青虾养殖池塘浮游植物的群落结构研究

盖建军,王苗苗,邹宏海*,黄春贵,郭闯 (江苏省渔业技术推广中心,江苏南京 210036)

摘要 2019年5—10月调查了江苏省溧阳市青虾养殖池塘浮游植物的群落结构。结果表明:共鉴定出浮游植物7门85种,其中优势种 为平裂藻、小席藻、舟形藻、雨生红球藻、小球藻、四尾栅藻、二形栅藻。从空间来看,浮游植物的丰度为20.83×10³~43.81×10³cell/L,生物 量为11.46~41.05 mg/L;从时间来看,浮游植物的丰度为8.42×10³~65.62×10³ cell/L,生物量为5.9~41.6 mg/L,浮游植物丰度和生物量的 时空差异显著。Margalef 丰富度指数为1.82~3.79,Shannon-Wiener 多样性指数为2.55~2.95,Pielou 均匀度指数为0.74~0.83,物种多样 性丰富。

关键词 青虾;养殖池塘;浮游植物;群落结构 中图分类号 S963.21*3 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2020)24-0107-04 doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2020.24.029

开放科学(资源服务)标识码(OSID): **回**到



Community Structure of Phytoplankton in the Culture Ponds of *Macrobrachium niopponens* GAI Jian-jun, WANG Miao-miao, ZOU Hong-hai et al (Fishery Technology Promotion Center of Jiangsu Province, Nanjing, Jiangsu 210036)

Abstract The community structure of phytoplankton in *Macrobrachium niopponens* culture ponds in Liyang City, Jiangsu Province were surveyed from May to October of 2019. The results showed that 85 species, 7 phyla of phytoplankton were identified, of which *Merismopedia* sp., *Phormidium tenus*, *Naviculaceae* sp., *Haematococcaceae pluvialis*, *Chlorella* sp., *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus dimorphus* were the dominant species. From the view of space, the abundance of phytoplankton was $20.83 \times 10^3 - 43.81 \times 10^3$ cell/L, the biomass was 11.46 - 41.05 mg/L. From the view of time, the abundance of phytoplankton was $8.42 \times 10^3 - 65.62 \times 10^3$ cell/L, the biomass was 5.9 - 41.6 mg/L, there were significant space-time differences. Margalef richness index was 1.82 - 3.79, Shannon-Wiener diversity index was 2.55 - 2.95, Pielou evenness index was 0.74 - 0.83, the species diversity was rich.

Key words Macrobrachium niopponens; Culture ponds; Phytoplankton; Community structure

青虾,学名为日本沼虾,拉丁学名 Macrobrachium niopponens,隶属节肢动物门甲壳纲十足目游泳亚目长臂虾科沼虾 属。青虾肉质细嫩、味道鲜美、营养丰富,深受广大群众喜 爱,故市场需求旺盛,养殖前景广阔。虽然青虾养殖技术水 平和效益不断提高,但相关的基础研究略显薄弱,对养殖过 程中物质、能量流动的了解掌握不足,此外还存在放养结构 不合理、水质调控管理粗放、饲料投喂管理不科学、水体利用 率低等问题,这些因素影响了青虾养殖产业的发展壮大^[1]。

青虾属于杂食性动物,幼虾阶段以浮游生物、小型水生 昆虫、有机碎屑等为食。成虾阶段则喜食水生植物的碎片及 茎叶、有机碎屑、丝状藻类、水生昆虫及水丝蚓等,尤其喜食 动物性饲料^[2]。浮游植物作为池塘生态系统中的重要初级 生产者,对于维持养殖水体的稳态和提供充足的适口饵料具 有重要作用^[3-6]。笔者通过在青虾养殖周期内跟踪监测养殖 水体的理化指标、水体中浮游植物的种类组成、丰度以及种 类多样性,旨在探明不同青虾养殖池塘之间浮游植物种类组 成、优势种群多样性之间的差异性及相关性,以期为青虾池 塘养殖生态系统研究积累基础数据。

1 材料与方法

1.1 试验塘口选择 在"青虾第一镇"——江苏省溧阳市社 渚镇青虾养殖示范基地,选择面积为 1.0 hm² 的 5 口青虾池 塘为试验监测对象,分别标注为 S1、S2、S3、S4、S5,养殖模式

收稿日期 2020-08-14;修回日期 2020-08-31

均为青虾主养。

1.2 采样及测定项目与方法 2019 年 5—10 月每个月对监测对象进行水质检测,测定项目包括水温、pH、溶解氧含量、高锰酸盐指数以及氨氮、亚硝酸盐、总氮、总磷浓度,同时采 集浮游植物样品。

