

氯化物型盐碱池塘浮游植物种类和多样性的研究

赵文 董双林 申屠青春 张兆琪

(青岛海洋大学教育部水产养殖开放实验室, 青岛 266003)

摘要: 1997年4月5日至1998年9月1日对山东高青县赵店乡渔场盐碱池塘浮游植物的种类组成和生物量进行了研究, 池塘盐度变动于1.36—20g/L, 总碱度变动于2.4—7.2mmol/L, pH值8—9。采集了387个浮游植物定量水样。结果表明, 高青盐碱池塘浮游植物主要是广盐性淡水种类, 一些是典型的盐水种。浮游植物的平均生物量为 $49.90 \pm 31.92 \text{ mg/L}$, 硅藻和裸藻占优势, 金藻占有相当比重。无鱼对照池的浮游植物生物量较养鱼池塘低得多。

关键词: 种类组成; 生物量; 浮游植物; 盐碱池塘

中图分类号: S963.21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2002)01-0031-08

养殖水体的浮游植物不仅是鱼虾直接或间接的饵料, 而且是水中溶解氧的主要供应者, 在水体生态系统的物质循环和能量流动中具有重要作用。浮游植物的种类组成和季节变化与池塘水质、系统内的能流、物流密切相关, 从而影响养殖动物的生长和系统的生产性能。因此, 养殖水体浮游植物研究倍受重视。关于淡水池塘浮游植物的研究已积累了大量资料^[1-5]。近年来对近岸海水养殖池塘的浮游植物也有一些报道^[6, 7]。然而, 我国内陆低洼地盐碱池塘的浮游植物只见到很少材料^[9, 14], 尚缺乏系统性, 且主要局限于碳酸盐型的池塘。本文研究了氯化物型盐碱池塘的浮游植物种类组成及生物量, 旨在对盐碱池塘水质的科学管理、提高鱼产量有所裨益。

1 材料和方法

1997年4—9月, 每5—10d采样一次, 1997年10月至1998年4月每月采样一次。1998年5—9月01#、3#和4#以及主养鲢的6#进行了每月一次的采样。与浮游植物定性、定量同时对水温、透明度及常规水化学指标进行了测定。正磷酸盐($\text{PO}_4\text{-P}$)用以抗坏血酸为还原剂的磷钼蓝法测定, 总磷(TP)用过硫酸钾消解法测定, 氨氮 $\text{NH}_4\text{-N}$ 用次溴酸钠氧化法测定, 硝酸盐氮($\text{NO}_3\text{-N}$)用锌-镉还原法测定, 亚硝酸盐氮($\text{NO}_2\text{-N}$)用磺胺-盐酸奈乙二胺法测定, 总氮按过硫酸钾氧化法用紫外分光光度计测定^[18], COD用碱性高锰酸钾法测定。浮游植物定量和其它水化学指标均按常规法测定。用 Cl^- 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、

收稿日期: 2000-01-13; 修订日期: 2001-04-20

基金项目: 国家九五攻关课题(960080401); 国家杰出青年基金(39725023)的资助

作者简介: 赵文(1963—), 男, 吉林农安县人; 副教授, 博士; 主要研究方向为水生生物学、水产养殖生态学; 现在大连水产学院养殖系工作, 116023。E-mail: zhaowen@mail.dlptt.ln.cn。在修改过程中得到大连水产学院何志辉教授的热忱指导, 特此致谢

SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和 $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ 八大离子总量为水体的盐度(g/L)。

池塘基本情况和放鱼情况见表 1。空白池一般不做任何处理,但 0# 池于 1997 年 10 月被用作养鸭池,接受了大量的鸭粪。养鱼池在放鱼前一般施用禽畜粪便等有机肥,放鱼后采用尿素、磷酸二氢铵等无机肥。仅对主养鲢池塘进行 2—3 次的少量追肥。主养鲢池塘和鲈鱼池少量投饵,其它养鱼池定期投饵。

