

沉水植被的重建与消失对原生动物群落结构和生物多样性的影响

宋碧玉¹, 曹 明², 谢 平²

(1. 武汉水利电力大学, 武汉 430072; 2. 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

摘要: 利用建在武汉东湖的中型围隔来研究沉水植被的重建与消失对原生动物群落的影响。结果表明: 沉水植被重建后, 一些原已消失的种类重又出现, 原生动物种类增加, 密度降低, 多样性指数增高, 优势种类由固着种类取代浮游种类。沉水植被的消失引起原生动物优势种类的明显变化, 周丛种类大量丧失, 但密度显著增高。

关键词: 原生动物; 群落结构与多样性; 沉水植被重建与消失; 围隔

The effects of restoration and disappearance of submerged macrophytes upon the structure and biodiversity of protozoan community

SONG Bi-Yu¹, CAO Ming², XIE Ping² (1. Wuhan University of Hydraulic and Electric Engineering, Wuhan, 430072, China; 2. Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan, 430072, China)

Abstract: In order to clarify the effects of restoration and disappearance of submerged macrophytes upon structure and biodiversity of protozoan community, the mesocosm experiments were conducted in Lake Donghu, Wuhan. When the submerged macrophytes were restored in the enclosures, some species of protozoans which were recorded in the 60's but disappeared from the lake waters afterwards were to be reappeared. There were richer species, lower densities and higher biodiversity indices in the two macrophytic enclosures. The sessile species dominated the protozoan community in the enclosures, while the planktonic species dominated in the lake waters. The removal of the restored macrophytes from enclosure B resulted in drastic changes of the protozoan community, i. e., some periphytic species disappeared, but the total densities increased.

Key words: protozoa; community structure and biodiversity; restoration and disappearance; submerged macrophytes; enclosure

文章编号: 1000-0933(2000)02-0270-07 中图分类号: Q178.1 文献标识码: A

在淡水生态系统中, 沉水植被是整个水生生物群落的重要组分。然而, 近几十年来, 沉水植被退化现象较严重。在我国的长江中下游湖泊中, 沉水植被锐减甚至消失^[1]。如武汉东湖, 五、六十年代一共记录有水生高等植物 83 种, 沉水植被覆盖 60% 以上水面, 而到 90 年代, 主要湖区已基本没有沉水植物^[2]。关于沉水植被的重建与消失对生态系统和生物多样性的影响已有若干报道^[3~9], 但对原生动物的研究较少。作为浮游动物的主要组分, 原生动物在水生态系统物质循环和能量流动中有着十分重要的作用^[10, 11]。在人工受控条件下, 研究沉水植被的重建与消失对原生动物的影响, 可加深对沉水植被生态效应的过程与机理的了解, 并为退化湖泊生态系统的重建提供相关依据。

1 研究方法

基金项目: 中国科学院东湖湖泊生态系统试验站开放课题资助项目
收稿日期: 1997-10-10; 修订日期: 1998-03-20
承蒙中国科学院水生生物研究所戴莽同志提供理化数据、倪乐意博士提供沉水植被资料; 黄祥飞、顾曼如先生提出宝贵意见; 采样和论文写作中, 还得到刘学君、杨家新、计新丽同志的帮助, 特此致谢。

本研究利用围隔(Enclosure)这一人工生态系统重建沉水植被,分析水体中原生动物种类组成、密度及多样性指数的变化,与近旁湖区相比较,探讨沉水植被的重建对原生动物群落的影响;再将其中一围隔内沉水植物清除,在营养盐尚未及显著变化的短时间内作对比分析,探讨由于沉水植被的消失对原生动物群落所产生的影响。

两方形围隔(A、B)设在富营养化的武汉东湖水果湖区(30°33'N,114°23'E)。围隔用聚乙烯布插入湖底泥中围成,每个面积 667m²。从 1989 年起,向围隔内人工引种重建沉水植被^[3]。本实验开始时,围隔内覆盖有茂密的沉水植物(主要是菹草 *Potamogeton crispus* L.,另有少量苦草 *Valisneria natans* Hara、穗花狐尾藻 *Myriophyllum spicatum* L. 和大茨藻 *Najas major* All.),盖度 100%。两围隔理化条件无明显差异。