水温、pH、溶解氧含量等指标使用 YSI proDSS-1 多参数 水质检测仪现场测定。其他指标:先用 5 L 采水器采集水 样,然后现场装瓶固定保存在低温条件下带回,委托第三方 检测机构进行相关指标测定。

浮游生物的采集:浮游植物定量样品于水面下 20 cm 用 采水器采取1L水样装瓶,样品现场用鲁哥试液固定^[7]。

1.3 样本处理 将样本浓缩定容至 20 mL。

定量分析:取 0.1 mL 样本于浮游生物计数板内计数,重 复 2 次,结果取均值。

定性分析:参考图谱资料进行种类鉴定^[8]。

1.4 数据处理

1.4.1 浮游植物丰度及生物量。

丰度
$$D(\text{cell/L}) = n/v$$
 (1)

生物量 $M(mg/L) = D \times R$ (2)

式中,D 为丰度,M 为生物量,n 为方格计数板中浮游生物个数,v 为体积, $R_{\text{h型藥}} = 0.02 \text{ mg}, R_{\text{h型藥}} = 0.02 \text{ mg}, R_{\text{h型藥}} = 0.05 \text{ mg}^{[9]}$ 。

1.4.2 生物多样性分析。

Margalef 丰富度指数 $D = (S-1)/\ln N$ (3)	3)
--------------------------------------	---	---

- Shannon-Wiener 多样性指数 $H' = -\sum P_i \ln P_i$ (4)
- Pielou 均匀度指数: $J' = H'/H_{max}$ (5)

(6)

优势度 $Y=P_i \times f_i$

基金项目 江苏现代农业产业技术体系建设项目(JATS[2019]351)。 作者简介 盖建军(1981—),男,山东烟台人,高级工程师,硕士,从事 水生生物学研究。*通信作者,高级工程师,从事水产养殖 研究。

式中, P_i 为第 i 种占总个体的比例, f_i 为第 i 种在各个站位出现的频率,S为群落中的总物种数,N为观察到的个体总数,H'为实际观察的物种多样性指数, H_{max} 为最大的物种多样性指数, H_{max} =ln S_o

2 结果与分析

2.1 水环境理化指标 研究期间调查塘口水温为 25.3 ℃, pH 为 8.23, 溶解氧含量为 7.91 mg/L, 高锰酸盐指数为8.78 mg/L, 氨氮浓度为 0.267 mg/L, 亚硝酸盐浓度为 0.040 mg/L, 总氮浓度 为 1.42 mg/L, 总磷浓度为 0.203 mg/L(表 1)。

2.2 浮游植物种类组成及优势种 研究期间,共鉴定出浮游 植物7门85种,其中蓝藻门12种,占比14.12%;金藻门1 种,占比1.18%;黄藻门1种,占比1.18%;硅藻门12种,占比 14.12%;甲藻门1种,占比1.18%;裸藻门8种,占比9.41%; 绿藻门50种,占比58.82%;依据优势度 Y≥0.02的种类为优 势种原则,浮游植物的优势种为平裂藻(Y=0.02)、小席藻 (Y=0.10)、舟形藻(Y=0.03)、雨生红球藻(Y=0.07)、小球藻 (Y=0.19)、四尾栅藻(Y=0.06)、二形栅藻(Y=0.03)(表2)。

表1 虾塘水环境理化指标

		Table 1						
塘口 Pond	水温 Water tempera- ture∥ ℃	рН	溶解氧含量 Dissolved oxygen content mg/L	高锰酸 盐指数 Permang- anate index mg/L	氨氮浓度 Ammonia nitrogen concentration mg/L	亚硝酸盐浓度 Nitrite concentration mg/L	总氮浓度 Total nitrogen concentration mg/L	总磷浓度 Total phosphorus concentration mg/L
S1	25.4	8.04	7.23	9.13	0.271	0.012	1.51	0.252
S2	25.5	7.98	7.09	8.18	0.187	0.081	1.63	0.262
S3	25.0	8.30	7.49	8.32	0.293	0.024	1.48	0.181
S4	25.1	8.39	9.47	9.82	0.193	0.020	1.37	0.171
<u>S5</u>	25.4	8.44	8.27	8.43	0.392	0.062	1.13	0.147
均值 Mean	25.3	8.23	7.91	8.78	0.267	0.040	1.42	0.203