表 1 高青盐碱池塘试验塘的基本状况及鱼类放养收获情况

Tab. 1 General situation, fish stocking and harvest of main experimental saline-alkaline ponds in Gaoqing								
池塘	面积	水深	放养密度	放养量	鱼产量	净产量	滤食性鱼	主养鱼
	Area	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	产量	Main
Ponds	(hm ²)	(m)	ind./hm ²	kg/hm ²	(kg/hm ²)	kg/hm ²	kg/hm ²	cultured
1#	0.20	1.6						无鱼
5#	2.0	1.5						无鱼
0#	0.20	1.8						无鱼
00#	0.20	1.8						无鱼
2#	0.34	2	7824	1144	7446	5500	3765	鲢
15#	0.20	2	11970	1394	8835	7882	4500	鲢
19#	0.24	1.8	13458	694	7500	6100	5969	鲢, 罗非鱼
3#	0.26	2	11346	1317	7000	5500	5769	罗非鱼, 鲢
8#	0.26	2	9231	640	7200	5800	4731	罗非鱼, 鲤
20#	0.65	1.8	11080	508	6972	5950	3430	罗非鱼, 鲢
4#	0.20	2	11235	788	8350	6730	3550	草鱼
7#	0.26	2	6654	488	8186	7130	1154	草鱼
17#	0.30	2	7267	1125	8145	6727	2700	草鱼
14#	0.20	1.8	200000		9250	9000		草鱼种
21#	0.20	1.6	7500	515	7125	6045	500	白鲢、鲤鱼
西 5#	0.20	1.8	22500	125	2700	2400	0	鲈鱼种
98—01#	0.2	1.8	33650	985	10680	9695	7275	罗非鱼
98—6#	0.26	2	14423	1723	10246	8523	5730	鲢
98—3#	0.26	2	16923	2027	13396	11369	8765	罗非鱼
98—4#	0.2	2	9150	1565	10800	9235	2052	草鱼

(1) Water depth; (2) Stocking density; (3) Fish stocking; (4) Gross fish yield; (5) Net fish yield; (6) Field-feeding fish yield.

2 结果

2.1 低洼地盐碱池塘的理化特征

从表 2 可见,池塘透明度变化于 10—79cm 之间,无鱼对照池的透明度较养鱼池的高,变动幅度也大,养鱼池透明度多在 20—25cm 左右。调查期间年平均水温为 20℃,最高水温 35℃,最低水温出现在 1 月份,为 2℃,池塘在 12 月至 2 月间有近 70d 的冰盖。电导率平均值变动于 2215—10553μS/cm 之间。

pH 值变动于 8—9 之间。平均盐度 1.36—9.26g/L,最大盐度出现在 00# 池,高达 20g/L。养鱼池盐度多在 2.5—6g/L。总碱度变动于 2.40—7.10mmol/L 之间,多在 5mmol/L 左右。COD 系按海水测定方法(碱性高锰酸钾法),测定值偏低,在 3.78—8.83mgO₂/L 之间。磷酸盐磷含量变动于 0.005—0.745mg/L 之间,养鱼池多在

0.020mg/L 左右。总磷含量 0.150—1.502mg/L 之间, 养鱼池多在 0.160mg/L 左右。总无机氮(TIN) 含量在 0.062—1.395mg/L 之间, 一般在 0.20—0.40mg/L, 总氮含量 2.61—6.63mg/L 之间, 养鱼池多在 3.0mg/L 左右。硅酸盐含量在 1.62—4.69mg/L, 养鱼池在 3.10mg/L 左右。营养盐的最大值都是 0# 池, 这是后期接受大量鸭粪所致。在离子组成上, 多是氯化物型钠组Ⅱ型水或是氯化物型钠组Ⅲ型水。硫酸盐在离子组成中占相当比重。若按 Hammer^[12] 分类法, 高青盐碱池塘水型多是 NaMgClSO₄ 型, 有些池塘是 MgNaClSO₄ 型。离子系数(K + Na/Ca + Mg) 只有 15# 池高达 12.6, 其它池塘均不高, 变动于 0.7—3.1 之间, 多为 1.5 左右。