在两围隔内用对角线等分法各设等距离 5 个采样点。围隔近旁对照湖区设等量采样点。首次采样结束后,立即将围隔 B 中沉水植物全部清除。此后,每隔 2 周采样一次,共采样 4 次,定性样品用网采法,定量样品用直接计数和 1L 沉淀法^[12]。种类鉴定参照有关分类文献^[13~17]。本研究中,将出现频率高、个体数量占总数量 5% 以上的种类视为优势种。多样性指数用 Margalef 指数。

2 结果分析

2.1 原生动物种类组成、分布与优势种类

与对照湖区相比,围隔中原生动物种类较多。两围隔中共鉴定出 93 种(围隔 A81 种,围隔 B80 种)。其中,鞭毛虫 19 种,肉足虫 32 种、纤毛虫 42 种。而湖区仅有原生动物 45 种(三大类群各 11、11 和 23 种)(表 1)。首次采样沉水植被均完好时,两围隔中原生动物不但种数相近,种类组成也相似,两围隔间 Jaccard 相似性系数高达 0.88(三大类群各为 0.78;0.94;0.89)。表明两围隔中原生动物群落结构相似。

表 1 原生动物种类组成
Table 1 The species composition of protozoa in the enclosures and the surrounding lake waters

种名 Species	围隔 A Enclosure-A	围隔 B (清除前) Enclosure B (before macrophytes mown)	围隔 B (清除后) Enclosure B (after macrophytes mown)	湖区 C Lake waters	60 年代东湖 水体 Waters in 60's Donghu Lake	60 年代东湖 水草 Macrophytes in 60's Donghu Lake	保安湖 Lake Bao'an
鞭毛虫 Flagellates							
<i>Actinomonas mirabilis</i> Kent	+						+
<i>Anthophysa vegetans</i> Müller	+	+				+	+
<i>Bicoeca exilis</i> Penard	+	+				+	
<i>Bicoeca ovata</i> Lemm	+	+					+
<i>Bodo agustus</i> Dujardin				+			+
<i>Bodo caudatus</i> Dujardin		+	+	+			
<i>Bodo celer</i> Klebs	+	+		+			+
<i>Bodo minimus</i> Klebs	+	+	+	+			+
<i>Bodo repens</i> Klebs				+			
<i>Bodo ovatus</i> (Duj.)Stein		+	+	+			
<i>Cercomonas crassicauda</i> (Alex- eieff)Lemm	+			+			+
<i>Cercomonas longicauda</i> (Stein) Senna	+		+				+
<i>Codonosiga botrytis</i> (Ehrenberg)	+	+				+	
<i>Leuromonas jaculans</i> Perty				+			
<i>Mastigamoeba socialis</i> Penard	+	+					
<i>Mastigella penardii</i> Lemm	+						
<i>Mastigella polymastix</i> Frenzel	+	+					
<i>Monosiga ovate</i> Kent	+	+					
<i>Oikomonas obliqua</i> Kent	+	+	+				
<i>Oikomonas oculata</i> Saccardo	+	+					