表 2	浮游植物的种类组成
1X #	于册语物的下天知风

Table 2 The species composition of phytoplankton

No.Phylum nameSpecies nameLatin nameDL2DGGG1 Ξ Ξ H^2 Ξ $Merismopedia spi.+++++++2Mirrorystis sp.+++++3Mirrorystis sp.++++4Migexig \pm gaMicrocystis sp.+++5Kige \pm Mirrorystis incerta+++6Mirrorystis incerta+++7\XiOccillatoria sp.++8Occillatoria sp.+++9Cirrococccus sp.+++10CirrosEir SKirros+12Eir SCirrococccus sp.++12Eir SCirrococccus sp.++14\pm ZEir SKirros sp.+15Eig TSirdar acus++164HI^{\pm}Synchra acus++17Zy \in Sir SNitzschia sp.++18Xirros sp.+++19Aird Su = Sirros++20Kirros Sirros sp.++14\pm Zir Sirros Sirros sp.++15Eig Firstillo vilgaris++16Sirr Sirros Sirros sp.++<$	序号	门名	种名	拉丁学名	S1	52	53	S4	\$5
Image: state of the	No.	Phylum name	Species name	Latin name	51	32	33	54	35
2 加小平裂薬 Merismopedia mainama + + 3 油水平裂薬 Microcystis suregianosa + 4 柳尾微葉薬 Microcystis incerta + 5 阿那類素 Oscillatoria agenthi + 7 酸素 Phormidium contum + 7 酸素 Obcillatoria agenthi + 7 酸素 Phormidium cortum + 9 皮球尿薬 Nactoc sp. ++ 10 念球尿薬 Chronooccus sp. + + 11 色球薬 Chronooccus sp. + + 12 資群菜 Synura sp. + + 13 金葉[] Chrysophyta 黄丝菜 Trionema sp. + + 14 黄菜菜 Synura sp. + + + 15 Gt菜菜 Nitschia sp. + + + 16 資料洋菜 Nitschia sp. + + + 17 委託菜 Nitschia sp. + + + 18 ス支芋ボ菜 Nitschia sp. + + <td>1</td> <td>蓝藻门 Cyanophyta</td> <td>平裂藻</td> <td>Merismopedia sp.</td> <td>++++</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>+</td> <td></td>	1	蓝藻门 Cyanophyta	平裂藻	Merismopedia sp.	++++	+	+	+	
3	2		细小平裂藻	Merismopedia minima	+		+		
4 file file file file file 5 Microysti seruginosa + + 6 Microysti seruginosa + + 7 Bigligi Oscillatoria sp. + + 7 Bigligi Oscillatoria sp. +++ +++ 7 Bigligi Oscillatoria sp. +++ +++ 7 Bigligi Oscillatoria sp. +++ +++ 7 Bigligi Chroacoccus minutus ++ +++ 9 Ack ## Chroacoccus minutus ++ ++ 11 Cargain Synutra sp. + + 12 Synutra sp. + + + 13 Self Tainophyta Bielika Synutra sp. + + 16 Fift ## Synutra sp. + + + 17 Kerkin Nitschia anphibian + + + + 18 Microhaka Synutra sp. + + + 19 HR Kä Nacicula radiosa +	3		微囊藻	Microcystis sp.	+	+	+	++++	+++
5 $\widehat{Pigligga}$ $Microcysts incerta$ + $\widehat{Pigligga}$ $Oscillatoria agardhii$ + 7 \widehat{gga} $Oscillatoria agardhii$ + 8 Λ ik räg $Phormidium corum ap.$ +++ +++ 9 $Bzykrägk$ $Phormidium corum ap.$ +++ +++ 10 \widehat{Ckrass} $Nostoc sp.$ + ++ 11 \widehat{Ckrass} $Chrosocccus minutus$ + + 12 $\widehat{Chrosocccus minutus}$ + + + 13 $\widehat{Gga}[1]$ Chrosophyta $\widehat{gtr}_{1} \cong$ $Synedra acus$ + + + 15 $\widehat{dtr}_{2}[1]$ Bacillariophyta $\widehat{gtr}_{1} \cong$ $\widehat{Synedra} acus$ + + + + 16 $\widehat{Ttr}_{2} =$ $\widehat{Synedra} asp.$ + + + + + 17 $\widehat{Synedra} xp.$ + +	4		铜绿微囊藻	Microcystis aeruginosa			+		
5 MR ## \hat{X} Oscillatoria agarchii + 7 ## MR ## Oscillatoria sp. +++ +++ 8 Matter in the interval i	5		不定微囊藻	Microcystis incerta			+		
7 $jkjk$ $Occillatoria sp.$ $+++$ $+++$ $+++$ $+++$ 9 $jkjk$ $Phormidium corium$ $+++$ $++++++++++++++++++++++++++++++++++++$	5		阿那颤藻	Oscillatoria agardhii				+	
