

长江三峡地区的原生动物区系研究*

龚循矩 肖化忠 沈韫芬

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

提要

作者于1984、1987和1988年对长江三峡地区的原生动物区系组成和生态分布进行了调查。从奉节下至宜昌的峡区共鉴定了320种原生动物，包括鞭毛虫(无色植鞭虫和动鞭毛虫)40种、肉足虫87种和纤毛虫193种。其中有2新种、4新亚种和87种新记录。峡区原生动物绝大部分可在我国其它地区存在，无地理分布差异。根据出现率的高低分析，主要优势种是珍珠映毛虫、钩刺斜管虫、瞬目膜袋虫和小轮毛虫，以第一优势种珍珠映毛虫为代表的成分反映了亚热带特征，代表了东洋界的地理成分。宜昌干流及支流的种类最多，后者为其它江段支流的2.1—5.0倍。峡区干流和支流的原生动物以枯水期的种类最多。从峡区自然环境和生态特点对原生动物区系的影响进行分析，认为江水的流速与含沙量是影响原生动物分布的重要因素。黄柏河与宜昌江段原生动物种类较多，与葛洲坝截流有关，三峡水库的兴建，原生动物区系组成和分布将有较大的变化。

关键词 三峡地区, 原生动物, 区系

长江是我国第一大河流，也是水生生物资源的重要宝库。规模宏大的三峡工程，对水生生物资源和生态环境将发生何等巨大的影响，是人们极为关注的。长江是一个完整的生态系统，其中原生动物是一个重要组成部分，它在次级生产¹⁾、维持生态系统能量流和物质循环^[10]以及在监测与评价环境质量等方面都具有重要作用和意义^[6]。过去对长江的原生动物缺少研究，近年来开始得到重视²⁾。但峡区原生动物区系尚未广泛进行调查，它在各种环境中的区系组成及其特征尚须研究，这对于建坝后的生态环境的研究是必须具备的科学依据。为全面了解三峡工程对原生动物区系的影响，调查工作将从长江重庆地区起，下至宜昌地区止。本文报道的是奉节下至宜昌地区的调查结果，它代表了三峡峡区范围。

工 作 方 法

作者于1984年4、5月，1987年3—5月、7—9月和1988年1、2月从奉节夔门下至

* 系国家自然科学基金资助项目，编号386-0595。白庆笙同志参加部分工作，郑英同志复墨图稿，谨致谢忱。

1) 徐润林，1988。武汉东湖原生动物生产量的研究。硕士论文。1—99页。

2) 顾曼如等，1988。长江三峡地区沉积物中原生动物生态学的研究，中国科学院武汉分院、中国科学院武汉图书馆编。282—286页。

1988年12月29日收到。

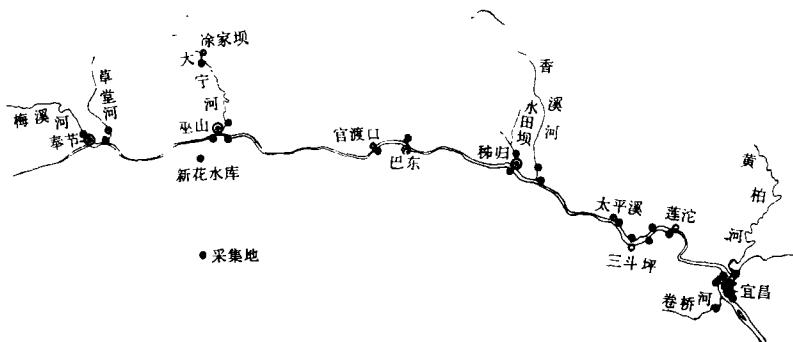


图 1 长江三峡地区原生动物采集地示意图

Fig. 1 Sampling sites of protozoa in the three-gorge area of Changjiang river

宜昌南津关的三峡地区进行调查。采样区分设在峡区的 5 个县(市),包括干流、支流、江滩积水坑、小塘、山渠和水库等(图 1)。采样用挂片、PFU 法和网捞相结合。对底泥碎屑、着生丝状藻类和水生无脊椎动物也进行了采集和观察。标本均在各工作点进行活体观察鉴定,并用 Bouin 液固定保存,部分种类进行蛋白银染色鉴定。对水温、pH 值、透明度(SD)和流速进行了测定和记录。