表 2 高青盐碱池塘试验塘的理化特征

Tab. 2 Physical and hydrochemistry features of main experimental saline-alkaline ponds in Gaoqing												
池塘	透明度	pH	盐度	电导率	Alk	COD	PO ₄ -P	TP	TIN	TN	SiO ₃ -Si	K+Na Ca+Mg
Ponds	Transparency		Salinity	conductivity	(mmol/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	
	(cm)		(g/L)	(μs/cm)								
1#	41±16	8.79±0.43	1.96±0.47	2533	5.03±0.81	3.78	0.027	0.152	0.229	2.61	1.62	2.2
5#	40±14	7.97±0.41	2.83±1.06	3339	6.48±3.15	7.11	0.024	0.118	0.331	2.73	3.22	0.7
0#	48±31	8.64±0.71	5.61±1.73	6863	4.45±2.93	6.48	0.745	1.502	1.395	6.63	4.69	1.0
00#	36±17	8.62±0.56	9.26±5.44	10553	3.52±1.69	7.74	0.034	0.107	0.274	3.07	1.77	1.0
2#	26±10	8.5±0.33	2.68±0.30	3345	5.85±1.54	6.57	0.021	0.153	0.254	3.03	3.14	1.2
15#	22±4	8.65±0.19	3.13±0.46	4319	7.10±1.05	7.11	0.005	0.169	0.177			12.6
19#	18±2	8.98±0.19	2.23±0.46	2906	5.60±1.10	7.17	0.019	0.213	0.115			1.8
3#	24±9	8.39±0.31	1.97±0.38	2414	5.58±1.23	6.2	0.024	0.187	0.255	3.23		1.1
8#	22±12	8.41±0.33	2.74±0.39	3635	4.68±1.64	7.48	0.007	0.178	0.125			1.4
20#	17±4	8.54±0.10	3.28±0.91	4012	6.48±2.31	7.15	0.014	0.248	0.096			1.5
4#	29±11	8.31±0.24	2.78±0.36	3532	6.07±0.95	7.71	0.022	0.150	0.303	2.87	3.04	1.3
7#	21±6	8.46±0.21	3.58±0.63	4784	5.27±0.75	8.83	0.017	0.193	0.062			1.2
17#	19±4	8.42±0.45	5.96±1.00	7027	3.74±0.97	7.15	0.010	0.160	0.226			1.1
14#	20±6	8.64±0.30	2.49±0.52	3487	4.85±0.99	8.01	0.016	0.184	0.120			1.7
21#	19±5	8.51±0.27	2.56±0.63	3439	5.78±1.51	6.51	0.020	0.160	0.070			1.3
西 5#	40±5	8.49±0.21	1.82±0.14	2275	6.44±2.20							1.7
01#	20±1	8.52±0.51	1.36±0.33	1378	5.46±2.05		0.098	0.212	0.614	4.65		3.1
6#	24±6	8.28±0.20	2.15±0.33	2931	5.73±0.45		0.072	0.204	0.441	4.28		1.9
3#	22±3	8.31±0.13	2.08±0.22	2663	5.33±0.72		0.068	0.163	0.481	3.64		1.5
4#	23±4	8.1±0.07	2.11±0.46	2913	6.09±1.60		0.110	0.153	0.761	2.91		1.7

2.2 浮游植物的种类组成

经两年的观测, 高青盐碱池塘中共检出浮游植物 120 属约 197 种, 其中绿藻门最多, 45 属 76 种, 占浮游藻类种类总数的 38.58%; 硅藻门次之, 28 属 46 种, 占 23.35%; 再次是蓝藻门, 18 属 30 种, 占总种数的 15.23%; 第四是裸藻门, 8 属 19 种, 占 9.64%; 第五是金藻门, 9 属 11 种, 占 5.58%; 黄藻门、隐藻门和甲藻门种数最少, 均为 4 属 5 种, 分别占种类总数的 2.54%。

从出现率及平均丰度上看, 浮游植物优势种是: 蓝藻门的小色球藻(*Chroococcus minor*)、小席藻(*Phorimidium tenuis*)、螺旋鱼腥藻(*A nabaena spirioides*)、螺旋藻(*A nabaena sp.*) 和银灰平裂藻(*Merismopedia glauca*), 金藻门的小三毛金藻(*Prymnesium parvum*)、

黄绿等鞭金藻(*Isochrysis galbana*)和卵形单鞭金藻(*Chromulina ovalis*), 隐藻门的啮蚀隐藻(*Cryptomonas erosa*)、卵形隐藻(*Cryptomonas ovata*)和尖尾蓝隐藻(*Chroomonas acuta*), 甲藻门的光甲藻(*Glenodinium gymnodinium*), 硅藻门的近缘针杆藻(*Synedra affinis*)、嗜盐舟形藻(*Navicula halophila*)、星肋小环藻(*Cyclotella stelligera*)和长菱形藻(*Nitzschia longissima*), 裸藻门的绿裸藻(*Euglena viridis*)和颤动扁裸藻(*Phacus oscillans*), 绿藻门心形扁藻(*Platymonas cordiformis*)、尖细栅藻(*Scenedesmus acuminatus*)、四尾栅藻(*Scenedesmus quadricauda*)、扭曲蹄形藻(*Kirchneriella contorta*)、四足十字藻(*Crucigenia tetrapedia*)和普通小球藻(*Chlorella vulgaris*)。