8 h h h h h h 9 h h h h h h 9 h h h h h h 10 h h h h h h 11 h h h h h h 13 h h h h h h 13 h h h h h h 14 h h h h h h 14 h h h h h h 15 h h h h h h h 16 h h h h h h h h 17 h	7		颤藻	Oscillatoria sp.	+++	++	+++	++	
9 by the part of th	8		小席藻	Phormidium tenus	++++	++	+++	++++	+++
10	9		皮状席藻	Phormidium corium		+			
11	10		念珠藻	Nostoc sp.				++	+
12 $\hat{\&}_{1} \Phi_{I}$ \hat{E}_{1} <t< td=""><td>11</td><td></td><td>色球藻</td><td>Chroococcus sp.</td><td>+</td><td></td><td>+</td><td>+</td><td></td></t<>	11		色球藻	Chroococcus sp.	+		+	+	
13 $\hat{\pm}$ âm l $\hat{\pm}$ fit fit mark fit mark gar l $\hat{\pm}$ fit mark gar l $\hat{\pm}$ fit mark mark k $\hat{\pm}$ fit mark mark k $\hat{\pm}$ fit mark mark k $\hat{\pm}$ fit mark k <td>12</td> <td></td> <td>微小色球藻</td> <td>Chroococcus minutus</td> <td></td> <td></td> <td>+</td> <td></td> <td></td>	12		微小色球藻	Chroococcus minutus			+		
14 \tilde{g} \tilde{g} [] Xanthophyta \tilde{g} $\Delta \tilde{g}$ $Tribonema sp.$ +15 \tilde{dt} \tilde{g} [] Bacillariophyta ζ ζ ζ $Tri\tilde{g}Synedra sp.+++15\tilde{g} \tilde{g}[] Bacillariophyta\zeta \zeta Tri\tilde{g}Synedra sp.+++++16\tilde{g} \tilde{k}\tilde{k}\tilde{k}\tilde{k}\tilde{k}\tilde{k}++++++17\tilde{g} \tilde{k}\tilde{k}\tilde{k}\tilde{k}\tilde{k}\tilde{k}++++++18\Omega_{\chi}\tilde{g}\tilde{k}\tilde{k}\tilde{k}\tilde{k}+++++++19\tilde{k}\tilde{k}\tilde{k}\tilde{k}\tilde{k}\tilde{k}+++$	13	金藻门 Chrysophyta	黄群藻	Synura sp.			+		+
15 $t \bar{t} \bar{k} \bar{k}$] Bacillariophyta $\xi \bar{t} \bar{t} \bar{t} \bar{k} \bar{k}$ $Synedra acus++++++++++16t \bar{t} \bar{t} \bar{t} \bar{k} \bar{k}Synedra acus+++$	14	黄藻门 Xanthophyta	黄丝藻	Tribonema sp.				+	
16thrak $\xi F k k k k k k k k k k k k k k k k k k $	15	硅藻门 Bacillariophyta	尖针杆藻	Synedra acus	+	++	+	+++++	+
17菱杉葉Nitzschia sp.+18双头菱形藻Nitzschia amphibian+19舟形葉Nariculaceae sp.+++++19舟形葉Nariculaceae sp.+++++20放射舟形藻Naricular adiosa++21普通肋缝藻Frustulia vulgaris+22羽纹藻Pinnularia sp.+23草鞋形波缘藻Cymatopleura solea+24纤细异极藻Gomphonema gracile+25线形双菱藻Surirella linearis+26市紋藻Cyrosigma sp.+27甲藥门 Pyrrophytaご角多甲藻+28裸藻Euglena sp.+29裸藻Euglena sp.+20水子藻菜Phacus stokesii+31長尾扁裸藻Phacus stokesii+32卵形磷孔藻Lepocinclis ovum+33卵形磷孔藻Lepocinclis ovum+34養裸藻Trachelomonas sp.+35レ尾棘囊裸藻Trachelomonas sp.+36绿菜门 Chlorophyta球螯藥Shareocystis schroeteri+39珠翅藻Valvas globator++39珠翅藻Pandorina morum++40尖球藻Pandorina morum++	16	1.	针杆藻	Synedra sp.			+++	++	++
18双美菱形藻Nitzschia amphibian+19舟形藻Naviculaceae sp.+++++++++++++20放射舟形藻Navicula radiosa+++21普通肋篷藻Frustulia vulgaris+++22羽纹藻Pinnularia sp.+++23草鞋形波漆藻Cymatopleura solea++24纤细异极藻Gomphonema gracile++25线形双萎藻Surirella linearis++26布纹藻Gyrosigma sp.++27甲藻门 Pyrophyta弯曲袋鞭藻Peranema deflexum+28裸藻Euglena sp.++29棵藻Fuaglena sp.++30尾棵藻Phacus stokesii++31長尾線藻Phacus stokesii++32軟酸磷乳藻Lepocinclis orum++33小銀藻藻Sphaerocystis schroeteri++34蚕素菜Sphaerocystis schroeteri++35蚕球藻Fuarohorusa gilla++36绿菜Sphaerocystis schroeteri++39अtki藻Fuarohorus gilla++39अtki藻Pandorina morum++39Atki藻Pandorina morum++39Atki藻Pandorina morum++30YatkiῷPandorina morum++	17		菱形藻	Nitzschia sp.			+		
