第 14 卷 第 2 期
2002 年 6 月

湖 泊 科 学
JOURNAL OF LAKE SCIENCES

Vol.14,No.2
Jun.,2002

盐碱池塘浮游动物的群落演替和多样性*

赵 文[1,2] 董双林[2] 张兆琪[2]

(1:大连水产学院养殖系,大连 116023;2:青岛海洋大学教育部水产养殖开放研究实验室,青岛 266003)

提 要 于 1997 年 4 月 5 日至 1998 年 9 月 1 日对山东高青赵店乡渔场 34 个盐碱池浮游动物群落演替及其多样性进行了研究,采集了 389 个浮游动物定量水样.结果表明,轮虫主要是在夏秋高温季节占主导地位.桡足类在春季和秋末冬初在大部分养鱼池和所有无鱼对照池中占绝对优势.原生动物在养鱼池浮游动物中占相当比重.浮游动物生物量的季节变动一般都有放养早期的春季生物量峰值和盛夏至初秋的生物量高峰,浮游动物多样性指数的季节变动形式与浮游动物生物量的季节变动不尽相同.其季节变动的总趋势是,冬季最低,春季开始上扬,夏季最高,秋季又开始下降,浮游动物多样性指数在浮游动物生物量峰值时多是低谷,而生物量下降时多样性指数又上升.无鱼对照池和新挖池塘的浮游动物多样性指数和生物量均较一般养鱼池塘的高.

关键词 群落演替 多样性 浮游动物 盐碱池塘

分类号 Q958.15+4

养殖水体的浮游动物是鱼虾的饵料基础,又是水体生态系统中物质循环和能量流动的重要环节.因此浮游动物与池塘水质、系统内的能流、物流也是密切相关的,同样会影响养殖动物的生长和系统的生产性能.作者已报道过盐碱池塘浮游动物的种类组成和生物量特点[1],本文报道这类池塘浮游动物各类群的季节演替及其多样性,旨在为充分利用盐碱池塘提高鱼产量提供依据.

1 材料和方法

1.1 池塘的基本情况

实验池塘位于山东省高青县赵店乡渔场,均为盐碱池,共 34 个(表 1).

1.2 浮游动物采样及种、量检测方法

在 1997 年 4 月 – 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 月 – 9 月 01#、3# 和 4# 以及主养鲢鱼的 6# 进行了每月一次的采样.浮游动物的定量水样用容量为 5L 的水生 – 80 型采水器分别在池塘四角和池中心采样混合或在近池中心采集(采中上层水样混合),原生动物种类鉴定采用活体观察法.采用浮游植物定量的浓缩水样进一步浓缩至 20mL,测定时充分摇匀,用定量吸管准确吸取 0.1mL 置于浮游植物计数框内,在 Olympus BH – 2 型显微镜下全片计数,测定原生动物密度和生物量;吸取 1.0mL 置于浮游动物计数框中在 10 × 10 倍显微镜下全片计数,测定小型轮虫及无节幼体密度和生物量.采水 20L,用 25# 浮游生物网(网目孔径为 64μm)过滤,浓缩液用 5% 甲醛固定,在显微镜下全部计数,测定大型浮游动物密度和生物量.

* 国家九五攻关课题(960080401)和国家杰出青年基金(39725023)资助项目.
收稿日期:2001 – 09 – 21;收到修改稿日期:2001 – 12 – 24.赵文,男,1963 年生,博士,副教授.Email:zhaowen@mail.dlptt.ln.cn

表 1 高青盐碱池塘试验塘的基本状况及鱼类放养与收获情况[1)]

Tab.1 General situation, fish stocking and harvest of main experimental saline-alkaline ponds in Gaoqing, Shandong Province