续表 1

<i>Oikomonas socialis</i> Moroff	+	+	+			+	+
<i>Pleuromonas jarculans</i> Perty				+			
<i>Rhynchomonas nasuta</i> Klebs	+	+	+	+			
<i>Salpingoeca buetschlii</i> Lemm	+	+				+	
<i>Trepomonas steinii</i> Klebs	+	+		+			
合计 Total	17	15	6	11	5	9	
肉足虫 Sarcodines							
<i>Acanthamoeba chaetophora</i> Schrank	+	+				+	
<i>Acanthocystis aculeata</i> Hertwig & Lesser	+	+	+			+	+
<i>Acanthocystis brevicirrhis</i> Perty	+	+					
<i>Acanthocystis erinaceus</i> Penard	+	+	+			+	+
<i>Acanthocystis pectinata</i> Greef	+	+	+	+			
<i>Acanthocystis spinifera</i> Carter	+	+					
<i>Acanthocystis turfacea</i> Carter	+						
<i>Actinophrys sol</i> Ehrenberg	+	+			+	+	+
<i>Actinosphaerium eichhorni</i> Ehrenberg	+			+		+	
<i>Amoeba proteus</i> (Pallas) Leidy	+	+			+		
<i>Arcella discoides</i> Ehrenberg	+	+	+			+	+
<i>Arcella hemisphaerica</i> Perty	+	+				+	+
<i>Arcella polypora</i> Perty	+					+	+
<i>Arcella vulgaris</i> Ehrenberg	+	+	+		+	+	+
<i>Centropyxis aerophila</i> Deflandre	+	+	+			+	
<i>Cochliopodium bilimbosum</i> Auerbach				+			+
<i>Cucurbitella mespiliformis</i> Penard	+	+	+				+
<i>Cyclopyxis arcelloides</i> Penard		+	+				+
<i>Difflugia avellana</i> Penard	+	+	+				+
<i>Difflugia corona</i> Wallich	+	+	+		+		+
<i>Difflugia globulosa</i> Dujardin		+	+		+	+	+
<i>Difflugia lobostoma</i> Leidy	+	+	+	+			+
<i>Difflugia avellala</i> Penard	+	+	+		+		
<i>Difflugia scaptellum</i> Penard		+	+		+		+
<i>Difflugia urceolata</i> Carter	+	+	+		+		+
<i>Euglypha acanthophora</i> Ehrenberg	+	+	+			+	
<i>Euglypha leavis</i> Perty	+	+		+			+
<i>Euglypha rotunda</i> Wailes	+	+	+				+
<i>Euglypha tuberculata</i> Dujardin	+	+	+	+			+
<i>Hartmanella vermiformis</i> Page				+			+
<i>Heterophrys fockei</i> Archer		+					+
<i>Heterophrys radiata</i> West	+	+					+
<i>Mayorella ambulans</i> Bovee				+			
<i>Mayorella penardi</i> Page				+			+
<i>Mayorella repatia</i> Page				+			
<i>Polychaos nitidubium</i> Bovee				+			
<i>Pompholyxophrys punicea</i> Archer	+	+				+	
<i>Raphidiophrys elegans</i> Hertwig & Lesser	+	+					