调 查 结 果

限定三峡地区原生动物的区系组成和分布。经三年共 4 次调查,共采集到标本 108 号,经鉴定的种类有 320 种,隶属 133 属,包括鞭毛虫 40 种(18 属)、肉足虫 87 种(29 属)和纤毛虫 193 种(86 属)。其中有 2 新种和 4 新亚种:尾砂壳虫 (*Diffugia caudata* sp. nov.)、扁匣壳虫 (*Centropyxis complanata* sp. nov.)、宽口瓶砂壳虫 (*Diffugia urceolata eurystomas* ssp. nov.)、截网匣壳虫 (*Centropyxis cass truncata* ssp. nov.)、长圆线条三足虫 (*Trinema lineare oblongata* ssp. nov.) 和间核片螺纤虫 (*Conochophthirus medionucleus* ssp. nov.) 及 87 种新记录。

1 干流的原生动物 三峡干流全长 200 公里,在所流经的 5 个县(市)的江段采集结果表明(表 1),各个江段是有差别的。四川境内的奉节和巫山两江段的种类数相近,分别为 65 种和 59 种,湖北境内的巴东、秭归两江段的种类数相近,但皆比上两江段少。下至宜昌江段则种类增加,为 130 种,约为奉节与巫山江段的 1.0 倍,为巴东与秭归江段的 2.1 倍,约占整个峡区干流种类的 2/3。从种类组成看,肉足虫与纤毛虫在奉节与巫山江段的种类数相近,巴东与秭归江段的种类数相近。宜昌江段的纤毛虫与肉足虫皆比其它江段多,如纤毛虫有 86 种,分别是奉节、巫山和巴东、秭归江段纤毛虫种类数的 1.1 和 2.2 倍,占整个三峡干流中纤毛虫的 3/4。5 个江段均以纤毛虫为主,肉足虫其次,鞭毛虫最少,这与我国其它地区和湖泊的情况相似。

2 支流的原生动物(表 1) 三峡地区有许多大小支流流入干流。对其中较大的支流进行了调查,如宜昌江段的黄柏河和卷桥河,秭归江段的香溪河和水田坝,巫山江段的

表1 三峡地区不同环境中的原生动物种类数的比较
Tab. 1 Comparison of number of protozoan species in different environments of the Three-Gorge area

Locality and habitat 地点及生境	Main stream of Three-Gorge Area 三峡干流	Tributary of Three-Gorge Area 三峡支流	Main stream, Reservoir 水塘、水库	Puddle, Pond, Reservoir 水坑、池塘	Yichang		Zigui		Badong		Wushan		Fengjie	
					种类数	百分比(%)	种类数	百分比(%)	种类数	百分比(%)	种类数	百分比(%)	种类数	百分比(%)
Total number of protozoan species 原生动物种类总数	165	209	137	130	97	32	36	28	36	28	59	18	65	45
原生动物 Protozoa														
Mastigophora 鞭毛虫	21	12.7	35	16.7	17	12.4	30	23.0	10	10.3	6	18.7	5	13.8
Sarcodina 肉足虫	34	20.6	52	24.8	40	29.1	22	16.9	22	22.6	9	28.1	8	22.2
Ciliophora 纤毛虫	110	66.6	122	58.3	85	62.0	83	63.8	65	67.0	17	53.1	23	63.8

大宁河和奉节江段的草堂河与梅溪河等。这些支流以黄柏河的种类最多(91种),其它如香溪河(32种)、大宁河(23种)和卷桥河(8种)皆很少。

3 峡区坑塘和水库的原生动物 小塘的种类较浅滩、水坑的多,而水库的种类较少。这些静水水体有许多为间歇性的,有些水库是由山溪和泉水渠构成,这种环境中的种类大多不及支流和干流的多(表1)。

4 峡区优势种的分布 原生动物主要是普生性的种类,因而峡区的绝大多数种类均可在长江中、下游和其它地区见到。但由于生态环境的不同,往往在一定的地区和环境中各有其各自不同的优势种类的形成。如西藏高原地区匣壳虫和砂壳虫均是优势的属^[3],湖南索溪峪自然保护区以线多三足虫为优势种^[4]。从表2看,峡区种类较多的属有波豆

表2 三峡地区原生动物主要属的出现率和分布

Tab. 2 Frequency of occurrence and distribution of dominant genera of protozoa at the Three-Gorge area

