

西藏阿里地区盐湖浮游生物生态调查

袁显春^{1,2,3)}, 郑绵平^{2,3,4)}, 赵文^{1,2)}, 王海雷^{2,3,4)}

1) 大连水产学院, 116023; 2) 国土资源部盐湖资源与环境重点实验室, 北京, 100037

3) 中国地质科学院盐湖与热水资源研究发展中心, 北京, 100037

4) 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京, 100037

内容提要:2006年8~10月对西藏阿里地区21个湖泊的浮游生物作了初步调查, 采得44个浮游生物样品和22个水化学样品。经鉴定分析得浮游植物105种(变种), 分属5门49属, 其中硅藻门19属63种(变种), 占总种数的60%; 浮游动物14种, 分属3门11属, 其中亚洲后镖水蚤(*Metadia ptomus asiaticus* Uljanirs)为西藏首次记录。有螺旋藻、盐藻、西藏拟蚤、卤虫等经济种分布的湖泊数分别为8、3、5、12个。浮游生物物种多度随盐度升高而降低, 统计分析表明, 在0.31~300.71 g/L盐度范围内, 浮游生物物种多度与盐度存在不显著负相关关系($r^2 = -0.05, p > 0.05$)。文章讨论了西藏拟蚤与桡足类之间存在的季节性种群更替现象, 以及硅藻在这一现象中可能存在的重要作用。最后对盐湖生物资源特别是西藏拟蚤的开发利用提出了设想。

关键词:生物调查; 浮游生物; 盐湖; 西藏

盐湖是湖泊生态系统的一种重要类型, 通常水生生物研究者把水体盐度不低于3.0 g/L (Williams, 1964)的湖泊称为盐湖。西藏盐湖占全国盐湖1/4左右(郑绵平等, 1989), 而其中大部分都集中于昆仑山以南、冈底斯山—念青唐古拉山以北 (Williams, 1991)。盐湖除拥有固体、液体矿产资源(锂、硼等)以外, 还蕴含有丰富的生物资源, 如螺旋藻、盐藻、卤虫等。关于西藏盐湖生物资源及生态学调查方面的研究报道很少, 20世纪初, 部分欧洲科学家有过零星的报道(Daday, 1908; Kiefer, 1939)。中国科学家大都以安(多)—狮(泉河)公路为主线开展工作, 而且偏重于西藏南部。中国科学院分别于1960~1961, 1966, 1973~1976年先后6次组织综合科考队进藏考察, 对藏南水生生物有了定性了解(沈嘉瑞等, 1963, 1964a, 1964b, 1964c, 1965a; 饶钦止, 1964; 饶钦止等, 1974; 中国科学院青藏高原综合科学考察队, 1983, 1992; 李尧英, 1984, 1985; 朱蕙忠等, 2000), 但涉及盐湖的部分较少; 中国地质科学院矿产资源研究所盐湖中心1997年和1998年完成藏北东部卤虫调查, 1999年又集中对阿里地区盐湖作了综合性盐湖生物调查(郑绵平, 2001); 最近一篇关于西藏浮游生物的报道发表于2005年(Zhao Wen

et al., 2005), 系大连水产学院与盐湖中心合作完成。由此可见, 由于西藏气候环境恶劣, 进藏调查研究只有少数具备条件的单位能够完成, 与浮游生物资源、生态学等相关的资料相对缺乏。本文以西藏阿里地区盐湖及部分微咸水湖浮游生物样品的分析结果为基础, 旨在丰富西藏浮游生物生态分布的相关资料, 并为盐湖资源综合性开发利用提供一定的参考。

1 材料和方法

1.1 样品采集

2006年8~10月, 笔者随中国地质科学院矿产资源研究所盐湖中心科考队于阿里地区初步采集了21个湖泊44个浮游生物样品。分别用300目和200目的浮游生物网过滤20 L水, 得浮游植物和浮游动物定量样品, 按体积比1%和5%分别加入Lugols液和甲醛(体积浓度38%)固定, 静置48 h后浓缩。用浮游生物网 ∞ 形捞取得定性样品, 按体积比5%加入甲醛固定。

1.2 浮游植物鉴定

鉴定前充分摇匀浓缩后的样品, 取0.1 mL于浮游植物计数框内, CX21FS1型Olympus显微镜

注: 本文为国家自然科学基金重点项目(编号40531002)、国家地调局大地调项目(编号200313000065)资助成果。

收稿日期: 2007-09-07; 改回日期: 2007-10-22; 责任编辑: 周健。

作者简介: 袁显春, 男, 1982年生, 硕士研究生。Email: wyc110112@hotmail.com。

400 倍下观察定性定量。定量计数根据样品生物量的大小观察 50~200 个视野不等。参照相关专著(胡鸿钧等,1979;朱浩然,1991;中国科学院青藏高原综合科学考察队,1992)和文章(饶钦止,1964;饶钦止,1974),根据图谱和文字描述定种。

TDE-80-2 型离心机 1300 rpm 离心浓缩一定量的样品,加 20 倍于样品体积的浓硫酸,酒精灯加热煮沸至褐色透亮,加入一滴浓硝酸退色,蒸馏水洗至中性,加入浓度 95% 以上酒精保存。CX21FS1 型 Olympus 显微镜 1000~1500 倍镜下鉴定硅藻,参照相关专著(小久保清志,1960;胡鸿钧等,1979;中国科学院青藏高原综合科学考察队,1992;朱蕙忠等,2000)和文章(饶钦止,1964;饶钦止,1974;李文漪等,1983;Servant et al.,1990),根据图谱和文字描述定种。

1.3 浮游动物鉴定

对于桡足类、枝角类等甲壳动物,在体式解剖镜下分离各附肢,CX21FS1 型 Olympus 显微镜下观察细微结构,记录刚毛式、刺式等,对照相关专著(中国科学院动物研究所甲壳动物研究组,1979;中国科学院青藏高原综合科学考察队,1983)和论文(沈嘉瑞等,1963,1964a,1964b,1964c,1965a)所记载的图谱及文字描述定种。取 0.25 mL 样品于浮游动物计数框内定量,全片计数。

1.4 水化学分析

水化学分析由国土资源部盐湖资源与环境研究开放实验室完成;依据《青藏高原盐湖》(郑绵平等,1989)记载的方法计算水化学类型。

2 结果

2.1 采样点描述

本次调查涉及阿里地区东西北共 21 个湖泊(图 1),包含盐度小于 3.0 g/L 的微咸水湖至大于 50 g/L 的超盐水湖,分布于海拔 4333~5040 m。大部分湖泊位于中新生界岩相区,如麻米错位于早白垩纪火山与海相沉积区,色卡执位于第三纪火山沉积区,盐山小湖群位于古近纪红层盐丘区。各采样湖泊按盐度升序编号,水化学类型与海拔、地理位置、采样点环境等现场测定的参数共同列于表 1,因篇幅有限,水化学数据未列出。

2.2 浮游生物特征

经鉴定浮游生物样品得浮游植物 49 属 105 种(变种),其中蓝藻门 15 属 25 种(23.8%),硅藻门 19 属 63 种(变种)(60.0%),金藻门、甲藻门各 1 属