从浮游植物出现率各月分布上看, 蓝藻、绿藻、裸藻在夏秋比冬春的出现率高, 而金藻、甲藻相反, 冬春比夏秋高, 硅藻和隐藻则全年出现率相近, 各月均可见到。

高青盐碱鱼池的浮游植物绝大多数为淡水普生性的耐盐种类, 其中一些种类是喜盐种或盐水种, 如螺旋藻属, 小三毛金藻、黄绿等鞭金藻、微红金藻(*Chrysococcus rufescens*)、长菱形藻、洛氏菱形藻(*Nitzschia lorenziana*)、肋缝菱形藻(*N. Frustulum*)、嗜盐舟形藻、牟氏角毛藻(*Chaetoceros muelleri*)、翼茧形藻(*Amphiprora alata*)、马鞍藻(*Campylodiscus noricus*)、长等片藻(*Diatomaelongatum*)、心形扁藻、盐生杜氏藻(*Dunaliella salina*)等。盐水种约占总种数的 10%。一种四鞭毛绿藻—三毛胶网藻(*Collodictyon triciliatum*)是我国的新记录。

2.3 浮游植物的生物量

研究表明(表 3), 浮游植物的平均生物量为 $49.90 \pm 31.92 \text{ mg/L}$, 变幅为 $0.60 - 360 \text{ mg/L}$, 生物量 $< 10 \text{ mg/L}$ 的样品占总样品数的 19.38%, $10 - 20 \text{ mg/L}$ 的样品占 15.5%, $20 - 100 \text{ mg/L}$ 的样品占 58.14%, $> 100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的样品占 14.21%。从表 3 可见, 各池塘浮游植物生物量存在很大差异, 主养罗非鱼和鲢鱼的 20# 池生物量最高, 为 133.02 mg/L , 而无鱼对照池 1#、5#、00# 池平均生物量在 $13 - 20 \text{ mg/L}$, 比养鱼池低的多。

从表 3 可见, 浮游植物生物量中, 硅藻门居首位, 平均为 $15.86 \pm 11.40 \text{ mg/L}$, 占总量的 31.79%; 裸藻门次之, 平均 $11.41 \pm 9.95 \text{ mg/L}$, 占总量的 22.86%; 第三是蓝藻门, 平均 $7.41 \pm 9.92 \text{ mg/L}$, 占总量的 14.85%; 绿藻门出现种类虽多, 占优势的种类不多, 平均生物量为 $5.65 \pm 3.81 \text{ mg/L}$, 占总量的 11.33%; 隐藻门的平均生物量为 $4.10 \pm 6.37 \text{ mg/L}$, 占总量的 8.21%; 金藻门平均 $3.39 \pm 3.74 \text{ mg/L}$, 占总量的 6.79%; 甲藻门平均 $1.92 \pm 1.98 \text{ mg/L}$, 占总量的 3.84%; 黄藻门平均生物量最低, 仅为 $0.16 \pm 0.23 \text{ mg/L}$ 。

试验池可分为无鱼对照池、主养鲢池、主养罗非鱼池、主养草鱼池、草鲢鱼种池、白鲢鲤池和鲈鱼种池 7 种放养类型。从表 4 可见, 不同类型池塘在浮游植物生物量和多样性指数上均存在着差异。无鱼对照池的生物量最低, 硅藻、金藻占总量的比例较大, 分别为 46.10% 和 15.04%; 多样性指数也比养鱼池塘低得多; 养鱼池塘浮游植物生物量从大到小的顺序是草鲢鱼种池 > 主养罗非鱼池 > 主养草鱼池 > 主养鲢池 > 白鲢鲤池 > 鲈鱼种池。草鲢鱼种池平均生物量超过 100 mg/L , 蓝藻占总量的 39.07%, 主要是螺旋鱼腥藻、小色球藻和 *Sp. irulina* sp., 裸藻也是优势类群, 主要是绿裸藻和颤动扁裸藻, 生物量占总量的 28.86%, 硅藻却比其它养鱼池的少, 多样性指数也较低。主养罗非鱼池多样性指数最高, 生物量也较高, 硅藻、裸藻和蓝藻分别占总量的 40.19%、23.16% 和 17.63%。主养草鱼池生物量居中, 裸藻、硅藻、蓝藻和金藻共同占优势, 裸藻、金藻占总量比例要高于其它