池塘	面积 (hm^2)	水深 (m)	放养密度 (ind./hm^2)	放养量[2)]	放养鱼类的重量比(%)								鱼产量[2)]	净产量[2)]	滤食性鱼产量[2)]
					鲢	草鱼	罗非鱼	鲤鱼	白鲳	鳙	鲫	鲈鱼			
1#	0.20	1.6													
5#	2.0	1.5													
0#	0.20	1.8													
00#	0.20	1.8													
2#	0.34	2	7824	1144	66.1	18.0		5.7	3.0	7.3			7446	5500	3765
15#	0.20	2	11970	1394	45.9	24.7		5.1		24.2			8835	7882	4500
19#	0.24	1.8	13458	694	42.6	11.7	33.6	12.0					7500	6100	5969
3#	0.26	2	11346	1317	19.5		77.9				3.4		7000	5500	5769
8#	0.26	2	9231	640	9.9		90.1						7200	5800	4731
20#	0.65	1.8	11080	508	22.2	5.9	37.1	19.1	15.7				6972	5950	3430
4#	0.20	2	11235	788	9.5	57.8	14.3	9.5		7.3	7.4		8350	6730	3550
7#	0.26	2	6654	488	14.2	70.9	0.0	15.0					8186	7130	1154
17#	0.30	2	7267	1125	37.0	51.9	0.0	11.1					8145	6727	2700
14#	0.20	1.8	200000										9250	9000	
21#	0.20	1.6	7500	515			7.8	19.4	72.8				7125	6045	500
西 5#	0.20	1.8	22500	125								100	2700	2400	0
98-01#	0.2	1.8	33650	985	2.5	29.4	53.8	17.3					10680	9695	7275
98-6#	0.26	2	14423	1723	33.5	13.8	23.0	3.8	15.1	10.9			10246	8523	5730
98-3#	0.26	2	16923	2027	6.9	22.0	67.0			4.17			13396	11369	8765
98-4#	0.2	2	9150	1565	15.0	65.8		18.2			0.96		10800	9235	2052

1) 14# 池塘放养草鱼种,西 5# 池塘放养鲈鱼种;2)单位:kg/hm^2.

对本试验采得的浮游动物随机选取 50 – 100 个个体,用显微镜目微尺测量其大小,原生动物和轮虫按其相近的几何形状计算体积,取其平均体积按比重为 1 换算成湿重,枝角类和桡足类量其体长,按文献[3,4]中相近的体长 – 体重回归方程推算.将浮游动物计数结果换算成数量(ind./L),然后按上述湿重计算生物量(mg/L).

1.3 数据处理方法

浮游动物多样性指数采用 Shannon-Wiener 指数计算,其公式为

$$H' = -\sum (n_i/N)\log_2(n_i/N)$$

式中,H' 为多样性指数;N 为浮游动物总个体数;n_i 为浮游动物总种数中第 i 种的个体数.

2 结果

2.1 浮游动物群落构成的季节变动

池塘浮游动物生物量组成随时间的变化见图 1(a – j).可见,各类浮游动物生物量的季节变化很大.原生动物在春季鱼类放养早期的大多数养鱼池和夏秋之交的部分养鱼池(如 15# 池)中占优势,接受养鸭废水的 0# 池在冬季也出现原生动物大暴发.轮虫主要是在夏秋高温季节占主导地位,特别是褶皱臂尾轮虫(*Brachionus plicatilis*)在高青盐碱池塘中都有出现,总出现率达 3.68%,最大密

度出现在 00# 池,达 32,600ind./L,而且主要出现在夏季水体盐度较高的池塘.桡足类生物量在春夏之交和秋末冬初在大部分养鱼池和所有无鱼对照池中占绝对优势.细巧华哲水蚤(*Sinocalarus tenellus*)、近邻剑水蚤(*Cyclops vicinus*)透明温剑水蚤(*Thermocyclops hyalinus*)和台湾温剑水蚤(*Thermocyclops taihokuensis*)是高青盐碱池塘的桡足类优势种,它们的数量变动左右了浮游桡足类群落的周年消长.细巧华哲水蚤是终年出现型,但 7 – 8 月高温期间数量极少,近邻剑水蚤和透明温剑水蚤在冬春季出现率高、密度大.同属终年出现型的台湾温剑水蚤则在高温季节占优势.

2.2　盐碱池塘浮游动物的多样性

不同放养类型池塘浮游动物生物量及其组成和多样性指数上均存在着差异(表 1).无鱼对照池的生物量最高,桡足类生物量占总量的比例较大,高达 81.31%,其它类群中轮虫 > 枝角类 > 原生动物,浮游动物多样性指数也比一般养鱼池塘的高;养鱼池塘浮游动物生物量从大到小的顺序是:鲈鱼鱼种池 > 草鲢鱼种池 > 白鲳鲤鱼池 > 主养罗非鱼池 > 主养草鱼池 > 主养鲢鱼池.这一现象与鱼类的食性和池塘管理有关.草鲢鱼种池以桡足类占优势,比例为 58.70%,轮虫与原生动物相当,为 20%左右.白鲳鲤鱼池、主养鲈鱼池占主养鲢鱼池轮虫占优势.主养非鲫池和主养草鱼池中原生动物生物量占优势,轮虫次之.白鲳鲤鱼池浮游动物多样性指数最高,为 2.254,生物量在一般养鱼池中也较高,轮虫占总量比例最高,达 71.40%.