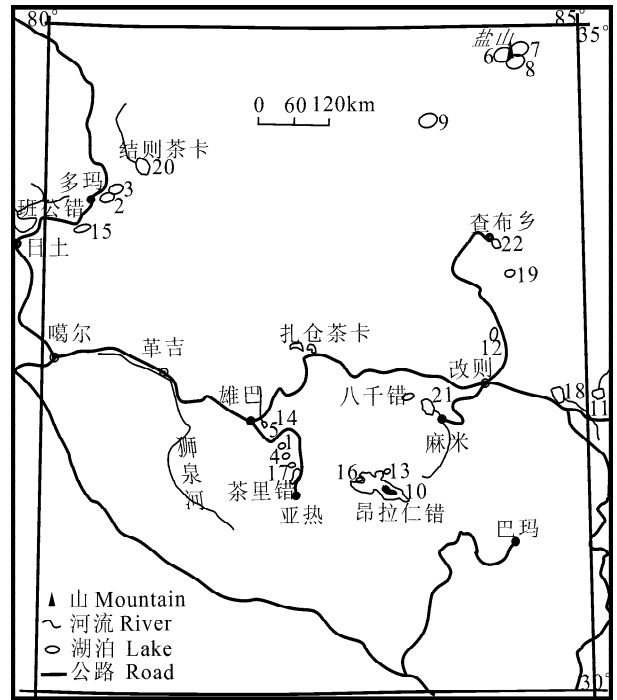


图 1 阿里地区湖泊采样点分布

Fig. 1 Distribution and locality of the sampled lakes in Ali region, Tibet

- 1—得嘎尔错;2—台错 II;3—台错 I;4—得拉格错;5—色卡执 I;6—盐山 L3;7—盐山 L2;8—盐山 L4;9—小泉湖;10—昂拉仁错;11—扎西错;12—热纳错;13—锐江米错;14—色卡执 II;15—常木错;16—昂里擦嘎;17—茶勒错;18—洞错;19—多玛错;20—结则茶卡;21—麻米错;22—查布错
- 1—Degar Co;2—Tai Co II;3—Tai Co I;4—Delaga Co;5—Sekazi I;6—Salt mountain L3;7—Salt mountain L2;8—Salt mountain L4;9—Xiaoquan Lake;10—Anglaren Co;11—Zaxi Co;12—Rena Co;13—Ruijiangmi Co;14—Sekazi II;15—Cangmu Co;16—Anglicaga;17—Cale Co;18—Dong Co;19—Doma Co;20—Jeze Chaka;21—Mami Co;22—Cabu Co

1 种(0.95%),绿藻门 13 属 15 种(14.3%);浮游动物 11 属 14 种,其中原生动物 4 属 4 种,轮虫 1 属 1 种,桡足类 5 属 7 种,枝角类 1 属 1 种。从表 2 可以看出,鉴定所得浮游生物中约 10% 的种类为半咸水(咸水)种,但其分布没有明显的界限,如咸水种中肋异菱藻在 0.31~128.75 g/L 的盐度范围内都有分布,在 12.69 g/L 具有最高相对含量。通常,生物在最适盐度以外能够通过特定的适应机制承受一定幅度的盐度变化。统计分析显示,在盐度 0.31~300.71 g/L 范围内,盐度与浮游生物物种多度之间存在不显著负相关关系($r^2 = -0.05, p > 0.05$)。

卤虫、桡足类和枝角类在浮游动物中具有相对较大的生物量。卤虫在西藏盐湖中分布广泛,本次调查中其分布盐度范围为 8.47~128.75 g/L。5 个

湖中发现有西藏拟蚤,自1903年西藏拟蚤被发现以来,各学科研究者在随后的调查中陆续发现西藏13个湖中有该种记录(赵文等,2002)。

亚洲后镖水蚤(*Metadiaptomus asiaticus* Uljanirs)为西藏首次记录,采集点盐度21.59 g/L,水温10℃,pH值9.0,强度碳酸盐型水体。该种是扎西错西藏拟蚤种群衰退后的优势种,下风口生物量达到17 ind/L。与其共生的还有咸水北镖水蚤和短肢角猛水蚤等桡足类。

结则茶卡、查布错中未发现浮游生物,但结则茶卡的盐度并没有达到浮游生物不能生存的程度,其原因有待进一步分析。

3 讨论

3.1 本文调查的成果

此次调查湖泊涵盖盐度范围0.31~300.71 g/L,水温1~21℃,pH 7.0~9.6,80%为碱性湖泊。经鉴定共发现浮游植物49属105种(变种),浮游动物11属14种,其中亚洲后镖水蚤(*Metadiaptomus asiaticus* Uljanir)为西藏首次记录。

沈嘉瑞等(1966)在内蒙古和宁夏的浮游动物调查中首次在国内报道了亚洲后镖水蚤,并在随后完成其幼体发育试验(沈嘉瑞等,1965b)。我国河北、

山西、内蒙古和新疆都有过该种的记载(沈嘉瑞等,1966;何志辉等,1989,1993;赵文等,1996)。已有调查结果显示,亚洲后镖水蚤喜生活于草原地带高氯离子浓度碱性(522~3489 mg/L)水体(中国科学院动物研究所甲壳动物研究组,1979),本次采集点水体氯离子浓度为1990 mg/L。

调查中西藏拟蚤分布的湖泊有一定的共性:砂砾底质,湖水透明度高,碱性水体。此次调查所得盐度范围18.63~31.5 g/L,已有资料记载为2.7~35 g/L(赵文等,2002)。盐度21.28 g/L,水温16℃时,于昂拉仁错采集到本次调查西藏拟蚤最大生物量8 ind/L,与实验室所得数据基本一致(赵文等,2002)。迄今为止,西藏至少19个湖泊中有西藏拟蚤记录。

Zhao Wen等(2005)2002年在台错(盐度20 g/L,16℃)、常木错(盐度31 g/L,15℃)采集到西藏拟蚤,其密度分别达到77 ind/L、9 ind/L,本次调查却未能采到,但台错两次均有咸水北镖水蚤记录。由表1可见,与2002年生物调查对比,台错、常木错的盐度已发生明显的变化,均超出了调查所得西藏拟蚤自然分布的盐度范围(2.7~35 g/L)。也未发现Zhao Wen等(2005)在结则茶卡中报道的3种蓝藻门浮游植物。

