

武汉东湖优势浮游动物元素含量分析

林婉莲 刘鑫洲

(中国科学院水生生物研究所, 武汉)

提 要

利用武汉东湖不同季节各种浮游动物优势种的高峰期, 选取了枝角类中的透明溞和透明薄皮溞, 桡足类中的特异荡镖水蚤, 轮虫中的矩形龟甲轮虫、前节晶囊轮虫、矩形臂尾轮虫、萼花臂尾轮虫, 原生动物中的篮口虫及草履虫进行碳(C)、氮(N)、磷(P)含量分析, 分别测出了上述各个种的C/N和C/P比值。就C、N、P的平均百分数看, 原生动物所占的C、N、P的百分数最高, 相反, 其C/N与C/P比率则是最低的。透明薄皮溞所占的C%接近原生动物, 特异荡镖水蚤和透明溞的C%相差不远。透明薄皮溞与特异荡镖水蚤的N%极为接近, 而轮虫的N%和P%则仅低于原生动物。按实测数据计算的结果, 东湖优势浮游动物的个体重(干)是其C含量的2.07—2.46倍。

列举了各个种的个体碳、氮和磷量, 并对一些较大个体给定了个体重与个体碳关系的回归方程式。

浮游生物元素成份分析, 是研究水体物质流的一种必要手段。武汉东湖生态系统研究课题, 有关浮游动物的生物量 and 生产量的工作, 已有3篇报道^[1-3], 为研究东湖生态系统的结构、功能与生物生产力提供了数据。本文是从物质流的角度, 选取东湖有代表性的优势浮游动物进行碳、氮、磷含量分析, 目的是为分离东湖水柱沉淀物中有机碎屑成份与浮游动物活体物质成份提供手段, 并为整个东湖研究课题提供浮游动物三大元素含量的直接数据。

方 法

本分析所选用的浮游动物各个种, 除草履虫外, 都是直接从武汉东湖中采样。每当一种浮游动物高峰期, 用25号筛网采集, 然后根据所需浮游动物个体的大小, 用不同型号的筛网筛选(40目的尼龙网, 75, 100, 140及200微米的金属网)。过筛后, 立即用4%福尔马林固定, 置解剖镜下逐个挑取, 这样能得到纯而清洁的样品。草履虫则是用生长在东湖的苦草(*Vallisneria spiralis* L.), 加热煮死, 放入用双层的筛网(25号)滤过的东湖水中作为培养液。培养10天左右, 草履虫便大量繁殖。将浓福尔马林按比例倒入培养物内, 使成6%的福尔马林液, 培养物经固定后, 去除大的苦草残渣, 静置, 虹吸去掉上清液, 用吸管吸取下层液体, 置解剖镜下逐个挑取。

表 1 枝角类及桡足类物种的元素含量及其各种比率

Tab. 1 The contents of the three main elements and their ratios in two cladocera and a copepod

