

# 三北地区内陆盐水的原生动物<sup>\*</sup>

赵 文

何志辉

(吉林农业大学, 长春 130118) (大连水产学院, 大连 116023)

## 提 要

1990—1991 年在三北地区盐度 0.57—214‰ 的 28 个内陆水体, 采集了 162 号浮游动物水样。共见到原生动物 58 种, 其中肉足虫 13 种, 纤毛虫 45 种。结果表明, 原生动物, 特别是纤毛虫类是内陆盐水浮游动物群落结构的重要组成部分, 在一些超盐水体往往密度较大, 有时成为优势种。随着盐度升高, 原生动物总种数和多样性指数均趋于减小, 而其密度和生物量却显著增大。文中讨论了内陆盐水原生动物区系的种类组成和分布及其与环境因子的关系。

**关键词** 原生动物, 内陆盐水, 三北地区, 种类组成, 分布, 环境因子

关于内陆盐水的原生动物区系, 迄今国内外所见的报道甚少<sup>[1-3]</sup>。特别是这类水体的原生动物生态学研究方面的空白点很多。仅见的几篇报道<sup>[4-9]</sup>中, 不是缺少分布水体的盐度和水化学资料, 就是没有涉及原生动物的相对丰度, 而且几乎都没有探讨原生动物在内陆盐水中的分布与盐度、碱度、pH 等环境因子的关系。

吉林白城地区、河北张家口地区、山西运城地区 and 新疆均位于我国温带干旱和半干旱气候带, 年降雨量远小于年蒸发量, 又缺乏外来水源补给, 因此, 大多数水体逐年蒸发浓缩, 逐渐盐碱化, 有的甚至趋于干涸。为了摸清这类水体的生物资源及其渔业利用性, 我们对这些地区有代表性的湖沼等内陆盐水进行了综合调查, 本文报道原生动物定性和定量方面的研究成果。

## 1 材料和方法

1990 和 1991 年 6 月和 9 月, 分别在新疆、运城、张家口和白城地区计 28 个水体进行了采样调查, 总共采得原生动物水样 162 号, 水化学样 75 号。

由于所调查水体多为浅水, 一般均采中层水。对面积较小的水体在中央设点, 面积较大的水体则设多点采样。水化学系用采水器取样, 用电位计现场测定 pH 值, 其余水样加氯仿保存后在室内按常规法测定  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{Mg}^{2+}$  离子含量,  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  离子含量按离子平衡法推算。8 个主要离子含量之和即为水的含盐量 (g/L), 用此值近似为水的盐度(‰)。水型按 Hammer 法划分。原生动物定性水样用 25 号浮游生物

<sup>\*</sup> 本文是国家自然科学基金资助项目 38970589 号的一部分。由第一作者在大连水产学院时完成。王岩、张连震、黄权、姜作发等同志参加部分采样, 特此致谢。

1993 年 3 月 8 日修回。

网(网眼 64μm)在近岸或中心反复拖曳 5—10min 获取。原生动物定量系用加碘液固定后又加少许甲醛的浮游植物样再浓缩至 20ml 左右分次共观察计数 0.5ml。对镜检结果按容积法计算原生动物的生物量 (mg/L)。原生动物定性系将定性水样摇匀从中至少吸取 10 片全片镜检鉴定。

多样性指数(H)按 Shannon-Weaver 经 Lloyd et al.<sup>[10]</sup> 简化的公式计算。相关系数检验系根据条件采用 t 检验或 z 变换。