在有西藏拟蚤分布的湖泊中,笔者同时采集到北镖水蚤、后镖水蚤、剑水蚤和角猛水蚤等桡足类,

表1 阿里地区湖泊采样点描述

Table 1 Description of the sampled lakes in Ali region, Tibet

序号*	地理坐标	日期	时间	气温(℃)	水温(℃)	pH	盐度(g/L)	水化学类型	海拔(m)
1	N31°47' E82°21'	8.22	13:20	14	13	7.0~7.5	0.31	硫酸钠亚型	4811
2	—	9.30	17:50	9	11	8	2.17	强度碳酸盐型	4514
3	N33°45' E80°37'	9.30	16:30	9.5	11	8.0~9.0	2.36	硫酸钠亚型	4514
4	N31°45' E82°22'	8.22	14:10	24	16	8.5	6.95	中度碳酸盐型	4806
5	N31°59' E82°02'	8.11	14:00	16	17	9.6	8.47	弱度碳酸盐型	4586
6	N34°26' E84°02'	10.6	—	1	4	7	8.69	氯化物型	~5040
7	—	10.6	—	1	6	7	12.69	氯化物型	~5040
8	N34°26' E84°02'	10.6	—	3	6	7	17.25	氯化物型	~5040
9	N34°22' E83°57'	10.6	12:00	1	1	9	18.63	强度碳酸盐型	4850
10	N31°39' E83°06'	9.6	17:00	16	16	8.5~9.0	21.28	硫酸钠亚型	4728
11	N32°09' E85°08'	10.8	13:20	6	10	9	21.59	强度碳酸盐型	4400
12	N32°43' E84°13'	10.5	—	6	6.8	9	26.70	硫酸钠亚型	4608
13	N31°39' E83°06'	9.6	18:50	10	16	9	31.50	硫酸钠亚型	4710
14	N32°00' E82°03'	8.11	14:00	16	18	—	37.82	强度碳酸盐型	4586
15	N33°32' E80°18'	9.26	17:00	9	13	9	43.68	中度碳酸盐型	4432
16	N31°36' E82°53'	9.11	18:30	11	14	9	53.77	中度碳酸盐型	4724
17	N31°43' E82°23'	8.22	14:50	8	11	9	73.79	硫酸钠亚型	4805
18	N32°12' E84°39'	10.8	11:30	5	6	9	96.00	硫酸钠亚型	4416
19	—	10.5	—	7	9	7.0~8.0	98.45	硫酸镁亚型	4687
20	N33°54' E80°53'	9.30	14:30	9	11	8.0~9.0	128.53	弱度碳酸盐型	4548
21	N32°07' E83°35'	8.30	13:00	19	21	7.5	128.75	硫酸钠亚型	4333
22	N33°22' E84°13'	10.5	—	3	10	—	300.71	硫酸钠亚型	4534

注:序号与图1中湖泊号相对应。

表 2 阿里地区湖泊浮游生物分布、组成

Table 2 Distribution, composition and ecological features of plankton in lakes of Ali region

种名	拉丁文	分布的湖泊	盐度范围 (g/L)	生境 ^①
Phytoplankton				
铜绿聚球藻	<i>Microcystis aeruginosa</i> Kütz.	5*, 9, 14, 20, 21	8.47~128.75	—
点形粘球藻	<i>Gloeocapsa punctata</i> Näg.	8	17.25	—
小形色球藻	<i>Chroococcus minutus</i> (Kütz.) Näg.	3*, 16	2.36, 43.68	—
紫色星球藻	<i>Asterocapsa purpurea</i> (Jao) Chu.	13	31.50	—
透明星球藻红色变种	<i>Asterocapsa hualina</i> var. <i>rubra</i> H. W. Liang	21	128.75	—
线形粘杆藻	<i>Glorothece linearis</i> Näg.	5, 11, 14*	8.17~37.82	—
线形棒条藻	<i>Rhabdoderma lineare</i> Schm.	18	96.00	—
弯管孢藻	<i>Chamaesiphon curvatus</i> Nordst.	18	96.00	—
银灰平列藻	<i>Merismopedia glauca</i> (Ehr.) Näg.	12	26.70	—
念珠藻	<i>Nostoc</i> spp.	10	21.28	—
长形念珠藻	<i>Nostoc longstaffi</i>	4, 5*, 8, 9, 13	6.95~31.50	—
类颤藻鱼腥藻	<i>Anabaena osicellarioides</i> Bory.	9	18.63	—
为首螺旋藻	<i>Spirulina princeps</i> W. et G. S. West	4, 5, 7, 9*, 15, 21	6.95~128.75	—
大螺旋藻	<i>Spirulina major</i> Kütz.	4, 8, 13*	6.95~31.50	—
两栖颤藻	<i>Oscillatoria amphibia</i> Ag.	10, 17	21.28, 73.79	—
美丽颤藻	<i>Oscillatoria formosa</i> Bory	5, 8, 15, 17*	8.47~73.79	—
阿氏颤藻	<i>Oscillatoria agardhii</i> Gom.	5*, 14	8.47, 37.82	—
小颤藻	<i>Oscillatoria tenuis</i> Ag.	10	21.28	—
镰头颤藻	<i>Oscillatoria brevis</i> (Kütz.) Gom.	12	26.70	—
小席藻	<i>Phormidium tenue</i> (amenegh.) Gom.	2, 3, 5*, 14	2.17~37.82	—
层理席藻	<i>Phormidium favosum</i> (Bory) Gom.	17	73.79	—
窝形席藻	<i>Phormidium foveolarum</i> (Mont.) Gom.	1, 4, 13*, 19	0.31~98.45	—
螺旋鞘丝藻	<i>Lyngbya contorta</i> Lemm.	5, 17	8.47, 73.79	—
鞘丝藻	<i>Lyngbya</i> spp.	4, 6*, 10, 15, 17	6.95~73.79	—
湖沼裂须藻	<i>Schizothrix lacustris</i> Br. ex Gom.	21	128.75	—
飞燕角藻	<i>Ceratium hirundinella</i> (Mull.) Schr.	12, 15	26.70, 43.68	—
变形单鞭金藻	<i>Chromulina pascheri</i> Haf.	17, 21	73.79, 128.75	—
沙生直链藻	<i>Melosira arenaria</i> Moore	1, 4*, 14, 17, 21	0.31~128.75	F.
眼斑小环藻	<i>Cyclotella ocellata</i> Pantocsek	1*, 4, 13, 14, 17, 21	0.31~128.75	F. Com.
同心扭曲小环藻	<i>Cyclotella comta</i> (Ehr.) Kütz. var. <i>grabriuscula</i> Grun.	1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 13, 14, 12, 15*, 17, 21	0.31~128.75	M
具孔小环藻中间变种	<i>Cyclotella operculata</i> Kütz. var. <i>mesaleis</i> Grun.	1, 4, 8*, 5, 13, 17, 9, 21	0.31~128.75	—
链形小环藻	<i>Cyclotella catenata</i> Brun.	1	0.31	—
具星小环藻	<i>Cyclotella stelligera</i> Cl. et Grun.	4	6.95	F.
梅尼小环藻	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kuetz.	2, 10, 13*, 17	2.17~73.79	F. Com.
库津小环藻	<i>Cyclotella kuetzingiana</i> Thwaites	7, 9, 11, 12*, 19	12.69~98.45	F.
孔圆筛藻	<i>Coscinodiscus perforatus</i> Ehr.	5, 8, 9, 12, 13, 14*, 17, 21	8.47~128.75	—
延长等片藻	<i>Diatoma elongatum</i> (Lyngb.) Ag.	2, 10*	2.17, 21.28	C. Ls.
普通等片藻延长变种	<i>Diatoma vulgare</i> var. <i>producta</i> Grun.	2	2.17	F.
类菱形肋缝藻	<i>Frusulia rhomboides</i> (Ehr.) De Toni	13	31.50	F.
曲舟藻	<i>Pleurosigma</i> spp.	3	2.36	S.
羽纹脆杆藻	<i>Fragilaria pinnata</i> Ehr.	17	73.79	F.
羽纹脆杆藻三角形变种	<i>Fragilaria pinnata</i> var. <i>trigona</i> (Brun et Herikaud) Hust.	5, 14	8.47, 37.82	F.
短线脆杆藻膨大变种	<i>Fragilaria brebistriata</i> var. <i>inflata</i> (Pantocsek) Hust.	11, 14	21.59, 37.82	F.
尖针杆藻	<i>Synedra acus</i> Kuetz.	3	2.36	F.
科兹洛夫长篦藻微细变种	<i>Neidium kozlowi</i> var. <i>parva</i> Mer.	2, 3, 4*, 13	2.17~31.50	C.
虹彩长篦藻光明变种	<i>Neidium iridis</i> var. <i>luminosa</i> Brun.	13	31.50	F.
虹彩长篦藻平行变种	<i>Neidium iridis</i> var. <i>paralela</i> Krieger	1	0.31	F.
细纹长篦藻	<i>Neidium affine</i> (Ehr.) Pfitzer	9, 11	18.63, 21.59	F.
中肋异菱藻	<i>Anomoeneis costata</i> Jao.	1, 5, 7*, 9, 12, 13, 15, 17, 18, 21	0.31~128.75	S.
中肋异菱藻类菱形变种	<i>Anomoeneis costata</i> var. <i>rhomboides</i> Jao.	5	8.47	M.
中肋异菱藻西藏变种	<i>Anomoeneis costata</i> var. <i>tibetensis</i> Jao.	10	21.28	M.