续表 1

<i>Raphidiophrys pallida</i> Schluze	+	+				+	+
<i>Trinema lineare</i> Penard		+	+	+			+
合计 Total	27	29	16	11	8	14	25
纤毛虫 Ciliates							
<i>Acineta foetida</i> Maupas	+	+				+	
<i>Acineta tuberosa</i> Ehrenberg	+			+			+
<i>Aspidisca costata</i> Dujardin	+	+	+	+			+
<i>Chilodonella uncinata</i> Ehrenberg	+	+	+		+		+
<i>Cinetochilum margaritaceum</i> Perty				+			+
<i>Coleps hirtus</i> Müller	+	+	+	+	+		+
<i>Coleps hirtus mi nor</i> Kahl	+	+	+	+			
<i>Cyclidium citrullus</i> Cohn	+	+	+	+	+		+
<i>Cyclidium glaucoma</i> Müller				+			+
<i>Cyrtophosis major</i> Kahl	+	+	+	+	+	+	
<i>Epystylis rotans</i> Svec		+			+		+
<i>Epistylis plicatilis</i> Enrenberg	+	+			+	+	+
<i>Euplotes affinis</i> Dujardin	+	+		+			+
<i>Euplotes muscicola</i> Kahl				+			
<i>Glaucoma scintillans</i> Ehrenberg	+		+		+		
<i>Gonostomum affine</i> Stein	+	+					+
<i>Halteria grandinella</i> Müller		+	+		+		+
<i>Hemiophoys fusidens</i> Kahl	+	+	+	+			+
<i>Histriculus similis</i> Quennerstedt				+			+
<i>Holophrya simplex</i> Schewiakoff	+						
<i>Microthorax simulans</i> Kahl				+			
<i>Opisthotricha euglenivora</i> Kahl				+			
<i>Oxytricha fallax</i> Stein	+						+
<i>Oxytricha saprobia</i> Kahl	+	+					
<i>Oxytricha ovalis</i> Kahl	+	+	+	+			
<i>Paramecium caudatum</i> Ehrenberg				+	+		+
<i>Podophrya fixa</i> Müller	+	+				+	+
<i>Prorodon ovum</i> Ehrenberg	+	+		+	+		+
<i>Prorodon teres</i> Ehrenberg		+	+	+	+		
<i>Pyxicola affinit</i> Kent	+	+		+			+
<i>Sphaerophrya magna</i> Maupas	+	+				+	+
<i>Spirostomum minus</i> Boux				+	+		
<i>Stentor roeseli</i> Ehrenberg				+	+		
<i>Strombidium viride</i> Stokes	+	+		+	+		+
<i>Strobilidium gyrans</i> Stokes				+	+		
<i>Stylonychia muscorum</i> Kahl	+	+			+		
<i>Tachysoma parvistyla</i> Stokes	+	+				+	
<i>Tintinnidium fluviatile</i> Stein	+	+	+		+		+
<i>Tintinnopsis wangi</i> Nie	+	+	+		+	+	+
<i>Tokophrya quadripatita</i> Claparede & Lachmann	+	+					+
<i>Uroleptus caudatus</i> Claparede & Lachmann	+	+	+				+
<i>Urostyla viridis</i> Kahl	+			+			+
<i>Urotricha vernatrix</i> Kahl	+	+			+		
<i>Vorticella campanula</i> Ehrenberg	+	+	+		+	+	+
<i>Vorticella mayeri</i> Faure-Fremiet		+				+	
<i>Vorticella microstoma</i> Ehrenberg	+					+	+
<i>Vorticella octava</i> Stokes	+	+	+			+	
<i>Vorticella fromenteli</i> Kahl	+	+				+	
<i>Vorticella picta</i> (Ehrenberg)		+				+	
<i>Vorticella similis</i> Stokes	+	+	+		+	+	
<i>Vorticella vestita</i> Stokes	+	+				+	+
<i>Zoothamnium muschelii</i> Kahl	+	+				+	
合计 Total	37	36	16	24	20	17	29

围隔内以固着生活的种类较为丰富。两围隔中优势种类包括 3 种有柄纤毛虫,1 种有壳肉足虫和 1 种浮游纤毛虫:褶累枝虫 *Epistylis plicatilis*、法帽钟虫 *Vorticella fromenteli*、钟形钟虫 *Vorticella campanula*、大弹跳虫 *Halteria grandinella* 和旋匣壳虫 *Centropyxis aerophila*,而对照湖区优势种类均为富营养化水体中常见的浮游纤毛虫,如卵圆前管虫 *Prorodon ovum*、尾草履虫 *Parramcium caudatum*、瓜形膜袋虫 *Cyclidium citrullus*、银灰膜袋虫 *Cyclidium glaucoma* 和河流筒壳虫 *Tintinnidium fluviatile*。

将围隔 B 中沉水植被清除后,两围隔中原生动物种类组成和种类数的变化则差别较大。沉水植物保持完好的围隔 A 中,原生动物种类数始终较高,且种类组成基本无变化;而围隔 B 在沉水植被清除后,原生动物各大类群种类数均显著降低,两周后种类数从 80 骤然降至 36(图 1,图 2)。