2 结果

2.1 水体的水化学状况和原生动物种数及生物量

表 1 水体的主要化学状况  
Tab.1 Main chemical features species number

	水 体 Water bodies	水样数 No. of Samples	盐 度 Salinity (‰)	氯化物 Chloride (g/l)	碱 度 Alkalinity (mmol/l)	pH	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>
							Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>
1	北大肚子湖①	8	0.57	0.04	5.31	8.5	1.66
2	四棵渔场①	2	0.82	0.04	9.03	8.5	2.65
3	白沙淖②	2	0.98	0.13	6.80	9.0	2.91
4	庆平后泡①	2	1.52	0.31	12.3	8.8	12.82
5	庆平西北泡①	2	1.65	0.25	15.1	8.5	12.76
6	庆平西南泡①	2	1.72	0.17	17.1	9.0	10.32
7	水泉淖②	2	1.87	0.33	15.4	9.1	3.37
8	黄盖淖②	4	1.93	0.51	11.9	8.6	2.08
9	二泉井前淖②	1	1.94	0.58	9.50	8.5	3.21
10	赛里木湖③	1	2.85	0.35	13.17	8.8	0.45
11	单木淖②	2	2.96	1.19	9.07	8.3	16.04
12	公会淖②	2	3.34	0.98	15.6	8.9	2.04
13	张飞淖②	6	3.71	1.07	21.0	8.6	4.10
14	龙泉泡①	2	4.40	0.93	35.9	9.0	19.33
15	柴窝堡湖③	1	5.00	—	—	—	—
16	北门滩④	16	3.6 <sup>5.65</sup> <sub>9.4</sub>	1.47	10.32	9.1	2.03
17	小红石淖②	4	6.0	2.39	27.9	8.8	7.35
18	对口淖②	6	8.0	3.48	22.6	9.4	4.00
19	二泉井后淖②	2	8.29	3.33	27.6	9.3	7.02
20	库伦淖②	15	10.5	3.31	66.1	9.6	25.0
21	硝池④	24	12.8 <sup>16.3</sup> <sub>19.4</sub>	4.01	4.86	8.9	4.72
22	石头淖②	2	43.8	20.14	48.9	9.6	24.30
23	五百顷淖②	4	49.8	26.03	25.7	8.8	3.56
24	九连城淖②	2	82.5	46.36	8.61	8.6	4.39
25	盐池④	42	14 <sup>91.0</sup> <sub>214</sub>	22.65	17.5	8.3	0.67
26	艾比湖③	2	91.8	28.91	10.71	8.2	0.45
27	小盐淖②	2	150.5	83.75	13.02	7.8	4.66
28	二泉井盐淖②	2	175.2	83.94	39.3	8.3	3.92

① 吉林白城地区 (Baicheng region, Jilin Province); ② 河北张家口地区 (Zhang jiakou region, Hebei

所调查水体均为大小不等的湖泊或泡沼。各水体的平均盐度变动于 0.57—175.2‰ 之间,最高盐度出现于盐池,高达 214‰ (表 1)。

白城的 6 个水体均为碳酸盐-氯化物亚型,阳离子中 Na<sup>+</sup> 含量最高。运城的 3 个水体的水型各异,北门滩为氯化物-硫酸盐亚型,Na<sup>+</sup> 居多,Mg<sup>2+</sup> 次之;硝池和盐池虽均为硫酸盐-氯化物亚型,但是前者 Na<sup>+</sup> 居多,而后者 Mg<sup>2+</sup> 含量较高。张家口的 16 个水体的水型随着盐度升高有所变化,阳离子均以 Na<sup>+</sup> 居多。盐度较低的白沙淖和水泉淖为碳酸盐-氯化物亚型;盐度居中的 8 个水体为氯化物-碳酸盐亚型,其中仅公会淖的 Mg<sup>2+</sup> 较多;其余 5 个超盐水体(盐度>40‰)属氯化物-硫酸盐亚型,除石头淖外,另 4 个水体的 Mg<sup>2+</sup> 含量较高。新疆的 3 个湖泊除柴窝堡湖缺离子组成数据外,赛里木湖的水型为硫酸