本文用 Shannon-Wiener 指数对高青盐碱池塘浮游动物多样性指数进行了计算.结果示于表 2 和图 2.从图中可知,浮游动物多样性指数的季节变动形式与浮游动物生物量的季节变动不尽相同.其季节变动的总趋势是,冬季最低,春季开始上扬(有时出现峰值,如 5#、00# 池)、夏季最高,秋季又开始下降,浮游动物多样性指数在浮游动物生物量峰值时多是低谷,而生物量下降时多样性指数又上升.这符合一般规律,因为浮游动物生物量峰值时,多是一种或少数几种浮游动物占绝对优势,故此时浮游动物多样性指数大大降低.高青盐碱池塘浮游动物多样性指数的平均值是 1.921.不同放养类型池塘浮游动物多样性指数除新挖池塘外比较接近,主养草鱼池较高,1.962,主养鲢鱼池最低,为 1.760(表 2).

表 2　不同放养类型池塘浮游动物的生物量和多样性指数

Tab.2　The mean biomass and diversity index of zooplankton in different fish-culture ponds

池塘	水样数	生物量 (mg/L)	各类群占总量百分比(%)				多样性指数	浮游植物/浮游动物
			原生动物	轮虫	枝角类	桡足类		
无鱼对照池	80	19.05	3.78	9.71	5.22	81.31	2.216	3
主养鲢鱼池	76	3.20	34.88	50.62	0.93	13.57	1.760	19
主养罗非鱼池	68	5.47	42.18	30.47	1.44	27.39	1.852	17
主养草鱼池	69	4.17	49.02	35.89	0.10	14.99	1.962	17
草鲢鱼种池	12	8.25	19.56	20.87	0.82	58.70	1.904	13
白鲳鲤鱼池	12	7.10	26.37	71.40	0.27	1.93	2.254	6
鲈鱼鱼种池	4	26.73	1.13	55.26	10.71	32.90	1.841	1

高青盐碱池塘 389 个水样中,浮游动物多样性指数小于 0.5 的占 5.67%,大于 3.5 的占 2.06%,介于 1 – 3 之间的 92.27%.