续表 2

种名	拉丁文	分布的湖泊	盐度范围 (g/L)	生境 ^①
卡里舟形藻	<i>Navicula cari</i> Ehr.	4,5,13,14,21	6.95~128.75	F.
盐生舟形藻	<i>Navicula salinarum</i> Grun.	4	6.95	Br.
许科舟形藻	<i>Navicula suecorum</i> Carlson	13	31.50	F.
辐射舟形藻	<i>Navicula radiosa</i> Kuetz.	1,14,11,19	0.31~98.45	C.
长圆舟形藻	<i>Navicula oblonga</i> Kuetz.	1,2,3,4,5,9,14,15*,16,17	0.31~73.79	F.
莱茵氏舟形藻椭圆变种	<i>Navicula reinhardtii</i> var. <i>ovalis</i> Ktz.	21	128.75	F.
杆状舟形藻	<i>Navicula bacillum</i> Ehr.	11,16	21.59,53.77	C.
伦茨舟形藻	<i>Navicula lenzii</i> Hust.	7,9,19*	12.69~98.45	F.
披针形舟形藻	<i>Navicula lanceolata</i> (Ag.) Kuetz.	9	18.63	F. Ls.
喙头舟形藻	<i>Navicula rhynchocephala</i> Kuetz.	11	21.59	F. Ls.
卵形双眉藻有柄变种	<i>Amphora ovalis</i> var. <i>pediculus</i> (Kütz.) Van Heurck	1	0.31	F.
微细桥弯藻	<i>Cymbella parva</i> (Wm. Smith) Cl.	5	8.47	F. Com.
箱形桥弯藻	<i>Cymbella Cistula</i> . (Hempr.) Kirener.	2*,3,4,13,21,19	2.17~98.45	C.
布雷姆桥弯藻	<i>Cymbella bremii</i> Hust.	2	2.17	F. C.
细长桥弯藻	<i>Cymbella gracilis</i> (Ehr.) Kütz.	2	2.17	F. C.
台错桥弯藻	<i>Cymbella taicuonensis</i> Li et Zheng	2,3	2.17,2.36	—
缠结异极藻	<i>Gomphonema intricatum</i> Kuetz.	2,3,6*,15,19	2.17~98.45	F.
小形异极藻	<i>Gomphonema parvulum</i> Kuetz.	3	2.36	F. Com.
缠结异极藻小变种	<i>Gomphonema intricatum</i> var. <i>psillum</i> Mayer	15	43.68	F.
扁圆卵形藻	<i>Cocconeis Placentula</i> (Ehr.) Hust.	1,2,3,6*,7,10,11,12	0.31~26.76	F. Br.
小型细齿藻	<i>Denticula tenuis</i>	15	43.68	F. C.
光亮窗纹藻长角变种	<i>Epithemia argus</i> var. <i>longicornis</i> (Ehr.) Grun.	1,5*,13	0.31~31.50	F.
膨大窗纹藻	<i>Epithemia turgida</i> (Ehr.) Kuetz	16	53.77	F. Br.
光亮窗纹藻	<i>Epithemia argus</i> (Ehr.) Kuetz.	2	2.17	F. Br.
海底菱形藻帕米尔变种	<i>Nitzschia heidenii</i> var. <i>pamirensis</i> Petersen	4	6.95	F.
小片菱形藻	<i>Nitzschia frustulum</i> Kuetz.	5,9,12,14,16,19*	8.47~98.45	F. Br.
细齿菱形藻	<i>Nitzschia denticula</i> Grun.	1,2*,3,6	0.31~8.59	F. Com.
罗曼菱形藻	<i>Nitzschia romama</i> Grun.	11,14	21.59,37.82	F.
库津菱形藻	<i>Nitzschia kuetzingiana</i> Hilse	3*,4,15	2.36~43.68	Ls.
窄菱形藻	<i>Nitzschia angustata</i> Grun	1*,13,21	0.31~128.75	F.
类S状菱形藻	<i>Nitzschia sigmoides</i> (Nitzsch.) Wm. Smith	15	43.68	F.
巨大菱形藻	<i>Nitzschia grandifera</i> Hust.	8,19	17.25,98.45	S.
缢缩菱形藻	<i>Nitzschia constricta</i> (Kuetz.) Ralfs	3	2.36	—
卵圆双菱藻极大变种	<i>Surirella ovalis</i> var. <i>maxima</i> Grun	1*,5,14,21	0.31~128.75	S.
螺旋双菱藻	<i>Surirella spiralis</i> Kuetz.	2,3,5*,14	2.17~37.82	M.
线形双菱藻	<i>Surirella linearis</i> Wm. Smith	16	53.77	F. Com.
粗壮双菱藻	<i>Surirella robusta</i>	3	2.36	F.
近盐生双菱藻	<i>Surirella subsalsa</i> Wm. Smith	15	43.68	Br.
卵圆双菱藻	<i>Surirella ovalis</i>	2,3*,4,6	2.17~8.69	F. Br.
卵形衣藻	<i>Chlamydomonas ovalis</i> Pasch.	13,14,17*	31.50~73.79	—
四集藻	<i>Palmella</i> spp.	11	21.59	—
小球藻	<i>Chlorella vulgaris</i> Beij.	2,3,17*	2.17~73.79	—
扭曲蹄形藻	<i>Kirchneriella contorta</i> (Schm.) Bohl.	2,3	2.17,1.36	—
卷曲纤维藻	<i>Ankistrodesmus convolutus</i> Cord.	2*,3,10	2.17~21.28	—
镰形纤维奇异变种	<i>Ankistrodesmus falcatus</i> var. <i>mirabilis</i> G. S. West	9,12	18.63,26.70	—
单生卵囊藻	<i>Oocystis solitaria</i> Wittr.	2,3	2.17,2.36	—
盐生杜氏藻	<i>Dunaliella salina</i> Teodor	14*,16,21	37.82~128.75	S.
栅藻	<i>Scenedesmus</i> spp.	4,6*,7,8,17	6.95~73.79	—
韦斯藻	<i>Westella botryoides</i> (W. West) Wild.	4	6.95	—
小空星藻	<i>Coelastrum microporum</i> Näg.	4	6.95	—
四角十字藻	<i>Crucigenia quadrata</i> Morr.	4,12	6.95,26.70	—
华美十字藻	<i>Crucigenia lauterbornei</i> Schm.	4	6.95	—
网膜藻	<i>Tetrasporidium javanicum</i> Moeb.	11	21.59	—
十字柱形鼓藻	<i>Penium cruciferum</i> (De Bary) Wittr.	5	8.47	—