表 3 高青盐碱池塘浮游植物的平均生物量

Tab. 3 The mean biomass of phytoplankton from saline-alkaline ponds in Gaoqing										
池塘 Ponds	水样数 Num.	生物量 Biomass (mg/L)								
		总量	蓝藻	金藻	黄藻	隐藻	甲藻	硅藻	裸藻	绿藻
		Total	Cya.	Chr.	Xan.	Cry.	Pyr.	Bci.	Eug.	Chl.
1#	30	17.67±26.44	1.79	0.50	0.03	0.24	0.73	12.76	1.10	0.52
2#	33	34.35±29.20	2.83	6.37	0.08	1.09	1.09	10.75	5.29	6.85
3#	32	35.08±30.14	1.83	1.50	0.17	1.13	0.69	15.34	7.71	6.70
4#	33	49.24±37.92	4.81	5.74	0.03	1.32	1.59	18.36	8.80	8.59
5#	23	13.00±14.58	0.30	0.48	0.00	0.75	0.62	6.39	3.02	1.45
0#	25	62.79±85.81	15.83	2.85	0.35	17.14	4.26	10.40	6.40	5.56
00#	27	20.79±54.19	1.04	6.76	0.02	2.31	1.63	4.57	3.74	0.71
7#	23	82.91±80.52	7.05	16.64	0.24	1.58	4.29	21.58	25.71	5.84
8#	18	92.22±72.68	16.17	8.00	0.07	2.43	0.12	45.39	16.71	3.34
14#	12	104.19±61.75	40.71	1.95	0.28		7.72	9.80	30.07	13.65
15#	24	73.94±59.74	4.48	5.76	0.52	4.04	2.35	31.37	21.05	4.38
17#	13	73.55±54.11	15.19	4.53	0.10	4.23	2.92	16.28	26.37	3.93
19#	19	65.07±30.92	5.02	1.01	0.40	10.59	0.49	26.01	8.19	13.36
20#	18	133.02±74.45	27.90	3.39	0.96	2.97	6.21	43.89	35.89	11.81
21#	12	39.19±24.41	1.31	2.99		1.74	1.99	14.37	10.85	5.94
西 5#	4	27.79±19.99	0.85	0.08		1.57	0.74	15.00	2.05	7.51
01#	4	49.73±17.78	1.67	0.11	0.06	27.21	0.65	10.76	7.40	1.85
6#	4	31.93±4.62	2.05	0.04	0.17	2.28		12.82	4.88	9.69
3#	4	33.01±10.85	5.82	1.80	0.01	1.25	1.30	8.35	10.54	3.94
4#	4	16.07±5.12	3.55	0.11	0.05	3.12	0.11	3.86	1.62	3.64
Mean		49.90±31.92	7.41	3.39	0.16	4.10	1.92	15.86	11.41	5.65
Total	387									

养鱼池。主养白鲢池生物量略低于主养草鱼池,硅藻、裸藻、绿藻占优势,隐藻占总量比例较其它池塘高。白鲢鲤池生物量接近该地区总平均生物量,该池系新挖池塘,小三毛金藻常有发生,硅藻、裸藻、绿藻占优势。主养鲈鱼池生物量最低,硅藻占优势,占总量比例达 53.97%,绿藻占总量比例高于其它池塘。