3　讨论

3.1　浮游动物的分布和季节演替

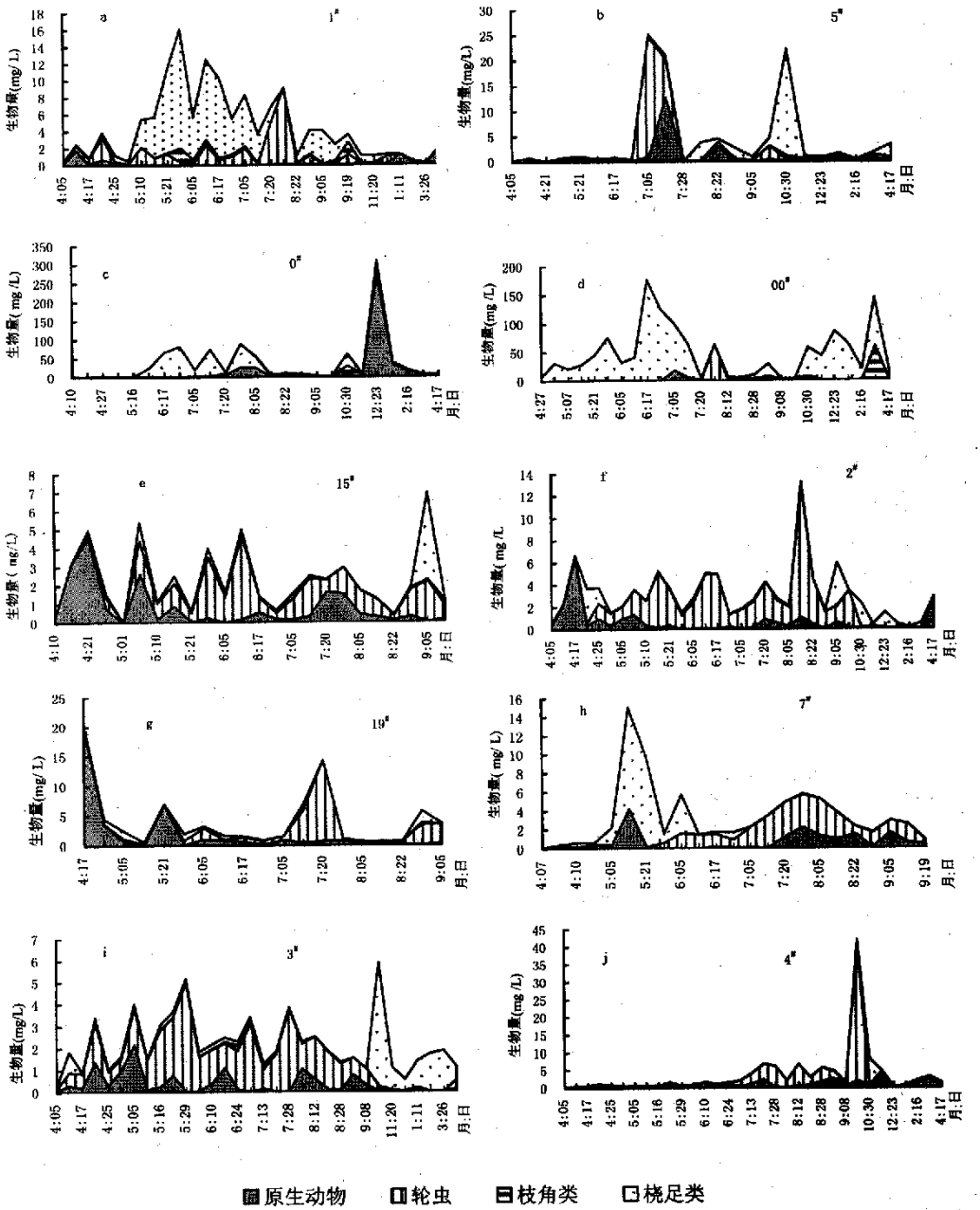

图1 高青盐碱池塘浮游动物群落结构的季节变化(a－j)

Fig.1 Seasonal changes of communities structure of zooplankton in saline-alkaline ponds

高青盐碱池塘浮游动物群落季节变动的规律是一般都有春季放养早期的生物量峰值和盛夏至初秋的生物量高峰，各类浮游动物常年均有出现，桡足类春季和秋末占优势，轮虫夏季占优势，原生动物在一些盐度较高的池塘中占优势，这固然与水温高低、盐碱池塘的环境多变以及生物的适应性、捕食、竞争等有关．当然也与施肥、投饵、注排水等人为干扰的季节转换有关．

褶皱臂尾轮虫（*Brachionus plicatilis*）是典型的咸水种，分布水体的盐度幅度为 1－250g/L，在内陆咸水中广泛分布[2,5,6]．

微型裸腹溞（*Moina micrura*）在自然水体出现的最高盐度为 16.7g/L（莫桑比克 Chiewa 湖），在阿根廷和我国天津地区内陆咸水中也有分布[7]．长肢秀体溞（*Diaphanosoma leuchtenbergianum*）出现的最高盐度为 13.0g/L（加拿大萨斯喀彻温）．大型溞（*Daphnia magna*）出现的最高盐度为 42g/L，通常能耐受 13.6g/L 的盐度[8]．隆线溞（*Daphnia carinata*）出现的最高盐度为 11g/L（澳大利亚），在我国张家口地区 6g/L 的小型湖泊中有出现[9]，直额裸腹溞（*Moina rectirostris*）出现的最高盐度为 18.36g/L．因此这些枝角类能在高青盐碱池塘中出现是不难理解的．另一方面，由于鱼池水较肥，浮游藻类生物量大，按何志辉[10,11]池塘水质等级划分法，高青养鱼池多属 5－7 级的鱼池肥水，是高度富营养化水体，枝角类主要优势种多是小型、杂食性的，如微型裸腹溞和长肢秀体溞，这点与 Brooks & Dodson，Vanni，Odum 的结果[12－14]是一致的．

细巧华哲水蚤（*Sinocalarus tenelus*）是沿岸性半咸水种类，Hada[15]研究了该种桡足类在半咸水中的季节变化，结果表明，细巧华哲水蚤除夏季外，在日本一些半咸水中均有出现，4 月有一个小高峰，9 月有一个大高峰．作者的结果与此基本一致，细巧华哲水蚤在春季和秋季各类型盐碱池塘中普遍存在，成为浮游动物的优势种，但是生物量大高峰出现在春季 4 月份，最大密