和原生动物的种数及生物量  
and biomass of protozoa in water bodies

水 型 Water type	原生动物种数 No. of species			生物量 Biomass (mg/l)	密 度 Density (ind./L)	浮游动物总量 Zooplankton	
	肉足虫 Sarcodina	纤毛虫 Ciliata	总 计 Total			生物量 (mg/L) Biomass	密度 (ind./L) Density
NaCO <sub>3</sub> Cl	3	8	11	0.064	1001	2.85	3151
NaCO <sub>3</sub> Cl	0	4	4	0.188	3550	15.41	6653
NaCO <sub>3</sub> Cl	0	8	8	0.023	453	5.19	1169
NaCO <sub>3</sub> Cl	1	0	1	0.001	10	5.57	264
NaCO <sub>3</sub> Cl	0	1	1	0.007	70	4.74	278
NaCO <sub>3</sub> Cl	2	0	2	0.001	16	5.55	798
NaCO <sub>3</sub> Cl	0	4	4	0.006	120	0.91	331
NaClCO <sub>3</sub>	0	5	5	0.008	143	3.87	2208
NaClCO <sub>3</sub>	0	1	1	—	—	—	—
MgNaSO <sub>4</sub> CO <sub>3</sub>	1	0	1	—	—	—	—
NaClCO <sub>3</sub>	0	2	2	0.005	88	5.98	146
NaMgClCO <sub>3</sub>	1	6	7	0.116	1120	6.11	3091
NaClCO <sub>3</sub>	0	2	2	0.008	162	11.20	2330
NaCO <sub>3</sub> Cl	0	1	1	—	—	2.26	8
—	1	0	1	—	—	—	—
NaMgClSO <sub>4</sub>	6	14	20	0.189	2773	4.57	3931
NaClCO <sub>3</sub>	0	9	9	0.160	3192	9.42	3747
NaClCO <sub>3</sub>	2	12	14	0.223	3953	4.56	4655
NaClCO <sub>3</sub>	0	8	8	0.352	7029	14.34	8786
NaClCO <sub>3</sub>	1	5	6	0.230	2522	20.50	5489
NaMgSO <sub>4</sub> Cl	4	12	16	0.065	406	8.73	1000
NaClSO <sub>4</sub>	1	3	4	0.198	2008	7.17	2030
NaMgClSO <sub>4</sub>	2	7	9	0.537	5641	12.29	7893
NaMgClSO <sub>4</sub>	0	3	3	2.685	45840	3.11	46032
MgNaSO <sub>4</sub> Cl	1	10	11	0.041	277	21.05	822
NaMgClSO <sub>4</sub>	1	1	2	—	—	—	—
NaMgClSO <sub>4</sub>	0	4	4	5.543	133680	7.43	133736
NaMgClSO <sub>4</sub>	0	0	0	—	—	0.50	88

Province); ③ 新疆 (Xinjiang); ④ 山西运城地区 (Yuncheng region, Shanxi Province)。

盐-碳酸盐亚型,  $Mg^{2+}$  居多,  $Na^+$  次之;而艾比湖则为氯化物-硫酸盐亚型,  $Na^+$  居多,  $Mg^{2+}$  次之。

pH 值变动于 7.8—9.9 之间,多为 9.0 左右。碱度多数偏高,变动于 4—67mmol/L 之间。离子系数除单木淖、龙泉泡、库伦淖、石头淖和庆平泡沼均超过 10 之外,其余水体的均不高。相关分析表明,碱度和离子系数之间显著地正相关 ( $r_{27}^2 = 0.5, p < 0.01$ ),且碱度高的 pH 值亦较大。

原生动物种数以北门滩最多为 20 种,硝池和对口淖次之,分别为 16 和 14 种,其余水体仅见到 1—11 种。生物量则以小盐淖最高为 5.543mg/L,九连城淖次之为 2.685mg/L,庆平泡沼最低仅为 0.001mg/L。其余水体在 0.005—0.537mg/L 之间。而其密度在浮游动物群落中占有相当比重。

2.2 原生动物的种类组成、分布及其与盐度、pH、碱度的关系

在所调查水体中共采到原生动物 58 种,隶属于 13 目 28 科 38 属,其中肉足虫 6 属 13 种,纤毛虫 32 属 45 种(表 2)。

在所检出的 58 种原生动物中,出现的最高盐度在 10‰ 以下的有 23 种,10—40‰ 间有 20 种,40—100‰ 间有 7 种,100—160‰ 间有 5 种,160—214‰ 间仅有 3 种,可见盐度升高原生动物种数减少。根据出现率高、密度大确定的主要种类有 12 种(图 1)。其中变形虫(漂浮型)、钟形钟虫、土生游仆虫和瓜形膜袋虫分布的盐幅较宽,绿急游虫、钝漫游虫和团睥睨虫次之,而其余 5 种主要原生动物分布的盐度较低。这些原生动物对碱度和 pH 的耐性也各不相同。除二泉井盐淖未发现原生动物外,其余水体均有之。有 15 种原生动物能在超盐水体中出现,除了上述提及的 7 个主要种外,还有僧帽斜管虫、苔藓膜