属名 Genus	种类数 (个) Number of species	干流 Main stream		支流 Tributary		静水水体 Stagnant water	
		出现率 (Frequency of occurrence)					
		出现次数 Time	%	出现次数 Time	%	出现次数 Time	%
表壳虫属 <i>Arcella</i>	8	7	17.5	3	9.3	13	7.7
波豆虫属 <i>Bodo</i>	14	21	30.0	9	16.0	41	13.9
匣壳虫属 <i>Centropyxis</i>	17	17	20.0	14	20.5	36	10.0
斜管虫属 <i>Chilodonella</i>	7	12	34.0	12	42.8	38	25.8
膜袋虫属 <i>Cyclidium</i>	5	9	36.0	7	35.0	26	24.7
砂壳虫属 <i>Difflugia</i>	14	5	0.7	13	23.2	25	8.5
累枝虫属 <i>Epistylis</i>	6	10	33.3	6	25.0	20	15.8
游仆虫属 <i>Euploea</i>	5	5	20.0	4	20.0	17	16.1
瞬目虫属 <i>Glaucoma</i>	5	4	16.0	4	20.0	15	14.2
半眉虫属 <i>Hemiphrys</i>	6	4	13.3	4	16.6	13	10.3
漫游虫属 <i>Litonotus</i>	5	9	36.0	4	20.0	15	14.2
篮口虫属 <i>Nassula</i>	6	4	13.3	3	12.5	11	8.8
似铃壳虫属 <i>Tintinnopsis</i>	5	8	32.0	5	25.0	13	12.3
钟形虫属 <i>Vorticella</i>	16	25	31.2	17	26.5	75	22.3

虫、匣壳虫、砂壳虫、钟形虫和累枝虫。但有些属如匣壳虫、砂壳虫和钟形虫等属的种类本来就多于其它属。因此必须注意优势种的分布特征。表3是峡区主要种类的分布情况,在这些种类中以珍珠映毛虫在峡区分布最广,出现率最高,其次是钩刺斜管虫、瞬目膜袋虫和小轮毛虫。珍珠映毛虫在峡区和索溪峪保护区均是第一优势种,以该种为代表的的优势种类代表了索溪峪和峡区亚热带的特征,属于东洋界的成分。

5 枯水期和丰水期干流中的原生动物 从峡区5个江段看(表4),枯水期的种类皆大于丰水期,为丰水期的2.6倍。宜昌江段在枯水期的种类为其丰水期的3.4倍。从种类组成看,枯水与丰水期皆以纤毛虫多。

表3 三峡地区原生动物优势种类的出现率和分布情况

Tab. 3 Frequency of occurrence and distribution of the dominant species of protozoa at the Three-Gorge area

原生动物 Protozoa	生境 Habitat	干流 Main stream		支流 Tributary		静水水体 Stagnant water	
		出现次数 Time	%	出现次数 Time	%	出现次数 Time	%
	种类 Species	出现频率 Frequency of occurrence					
鞭毛虫 Mastigophora	急游波豆虫 <i>Bodo celer</i>	4	80.0	2	50.0	7	33.3
	梨波豆虫 <i>Bodo edax</i>	3	60.0	1	50.0	7	33.3
	小眼尾滴虫 <i>Oikomonas ocellata</i>	3	60.0	1	25.0	6	28.5
	粗袋鞭虫 <i>Peranema trichophorum</i>	2	40.0	3	75.0	7	33.3
肉足虫 Sarcodina	放射太阳虫 <i>Actinophrys sol</i>	0	0	2	50.0	9	42.8
	圆滑表壳虫 <i>Arcella rotundata</i>	2	40.0	1	25.0	5	23.8
	针棘匣壳虫 <i>Centropyxis aculeata</i>	4	80.0	2	50.0	7	33.3
	叉口砂壳虫 <i>Difflugia gramen</i>	2	40.0	2	25.0	5	23.8
纤毛虫 Ciliophora	有助楯纤虫 <i>Aspidisca costata</i>	2	40.0	1	25.0	8	38.0
	凹缝楯纤虫 <i>Aspidisca sulcata</i>	2	40.0	1	25.0	8	38.0
	非游斜管虫 <i>Chilodonella aplanata</i>	3	60.0	2	50.0	8	38.0
	僧帽斜管虫 <i>Chilodonella cucullus</i>	2	40.0	3	75.0	8	38.0
	钩刺斜管虫 <i>Chilodonella uncinata</i>	5	100.0	4	100.0	16	76.1
	珍珠映毛虫 <i>Cinesochilum margaritaceum</i>	5	100.0	4	100.0	18	85.7
	毛板壳虫 <i>Coleps hirtus</i>	4	80.0	2	50.0	13	61.9
	环靴纤虫 <i>Cothurina annulata</i>	5	100.0	1	25.0	9	42.8
	瞬目膜袋虫 <i>Cyclidium glaucoma</i>	5	100.0	3	75.0	14	66.6
	瓜形膜袋虫 <i>Cyclidium citrullus</i>	3	60.0	2	75.0	8	38.0
	褶累枝虫 <i>Epistylis plicatilis</i>	3	60.0	2	50.0	8	38.0
	近亲游仆虫 <i>Euploites affinis</i>	1	20.0	2	50.0	8	38.0
	闪瞬目虫 <i>Glaucoma scintillans</i>	4	80.0	3	75.0	9	42.8
	大弹跳虫 <i>Halteria grandinella</i>	2	40.0	2	50.0	10	47.6
	尾草履虫 <i>Paramecium caudatum</i>	2	40.0	1	25.0	7	33.3
	小轮毛虫 <i>Trochilia minuta</i>	4	80.0	4	100.0	14	66.6
	卵形尾毛虫 <i>Urotricha ovata</i>	3	60.0	1	25.0	6	28.5
	沟钟虫 <i>Vorticella convallaria</i>	4	80.0	3	75.0	12	57.1
	小口钟虫 <i>Vorticella microstoma</i>	2	40.0	2	50.0	9	42.8
	似钟虫 <i>Vorticella similis</i>	5	100.0	2	50.0	13	61.9
	条纹钟虫 <i>Vorticella striata</i>	3	60.0	3	75.0	8	38.0