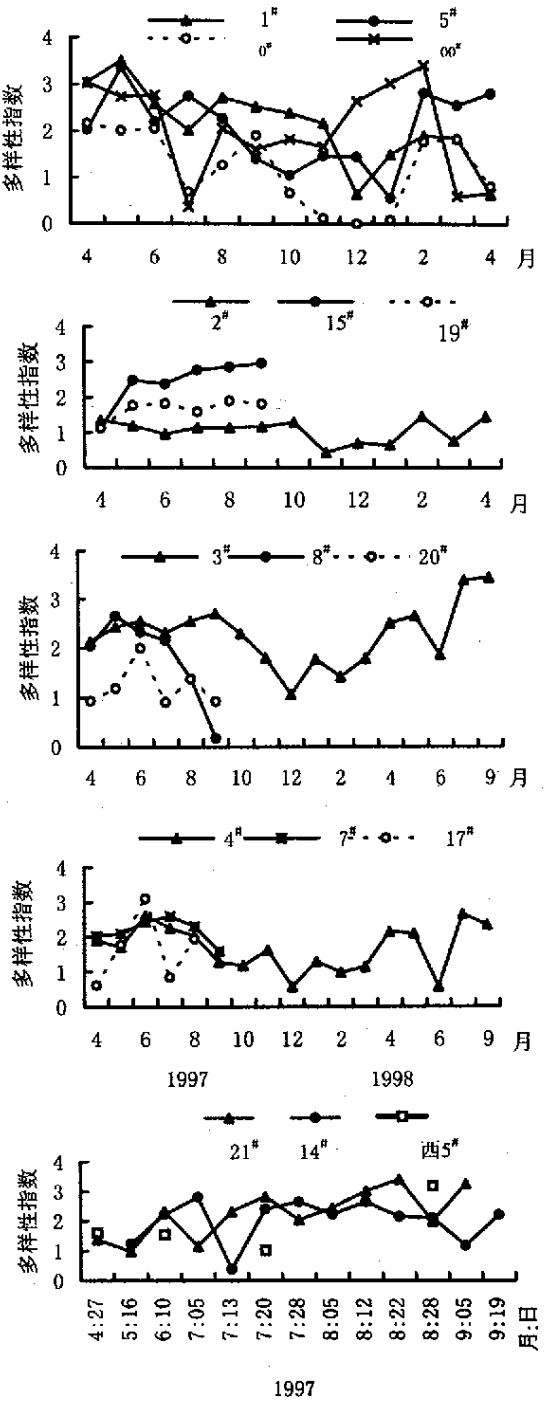

图 2　各盐碱池塘浮游动物 H' 的季节变动

Fig.2　The sensonal dynamics of diversity index (H') of zooplankton in different pattern of saline-alkaline ponds

度高达562ind./L,而不是在9月份.近邻剑水蚤和透明温剑水蚤(*Thermocyclops hyalinus*)也有类似的变动,而台湾温剑水蚤(*T. taihokuensis*)也在夏季常见.研究表明,细巧华哲水蚤、近邻剑水蚤(*Cyclops vicinus*)都有夏季高温期的以休眠卵或桡足幼体休眠或滞育过程,而在春季、秋末大发生,冬季又有滞育阶段[15,16],并且Kobari & Syuhei[16]认为,近邻剑水蚤夏季滞育是对鱼类捕食的适应,冬季滞育是对低溶氧的适应,而温剑水蚤(*Thermcyclops crassus*)冬季桡足幼体的滞育是对低温的适应.高青盐碱池塘桡足类主要的优势种是细巧华哲水蚤、近邻剑水蚤和温剑水蚤属的种类,这样桡足类春季和秋季占优势就很好理解了.

3.2 多样性指数高低在池塘水质管理上的指示意义

多样性指数可表示生物群落结构的内涵,可用来反映环境变化对生物的影响和水环境质量高低.本试验池塘中,一般浮游动物生物量大的池塘浮游动物往往是某一种或少数种类占绝对优势,多样性指数较小;而生物量小、种类多、且数量分布较均匀的池塘,其多样性指数较高.这种趋势在高青盐碱池塘中表现较明显,如无鱼对照池.这与盐度高低不无关系,盐度增高,浮游动物种数减少,盐水种逐渐占绝对优势,生物量并不低,多样性指数减小.这与许多作者确认的内陆盐水浮游动物多样性指数随盐度升高而下降的结论[2,6,7,9,17-19]相吻合.水体富营养化程度高的池塘多样性指数也小,如17#池和20#池.因此,多样性指数高低是池塘水质特征参数之一,也可间接反映水体生物群落结构特点及其环境优劣程度.