19 $\beta F \tilde{k}$ \bar{k} Naviculace es p. $+++++$ $+++++$ $+++++$ $+++++$ $+++++$ 20 $\bar{k} \bar{k} \bar{k} \bar{k}$ $\bar{k} \bar{k} \bar{k}$ $\bar{k} \bar{k} \bar{k} \bar{k} \bar{k}$ $\bar{k} \bar{k} \bar{k} \bar{k} \bar{k}$ 21 $\bar{k} \bar{k} \bar{k} \bar{k} \bar{k}$ $\bar{k} \bar{k} \bar{k} \bar{k}$ $\bar{k} \bar{k} \bar{k} \bar{k}$ $\bar{k} \bar{k} \bar{k} \bar{k}$ $\bar{k} \bar{k} \bar{k} \bar{k}$ 23 $\bar{k} \bar{k} \bar{k} \bar{k} \bar{k} \bar{k} \bar{k} \bar{k} $	18		双头菱形藻	Nitzschia amphibian	+				
20放射舟形藻 放射舟形藻Navicula radiosa $+$ ++++21音通肋缝藻 子通肋缝藻Frustulia vulgaris++22羽纹藻Pinnularia sp.++23草鞋形波線藻 女和安藻Cymatopleura solea++24子和异板藻 支形双菱藻Gomphonema gracile++25发形双菱藻 支形藻Suriella linearis++26布纹藻 水製藻Cyrosigma sp.++27甲藻门 Pyrrophyta 雪伽袋鞭藻 之月多甲藻 之月二角多甲藻 中eridinium bipes++28裸藻 化酸溶Euglena sp.++29裸藻 不 星裸藻Euglena caudate++31长尾扁裸藻 水藻藻 水囊藻Phacus stokesii sp.++33卵形磷孔藻 星裸藻 星裸藻 Trachelomonas armata++++36绿藻门 Chlorophyta雨生红球藻 雨生红球藻 来囊藻 Sphaerocystis schroeteri with schroeteri ++++38空球藻 全球藻 Yolrox globator Pandorina morum ++++40文球藻 文球藻 Yandorina morum Pandorina morum +++	19		舟形藻	Naviculaceae sp.	+++++	+++++	+++++	+++++	+++
21普通肋缝藻 著通肋缝藻 Pinularia sp.+22羽纹藻 草鞋形波缘藻 Cymatopleura solea+23草鞋形波缘藻 Cymatopleura solea+24纤细异极藻 经形双菱藻 Cyrosigma sp.+25後形双菱藻 不纹藻Suriella linearis+26布纹藻 不纹藻Cyrosigma sp. Peridinium bipes+27甲藥门 Pyrrophyta C 二角多甲藻 管曲袋鞭藻 Peranema deflexum Peranema deflexum Phacus stokesii+29棵藻 Euglena sp.+30尾棵藻 K型扁裸藻 Phacus stokesii+31长尾扁裸藻 愛裸藻 Phacus stokesii+33卵形磷孔藻 要裸藻 Trachelomonas sp. Frachelomonas sp. Frachelomonas sp. Phacus schreetri Frachelomonas sp. Frachelomonas sp. Frachelom	20		放射舟形藻	Navicula radiosa	+	+	+		+
22羽纹藻Pinularia sp.++23草鞋形波缘藻Cymatopleura solea+24纤细异极藻Gomphonema gracile+25线形双菱藻Surirella linearis+26市紋藻Gyrosigma sp.+27甲藻门 Pyrrophyta二角多甲藻Peridinium bipes28裸藻门 Euglenophyta弯曲袋鞭藻Peranema deflexum29裸藻Euglena sp.+30尾裸藻Flagena caudate+31长尾扁裸藻Phacus longicauda+32桃形扁裸藻Phacus stokesii+33印形磷孔藻Lepoinclis orum+34囊裸藻Trachelomonas sp.+35尾棘囊裸藻Trachelomonas sp.+36绿藻门 Chlorophyta雨生红球藻Haematococcaceae pluvialis39北洋藻Volvox globator+40実球藻Palorina morum+	21		普通肋缝藻	Frustulia vulgaris		+			
23草鞋形波缘藻 草鞋形波缘藻 24Y細异极藻 4Cymatopleura solea+24纤细异极藻 4Gomphonema gracile+25後形双菱藻 4Surirella linearis+26布纹藻 7Gyrosigma sp.++27甲藻门 Pyrrophyta 二角多甲藻 29一角多甲藻 29++20花線藻 29Peranema deflexum 40++20花線藻 4Euglena sp.+++20花線藻 4Phacus longicauda 4++30 4K尾扁裸藻 4Phacus sokesii 4+31长尾扁裸藻 4Phacus sokesii 4++33 4Priğn kä 4Lepocinclis ovum 4+34 	22		羽纹藻	Pinnularia sp.			+		+
24纤细异极藻 纤细异极藻Gomphonema gracile+25线形双菱藻Surirella linearis+26布纹藻Gyrosigma sp.++26一布纹藻Cyrosigma sp.++27甲藻门 Pyrrophyta二角多甲藻Peridinium bipes+28裸藻门 Euglenophyta弯曲袋鞭藻Peranema deflexum+29·································	23		草鞋形波缘藻	Cymatopleura solea				+	
25	24		纤细异极藻	Gomphonema gracile		+			
26布纹藻 布纹藻Gyrosigma sp.++27甲藻门 Pyrrophyta二角多甲藻 弯曲袋鞭藻Peridinium bipes+28裸藻门 Euglenophyta弯曲袋鞭藻Peranema deflexum 4 +29·································	25		线形双萎藻	Surirella linearis				+	
27甲藻门 Pyrrophyta二角多甲藻Peridinium bipes+28裸藻门 Euglenophyta弯曲袋鞭藻Peranema deflexum+29裸藻Euglena sp.+++30尾裸藻Fuglena caudate++31长尾扁裸藻Phacus longicauda+33卵形磷孔藻Phacus stokesii+34囊裸藻Trachelomonas sp.+35尾棘囊裸藻Trachelomonas armata36绿藻门 Chlorophyta雨生红球藻Haematocaccaea pluvialis37球翅藻Eudorina elegans+38空球藻Fudorina norum+40实球藻Pandorina morum+	26		布纹藻	Gyrosigma sp.		+			+