原生动物区系分析

限定三峡地区原生动物种类较多, 分布很不均匀, 这与该区的自然环境和生态条件是相联系的。

(一) 峡区的环境特征

三峡地处北纬 29°—31°, 东经 106°—112°, 全年平均气温 16.5—19°C, 水温 15°C

表 4 三峡江段丰水期和枯水期间的原生动物

Tab. 4 Comparison of protozoa during period of high and low water depth in the Three-Gorge area

江 段 River sections	宜 昌 Yichang			秭 归 Zigui			巴 东 Badong			巫 山 Wushan			奉 节 Fengjie		
原生动物 Protozoa	鞭毛虫 Mastigophora	肉足虫 Sarcodina	纤毛虫 Ciliophora												
枯水期种类数 Number of species in low water period	25	20	72	8	9	15	2	7	17	9	12	28	4	16	33
合计 Total	117			32			26			49			53		
总计 Sum total	277														
丰水期种类数 Number of species in high water period	6	8	20	2	3	10	0	5	9	0	5	17	0	6	16
合计 Total	34			15			14			22			22		
总计 Summed total	107														

表 5 三峡地区同其它地区原生动物的比较

Tab. 5 Comparison of Protozoa in different areas

地 点 Locality	原生动物 Protozoa				资料 Source
	原生动物总数 Total number of protozoa	鞭毛虫 Mastigophora	肉足虫 Sarcodina	纤毛虫 Ciliophora	
三峡地区 Three-Gorge Area	320	40 包括植、动鞭毛虫	87	193	本文
湖南索溪峪 Xuoxiyu, Hunan	171	6 (只限于动鞭毛虫)	78	87	沈韫芬 ^[1,2]
西藏 Tibet	458	未鉴定	170	288	沈韫芬 ^[1,2]
武汉东湖 Lake Donghu, Wuhan	175	7 (只限于周丛动鞭毛虫)	29	193	沈韫芬 ^[1,2]

以上有 210 天, 年降雨量为 1100 mm, 属亚热带气候。峡区干流多年平均径流量为 4 529 m³, 江水溶氧量为 (7.66—8.53 mg/L), 营养物质(氮、磷、硅)亦较丰富^[1], 有利于原生动物生长。峡区支流及两岸坑、塘等分布颇多, 生态条件各异, 这一特定的复杂环境, 使得原生动物种类比较多, 约占西藏高原种类的 2/3, 比索溪峪保护区及武汉东湖的种类皆多^[1,2](表 5)。但由于河道弯曲, 水流湍急, 流态紊乱以及周期性的汛期, 使原生动物在这样的

^[1] 刘衡震等, 1985。长江三峡江段的水化学。中国海洋湖沼化学、中国海洋化学学术讨论论文摘要汇编。
12—13 页。

生态条件下的变动就有它自身的特点和规律。

(二) 影响原生动物分布的主要因素

1. 温度 原生动物对温度的适应范围很广,有些种类可在极地和温泉中找到^[3,7]。最适温度为16—25℃。峡区采集水温9.9—30℃,适于原生动物生存,但不同季节的水温可以影响其种类的分布(图2)。以宜昌江段为例,2月份水温为9.9℃,种类出现少,5