优势种类则从固着纤毛虫为主变为浮游纤毛虫占优势,钩刺斜管虫 *Chilodonella uncinata*、珍珠映毛虫 *Cinetochilum margaritaceum*、纺锤半眉虫 *Hemiphys fusidens*、柱前管虫 *Prorodon teres*、大弹跳虫 *Halteria grandinella* 和银灰膜袋虫 *Cyclidium glaucoma*。这几种均是些食藻、碎屑和细菌的种类。特别是小型食藻和细菌的沟刺斜管虫和珍珠映毛虫相当多,共占了沉水植被清除后高峰期总数量的 50% 左右,而清除前的优势种已很难见到。

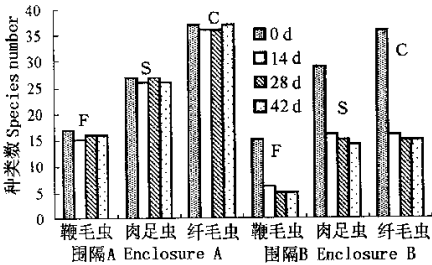


图 1 两围隔中原生动物种类数的变化

Fig. 1 The variance of the number of protozoan species in the two enclosures

F. Flagellates, S. Sarcodines, C. Ciliates

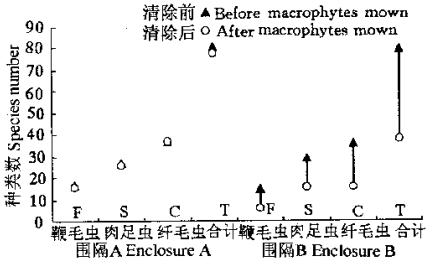


图 2 沉水植物清除前后两围隔中原生动物种类数的变化

Fig. 2 Changes of the number of protozoan species in the two enclosures before and after the macrophytesure

F. Flagellates, S. Sarcodines, C. Ciliates, T. Total

2.2 密度与多样性指数

重建了沉水植被的围隔中,原生动物密度降低 10 多倍,而多样性指数增高了近 2 倍。沉水植物清除前,围隔 A、B 与对照湖区原生动物平均密度各为 5453(±468)、4987(±372)和 92268(±2471)ind./L.,Margalef 多样性指数分别为 9.18、9.41 和 3.87。

沉水植被的清除导致了水体中原生动物密度的显著增加。几次采样,围隔 A 和湖区原生动物密度较为稳定,分别在 5000 和 90000 ind./L. 左右;而围隔 B 在沉水植被清除后两周,原生动物密度从 4987 ind./L. 骤然增至 26811 ind./L.,随后稍有下降(图 3)。

进一步对该定量分析结果作统计处理(*t*-检验,95%置信度)。结果表明,第 1 次采样沉水植被完好时,在两围隔间及围隔 A 中 4 次采样间,原生动物密度均无明显差异;而围隔 B 中,原生动物密度在第一次采样后则显著上升($P<0.05$)。

3 讨论

随着水生高等植物衰退和水体富营养化发展,武汉东湖原生动物种类数大为降低,而密度显著增

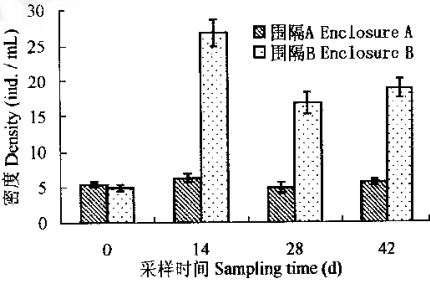


图 3 两围隔中原生动物平均密度的变化

Fig. 3 Variations in the densities of protozoan community in the two enclosures

加^[18]。有些曾在60年代东湖记录的种类^[19,20]消失,优势种类也随环境改变而变化^[18]。对照湖区仅1种肉足虫——轴丝光球虫 *Actinophaerium eichhorni* 和1种纤毛虫——大篮环虫 *Cyrtophosis major* 是60年代东湖记录过的种类,60年代记录过的鞭毛虫没有一种出现在湖区。在围隔中重建了沉水植被后,许多曾在东湖水体和水草上记录的种类重又出现在围隔水体中。包括曾在东湖水草上记录过的5种鞭毛虫,东湖水体中记录过的8种肉足虫和16种纤毛虫(表2)。但环境条件的变化使得围隔水体中原生动物种类组成,既不同于富营养的对照湖区(围隔与湖区共同种类26种,三大类群各为7、6、13种),又不同于60年代东湖水体(共同种类24种,肉足虫和纤毛虫各为8、16种,60年代东湖水体鞭毛虫资料缺乏,无法比较),而与营养水平相似的草型湖泊——保安湖扁担塘更为相似,二者共同种类为56,三大类群分别为9、22和25种^①。