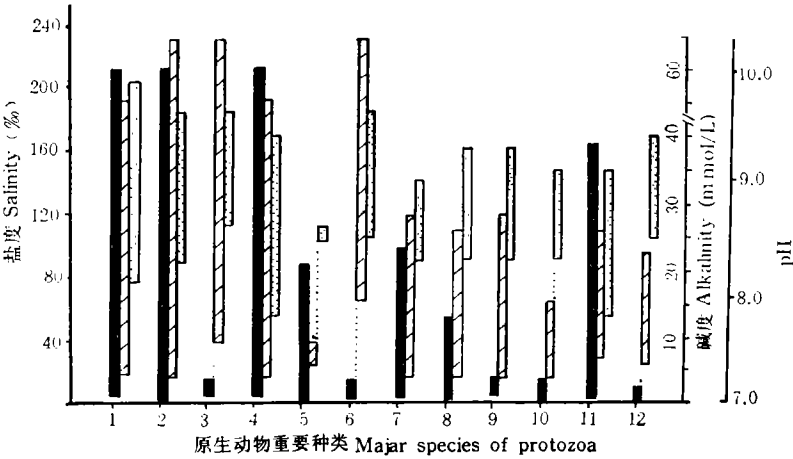


图 1 内陆盐水原生动物主要种类按盐度、碱度和 pH 的分布

Fig.1 The distribution of the major species of protozoa in inland saline water in relation to salinity, alkalinity and pH

1 *Amoeba*; 2 *Vorticella companula*; 3 *Epistyla breviramosa*; 4 *Euploes terricola*; 5 *Strobilidium virida*; 6 *Rhabdosstyla pyrifromis*; 7 *Lisonotus obtusus*; 8 *Askenasia volvox*; 9 *Strobilidium velox*; 10 *Didinium balbianii*; 11 *Cyclidium citrullus*; 12 *Tintinnopsis conus*;  
■ 盐度; ▨ 碱度; ▤ pH

表 2 原生动物名录及其分布、出现率、平均密度、最大密度、最高盐度、最高 pH 值和最高碱度  
Tab.2 Species composition, distribution, rate of occurrence, mean and maximum density, maximum environmental salinity, pH and alkalinity for the protozoa

原 生 动 物 名 录 (1)	分布水体* (2)	出现率 (%) (3)	平均密度 (个/升) (4)	最大密度 (个/升) (5)	最高盐度 (‰) (6)	最高 pH 值 (7)	最高碱度 (mmol/L) (8)
肉足虫纲 Sarcodina							
变形虫(漂浮型) <i>Amoeba</i> (floating-type)	⑩⑪⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲	29.0	20.5	533	198.5	9.9	48.9
砂表壳虫 <i>Arcella arenaria</i> Greif	⑫⑬⑭	2.5	0.5	72	16.6	9.9	22.6
盘状表壳虫 <i>Arcella discoides</i> Ehrenberg	①⑥	4.9	0.4	19	1.72	9.0	17.1
圆锥表壳虫 <i>Arcella conica</i> (Playfair) Deflandre	③⑩	6.2	114	7345	10.8	9.1	12.3
壶形砂壳虫 <i>Diffugia lebes</i> Penard	⑥	1.2	0.1	10	1.7	9.0	17.1
藻壳砂壳虫 <i>Diffugia bacillariarum</i> Perty	⑩⑲	1.9	1.0	38	10.5	9.6	66.9
叉口砂壳虫 <i>Diffugia gramen</i> Penard	①	3.7	5.9	250	0.6	8.5	6.47
冠冕砂壳虫 <i>Diffugia corona</i> Wallich	①	2.5	1	1	0.6	8.5	6.26
尖顶砂壳虫 <i>Diffugia acuminata</i> Ehrenberg	⑩⑲	3.1	9.1	655	19.4	9.6	11.2
长圆砂壳虫 <i>Diffugia oblonga</i> Ehrenberg	⑩⑲	1.9	12.4	800	19.4	9.1	10.1
苍白芒刺虫 <i>Raphidiophrys pallida</i> Schluze	⑩	1.2	0.4	28	3.6	9.1	11.2
叉棘刺胞虫 <i>Acanthocystis chaetophora</i> (Schrunk)	⑩	1.2	0.1	5	10.8	9.1	10.1
河昇尺蠖虫 <i>Allogromia fluviatilis</i>	⑫	1.2	—	—	49.8	8.8	8.61
纤毛虫纲 Ciliata							
锥瓶口虫 <i>Lagynophrya conifera</i> Kahl	⑩	0.6	0.1	5	9.4	9.1	10.1
单环栉毛虫 <i>Didinium balbianii</i> Fabre-Domergue	①②⑩⑲⑳	8.6	12.7	250	14.7	9.1	17.5
尾泡脾瓶虫 <i>Askenasia faurei</i> Kahl	①②③⑩⑲	3.7	123.5	5998	14.0	9.3	27.6