表 4 不同放养类型池塘浮游植物的种类组成、生物量和多样性指数

Tab. 4 The species composition, mean biomass and diversity index of phytoplankton in the ponds with different fish culture patterns											
池塘 Ponds	水样数 Num. of sam.	生物量 Biomass (mg/L)	各类群占总量百分比 (%)								H'
			Percentage of taxons to total biomass								
			蓝藻门 Cya.	金藻门 Chr.	黄藻门 Xan.	隐藻门 Cry.	甲藻门 Pyr.	硅藻门 Bci.	裸藻门 Eug.	绿藻门 Chl.	
无鱼对照池(1)	80	17.15	6.08	15.04	0.10	6.43	5.79	46.10	15.26	5.20	1.696
主养鲢鱼池(2)	76	57.79	7.11	7.58	0.57	9.06	2.27	39.30	19.92	14.18	2.644
主养罗非鱼池(3)	68	86.77	17.63	4.95	0.46	2.51	2.70	40.19	23.16	8.39	2.938
主养草鱼池(4)	69	68.57	13.15	13.08	0.17	3.47	4.28	27.33	29.60	8.93	2.833
草鲢鱼种池(5)	12	104.19	39.07	1.87	0.27	0.00	7.41	9.41	28.86	13.11	2.303
白鲢鲤鱼池(6)	12	39.19	3.33	7.63	0.00	4.45	5.08	36.67	27.70	15.16	2.555
鲈鱼鱼种池(7)	4	27.79	3.04	0.30	0.00	5.63	2.68	53.97	7.36	27.03	2.721

(1) Control ponds without fish; (2) Ponds main cultured silver carp; (3) Ponds main cultured tilapia; (4) Ponds main cultured grass carp; (5) Ponds cultured larvae grass carp and silver carp; (6) Pond main cultured pomphoret and common carp; (7) Pond cultured perch.

3 讨论

3.1 盐碱池塘浮游植物种类组成和生物量的特点

单细胞藻类对环境的改变有很强的适应能力,由于世代时间极短,通过较小的遗传变异,在一定时间内即可适应于盐度的颇大变化。藻类细胞还能较迅速地合成多元醇或其衍生物、糖或多糖和某种氨基酸等渗透调节物,用以迅速调节细胞的渗透压,适应环境盐度的变化。很多淡水藻类耐盐上限达到 $15-20\text{S}^{[13]}$,有些淡水习见浮游植物如小颤藻、颗粒直链藻、飞燕角甲藻、铜绿微囊藻等甚至在 $150-180\text{S}$ 之间出现^[12]。本研究表明,高青盐碱池塘浮游植物区系主要由淡水普生种组成,对盐度有较大的适应性,如前述优势种中的小色球藻、小席藻、啮蚀隐藻、卵形隐藻、绿裸藻、尖细栅藻、四尾栅藻、扭曲蹄形藻等都是淡水养鱼池的主要种类^[2,4]。然而,盐度对淡水藻类的分布也有一定的选择作用,如扇形藻、肋缝藻、平板藻等属和鼓藻目的一些嫌盐种,在这里均未见到。由于嫌盐种通常都是贫营养型种,在淡水鱼池中也很少见,因此盐碱池塘的藻类区系和淡水池塘十分相似。与淡水池塘不同的是盐碱池塘除淡水种以外,总有或多或少的盐水种出现,并且通常都是优势种,如前述优势种中的小三毛金藻、嗜盐舟形藻、长菱形藻、心形扁藻等。盐水种占总种数的 10% 左右,占优势种数的 18%。

由于高青盐碱池塘的盐度不高,不易看出不同盐度池塘藻类区系的明显差别。但从盐水种(或淡水喜盐种)占浮游植物总密度或生物量百分比的差别,也能说明盐度的影响。无鱼对照池塘 1#、5#、0#、00# 排除了放养鱼类和渔业活动的干扰,比较而言,这 4 个池塘盐度依次升高(表 2),总种数依次为 102、113、85 和 91 种。盐水种占总种数的百分比依次为 12%、14%、16% 和 19%,盐水种密度占浮游植物总密度的百分比依次为 19%、28.6%、44% 和 58%。盐水种生物量占浮游植物总生物量的百分比依次为 14%、32%、30% 和 50%。这表明盐度对浮游植物种、量均有明显影响。相关分析表明,盐度、碱度与浮游植物种数、密度、生物量和多样性指数无明显的规律性的关系。但从总体来看,一般随着盐度升高,浮游植物种数和多样性指数有下降趋势。

与同属盐水水体的近岸海水养虾池相比,大量淡水种的存在是两者的共性,但养虾池的盐水种都是海洋起源的种类,并且盐水种所占比重大于盐碱池^[6,7]。所调查的盐碱池塘浮游植物的种数和多样性指数均高于一般淡水池塘,这点既与采样频度和次数有关,也可能与生境的多样性有关。