沉水植物通过增加水生态系统的空间生态位,提高了系统的生物多样性^[21]。沉水植物的消失可使系统中食物链变短、食物网简化、各主要生物群落的物种多样性下降^[22]。对许多类群生物的研究均得出相似结果,如纤毛虫^[23]、腹足类^[7]、底栖动物^[8]、藻类^[9]和附着螺类^[24]。本研究同样发现,沉水植物多的样点原生动物种类也多,沉水植物消失则原生动物种类大为减少。

进一步分析本研究所见原生动物种类的生态习性,结果发现,首次采样时,沉水植被完好的两围隔中各有周丛原生动物37,39种,周丛生物百分比各为46%和48%。后3次采样,围隔A内不但种类数都较高,周丛生物百分比均在40%以上(45%,46%,46%)。而围隔B在沉水植被清除两周后,种类数从81下降到36,4周后为34,6周后35种,周丛种类仅为3、2、2种,即几乎多达90%的周丛生物种类丧失,而浮游种类则变化不大。即表明沉水植被的清除主要引起周丛原生动物的丧失。

沉水植被为原生动物提供了附着和取食场所。原生动物有的在其上爬行取食如波豆虫(*Bodo*)、鞭变形虫(*Mastigoamoeba*)等鞭毛虫,表壳虫(*Arcella*)等肉足虫,游仆虫(*Euplote*)、尖毛虫(*Oxitricha*)等下毛类纤毛虫。有的甚至以柄固着或筑鞘于其上,如本研究观察到的杯鞭虫(*Bicoeca*),管领鞭虫(*Salpingoeca*)等鞭毛虫,钟虫(*Vorticella*)等缘毛类,壳吸管虫(*Acineta*)等有柄固着的吸管类纤毛虫。沉水植物的消失也就意味着大部分周丛原生动物生存基质的丧失,进而引起种类减少。

沉水植被的存在可减少水体中光照,并与藻类竞争营养盐,进而限制淡水中常见的藻食性原生动物生长,而沉水植被的消失不但减少了对营养盐的消耗,还可促进细菌的繁殖,进而刺激原生动物的生长^[25,26]。本研究发现,沉水植被消除后,个体较小的食藻和细菌的种类数量激增,钩刺斜管虫和珍珠映毛虫共占了总数量的50%左右。这是否与水体富营养化过程中出现的物种小型化相类似,尚不能肯定。

虽然本实验周期较短,有些结果无法验证,但足以说明,沉水植被的重建和消失可对原生动物群落产生明显影响。由此推论,长江中下游湖泊中,因沉水植被衰退所导致的原生动物群落的变化当与此类似,保护水草资源乃是维持湖泊生态系统原生动物多样性的重要途径。

参考文献

[1] 谢平,陈宜瑜. “我国内陆水体中的魔鬼四重奏”——生物多样性的丧失与人类活动. 水生生物学报, 20(增刊) 1996, 6~21.

[2] 倪乐意. 武汉东湖水生植被结构和生物量现状及其长期变化. 见:刘建康主编. 东湖生态学研究(二). 北京:科学出版社,1995. 287~301.

[3] 倪乐意,李纯厚,黄祥飞. 在富营养型水体中重建沉水植被的研究. 1996. 见:刘建康主编. 东湖生态学研究(二). 北京:科学出版社,1995. 302~311.