28裸藻门 Euglenophyta弯曲袋鞭藻Peranema deflexum+29裸藻Euglena sp.++30尾裸藻Fuglena caudate++31长尾扁裸藻Phacus longicauda+32桃形扁裸藻Phacus stokesii+33卵形磷孔藻Lepocinclis ovum+34嚢裸藻Trachelomonas sp.+35尾棘囊裸藻Trachelomonas armata+36绿藻门 Chlorophyta雨生红球藻Haematococcaceae pluvialis++++37珠囊藻Sphaerocystis schroeteri+38空球藻Eudorina elegans++39球团藻Volvox globator++40实球藻Pandorina morum++	27	甲藻门 Pyrrophyta	二角多甲藻	Peridinium bipes				+	
29液藻Euglena sp.+++30尾裸藻Euglena caudate++31长尾扁裸藻Phacus longicauda+32桃形扁裸藻Phacus stokesii+33卵形磷孔藻Lepocinclis ovum+34臺裸藻Trachelomonas sp.+35尾棘囊裸藻Trachelomonas armata36绿藻门 Chlorophyta雨生红球藻Haematococcaceae pluvialis37珠囊藻Sphaerocystis schroeteri+38空球藻Eudorina elegans+40实球藻Pandorina morum+	28	裸藻门 Euglenophyta	弯曲袋鞭藻	Peranema deflexum	+				
30尾裸藻Euglena caudate++31长尾扁裸藻Phacus longicauda+32桃形扁裸藻Phacus stokesii+33卵形磷孔藻Lepocinclis ovum+34囊裸藻Trachelomonas sp.+35尾棘囊裸藻Trachelomonas armata36绿藻门 Chlorophyta雨生红球藻Haematococcaceae pluvialis37珠囊藻Sphaerocystis schroeteri+38空球藻Eudorina elegans+40实球藻Pandorina morum+	29		裸藻	Euglena sp.	++			+	
31长尾扁裸藻 桃形扁裸藻Phacus longicauda+32桃形扁裸藻 卵形磷孔藻Phacus stokesii+33卵形磷孔藻 葉裸藻Lepocinclis ovum t+34嚢裸藻 葉裸藻Trachelomonas sp. Trachelomonas armata+36绿藻门 Chlorophyta雨生红球藻 平生红球藻 KHaematococcaceae pluvialis t+++37珠囊藻 医phacocystis schroeteri t++++38空球藻 Eudorina elegans++39球团藻 文球藻Volvox globator Pandorina morum t+	30		尾裸藻	Euglena caudate	+		+		
32桃形扁裸藻Phacus stokesii+33卵形磷孔藻Lepocinclis ovum+34臺裸藻Trachelomonas sp.+35尾棘囊裸藻Trachelomonas armata36绿藻门 Chlorophyta雨生红球藻Haematococcaceae pluvialis37球囊藻Sphaerocystis schroeteri+38空球藻Eudorina elegans+40实球藻Pandorina morum+	31		长尾扁裸藻	Phacus longicauda			+		
33卵形磷孔藻Lepocinclis ovum+34囊裸藻Trachelomonas sp.+35尾棘囊裸藻Trachelomonas armata36绿藻门 Chlorophyta雨生红球藻Haematococcacea e pluvialis++++37球囊藻Sphaerocystis schroeteri++++38空球藻Eudorina elegans++39球团藻Volvox globator++40实球藻Pandorina morum++	32		桃形扁裸藻	Phacus stokesii		+			
34囊裸藻Trachelomonas sp.+++35尾棘囊裸藻Trachelomonas armata36绿藻门 Chlorophyta雨生红球藻Haematococcaceae pluvialis++++++37球囊藻Sphaerocystis schroeteri++38空球藻Eudorina elegans++39球团藻Volvox globator+40实球藻Pandorina morum++	33		卵形磷孔藻	Lepocinclis ovum	+				
35尾棘囊裸藻Trachelomonas armata36绿藻门 Chlorophyta雨生红球藻Haematococcaceae pluvialis++++++++++++37球囊藻Sphaerocystis schroeteri++38空球藻Eudorina elegans++39球团藻Volvox globator+40实球藻Pandorina morum++	34		囊裸藻	Trachelomonas sp.	+				++
36绿藻门 Chlorophyta雨生红球藻Haematococcaceae pluvialis++++++++++++++++37球葉藻Sphaerocystis schroeteri++38空球藻Eudorina elegans++39球团藻Volvox globator+40实球藻Pandorina morum++	35		尾棘囊裸藻	Trachelomonas armata					
37球嚢藻Sphaerocystis schroeteri++38空球藻Eudorina elegans++39球团藻Volvox globator+40实球藻Pandorina morum++	36	绿藻门 Chlorophyta	雨生红球藻	Haematococcaceae pluvialis	++++	++++	+++++	+++	+++
38 空球藻 Eudorina elegans + + 39 球团藻 Volvox globator + 40 实球藻 Pandorina morum +	37	· · · · ·	球囊藻	Sphaerocystis schroeteri	+			+	
39 球团藻 Volvox globator + 40 (实球藻 Pandorina morum + +	38		空球藻	Eudorina elegans			+	+	
40 实球藻 Pandorina morum + + +	39		球团藻	Volvox globator	+				
	40		实球藻	Pandorina morum	+		+		