续表

原生动物名录 (1)	分布水体* (2)	出现率 (%) (3)	平均密度 (个/升) (4)	最大密度 (个/升) (5)	最高盐度 (‰) (6)	最高pH值 (7)	最高碱度 (mmol/L) (8)
团瞻皖虫 <i>Askenasia volvox</i> Clap. & L.	⑫⑬⑭⑮⑯	9.9	58.2	2112	50.8	9.8	25.7
钝漫游虫 <i>Litonotus obtusus</i> Maupas	⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱	11.1	28.6	1152	91.8	9.0	28.0
片状漫游虫 <i>Litonotus fasciola</i> Ehrenberg	③	0.6	—	—	0.98	9.0	6.8
板壳虫 <i>Coleps</i> sp.	⑮	1.2	—	—	108.5	—	17.5
僧帽斜管虫 <i>Chilodonella cucullulus</i> (P. E. Muller)	⑤⑹	2.5	22.1	1564	43.8	9.6	48.9
轮毛虫 <i>Trochila</i> sp.	⑫	1.2	0.49	36	14.7	9.0	4.36
肾形虫 <i>Colpoda</i> sp.	⑩	1.2	1.2	84	6.1	9.1	10.85
短小齿口虫 <i>Rpaxella exigua</i> Penard	⑫	0.6	—	—	16.3	8.9	4.86
剑溞锤吸管虫 <i>Tokophrya cyclopum</i> (Clap. & L.)	⑩	1.2	0.03	2	5.94	8.8	28.0
梨形四膜虫 <i>Tetrahymena pyriformis</i> (Ehrenberg)	⑩⑪	1.9	14.4	1019	17.5	9.0	10.1
尾草履虫 <i>Paramecium caudatum</i> Ehrenberg	⑬⑭⑮⑯	5.6	5	157	17.1	9.4	22.6
珍珠映毛虫 <i>Cinetochilum margaritaceum</i> Perty	⑩⑪	2.5	17.6	1120	16.5	9.8	6.75
苔藓膜袋虫 <i>Cyclidium muscicola</i> Kahl	⑰	1.2	119.5	8840	150.5	7.8	13.02
瓜形膜袋虫 <i>Cyclidium citrullus</i> Cohn	⑧⑨⑬⑭⑮⑰	7.4	886	57000	150.5	9.1	25.7
长圆膜袋虫 <i>Cyclidium oblongum</i> Kahl	⑰	1.2	250.3	18520	150.5	7.8	13.02
内褶间隙虫 <i>Intransstylum invaginatum</i> (Stokes)	⑰	1.2	0.1	4	6.0	8.8	27.7
钟形钟虫 <i>Vorticella campanula</i> Ehrenberg	①③④⑦⑩⑪⑬⑭⑮⑰⑱⑲	25.9	180	7151	198.5	9.6	67.0
剑蛋钟虫 <i>Vorticella cyclopicala</i> Kahl	⑧⑩	1.2	—	—	1.9	8.8	11.9
溞钟虫 <i>Vorticella kahl</i> Stiller	②③④⑪	3.7	10	750	14.6	9.0	35.9
小口钟虫 <i>Vorticella microstoma</i> Ehrenberg	⑫⑬⑭⑮	3.7	3.1	120	115	8.9	25.7