[4] Comin F A, Menendez M and Lucena J K. Proposal for macrophyte restoration in eutrophic coastal lagoons. *Hydrobiologia*, 1990, **200/201**: 427~436.

[5] Moss B, Balls H, Triine K and Stansfield J. Restoration of two lowland lakes by isolation from nutrient-rich water sources with and without removal of sediment. *J. Appl. Ecol.*, 1986, **23**: 391~414.

[6] Ozimeck T, Gulati R D and Ponk E. Can macrophytes be useful in biomanipulation of lakes? *Hydrobiologia*, 1990, **200/201**: 399~407.

[7] 陈其羽, 等. 湖北省花马湖软体动物的调查报告. 海洋与湖沼, 1979, **10**(1): 46~66.

[8] 王士达. 武汉东湖底栖动物的多样性及其与富营养化的关系. 水生生物学报, **20**(增刊) 1996, 75~89.

[9] 王 骥. 长江中游草型湖泊逆向演替过程中浮游藻类生物多样性的变化趋势. 水生生物学报, **20**(增刊) 1996, 120~131.

[10] Simek K, Macek M, Pernthaler J, *et al.* Can freshwater planktic ciliates survive on a diet of picoplankton? *J. Plankton Res.* 1996, **18**: 597~613.

[11] Hwang Son Jin and Heath R T. The ditribution of protozoa across a trophic gradient, fadctors controlling their abundance and importance in the plankton food web. *Journal of Plankton Reseach*, 1997, **19**(4): 491~581.

[12] 章宗涉, 黄祥飞. 淡水浮游生物研究方法. 北京: 科学出版社, 1991.

[13] Pasher A. Die Susswasser-Flora Deutschlands, Osterreichs und der Scheiz, Heft I; Flagellate. Verlag von G. Fischer, Jena, 1914, 1~138.

[14] Kahl H. Wimpertiere oder Ciliata (Infusoria). In: F. Dahl (eds.) *Die Tierwelt Deutschlands*. G. Fischer, Jena, 1930, 35. 1~688.

[15] Page F C. Freshwater and soil amoebae. Freshwater Biological Association (Scientific Publication No. 34), Cumbia, England, 1976.

[16] Foissner W. Okologie und taxonomie der Hypotrichida (Protozoa: Ciliophora) einiger osterreichishcher Boden. *Arch. Protistekd.* 1982, **126**: 19~143.

[17] Lee J J Hutner S. H. Bovee E. C. eds. *An illustrated guide to the protozoa*. Society of protozoologists. Allen Press, Laurence, Kansas, 1985.

[18] 龚循矩. 从原生动物变化看武汉东湖富营养化的发展. 水生生物学报, 1986, **10**(4): 340~352.

[19] 沈韞芬, 顾曼如. 武汉东湖原生动物生态初步研究. 水生生物学报, 1965, **5**(2): 146~181.

[20] 沈韞芬. 武汉东湖周丛原生动物生态. 水生生物集刊, 1980, **7**(1): 19~40.

[21] Pokorny J, Kvet J and Ondok J P. Functioning of the plant component in densely stoked fishpods. *Bull. Ecol.*, 1990, **21**(3): 44~48.

[22] 黄祥飞. 东湖富营养化的综合评价. 见: 刘建康主编. 东湖生态学研究(一). 北京: 科学出版社, 1990. 404~407

[23] Madoni P. Seasonal changes of ciliated Protozoa in a small pond covered by floating macrophytes. *Arch. Hydrobiol.* 1991, **21**(4): 499~461.

[24] 于 丹. 东湖水生植被群落学研究. 见: 刘建康主编. 东湖生态学研究(二). 北京: 科学出版社, 1995. 312~327.

[25] Bick H. Okologische Untersuchungen an Ciliaten fallaubreicher Klerngewasser. *Arch. Hydrobiol.*, 1958, **54**: 506~542.

[26] Kwiatkowska G E. Infusoria appearing on the mowedplants in ponds. *Acta Hydrobiol.*, 1964, **6**(1): 1~11.