			续表 2					
序号 No	门名 Phylum name	种名 Species name	拉丁学名 Latin name	S1	S2	S3	S4	S5
41	i nyiuni name	species name						
41		冰 (水) (注) (注) (注) (注) (注) (注) (注) (注) (注) (注	Chlamydomonas globose			+		
42		小球漢	Chlorella sp.	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++
45		重日核小球楽	Chlorella pyrenoidesa	+				
44		 	Kirchneriella lunaris	+				
45		月才漢	Selenastrum bibraianum	++	++	+	++	++
40		<u></u> 「 」 工 、 工 、 工 、 工 、 工 、 工 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、	Ankistrodesmus sp.	+	+	++	+	
4/		11形纤维梁	Ankistrodesmus acicularis	+				
40		\$\$ 灰 纤细深 食日薄	Ankistroaesmus spiralis	+	+	+	+	
49		朱星濚	Actinastrum hantzschii			+++	++	
50		益星深 送各內日英	Pediastrum sp.				+	+
51		甲用盈星際 伝林向日英	Pediastrum simplex			++	+	
52		<u></u> 宏釈 益 星 漢 一 会 色 早 英	Pediastrum boryanum			+		
55		用盈星濚	Pediastrum duplex	+++	+	++	++	
54		多釈伽漢	Scenedesmus abundans			+		
55		放甲伽楽	Scenedesmus armatus	+		+	++	+
56		被甲栅藻博格变种双尾变型	Scenedesmus armatus var. boglariensis f.bicaudatus			+		
57		四尾栅藻	Scenedesmus quadricauda	+++++	++++	+++++	++++	++++
58		二形栅藻	Scenedesmus ¹ dimorphus	+++++	++	+++++	++++	++++
59		尖细栅藻	Scenedesmus acuminatus	+	+	+	+	
60		龙骨栅藻	Scenedesmus carinatus			+		
61		弯曲栅藻	Scenedesmus arcuatus	+				
62		双列栅藻	Scenedesmus bijugatus	++++	++	++		
63		斜生柵藻	Scenedesmus obliguus	++++	++	+++	+	
64		柵藻	Scenedesmus sp.	++		+	+	+
65		短刺四星藻	Tetrastrum staurogeniaforme					+
66		韦斯藻	Westella botrvoides	+				
67		十字藻	Crucigenia sp.	+				+
68		四角十字藻	Crucigenia auadrata	+				
69		小齿凹顶鼓蓬	Euastrum denticulatum				+	
70		討道	Cosmarium sp	+				
71		角星鼓藻	Staurastrum sp.					+
72		新日蓮	Closterium sp	+++	+++	+	+	+
73		埃伦新月藻	Closterium ehrenbergii			+		
74		拟菱形弓形藻	Schroederia nitzschioides	+		+	+	
75		硬弓形藻	Schroederia robusta	+		+		
76		弓形藻	Schroederia sp.			+		
77		浮球藻	Planktosphaeria, sp	+		+		
78		四前面神荡	Chodatella quadriseta			+		
79		四角藻	Tetraedrom sp.	+		·		
80		三角四角藻	Tetraedrom trigonum	+		++		
81		防网落	Dictoorphaerium abrenbergianum				+	
01		瓜/"7 6 条 羊丽胺國茲	Distant anima 11 11					
02		夫 ····································	Diciyosphaerium puicheilum	+		+		
83		丝澡	Ulothrix sp.				+	
84		拟新月藻	Closteriopsis sp.	+				
85		小空心藻	Coelastrum microporum			+		