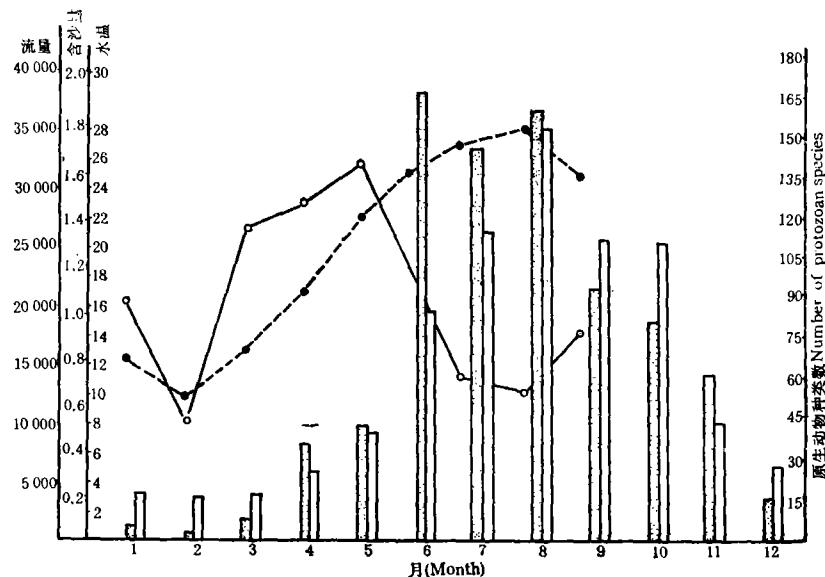


图2 宜昌江段原生动物与水温、流量和含沙量的关系

Fig. 2 Relation of protozoa to temperature, discharge, and silt content in river section of Yichang

□ 流量 (m^3/s) ○—○ 原生动物 ■■■ 含沙量 (kg/m^3) ●—● 水温(℃)

月份水温上升到22—23℃时其种类最多。7—8月水温上升到28℃时,种类急剧减少,这与汛期有关,后面将要讨论。

2. 食饵 食料的丰欠程度是影响原生动物种类多少和分布的重要因素^[8],其摄食功能主要有六种类型^[9]。峡区所见种类主要是摄食细菌和碎屑的,其次是食藻类的,少数是无选择的杂食性种类。纤毛虫是食细菌和碎屑的,少数兼食藻类和其它纤毛虫。纤毛虫在峡区占主要成分,这与我国其它地区的调查结果是相同的。肉足虫是食藻者,在峡区居第二位,其中太阳虫出现率最高,但在干流中未能发现。该种体内常有很多的绿藻共生,需要良好的光照条件。静水水体和许多支流在无雨期十分清澈,如大宁河与香溪河在5月份透明度分别达162 cm和200 cm,而干流终年透明度则低于20 cm,因而限制了该种的分布。榴弹虫是一种杂食性种类,它在峡区分布极广(表4)。砂壳纤毛虫喜食鞭毛藻、硅藻和细菌,调查发现当黄柏河的鞭毛藻和硅藻大量繁殖时,砂壳纤毛虫是明显的优势种类。

3. 含沙量 (kg/m^3) 和流量 (m^3/s) 三峡干流由于巨大的径流,既带来了丰富的外

源营养物质，也承受了大量泥沙¹⁾。巫山江段多年平均含沙量为 1.48 kg/m^3 ，宜昌江段多年平均含沙量为 1.21 kg/m^3 ，多年平均流量为 $14\ 300 \text{ m/s}$ 。图 2 是宜昌江段含沙量与流量同原生动物的关系，流量与含沙量越大，种类就减少。

在江水湍急的支流和干流，常能在礁石、趸船以及各种水下建筑物上有丝状藻类着生，原生动物喜欢群集在这种环境中，其数量远比江水中多，这是原生动物对急流环境的生存适应，因为在河流的沉积物以及由各种水生植物交织而形成能适于原生动物生活的静水小环境^[3]，而且碎屑、岩石等表面在流水中常形成一个有粘滞力的“界面层”(Boundary layer)，在急流中这些“界面层”可超过 $1\text{--}2 \text{ mm}$ ，它可容纳任何接触其表面的原生动物生存^[11]。三峡江段的原生动物种类如此丰富，是由于具有“界面层”效应的各种基质(天然的或人工的)的存在，为原生动物提供了赖以生存的生态小环境的结果。