高青盐碱池塘浮游植物平均生物量为 49.90mg/L ,比哈尔滨地区鱼池(63.9mg/L)^[3]低得多,与无锡河埭口(46.4mg/L)^[11]、吉林镇赉(49.4mg/L)^[8]、广东佛山(45mg/L)和南京苏州鱼池($30-60\text{mg/L}$)^[15]比较接近,比海水养虾池(15.03mg/L)^[6]高得多。考虑到生物量的变幅和采样计数的误差,高青盐碱池塘的浮游植物生物量并不低于一般淡水池塘,这是因为在蒸发和浓缩过程中,盐度升高,营养盐和溶解有机质浓度也升高,盐度在一定程度上是肥水的标志,表现在平均盐度小于 3g/L 的池塘,随着盐度升高,生物量有增大趋势,如 1#、19# 和 14# 池,盐度与生物量正相关($p < 0.05$),而在平均盐度 $> 3\text{g/L}$ 的池塘如 00#、0#、20#、7# 和 17# 池塘,盐度升高,生物量呈下降趋势。

各门藻类占其总生物量份额与淡水池塘明显不同。我国北方高产池塘浮游植物生物

量以绿藻、硅藻和裸藻为主; 南方高产池塘主要以隐藻、甲藻和裸藻等较大型鞭毛藻类为主, 绿藻塘在常施化肥的池塘较常见, 硅藻塘、裸藻塘和金藻塘仅短期存在^[4]。而高青盐碱池塘浮游植物生物量以硅藻和裸藻占主导地位, 蓝藻和绿藻只是次优势类群。虽然池塘浮游植物种类组成主要由养鱼池的水深、放养模式、养殖方式和水质管理水平的差异所决定, 但是盐碱池塘浮游植物生物量组成的上述特点也与盐碱池塘的环境特征有关, 因为裸藻生物量集中于绿裸藻, 该藻极耐盐, 硅藻中盐水种和喜盐种出现率较高。特别值得指出的是, 小三毛金藻几乎常年存在, 在生物量中也占一定比重, 特别是在春季危害较大, 对此要给予充分重视, 以减少或防止其对鱼类等养殖动物的危害。

营养盐对浮游植物种类组成和生物量也有重要影响, 养鱼池由于受施肥、投饵和鱼类活动等的影响, 营养盐与浮游植物生物量关系很不规律。对未受上述干扰的无鱼对照池整体而言, 浮游植物生物量均与 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、 TP 、 TIN 、 TN 、 SiO_3 、 Si 存在极显著的正相关 ($p < 0.01$)。

3.2 不同放养类型池塘浮游植物的比较

前已指出, 无鱼对照池浮游植物生物量最低, 这主要因为这类池塘营养盐限制了浮游植物生长, 浮游动物摄食也是一个重要原因。但接受养鸭废水的 0# 池塘, 浮游植物在秋冬季节发生水华, 生物量很高。养鱼池塘中草鲢鱼种池生物量最高的原因首先与其组成中蓝藻占很大比重有关。如所周知, 蓝藻水华常可达到很高生物量, 在淡水鱼池肥水中鱼腥藻和拟鱼腥藻水华常可达到 $200\text{--}300\text{mg/L}$ 的生物量^[2]。主养罗非鱼池每天大量投饵, 鱼粪和残饵的分解为浮游植物大量繁殖提供了营养条件; 此外生物量组成中蓝藻的比重也较大。其它养鱼池浮游植物生物量的差异也与池塘管理、鱼类的食性和生物量组成有关。