续表 2

种名	拉丁文	分布的湖泊	盐度范围 (g/L)	生境 ^①
Zooplankton				
圆钵砂壳虫	<i>Difflugia urceolata</i>	15	43.68	—
单环栉毛虫	<i>Didinium balbianii</i>	13	31.50	—
梨形四膜虫	<i>Tetrahymena pyyri formis</i>	13,14,17	31.50~73.79	—
钟虫	<i>Vorticella spp.</i>	3	2.36	—
褶皱臂尾轮虫	<i>Brachionus plicatilis</i>	10,13	21.28,31.50	—
西藏拟溞	<i>Daphniopsis tibetana</i> Sars	9,10, 11,12, 13	18.63~31.50	Br. S.
亚洲后镖水蚤	<i>Metadiaptomus asiaticus</i> Uljanirs	11	21.59	高氯度碱性
咸水北镖水蚤	<i>Arctodiaptomus salinus</i> Dady	2,3,11	2.17~21.59	高氯度碱性
后进角猛水蚤	<i>Cletocamptus retrogressus</i> Schmankewitsch	15	37.82	F. Br.
沿岸角猛水蚤	<i>Clelocamptus deitersi</i> Richard	4,13	6.95,31.5	F. Br.
短肢角猛水蚤	<i>Cletocamptus feei</i> Shen	11,12,15	21.59~43.68	F. Br.
剑水蚤	<i>Cyclops spp.</i>	4	6.95	F.
拉达克剑水蚤	<i>Cyclops ladakanus</i> Kiefer	10	21.28	F.
卤虫	<i>Artemia spp.</i>	5,6,7,8,9,13,14,15,16,18,19,21	8.47~128.75	S.

注: F. 一淡水种; Ls. 一微咸水种; Br. 一半咸水种; S. 一咸水种; M. 一山区种类; C. 一冷水性种; Com. 一普生性种。①自朱惠忠等, 2000; 中国科学院动物研究所甲壳动物研究组, 1979; * 一对应湖中该种具有最高相对个体数含量。

综合相应水样的浮游生物鉴定结果以及前人成果(赵文等, 2002; Zhao Wen et al., 2005), 笔者认为, 西藏拟溞与桡足类常能共生于同一环境中, 因捕食、季节性环境因子变化等引起浮游植物的组成变化, 导致二者季节性种群更替。鉴定过程中解剖西藏拟溞个体时发现其滤食器官上滤有大量的微小藻, 400 倍镜下每个视野能达到数十个, 观察肠道同样发现大量的微小藻壳。这充分说明了微小藻对西藏拟溞生长繁殖的重要性。笔者推测, 硅藻在西藏拟溞与桡足类的种群更替中发挥着重要的作用。调查结果显示, 在硅藻繁盛的水体西藏拟溞常大量发育成为优势种, 而高密度的硅藻对桡足类的生长繁殖有相当程度的抑制作用(Kleppel, 1993; 张光涛等, 2003)。在西藏拟溞大量发育后, 大量的硅藻被滤食致使硅藻密度下降, 减缓了对桡足类生长的抑制, 桡足类开始发育并最终替代西藏拟溞成为水体优势种。

本次调查所得的 119 种浮游生物中, 约 90% 的种类为淡水种, 仅十数种为微咸水、半咸水、咸水种, 但除个别种外, 它们的分布没有明显的盐度上下限。说明西藏浮游生物可能大多为淡水起源, 它们都能忍受并生活于较大的盐度范围, 存在的盐种则是在漫长的进化过程中生物对环境因子适应的结果。何志辉等(1989, 1993)、Zhao Wen 等(2005)在研究内陆盐水域浮游生物时也得出了类似的结论, 认为内陆盐水域生物区系是由淡水动物演化而来的, 也正是这种原因, 使得世界范围内的盐水域生物区系十分相似(何志辉等, 1989)。台错 I 湖中含有大量的曲

舟藻(*Pleurosigma spp.*), 台错 II 湖却未见有分布, 尽管两个湖泊几乎处于同一位置且盐度相差无几, 水化学类型的差异引起生物组成的不一致性。综合结论茶卡的结果认为, 对于某些浮游生物来说, 盐度并不是其分布的最主要的限制因子, 水体中的某些成分可能发挥着更直接的作用。水生生物对盐度的适应能力与水体盐类组成有关(Elizabeth, 1988; Servant et al., 1990; Zhao Wen et al., 2005), 氯离子在生物渗透压调节中具有较强活性, 其浓度通常决定着水生动物所能生存的盐度上限(何志辉等, 1989)。

盐度与浮游生物物种多度存在着不显著的负相关性。何志辉等(1989)提出, 在一定的盐度范围内, 浮游生物种类数将比较稳定而不显著表现出与盐度的相关性。Williams 等(1990)通过统计手段分析维多利亚西部 79 个湖泊浮游生物物种多度与盐度的关系后指出, 二者在特定的盐度范围类存在着显著相关性。造成这种现象的原因估计有以下几种: ①某些浮游生物仅在高盐度条件下生存繁衍, 它们的出现在某种程度上抵消了水体盐度升高所带来的浮游生物种数减少; ②不同季节所对应的生态条件差异, 常能使相应的浮游生物组合繁盛, 仅从盐度的角度则不能解释由此带来的种数差异。因此, 对野外长期大范围调查而言, 很难复制实验室或理论推断的盐度与种类数相关关系。此外, 具体到本次调查来说, 各采样点理化条件(水化学类型等)的差异、采样期间的天气情况等, 在某种程度上削弱了盐度与