树状聚缩虫 <i>Zoothamnium arbuscula</i> Ehrenberg	③⑪	2.5	0.3	10	3.0	9.0	9.07
梨形短柱虫 <i>Rhabdosyla pyriformis</i> Perty	⑦⑧⑩⑬⑭⑮	13.0	41.4	1320	10.6	9.6	67.0
圆锥短柱虫 <i>Rhabdosyla conipes</i> Kahl	⑬	2.5	5	122	3.77	8.7	21.3
短枝累枝虫 <i>Epistylis breviramosa</i> Stiller	③⑦⑧⑬⑭⑮⑯⑰	20.4	122.3	2085	10.6	9.6	67.0
卑果枝虫 <i>Epistylis humilis</i> Kellicott	⑯	0.6	—	2	5.9	8.8	28.0
溇果枝虫 <i>Epistylis daphniae</i> Faure-Fremiet	③⑩⑬	4.3	0.6	24	8.0	9.4	28.0
褶果枝虫 <i>Epistylis plicatilis</i> Ehrenberg	③	0.6	—	—	3.0	9.0	6.80
无砂果枝虫 <i>Epistylis anastatica</i> (Linne)	⑬	0.6	0.1	11	9.4	9.1	10.1
湖果枝虫 <i>Epistylis lacustris</i> Imhoff	⑯	1.2	21.6	1600	5.9	8.8	28.0
盖虫 <i>Opercularia</i> sp.	①⑩⑭⑰	4.3	1	55	10.6	9.6	66.1
车轮虫 <i>Trichodina</i> sp.	③	0.6	—	—	0.98	9.0	6.8
环靴纤虫 <i>Cothurnia annulata</i> Stokes	⑳	1.2	6.5	480	48.8	8.8	25.7
长圆靴纤虫 <i>Cothurnia oblonga</i> Kahl	⑩⑭	1.9	1.3	93	8.0	9.4	22.6
大弹跳虫 <i>Halteria grandinella</i> Müller	㉑	0.6	—	—	50.8	8.8	25.7
绿急游虫 <i>Strombilidium viride</i> Stein	①②②②	13.5	106	7344	82.5	8.6	9.03
帽状侠盗虫 <i>Strobilidium velox</i> Faure-Fr.	⑩⑭⑮⑰⑱	8.6	46	2940	16.6	9.3	27.6
锥形似铃壳虫 <i>Tinninnopsis conus</i> Chiang	㉒	1.9	4.1	302	10.6	9.6	66.7
中华似铃壳虫 <i>Tinninnopsis sinensis</i> Nie	①⑬	7.4	9.0	4200	9.4	9.4	22.6
王氏似铃壳虫 <i>Tinninnopsis Wangi</i> Nie	①⑫⑬	3.7	3.6	120	8.1	9.4	22.6
似铃壳虫 <i>Tinninnopsis</i> sp.	①⑫⑬⑭	5.6	4.6	320	8.3	9.4	27.6
近亲游仆虫 <i>Euploes affinis</i> (Dujardin)	⑩	1.2	15.5	1065	10.8	9.1	10.1
土生游仆虫 <i>Euploes terricola</i> Penard	⑦⑩⑭⑮⑱⑲⑳㉑㉒	17.3	1312	49280	198.5	9.4	48.9

① List of protozoan Species; ② Water bodies; ③ Rate of occurrence; ④ Mean density; ⑤ Maximum density (ind./L); ⑥ Maximum salinity (%); ⑦ pH; ⑧ Maximum alkalinity (mmol/l).

\* 水体标号同表1 (Number of water bodies are as indicated in Tab.1)。

袋虫、长圆膜袋虫、环靴纤虫、大弹跳虫、一种板壳虫和河异尺盘虫，总计占原生动物总种数的26%。干旱和半干旱地区的浅水泡沼，在蒸发浓缩的过程中，随着盐度的升高，溶解有机质也逐渐积累，有利于原生动物的生长，原生动物在密度上常占有优势，如在所调查水体中，有 17 个水体的原生动物密度与相应水体浮游动物总密度之比超过 30%，而盐度 5‰ 以上的水体比例在 33.4—99.9% 之间(表 1)。其中的一些纤毛虫类，如绿急游虫、膜袋虫属、环靴纤虫、土生游仆虫等在一些超盐水体中常为优势种。如盐度为 150.5‰ 的小盐淖，瓜形膜袋虫的密度达 57000 个/L，另两种膜袋虫密度也约为 10000 个/L，土生游仆虫为 49280 个/L。该湖纤毛虫的生物量占其浮游动物总生物量的 74.6%。又如盐度为 82.5‰ 的九连城淖的土生游仆虫丰度高达 38000 个/L，绿急游虫达 7500 个/L，纤毛虫生物量占浮游动物总生物量的 86.2%。由此可见，原生动物特别是纤毛虫类是内陆盐水浮游动物群落结构的重要组成部分，在一些超盐水体往往密度较大，有时成为优势种。

