K, 1989. An experimentally determined carbon: volume ratio for marine "oligotrichous" ciliates from estuarine and coastal waters. *Limnol Oceanogr*, 34: 1097—1103
- Stoecker D K, Gifford D J, Putt M, 1994. Preservation of marine planktonic ciliates: losses and cell shrinkage during fixation. *Mar Ecol Prog Ser*, 110: 239—299
- Stoecker D K, Taniguchi A, Michaels A E, 1989. Abundance of autotrophic, mixotrophic and heterotrophic planktonic ciliates in shelf and slope waters. *Mar Ecol Prog Ser*, 50: 241—254
- Suzuki T, Taniguchi A, 1998. Standing crops and vertical distribution of four groups of marine planktonic ciliates in relation to phytoplankton chlorophyll *a*. *Mar Biol*, 132: 375—382
- Tamigneaux E, Mingelbier M, Klein B *et al*, 1997. Grazing by protists and seasonal changes in the size structure of protozooplankton and phytoplankton in a temperate nearshore environment (western Gulf of St. Lawrence, Canada). *Mar Ecol Prog Ser*, 146: 231—247
- Utermohl H, 1958. Zur Vervollkommnung der Quantitativen Phytoplanktonmethodik. *Mitteilungen der Internationalen Vereinigung für Limnologie*, 9: 1—38
- Uye S, Nagano N, Shimazu T, 1998. Biomass, production and trophic roles of micro- and meso-zooplankton in Dokai Inlet, a heavily eutrophic inlet, in summer. *Plankton Biol Ecol*, 45: 171—182
- Verity P G, Vernet M, 1992. Microzooplankton grazing, pigments, and composition of plankton communities during late spring in two Norwegian Fjords. *Sarsia*, 77: 263—274
- Yamaji I, 1976. Illustrations of the Marine Plankton of Japan. Hoikusha Publishing Co., Ltd, 369

ABUNDANCE AND BIOMASS OF COPEPOD NAUPLII AND CILIATES IN JIAOZHOU BAY

ZHANG Wu-Chang, WANG Rong

(*Institute of Oceanology, The Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071*)

Abstract This paper presents data of ciliates and copepod nauplii abundance and biomass from eight cruises (September, December, 1997; February, April, August, November, 1998; February, May, 1999) in Jiaozhou Bay. Water samples were taken by 2L Niskin Bottles at ten stations during every cruise. One liter water was preserved in plastic bottle with Lugol's (1%). The sample scheme of water layer was surface, middle and bottom according to water depth. The samples were examined with the method of Utermohl (1958) one month after sampling. Carbon: volume ratio was $0.05 \text{ pgC}/\mu\text{m}^3$ for copepod nauplii (Mullin, 1969), $0.19 \text{ pgC}/\mu\text{m}^3$ for ciliates (Putt *et al*, 1989). Body volume of tintinnids was assumed to be 50% of that of the lorica (Beers *et al*, 1969).

Copepod nauplii dominated in September 1997. The aloricate oligotrichous ciliates were dominant through December 1997 to February 1999. Tintinnids dominated in May 1999. The maximum abundance of copepod nauplii, aloricate ciliates and tintinnids were 850 (August, 1998), 21300 (August, 1998) and 1720 ind/L (May, 1999) respectively. The total abundance of the above three in the surface layer was 10—22350 ind/L, with larger abundance in the inner part of the bay. There was no obvious trend in the vertical distribution. The total biomass of copepod nauplii, aloricate ciliates and tintinnids in the surface layer was in the range of 0.10—380.27 $\mu\text{gC}/\text{L}$, water column biomass 0.20—1426.02 mgC/m^2 .

Key words Ciliate, Copepod nauplii, Jiaozhou Bay