浮游物种多度生物的相关性。以洞错为例,洞错卤虫资源十分丰富(据当地政府称,2005年卤虫卵产量为60 t),但鉴定仅得到4种浮游植物且生物量低,究其原因乃大量捞取卤虫卵致使水体浑浊,透明度太低,大部分浮游植物不能生长,人为因素导致鉴定数据出现异常。

3.2 盐湖水生生物资源开发展望

西藏盐湖生物资源极为丰富,但其调查和开发利用远远落后于矿产资源。对西藏卤虫、盐藻有一定的研究开发(郑绵平等,1985,2002;印象初等,2001);西藏拟蚤的生物学及引种研究尚处于起步阶段(赵文等,2002,2005a,2005b,2006;霍元子等,2006);其他则未见报道。由于西藏水生生物种类及其生长环境的特殊性,盐湖生物资源极具开发潜力。

3.2.1 盐湖水生生物的抗逆基因资源

赵可夫等(2005)在《盐生植物及其对盐渍生境的适应生理》一书中阐述了氧胁迫的概念,即盐渍条件常导致植物体内的内源活性氧大量积累,从而伤害甚至杀死细胞。植物则通过合成大量抗氧化剂(还原型谷胱甘肽、 β -胡萝卜素、维生素E等)来提高自身耐性。盐藻成分分析表明其具有较高的 β -胡萝卜素、不饱和脂肪酸和维生素含量(李淑清等,2000);盐胁迫可以增加螺旋藻、盐藻成分中抗氧化物质的含量(Michael et al., 1990;刘志礼等,1998);蓝藻(Cyanobacterium)在高渗液、低温、干燥等条件下的生理生化研究(Suresh et al., 2002; Asish et al., 2005)等都证明了胁迫可诱导细胞内抗逆成分的超常表达。西藏盐湖特殊的自然条件时刻给予浮游生物以胁迫,自然选择过程必然会固定并遗传这种适应机制。因此,在盐湖资源深入开发过程中,对西藏盐湖生物的耐盐、抗寒等抗逆基因的研究以及相应产物的提取,可同时实现其学术价值和经济价值。

3.2.2 西藏拟蚤的开发利用

Sars于1903年在西藏的Toso-Nor湖中首次采集到西藏拟蚤并命名为*Daphniopsis tibetana* Sars,为西藏高原地区特有枝角类。在随后的科学调查中相继发现13个湖泊中有该拟蚤分布(赵文等,2002),是继卤虫之后又一极具开发潜力的生物资源。它广泛分布于西藏咸水湖中,到目前为止,已经记录至少19个湖泊中有该种的存在,部分湖泊还具有可观的生物量。目前的生态养殖主要通过饵料营养强化来提高产品品质,营养成分分析表明西藏拟蚤具有较为理想的氨基酸组成和很高的不饱和脂肪酸含量(赵文等,2006),是一种经过天然营养强化

的活体饵料,开发西藏拟蚤实现其经济价值极具前景(郑绵平,2001)。目前向内地引进该种作为北方海水鱼类活体饵料的研究正在进行^①(霍元子等,2006);同时借鉴新疆赛里木湖的开发经验,在充分调查、论证湖泊的生物组成、食物链等生态参数的基础上,向湖中引进冷水性耐盐碱鱼类,就地取材,为西藏的水产养殖业开辟一条崭新的道路。

总之,西藏盐湖生态环境的多样性和特殊性造就了其生物资源的多样性和特殊性,在相关资料丰富积累后,开发盐湖生物资源、构建产业化“盐湖农业”(郑绵平,1999),使之真正成为“盐湖农业”的一部分,为西藏的“大盐湖产业”添砖加瓦。

致谢: 特别感谢何志辉教授和贵州师范大学支崇远教授在样品鉴定过程中给予的热情指导! 样品采集过程中得到盐湖中心齐文、郑元研究员、刘喜方副研究员以及西藏锂业有限责任公司部分员工的热情帮助;水化学分析由盐湖中心化学分析室刘建华、司东新和崔锦完成,在此一并表示感谢!

注 释

^① 中国地质科学院矿产资源研究所(郑绵平). 2002. 保护生态,开发资源——西藏盐湖生物在海水中驯化. 科技日报,2002年2月28日,第四版.

参 考 文 献

- 何志辉,秦建光,王洪起,等. 1989. 晋南和银川地区盐水和超盐水体的浮游动物. 水生生物学报,13(1):24~37.
- 何志辉,秦克静,王岩,等. 1993. 晋南盐湖水域生物资源调查一、硝池. 大连水产学院学报,8(4):1~15.
- 胡鸿钧,李尧英,魏新印,等. 1979. 中国淡水藻类. 上海:上海科学技术出版社.
- 霍元子,赵文,梁森. 2006. 海水中大量培养西藏拟蚤及作为红鳍东方鲀鱼苗活饵料的研究. 大连水产学院学报,21(4):325~330.
- 李文漪,李家英,梁玉莲. 1983. 西藏曼冬错硅藻土中的孢粉和硅藻分析. 见:中国科学院青藏高原综合科学考察队主编. 西藏第四纪地质. 北京:科学出版社,172~178.
- 李尧英. 1984. 西藏蓝藻门新植物. 植物分类学报,22(2):167~174.
- 李尧英. 1985. 西藏高原及横断山区的温泉蓝藻. 水生生物学报,9(3):264~279.
- 李淑清,索全伶,杨伟. 2000. 乌兰泰杜氏盐藻中营养成分的分析. 内蒙古工业大学学报,19(1):22~24.
- 刘志礼,李鹏云. 1998. NaCl 胁迫对螺旋藻生长及抗氧化酶活性的影响. 植物学通报,15(3):43~47.
- 饶钦止. 1964. 西藏南部地区的藻类. 海洋与湖沼,6(2):169~187.
- 饶钦止,朱惠忠,李尧英. 1974. 珠穆朗玛峰地区的藻类. 见:珠穆朗玛峰地区科学考察报告—生物与高山生理,1966~1968. 北京:科学出版社,92~126.
- 沈嘉瑞,宋大祥. 1963. 西藏日喀则和江孜地区饶足类的研究. 动物学