在所检出的 58 种原生动物中，出现的碱度高限在 10mmol/L 以下的有 10 种，在 10—20mmol/L 之间有 16 种，在 20—30mmol/L 间有 21 种，在 30mmol/L 以上则有 10 种。此外，圆锥表壳虫和尾孢睥睨虫在某些水体数量较多，在一些水样中占优势。

2.3 不同盐度区间原生动物种数、密度、生物量和多样性指数

从表 3 可见，原生动物的种数随盐度升高有下降趋势，而其密度却与盐度呈极显著的正相关关系 ( $r_{10}^2 = 0.883$ ,  $p < 0.01$ )，即原生动物的密度随盐度升高而增大。原生动物的生物量也随盐度升高而显著增大 ( $r_{10}^2 = 0.882$ ,  $p < 0.01$ )。多样性指数随盐度升高而趋于减小。

表 3 不同盐度区间原生动物的种数、密度、生物量和多样性指数  
Tab. 3 Number of species, mean density, biomass and diversity index of Protozoa over ranges of different salinity

	盐 度 Salinity ‰												
	0.5—3	3—5	5—7	7—9	9—11	11—13	13—15	15—18	18—20	20—30	30—40	40—100	>100
水 样 数* No. of samples	26 (14)	21 (11)	6 (3)	8 (4)	19 (7)	2 (1)	7 (4)	15 (7)	2 (1)	1 (0)	1 (0)	31 (14)	23 (8)
种 数 No. of species	27	14	14	15	19	2	11	9	5	1	1	14	8
密 度 Density (ind./L)	554	768	2560	4591	2753	160	1146	510	304	—	—	4270	19100
生 物 量 Biomass (mg/L)	0.033	0.089	0.132	0.173	0.234	0.014	0.113	0.085	0.077	—	—	0.302	0.793
多样性指数 Diversity index	2.39	1.83	2.29	2.38	1.94	0.81	1.84	1.94	1.95	—	—	1.76	1.71

\* 圆括弧内为定量水样数。 Numbers in parentheses are numbers of samples with certain amount of water.

3 讨论

两年的调查结果基本上反映了我国干旱或半干旱地区内陆盐水中原生动物种类组成



和数量分布的概貌。据 Stephens 的资料,美国犹他洲大盐湖分布的 9 种原生动物,其中游仆虫属、膜袋虫属和变形虫属均在调查中见到,且都是主要种类,分布的盐幅很宽。

由于张家口地区盐水原生动物过去很少有人研究,因此,在该地区检出的一些原生动物是该区的新纪录,而河异尺盘虫可能是国内的新纪录<sup>[11]</sup>。运城地区的 3 个水体仅盐池的原生动物报道过 7 种,一般均未鉴定到种,除匣壳虫 (*Centropyxis* sp.) 和喇叭虫 (*Stentor* sp.) 之外,其它 5 种都在本次调查中见到,并且主要种类是一致的。此外,在盐池还见到了其它一些种类。赛里木湖记载有粗扉门虫 (*Thuricola inflata*) 新种<sup>[12]</sup>,本次却没有采到。这些差异可能是盐池等盐度的剧烈变化造成的群落演替所致,但也不排除采样时的遗漏。

在三北地区检出的 58 种原生动物中,除河异尺盘虫和 4 种似铃壳虫外,其它绝大多数种类在西藏的一些咸水湖均有分布。其中主要的纤毛虫如僧帽斜管虫、瓜形膜袋虫、土生游仆虫等在西藏盐湖中也是优势种。比较来看,内陆盐水中原生动物种类较少,而且基本上都是淡水中能见到的种类,这一点与沈韞芬的结果一致。沈韞芬认为三角匣壳虫 (*Centropyxis triangularis*) 和一种戎装虫 (*Chlamydodon* sp.) 可能是西藏地区盐湖的代表性种类,我们在三北地区却没有见到。此外,在三北地区所见到的 18 种缘毛类纤毛虫中有 44% 的种类在天津淡水和半咸水中有分布。这些缘毛类纤毛虫,如小口钟虫、环靴纤虫、短枝累枝虫等同样是外附生的,一般固着在桡足类、卤虫、枝角类、轮虫等浮游动物物体表面上。

众所周知,内陆盐水动物区系是由淡水动物演化而成,而淡水动物特别是原生动物具有广泛的世界性分布,对环境适应性强,且能形成包囊渡过极端环境。这就是各地区的内陆盐水原生动物区系相似的重要原因。