种 类	分析① 总数	平均重② (微克/个)	C		N		P		个体 重/个 体碳③	C/N	C/P	个体重-个体碳回归关系④		
			(%)	(微克/个)③	(%)	(微克/个)④	(%)	(微克/个)⑤				a	b	r ²
枝角类 <i>Daphnia hyalina</i>	卵及胚胎 eggs & embryos	1440	1.50±0.25 47.64±6.20	0.71±0.11 13.94±3.59	0.20±0.03 1.43±0.27	0.02±0.00	2.11	3.66	34.09	0.2541 0.3019	0.52	14		
	幼 体 young	1600	4.40±0.88 42.88±2.30	1.88±0.37	8.60±2.07 0.37±0.07	1.60±0.01	2.34	4.31	26.88	0.0983 0.4056	0.94	10		
	成体无卵 ♀ without eggs	800	12.40±1.20 43.60±1.42	5.38±0.49	7.42±0.54 0.91±0.06	1.56±0.34	2.30	5.88	27.90	0.5917 0.3875	0.91	10		
	成体带卵 ♀ with eggs	400	22.53±4.76 44.41±1.87	10.08±2.65	6.21±0.21 1.68±0.40	0.40±0.07	2.23	6.00	26.80	-2.4114 0.5545	0.99	10		
枝角类 <i>Leptodora kindtii</i>	幼 体 nauplii	320	5.94±1.53 51.26±8.79	3.03±0.94	14.95±4.34 0.88±0.32	2.12±0.28	2.00	3.43	24.24	0.1441 0.4865	0.63	10		
	成体无卵 ♀ without eggs	100	55.19±7.91 47.23±4.39	25.90±3.34	11.05±1.42 6.04±0.80	0.56±0.00	2.13	4.30	33.29	8.1354 0.3187	0.57	16		
	成体带卵 ♀ with eggs	56	57.58±7.19 48.66±3.54	27.94±3.58	12.08±1.34 6.91±0.80	0.69±0.16	2.06	4.03	41.40	4.9256 0.3998	0.64	10		
	无节幼体 nauplii	2140	0.44±0.09 48.57±8.04	0.22±0.06 17.50±5.72	0.08±0.03 2.56±0.81	0.009±0.00	2.00	2.77	18.99	-0.0335 0.5638	0.69	7		
桡足类 <i>Neutradioplomus incongruens</i>	桡足幼体 copepodites	320	5.55±2.88 45.72±4.04	2.51±1.26 17.46±4.56	0.86±0.27 0.90±0.34	0.03±0.01	2.21	2.62	50.64	0.1224 0.4307	0.99	8		
	雌体无卵 ♀ without eggs	175	14.46±2.82 47.36±5.09	6.85±1.43 12.10±1.55	1.74±0.35 0.30±0.03	0.05±0.00	2.11	3.92	160.21	0.5540 0.4353	0.73	7		
	雄 体 males	240	13.44±0.71 47.17±2.00	6.33±0.30 12.08±0.53	1.62±0.05 0.51±0.03	0.06±0.00	2.12	3.90	92.21	2.8655 0.2578	0.38	8		
	成体带卵 ♀ with eggs	160	22.16±1.64 47.52±3.01	10.53±1.09 10.97±0.69	2.42±0.09 0.54±0.22	0.13±0.05	2.10	4.33	87.20	-0.9976 0.5204	0.61	8		
卵 eggs	1450	0.23	38.40	0.09	9.51	0.02	0.33	0.0008	2.60	4.04	149.44	—	—	1

Note: for both Tab. 1—3 ① Total Number of individuals for analysis; ② Average weight, $\mu\text{g}/\text{indiv.}$; ③, ④, ⑤ $\mu\text{g}/\text{indiv.}$; ⑥ Dry wt./carbon content, per individual; ⑦ Regression on dry weight-carbon content, per individual.

表 2 轮虫及原生动物优势种的元素含量及其各种比率

Tab. 2 The contents of the three main elements and their ratios in 4 planktonic rotifers and 2 protozoa