- 报, 15(1):79~97.
- 沈嘉瑞, 宋大祥. 1964a. 西藏枝角类的初步研究. 动物学报, 16(1):61~69.
- 沈嘉瑞, 宋大祥. 1964b. 西藏南部地区的枝角类. 见: 西藏综合考察论文集—水生生物及昆虫部分. 北京: 科学出版社, 33~50.
- 沈嘉瑞, 宋大祥. 1964c. 西藏南部地区的桡足类. 见: 西藏综合考察论文集—水生生物及昆虫部分. 北京: 科学出版社, 51~71.
- 沈嘉瑞, 宋大祥. 1965a. 西藏西北部的浮游甲壳动物. 动物学报, 17(3):298~308.
- 沈嘉瑞, 张崇洲. 1965b. 亚洲后镖水蚤的幼体发育. 海洋与湖沼, 7(2):141~148.
- 沈嘉瑞, 张崇洲. 1966. 内蒙古与宁夏的桡足类. 动物学报, 18(2):209~219.
- 小久保清治. 1960. 浮游硅藻类. 上海: 上海科学技术出版社.
- 印象初, 印红, 周可新, 等. 2001. 高原盐湖藻类和卤虫资源的开发和利用. 盐湖研究, 9(1):4~8.
- 张光涛, 孙松. 2003. 硅藻对桡足类生长和生殖的作用. 自然科学进展, 13(8):818~824.
- 赵可夫, 范海. 2005. 盐生植物及其对盐渍生境的适应生理. 北京: 科学出版社, 2~3.
- 赵文, 姜宏, 何志辉. 1996. 三北地区内陆盐水的浮游甲壳动物. 大连水产学院学报, 11(1):1~13.
- 赵文, 王巧哈, 郑绵平, 等. 2002. 西藏拟溞生物学的初步研究. 大连水产学院学报, 17(3):209~214.
- 赵文, 王巧哈. 2005a. 西藏拟溞形态构造的再描述. 大连水产学院学报, 20(3):165~173.
- 赵文, 张琳, 霍元子. 2005b. 温度、盐度和体长对西藏拟溞耗氧率的影响. 生态学报, 25(7):1549~1553.
- 赵文, 霍元子, 高敬. 2006. 西藏拟溞营养成分的分析与评价. 中国水产科学, 13(3):446~451.
- 郑绵平. 1999. 盐湖农业与发展战略. 大自然探索, 18(67):7~12.
- 郑绵平. 2001. 青藏高原盐湖资源研究的新进展. 地球学报, 22(2):97~102.
- 郑绵平, 刘高文, 向军. 1985. 西藏扎布耶盐湖嗜盐菌、藻的发现和地质生态学议. 地质学报, 2:162~171.
- 郑绵平, 向军, 魏新俊, 著. 1989. 青藏高原盐湖. 北京: 科学技术出版社.
- 郑绵平, 张永生, 刘俊英. 2002. 盐湖中的生物资源. 大自然, 1:39~42.
- 中国科学院动物研究所甲壳动物研究组. 1979. 中国动物志—淡水桡足类. 北京: 科学出版社.
- 中国科学院青藏高原综合科学考察队. 1983. 西藏水生无脊椎动物. 北京: 科学出版社.
- 中国科学院青藏高原综合科学考察队. 1992. 西藏藻类. 北京: 科学出版社.
- 朱浩然. 1991. 中国淡水藻志, 第二卷, 色球藻纲. 北京: 科学出版社.
- 朱惠忠, 陈嘉佑. 2000. 中国西藏硅藻. 北京: 科学出版社.
- Asish K P, Anath B D. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety, 60:324~349.
- Daday E. 1908. Entomostraca et Hydrachindae e Tibet. Record of the Indian Museum, 2(5):323~341.
- Elizabeth A C. 1988. Factors influencing species diversity in saline waters of Death Valley, USA. Hydrobiologia, 158:215~226.
- He Zhihui, Qin Jianguang, Wang Hongqi, et al. 1989. Study on the saline and hypersaline zooplanktons from Jinnan and Yinchuan regions. Acta hydrobiologica Sinica, 13(1):24~37 (in Chinese with English abstract).
- He Zhihui, Qin Kejing, Wang Yan, et al. 1993. Biological resources in inland saline waters from Southern Shanxi, China. Part I. Lake Xiaochi. Journal of Dalian fisheries College, 8(4):1~15 (in Chinese with English abstract).
- Hu Hongjun, Li Yaoying, Wei Xinyin, et al. 1979. Chinese Fresh Water Algae. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press (in Chinese).
- Huo Yuanzi, Zhao Wen, Liang Miao. 2006. The mass culture of water fleas (*Daphniosis tibetana*) in sea water and its use as live food for larval red finpuffer (*Fugu rubripes*). Journal of Dalian Fishery University, 21(4):325~330 (in Chinese with English abstract).
- Kiefer F. 1939. Freilebende ruderfusskrbse (Crustacea Copepoda) aus Northwest und südindien (Pandschab, Kaschmir, Ladak, Nilgirigebirge). Memoirs of Indian Museum. Calcutta, 13(2):83~203.
- Kleppel G S. 1993. On the diets of calanoid copepods. Marine Ecology Progress Series, 99:183~195.
- Li Shuqing, Suo Quanling, Yang Wei. 2000. A study on the main nutrition of Jilantai *Dunallella salina*. Journal of Inner Mongolia Polytechnic University, 19(1):22~24 (in Chinese with English abstract).
- Li Wenyi, Li Jiaying, Liang Yulian. 1983. Pollen and diatom study of diatomite in Mandongcuo, Tibet. In: Quaternary Geology of Tibet. Beijing: Science Press, 172~178 (in Chinese with English abstract).
- Li Yaoying. 1984. New cyanophyta from Tibet. Acta Phytotaxonomica Sinica, 22(2):167~174 (in Chinese with English abstract).
- Li Yaoying. 1985. Thermal cyanophyta of the Tibet—Hengduan Mountain region. Acta Hydrobiologica Sinica, 9(3):264~279 (in Chinese with English abstract).
- Liu Zhili, Li Pengyun. 1998. The effect of NaCl stress on the antioxidase activities and growth of *Spirulina maxima*. Chinese Bulletin of Botany, 15(3):43~47 (in Chinese with English abstract).
- Michael A B, Lesley J B, David K. 1990. Effect of salinity increase on carotenoid accumulation in the green alga *Dunaliella salina*. Journal of Applied Phycology, 2:111~119.
- Qinghai—Tibet General Science Expedition Team of Academia Sinica. 1983. Aquatic Invertebrate from Tibet. Beijing: Science Press (in Chinese).
- Qinghai—Tibet General Science Expedition Team of Academia Sinica. 1992. Algae from Tibet. Beijing: Science Press (in Chinese).
- Rao Qinzhi. 1964. Alga in southern Tibet. Oceanologia et