另一方面,原生动物的分布受各种环境因子的影响。研究表明<sup>[13]</sup>,在内陆盐水水体中,控制生物群落组成及分布的主要是非生物因子。盐度高而富于变化是内陆盐水生态系统的显著特点,因此,一般认为盐度和离子组成是生物空间分布的生态屏障,对盐水生物区系起决定作用,盐度越高,种数越少。本文也得出类似的结果,即原生动物种数随盐度升高而趋于减少,但相关性弱。由此表明,在决定盐水生态系统原生动物种类组成和出现与否上,盐度并不是唯一的也不一定是最重要的生态因子。由于大多数内陆水域的淡水生物(水生维管束植物除外)最初起源于海洋,因而保持其祖先的耐盐潜力,其生活的盐幅较宽,在一定盐度范围内,种数与盐度关系不大,并且某些种类是喜盐的,仅在高盐区出现。本文的结果表明,碱度、pH、离子系数、氯化物含量升高,原生动物均趋于减少,尽管相关不显著,但也说明这些环境因子对原生动物的分布具有重要影响。此外,水温、水位、气体状况等非生物因子以及食物资源、生物间相互作用(竞争与捕食)等生物因子都可影响其分布。

## 参 考 文 献

- [1] Hammer U, T. Saline Lake Ecosystem of the World. 1986, Junk, Dordrecht.
- [2] Williams WD. Chinese and Mongolian Saline Lake: a Limnological overview. *Hydrobiologia*, 1991, **210**:39—66.
- [3] Иванова М. Б. О Зоопланктоне Гипергалиных Озер. *Гидробиологический Журнал*, 1990, **26**(5):

3—9.

- [4] 王家楫。青藏高原部分地区的原生动物。动物学报,1977,23(2): 131—160。
- [5] 山西师大生物系。山西运城内陆盐湖卤虫生物学特性及开发利用研究。山西师大学报(增刊),1988。
- [6] 沈辐芬。西藏高原的原生动物。西藏水生无脊椎动物。北京: 科学出版社, 1983:39—334。
- [7] 何志辉、谢祚浑、雷衍之。达里湖水化学和水生生物学研究。水生生物学集刊,1981,7(3): 341—358。
- [8] 徐振康。天津地区淡水和半咸水的缘毛类纤毛虫。动物学杂志,1988,23(3): 5—10。
- [9] Stephens DW. Changes in Lake level, Salinity and the biological community of Great salt lake (Utah, USA), 1847—1987. *Hydrobiologia*, 1990,197:139—146.
- [10] Lloyd M et al. On the calculation of information-theoretical measures of diversity. *Amer. Nidl. Nat.*, 1968,79(2): 257—272.
- [11] Westphal A, Muhlplfordt H. Protozoa. Glasgow and London: Blackie 1976
- [12] 龚循矩。新疆缘毛目六新种记述(缘毛目: 盖虫科、鞘居虫科)。动物分类学报,1989,14(4): 396—403。
- [13] Colburn E A. Factors influencing species diversity in saline water of Death Valley, USA. *Hydrobiologia*, 1988,158:215—226.

## PROTOZOA FROM INLAND SALINE WATERS IN NORTH CHINA

Zhao Wen and He Zhihui<sup>1)</sup>

(Jilin Agricultural University, Changchun 130118)

<sup>1)</sup>(Dalian Fishery College, Dalian 116023)

### Abstract

The protozoan fauna were investigated in 1990 and 1991 in 28 localities with salinity ranging from 0.57 to 214‰ in Sanbei districts of northern China. One hundred and sixty-two samples were collected from these localities, and 13 species of Sarcodina and 45 species of Ciliata were found. Protozoa, especially ciliates play an important role in structuring the community of zooplanktons in inland saline waters. The density and biomass of ciliates is usually higher in hypersaline waters, and ciliates may dominate in the community in some localities. The total number of species and diversity index of protozoan tend to decline as the salinity increases, and the density and biomass of the organisms increased obviously with the rise of salinity. The species composition, distribution of protozoa in inland saline waters were discussed, as well as the relationship between protozoan fauna and some environmental factors.

**Key words** Protozoa, Inland saline water, Sanbei districts, Species composition, Distribution, Environmental factors