种	类	分析 总数①	平均重② (微克/个)	C		N		P		个体 重/个 体碳④	C/N	C/P	个体重-个体碳迴 归关系⑦			
				(%)	(微克/ 个)③	(%)	(微克/ 个)④	(%)	(微克/个)⑤				a	b	r ²	n
矩形臂尾轮虫 <i>Keratella quadrata</i>	不带卵个体 without eggs	3755	0.12±0.02	38.91±3.93	0.05±0.01	14.74±3.24	0.02±0.00	1.64±0.06	0.0017±0.0002	2.40	2.64	23.73	0.0138	0.2727	0.49	3
	带一卵个体 with one egg	2125	0.17±0.02	43.18±5.04	0.07±0.01	17.61±3.16	0.03±0.00	2.03±0.62	0.0036±0.0015	2.43	2.45	21.31	—	0.0612	0.7900	0.94
	卵 eggs	1000	0.15	36.89	0.06	11.58	0.02	1.01	0.0016	2.71	3.19	36.45	—	—	—	1
矩形臂尾轮虫 <i>Brachionus leydigi</i>	不带卵个体 without eggs	949	0.46±0.01	49.37±4.32	0.22±0.02	13.40±1.43	0.06±0.01	1.68±0.22	0.0083±0.0013	2.09	3.68	29.38	—	—	—	2
	卵 eggs	514	0.39	23.98	0.09	8.51	0.03	1.88	0.0073	4.18	2.82	12.79	—	—	—	1
弯花臂尾轮虫 <i>B. calyciflorus</i>		300	0.94±0.09	46.85±2.06	0.44±0.05	16.55±0.04	0.15±0.01	2.65±0.02	0.0293±0.0040	2.14	2.83	17.69	—	—	—	2
	前节晶囊轮虫 <i>Asplanchna priodonta</i>	2125	0.67±0.29	48.88±3.03	0.33±0.14	13.53±1.63	0.09±0.03	2.13±0.15	0.0142±0.0046	2.03	3.61	22.97	0.1636	0.2433	0.98	6
篮口虫 <i>Nassula</i> sp.		1550	0.24±0.04	59.47±9.78	0.14±0.03	17.10±2.02	0.04±0.00	4.54±0.04	0.0090±0.0007	1.71	3.48	13.10	—	—	—	3
	草履虫 <i>Paramecium caudatum</i>	9000	0.03±0.00	40.54±3.30	0.01±0.00	16.40±0.80	0.01±0.00	2.22±0.34	0.0007±0.0004	2.42	2.47	18.29	—	—	—	3

上述各个种的每一个样品都要进行两组挑样(一组用以测碳和氮,另一组用以测磷),每组还做若干个平行样。

把已挑选出的样品置烤箱内(68—80℃, 24 小时)烤干,称其恒重。各样品所需的量,根据分析项目而定。一般在 0.1 毫克左右即能用作碳、氮测定,但进行磷分析时,每个样品的量则要大些,同时要看各个样品的含磷量及分析仪器的灵敏度而定。本文碳和氮的分析用 CARLO ERBA 元素分析仪,磷分析用的是 Slanina 等^[41]的微量有机磷的消解法,然后用 751 型分光光度计测定。

结 果

表 1 和表 2 为各个种及一些种的不同龄期所含的碳、氮和磷百分值,个体重(干)与个体碳、碳与氮及碳与磷的比值,个体碳、氮、磷量,一些较大个体的个体重与个体碳关系的回归方程式。表中所示各项,重点放在“碳”上,这是因为:碳与能量有固定的换算值($1 \text{ mgC} = 9.33 \text{ cal}$)^[40],只要知道浮游动物的总碳量,便可算出浮游动物所占的总能量;而且在没有更多的分析手段的情况下,对相似条件水体浮游动物的物质含量,可利用经典法测出其中浮游动物的碳量,然后利用东湖浮游动物的碳与氮、碳与磷的比值,评估该水体浮游动物的氮和磷量。

表 3 东湖优势浮游动物各种成份比较

Tab. 3 Some components for comparison between the dominant zooplankters in Lake Donghu, Wuhan

类 别	C%	N%	P%	个体重/ 个体碳⑥	C/N	C/P
透明蚤 <i>Daphnia hyalina</i>	44.63	9.04	1.56	2.25	4.96	28.92
透明薄皮蚤 <i>Leptodora kindti</i>	49.05	12.69	1.59	2.06	3.92	32.98
特异荡镖水蚤 <i>Neutrodiaptomus incongruens</i>	45.79	13.27	0.86	2.19	3.60	93.12
轮虫 rotifera (4 species)	43.02	13.92	2.03	2.46	3.11	22.23
原生动物 protozoa (2 species)	50.01	16.75	3.38	2.07	2.99	15.70