- Limnologia Sinica, 6(2):169~187 (in Chinese with English abstract).
- Rao Qinzhi, Zhu Huizhong, Li Yaoying. 1974. Algae in Everest region. In: Notes of Everest Science Investigation, 1966~1968. Beijing: Science Press, 92~126 (in Chinese with English abstract).
- Research Group of Carcinology, Institute of Zoology, Academia Sinica. 1979. Chinese Fauna—Freshwater Copepod. Beijing: Science Press (in Chinese).
- Servant V S, Roux M. 1990. Multivariate analysis of diatoms and water chemistry in Bolivian saline lakes. Hydrobiologia, 197: 267~290.
- Shen Jiarui, Song Daxiang. 1963. Notes on copepoda collected from Ricaze and Gyangzi regions in Tibet, China. Acta Zoologica Sinica, 15(1):79~97 (in Chinese with English abstract).
- Shen Jiarui, Song Daxiang. 1964a. A primary study on cladocera from Tibet, China. Acta Zoologica Sinica, 16(1):61~69 (in Chinese with English abstract).
- Shen Jiarui, Song Daxiang. 1964b. Cladocerans in southern Tibet. In: Transactions of Comprehensive Investigation in Tibet (Part of hydrobiology and hexapod). Beijing: Science Press, 33~50 (in Chinese with English abstract).
- Shen Jiarui, Song Daxiang. 1964c. Copepoda in southern Tibet. In: Transactions of Comprehensive Investigation in Tibet (Part of hydrobiology and hexapod). Beijing: Science Press, 51~71 (in Chinese with English abstract).
- Shen Jiarui, Song Daxiang. 1965a. Notes on plankton crustaceans from northwestern part of Tibet. Acta Zoologica Sinica, 17(3): 298~308 (in Chinese with English abstract).
- Shen Jiarui, Zhang Chongzhou. 1966. On copepods of Inner Mongolia and Ning-Hsia, North China. Acta Zoologica Sinica, 18(2):209~219 (in Chinese with English abstract).
- Shen Jiarui, Zhang Chongzhou. 1965b. A study on paedomorphosis of *Metadiaptomus asiticus* Uljanirs. Oceanologia et Limnologia Sinica, 7(2):141~148 (in Chinese with English abstract).
- Sinji kokubo. 1960. Planktonic Diatom. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press (in Chinese).
- Suresh C S, Rajeshwar P S, Donat P H. 2002. Role of Lipids and fatty acids in stress tolerance in cyanobacteria. Acta Protozoologica, 41: 297~308.
- Williams W D, Boulton A J, Taaffe R G. 1990. Salinity as a determinant of salt lake fauna: a question of scale. Hydrobiologia, 197: 257~266.
- Williams W D. 1964. A contribution to lake typology in Victoria, Australia. Verh. int. Ver. Limnol, 15: 158~163.
- Williams W D. 1991. Chinese and Mongolian saline lakes: a limnological overview. Hydrobiologia, 210:39~66.
- Yin Xiangchu, Yin Hong, Zhou Kexin, et al. 2001. Development and utilization of salt algae (*Dunaliella salina*) and brine shrimp (*Artemia spp.*) in the plateau salt lakes of China. Journal of Salt Lake Research, 9(1): 4~8 (In Chinese with English abstract).
- Zhang Guangtao, Sun Song. 2003. Effect of diatom on the growth and reproduction of copepod. Progresss in Nature Science, 13(8): 818~824 (in Chinese).
- Zhao Kefu, Fan Hai. 2005. Halophyte and Their Physiological Adaptability to Salting Environment. Beijing: Science Press, 2~3 (in Chinese).
- Zhao Wen, Jiang Hong, He Zhihui. 1996. Planktonic crustaceans of inland saline waters in Sanbei District, Northern China. Journal of Dalian Fishery University, 11(1):1~13 (in Chinese).
- Zhao Wen, Wang Qiaohan, Zheng Mianping, et al. 2002. Primary study on the biology of *Daphniopsis tibetana* Sars. Journal of Dalian Fishery University, 17(3): 209~214 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Wen, Zheng Mianping, Liu Xifang, et al. 2005. Biological and Ecological features of saline lakes in northern Tibet, China. Hydrobiologia, 541: 189~203.
- Zhao Wen, Wang Qiaohan. 2005a. The morphological redescription of *Daphniopsis tibetana* Sars (Crustacea: Cladocera: Daphnidae). Journal of Dalian Fishery University, 20(3):165~173 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Wen, Zhang Lin, Huo Yuanzi. 2005b. The effect of temperature, salinity and body length to oxygen consumption rate of *Daphniopsis tibetana* Sars. Acta Ecological Sinica, 25(7):1549~1553 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Wen, Huo Yuanzi, Gao Jing. 2006. Analysis and appraisal of nutrient compositions for *Daphniopsis tibetana* Sars. Journal of Fishery Sciences of China, 13(3):446~451 (in Chinese with English abstract).
- Zheng Mianping, Liu Gaowen, Xiang Jun. 1985. The discovery of halophilic algae and halobacteria at ZaBuye salt lake Tibet and preliminary study on the geocology. Acta Zoologica Sinica, 2: 162~171 (in Chinese with English abstract).
- Zheng Mianping, Xiang Jun, et al. 1989. Saline Lakes on the Qinghai—Xizang (Tibet) Plateau. Beijing: Science and Technology Press (in Chinese with English abstract).
- Zheng Mianping. 1999. Saline lake agriculture and development strategy. Exploration of Nature, 18(67):7~12 (in Chinese).
- Zheng Mianping. 2001. Study advances in saline lake resources on the Qinghai-Tibet Plateau. Acta Geoscientia Sinica, 22(2):97~102 (in Chinese with English abstract).
- Zheng Mianping, Zhang Yongsheng, Liu Junying. 2002. On the bioresources in saline lakes. China Nature, 1: 39~42 (in Chinese).
- Zhu Haoran. 1991. Chinese Fresh Water Algae Fauna, Volume 2, Chroococrophyceae. Beijing: Science Press (in Chinese).
- Zhu Huizhong, Chen Jiayou. 2000. On Diatom in Tibet, China. Beijing: Science Press (in Chinese).

Plankton and Ecology Investigation of Some Saline Lakes in Ali Region, Tibet

YUAN Xianchun^{1,2,3)}, ZHENG Mianping^{2,3,4)}, ZHAO Wen^{1,2)}, WANG Hailei^{2,3,4)}

1) Dalian Fishery University, Dalian, 116023

2) Key Laboratory of Saline Lake Resources and Environment, Ministry of Land and Resources, Beijing, 100037

3) R & D Center of Saline Lake and Epithermal Deposit, CAGS, Beijing, 100037

4) Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing, 100037

Abstract

The study was undertaken from August to December in 2006. 18 saline lakes and 3 subsaline lakes in Ali region, Tibet, had been investigated. The salinity ranged from 0.31 g/L to 300.71 g/L. 44 biological samples and 22 hydrochemical samples were collected. One hundred and five species of phytoplankton and fourteen species of zooplankton, belonged to forty nine and eleven genera respectively, were identified. Diatoms were dominant in species richness by 60 percentage. *Metadiaptomus asiaticus* Uljanirs was reported firstly in Tibet. *Spirulina* spp., *Dunaliella salina*, *Daphniopsis tibetana* Sars, *Artemia* spp. distributed in 8, 3, 5 and 12 lakes, respectively. No plankton was identified in Cabu Co and Jeze Chaka because of high salinity and(or) some unknown factors else. Plankton species richness decreased as salinity increasing. The relationship between plankton species richness and salinity was not significant ($r^2 = -0.05, p > 0.05$) with salinity ranged from 0.31 g/L to 300.71 g/L, according to statistics. This paper showed a view to explain the seasonal population change between *Daphniopsis tibetana* Sars and Copepoda. The result suggested that diatoms, such as *cyclotella* spp., played an important role to this phenomenon. Some advices on the exploitation of saline lake bioresources, especially *Daphniopsis tibetana* Sars, were given at the end.

Key words: biological investigation; plankton; saline lake; Tibet