宜昌江段由于葛洲坝截流，水流较缓，尤其是黄柏河，水流相对静止，泥沙碎屑下沉，使原生动物大量繁殖。三峡水库的兴建，预料原生动物种类会增多，区系也将发生演变。

参 考 文 献

- [1] 沈韫芬、顾曼如，1965。武昌东湖原生动物生态初步研究。水生生物学集刊，5(2): 146—182。
- [2] 沈韫芬，1980。武汉东湖周丛原生动物生态。水生生物学集刊，7(1): 19—40。
- [3] 沈韫芬，1983。西藏高原的原生动物(西藏水生无脊椎动物)。39—290页。科学出版社。
- [4] 沈韫芬、龚循矩，1989。索溪峪原生动物的区系分析，湖南武陵源自然保护区水生生物。78—87页。科学出版社。
- [5] Baldock, B. M., Baker J. H. and Sleigh, M. A., 1983. Abundance and productivity of protozoa in chalk streams. *Holarctic Ecol.*, 6: 238—246.
- [6] Cairns J. Jr., 1985. Evaluating the options for water quality management. *Water Resour. Bull.*, 21(1): 1—6.
- [7] Heal, O. W., 1965. Observations on Testate amoeba from Siny Island, South Orkney Island. *Brit. Antarct. Surv. Bull.*, 6: 43—47.
- [8] Noland, L. E., 1925. Factor influencing the distribution of freshwater Ciliates. *Ecology*, 6: 437—459.
- [9] Pratt, J. R. and Cairns, J. Jr., 1985. Functional groups in the protozoa: role in differing ecosystems. *J. Protozool.*, 32(3): 412—423.
- [10] Sherr, B. F. and Sherr, E. B., 1984. Role of heterotrophic protozoa in carbon and energy flow in aquatic ecosystems. in Klug, M. J. ed. *Current Perspectives in Microbial Ecology*. pp. 412—423.
- [11] Silvester, N. R. and Sleigh, M. A., 1985. The forces on microorganisms at surfaces in flowing water. *Freshwater Biol.*, 15: 433—448.

1) 长江流域规划办公室，1975—1980。长江流域水文资料。

STUDIES ON THE PROTOZOAN FAUNA OF THREE-GORGE AREA IN CHANGJIANG (THE YANGTZE) RIVER

Gong Xunju | Xiao Huazhong and Shen Yunfen

(Institute of Hydrobiology, Academia Sinica, Wuhan 430072)

Abstract

This study investigated the protozoan fauna of the Three-Gorge area in Changjiang River. Samples were collected at the section from Fengjie to Yichang in 1984, 1987 and 1988. 320 species of Protozoa consisting of 40 species of Mastigophora, 87 species of Sarcodina and 193 species of Ciliophora were identified, of which two are considered to be new species, i. e., *Centropyxis complanata* sp. nov. and *Diffugia caudata* sp. nov. Four new subspecies were identified: *Diffugia urceolata eurystomas* ssp. nov., *Centropyxis cass truncata* ssp. nov., *Trinema lineare oblongata* ssp. nov. and *Conochophthirus lamelidens medionucleus* ssp. nov. Eightyseven species were new records in China.

Comparison with the protozoan fauna of Tibet, some lakes in middle and lower reaches of Changjiang River, and Suoxiyu Natural Reserve, showed that most species of Protozoa can be found in all these areas and that their distributions are usually cosmopolitan. However, the dominant species may be different in different areas, owing to the differences in environmental features. *Bodo*, *Centropyxis*, *Diffugia*, *Vorticella* and *Chilodonella* are the dominant genera in terms of the number of species in the Three-Gorge area, and *Cinetochilum margaticeum* Perty, *Chilodonella uncinata* Ehrenberg, *Cyclidium glaucoma* Muller and *Trochilia minuta* (Roux) are the dominant species in terms of frequency of occurrence. The composition of Protozoa reflects the feature of subtropical zone, and these species are considered faunal elements of the oriental realm of the Three-Gorge area.

Factors influencing the distribution of Protozoa were discussed. These factors include food, temperature, discharge, silt content etc. Among them, the current velocity is considered to be an important factor restricting protozoan distribution. Many species of Protozoa were found attached to filamentous algae inhabiting stagnant water rich in decomposing organic substances. The abundance of protozoan species at Yichang in the tributary Huangbaihe is probably related to the construction of Gezhouba dam which greatly reduced the current velocity.

Key words The Three-Gorge area, Protozoa, Fauna