就碳、氮、磷的平均百分数看,原生动物所占碳、氮、磷的百分数最高,相反,其 C/N 与 C/P 比率则是最低的。透明薄皮蚤所占的 C% 接近原生动物,特异荡镖水蚤和透明蚤的 C% 相差不远。透明薄皮蚤与特异荡镖水蚤的 N% 极为接近,而轮虫的 N% 和 P% 则仅低于原生动物。按实测数据计算的结果,东湖优势浮游动物的个体重(干)是其含碳量的 2.07—2.46 倍(表 3)。

讨 论

关于浮游动物化学成份的测定工作,Burgis (1971)^[41]、Baudouin (1972)^[5] Vijverberg 等

(1976)^[12]分别从碳、氮、磷及蛋白质、脂肪和碳水化合物等角度做了不少枝角类和桡足类的分析工作。Dumonts 等(1975)利用一些枝角类、桡足类和轮虫的干重评估其生物量^[7]。Bottrell 等(1976)^[6]和 Foran 等(1981)^[9]分别测出了一些原生动物及轮虫的干重。Finlay 等(1981)^[8]测定过8种淡水原生动物及9种海生原生动物的 C/N 值及能量值。

我国陈清潮等(1984)曾测定了单位水体浮游动物的总碳量¹⁾。黄祥飞等近两年也做了不少原生动物及轮虫的干重测定工作²⁾。但是,淡水浮游动物的元素分析工作迄今国内未见报道,本文所得数据目前在国内无法进行比较。据外国学者报道,生活在不同水域的同一种类的个体,其体长-体重值各有变化^[13-16]。其相应的碳、氮、磷含量自然也不是固定不变的。因此,武汉东湖的浮游动物元素含量,最适用于东湖生态系统。对于与东湖条件相近的湖泊浮游动物,利用本工作数据进行生物量的评估也是有帮助的。

东湖某些枝角类及桡足类的体长-体重关系回归方程已见报道^[1,2],本文则从枝角类和桡足类的不同龄期的个体体重与个体碳关系给定了一些回归方程(表1,2)。由于枝角类和桡足类的个体较大,其个体体重与个体碳量的统计学数据较易取得,所得方程的可决系数 r^2 (coefficient of determination) 置信度高,其回归方程式有足够的准确度。个体较大的轮虫,如晶囊轮虫,情况也类似。至于个体极小的轮虫及原生动物,其统计学数据则不易取,如要给定此类方程,其可决系数不易稳定。如矩形龟甲轮虫回归方程(表2),有些计算项数值(例如“不带卵个体”)必须取小数后5位数以上,所给定的回归方程才有足够的准确度。若小数后位数取少了,其相关系数 r 很容易达到1,这就与事实不符。因此,对于个体太小的浮游动物来说,这种个体体重-个体碳量的回归方程的应用受到一定限制。