3.3 碳酸盐型与氯化物型水体浮游植物的比较

内陆盐碱性水体, 除盐度外碱度、 pH 和离子系数等也可能成为水生生物入栖和生存的限制因子。高青盐碱池塘均是氯化物型, 养鱼池塘盐度多在 $2.5\text{--}6\text{g/L}$ 之间, 多为 5mmol/L 左右, 且碱度与盐度负相关 ($r = -0.345$, $n = 296$, $p < 0.01$), 因而浮游植物区系和淡水池塘十分相似。但在碳酸盐型盐水中碱度和 pH 均较高, 一定的碱度常是淡水水体高生物生产力的标志, 而盐水中过高的碱度对水生生物有毒害作用, 且碱度与 pH 对水生生物的毒性具有协同作用。蓝藻对碱度的适应性很大, 如钝顶螺旋藻 (*Spirulina platensis*)、阿氏拟鱼腥藻和颤藻等可在碱度高达 $210\text{--}580\text{mmol/L}$ 的苏打湖中占优势^[12, 13], 一般高碱度水体蓝藻种、量均较多, 且随碱度增大而增大^[9], 种的多样性则随碱度增大而下降, 据程维新调查^[10], 位于高青地区附近的禹城和辛店洼为碳酸盐型盐水, 盐度比高青盐碱池塘低些, 但总碱度 (多为 $5\text{--}7\text{mmol/L}$ 左右) 却高些, 其浮游植物组成特点是种类少, 生物量上以蓝藻居首位, 硅藻和裸藻次之。该作者对浮游植物只鉴定到属, 难以充分说明问题。但河北张家口和吉林白城地区的一些碳酸盐水体^[14], 碱度超过 30mmol/L , 碳酸钠含量较高, 藻类种数较少, 为 $8\text{--}21$ 种, 其中硅藻仅 $2\text{--}4$ 种。硫酸盐型盐水碱度和 pH 不高, 浮游植物情况和氯化物型相近。

参考文献:

[1] 何志辉、李永函. 无锡市河埭口高产鱼池水质研究II: 浮游生物[J]. 水产学报, 1983, 7(3): 297—305

- [2] 何志辉. 从“看水”经验论养鱼水质的生物指标. 水生生物学报, 1985, (1): 89—9812
- [3] 秦建光. 哈尔滨地区高产鱼池水质研究Ⅱ. 浮游生物[J]. 大连水产学院学报, 1984, (1): 15—25
- [4] 张扬宗主编. 中国池塘养鱼学[M]. 北京: 科学出版社, 1989, 40—88
- [5] 姚宏禄. 综合养鱼高产塘的浮游植物[J]. 中国水产科学, 1996, 4(3): 32—36
- [6] 阎喜武. 庄河青堆虾池的浮游生物[J]. 大连水产学院学报, 1992, 7(4): 9—24
- [7] 卢敬让. 受控围隔生态系浮游生物生态学研究[D]. 博士论文, 青岛海洋大学. 1996
- [8] 何志辉. 吉林镇赉养鱼场鱼池生态系的分析[J]. 水产学报, 1993, 17(1): 24—35
- [9] 赵 文. 中国北方内陆盐水的浮游植物[J]. 大连水产学院学报, 1992, 7(2, 3): 49—64
- [10] 程维新. 洼地整治与环境生态[M]. 北京: 科学出版社, 1993, 67—136
- [11] Beadle L C. The Inland Water of Tropical African [M]. (Second edition) Longman, London and New York. 1981, 332—361
- [12] Hammer U T. Saline Lake Ecosystem of the World [M]. Junk, Dordrecht. 1986, 1—261
- [13] Wood R P, JF Talling. Chemical and algal relationship in a salinity series of Ethiopian inland waters [J]. *Hydrobiologia*, 1988, 158: 29—67
- [14] Zhao Wen, He Zhi-hui. Biological and ecological features of inland saline waters in North Hebei, China. *International Journal of Salt Lake Research*, 1999, 8(3): 267—285

STUDIES ON THE SPECIES COMPOSITION、BIOMASS AND SPECIES DIVERSITY OF PHYTOPLANKTON IN SALINE-ALKALINE PONDS WITH CHLORIDE TYPED

ZHAO Wen, DONG Shuang-lin, SHEN T U Qing-chun and ZHANG Zhao-ti

(The Open Laboratory of Aquaculture Research, Ocean University of Qingdao, Qingdao 266003)

Abstract: From 5 April 1997 to 1 September 1998, the species composition and biomass of phytoplankton were studied in saline-alkaline ponds in Zhaodian Fish Farm, Gaoqing County, Shandong Province. 387 phytoplankton samples were collected. Salinity ranged from 1.36—20g/L. Total alkalinity changed from 2.40—7.2 mmol/L, and pH ranged from 8—9. The results indicated that the phytoplankton in saline-alkaline ponds had been composed of salt-tolerance species or halophile species, which occurs commonly in freshwater, some of them are halobiont species. The average biomasses of phytoplankton were 49.90 ± 31.92 mg/L. Diatom, Euglenophyta and Chrysophyta were dominant. The biomass of phytoplankton in control ponds without fish was fewer than that of fish-culture ponds. The features of species composition and biomass were discussed.

Key words: Species composition; Biomass; Phytoplankton; Saline-alkaline pond