参 考 文 献

1 赵 文等.盐碱池塘浮游动物的种类组成和生物量.水产学报,2001,**25**(1):26-31

2 Hammer U T. Saline lake ecosystems of the world. Dordrecht: Dr W Junk Publishers, 1986

3 张觉民,何志辉.内陆水域渔业自然资源调查手册.北京:农业出版社,1991

4 章宗涉,黄祥飞.淡水浮游生物研究方法.北京:科学出版社,1991

5 蒋燮治,沈韫芬,龚循矩.西藏水生无脊椎动物.北京:科学出版社,1983

6 赵 文,何志辉.三北地区内陆盐水的轮虫.大连水产学院学报,1993,(2,3):19-31

7 赵 文.内陆盐水水体枝角类研究述评.大连水产学院学报,1992,**6**(2):31-40

8 何志辉,张建国,姜 宏.海水盐度对大型溞的存活和内禀增长率的影响.大连水产学院学报,1996,(3):1-8

9 赵 文,何志辉.三北地区内陆盐水的浮游甲壳类.大连水产学院学报,1996,**11**(1):1-12

10 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,**9**(1):89-98

11 何志辉等.养鱼池的生态学.张扬宗主编,中国池塘养鱼学.北京:科学出版社,1989

12 Brook J L, Dodson S I. Predation, body-size, and composition of plankton. *Science*, 1965, **150**:28-35

13 Vanni M J. Effects of food availability and fish predation on a zooplankton community. *Ecological Monographs*, 1987, **57**(1):61-88

14 Odum E P. The strategy of ecosystem development. *Science*, 1969, **164**:262-270

15 Hada A, Uye S. Cannibalistic feeding behavior of the brackish-water copepod Sinocalanus tenellus. *Journal of Plankton Research*, 1991, **13**(1):155-166

16 Kobari T, Syuhei B. Life cycles of limnetic cyclopoid copepods, cyclops vicinus and Thermocyclops crassus, in two different habitats. *Journal of Plankton Research*, 1998, (6):1073-1086

17 赵 文,何志辉.三北地区内陆盐水的原生动物.水生生物学报,1995,**19**(3):193-202

18 Williams W D. Life in Inland Waters. Melbourne: Blackwell Scientific Publications, 1983

19 Williams W D, Boulton A J, Taaffe R G. Salinity as a determinant of salt lake fauna: a question of scale. *Hydrobiologia*, 1990, **197**:257-266

Seasonal Succession and Diversity of Zooplankton in Saline-Alkaline Ponds

ZHAO Wen[1,2]　　DONG Shuanglin[2]　　ZHANG Zhaoqi[2]

(1 :*Aquiculture Department of Dalian Fisheri University*, *Dalian* 116023, *P. R. China* ;

2 :*The Open Laboratory of Aquaculture Research*, *Ocean University of Qingdao*, *Qingdao* 266003, *P. R. China*)

Abstract

The seasonal succession and diversity of zooplankton in saline-alkaline ponds from 5th April, 1997 to 1st September, 1998, in Zhaodian Fish Farm, Gaoqing County, Shandong Province, were examined. 389 zooplankton samples were collected. Rotifer was dominant in summer and autumn when water temperature was higher. Copepod was predominant in many fish-culture ponds and all control ponds in spring and in late autumn and early winter. The biomass of protozoa in fish-culture ponds was relative higher than control ponds. The zooplankton biomass, in general, peaked in spring, summer and early autumn. The seasonal dynamic pattern of diversity index of zooplankton is not the same as that of biomass of zooplankton. The diversity was lower in winter, increased in spring, reached the highest in summer, and decreased in autumn. The diversity index of zooplankton was low during the peak period of biomass of zooplankton, and increased with the decrease of biomass of zooplankton. The biomass of zooplankton in control ponds and new ponds was greater than that of other fish-culture ponds.

Key Words　Community succession, diversity index, zooplankton, saline-alkaline ponds