参 考 文 献

- [1] 陈雪梅, 1981. 淡水桡足类生物量的测算. 水生生物学集刊, 7(3): 397—408.
- [2] 黄祥飞等, 1981. 武汉东湖透明溞和隆线溞—亚种体长-体重回归方程式. 水生生物学集刊, 7(3): 387—395.
- [3] 黄祥飞, 1983. 温度对近亲裸腹溞发育、生长和卵的生产量的影响. 水生生物学集刊, 8(1): 105—112.
- [4] Burgis, M. J., 1971. The ecology and production of copepods, particularly *Termocyclops hyalinus*, in the tropical Lake George, Uganda. *Freshwater Biology*, (1): 179—192.
- [5] Baudouin, M. F. and O. Ravera, 1972. Weight, size, and chemical composition of some freshwater zooplankters: *Daphnia hyalina* (Leydig). *Limnol. Oceanogr.*, 17(4): 645—650.
- [6] Bottrell, H. H., Duncan, A., Gliwicz, Z. M., Grygierek, E., Herzig, A., Hillbricht-Ilkowska, A., Kurasawa, H., Lasson, P. and T. Weglenska, 1976. A review of some problems in zooplankton production studies. *Norw. J. Zool.*, (24): 419—456.
- [7] Dumont, H. J., Van de Velde, I. and S. Dumont, 1975. The dry weight estimate of biomass in a selection of cladocera, copepoda and rotifera from the plankton, periphyton and benthos of continental waters. *Oecologia (Berl.)*, (19): 75—97.
- [8] Finlay, B. J. and G. Uhlig, 1981. Caloric and carbon values of marine and freshwater protozoa. *Helgoländer Meeresunter-suchungen Helgoländer Meeresunters.*, 34: 401—412.
- [9] Foran, A. J. and R. H. King, 1981. Summer production estimates for the rotifer *Polyarthra vulgaris* in a Northern Michigan Bog Lake. *J. Freshwater Ecology*, 1(1): 1—11.
- [10] Hallegraeff, G. M., 1978. Caloric content and elementary composition of seston of three Dutch freshwater lakes. *Arch. Hydrobiologie*, 83(1): 80—98.
- [11] Slanina, P. C., Frintrop, M., Marsveld, J. F. and B. Griepink, 1970. The determination of phosphorus in organic compounds with potentiometric end-point detection. *Mikrochemica Acta*

1) 陈清潮、张谷贤、尹健强, 1984. 中国海洋湖沼学会第四届全国会员代表大会暨学术年会论文摘要汇编。
2) 黄祥飞手稿。

- (Wein), p. 52—57.
- [12] Vijverberg, J. and Th. H. Frank, 1976. The chemical composition and energy contents of copepods and cladocerans in relation to their size. *Freshwater Biology*, 6(4): 333—345.
- [13] Камшилов, М. М., 1951. Определение веса *Calanus finmarchicus* (Gunner) на основании измерения длины тела. Докл. АН СССР, 76(6):945—948.
- [14] Лубны-Герцык, Е. А., 1953. Весовая характеристика основных-представителей зоопланктона Охотского и Берингова морей. Докл. АН СССР, 91(4):949—952.
- [15] Уломский, С. Н., 1951. Роль ракообразных в общей биомассе планктона озер. Тр. все. гидр. общ., 3:1—9.
- [16] Щербаков, А. П., 1952. Соотношение размеров и веса у пресноводных планктонных рачков. Докл. АН СССР, 84(1):153—156.

ELEMENTARY COMPOSITION OF SOME DOMINANT ZOOPLANKTERS IN LAKE DONGHU, WUHAN

Lin Wanlian and Liu Xinzhou

(Institute of Hydrobiology, Academic Sinica, Wuhan)

Abstract

Composition of C, N, and P of some dominant zooplankters: two species of cladocera, one species of copepoda, four species of rotatoria, and two species of protozoa from Lake Donghu, Wuhan has been investigated during their production peak.

In terms of the mean percentage of C, N, and P, protozoa takes on the maximum values. However, the ratios of C/N and C/P of the protozoa are the minimal. The percentage of C of *Leptodora kindti* approximates to that of the protozoa, and that of *Neutrodiaptomus incongruens* is nearly equal to that of *Daphnia hyalina*. In percentage of N, *Leptodora kindti* and *Neutrodiaptomus incongruens* are almost the same. The percentages of N and P in rotatoria are next to that of protozoa. According to the data calculated, the dry weight per individual of the dominant zooplankters in Lake Donghu is 2.07—2.46 times of their carbon content.

The contents of the three main elements per individual animal are calculated. Regressions together with their coefficients of determination are given to show the relationship between the dry weight per individual and the carbon content of the individual, mostly for planktonic crustaceans. The possibility for constructing a regression for microscopic animals on the basis of the dry weight-carbon per individual is discussed.

Key words Carbon, nitrogen, phosphorus, cladocera, copepoda, rotatoria, protozoa.