注:"+"的多少表示该物种出现的频次

Note: The number of "+" indicated the frequency of occurrence of the species

2.3 浮游植物种类数 研究期间,被调查虾塘浮游植物种类数量为 23~50,其中 S3 的种类最多,达 50 种;其次为 S1,种类数为 47;再次为 S4、S2,种类数分别为 37 和 24;S5 的种类数最少,为 23 种(图 1)。



图1 青虾养殖池塘浮游植物种类数

Fig.1 The species number of phytoplankton in the culture pond of shrimp

2.4 浮游植物生物指标的时空变化 从空间来看,虾塘浮游 植物的丰度为20.83×10³~43.81×10³cell/L,其中S3 的浮游植 物丰度最大,S2 的浮游植物丰度最小;浮游植物的生物量与 丰度呈正相关,丰度越大,生物量越大;浮游植物生物量为 11.46~41.05 mg/L,S3 最大,S2 最小(图 2、3)。

从时间来看,浮游植物的丰度为 8.42×10³~65.62×10³ cell/L, 其中高峰值出现在为 6 月份,低谷值出现在 7 月份;浮游植物的 生物量为 5.9~41.6 mg/L,其与丰度呈正相关(图 4)。

2.5 生物多样性指数 各调查塘口 Margalef 丰富度指数为 1.82~3.79,均值为 2.70,其中 S3 最高,S5 最低;Shannon-Wiener 多样性指数为 2.55~2.95,均值为 2.75,其中 S3 最高,S2 最低;Pielou 均匀度指数为 0.74~0.83,均值为 0.78,其中 S5 最高,S1 最低(图 5)。

3 讨论

3.1 浮游植物的群落结构特征 研究期间,共鉴定出浮游植



Fig.2 The abundance of phytoplankton in culture pond of shrimp



图 3 青虾养殖池塘浮游植物的生物量

Fig.3 The biomass of phytoplankton in culture pond of shrimp



图 4 浮游植物生物学指标的月变化

Fig.4 Monthly variation of biological indices of phytoplankton



Fig.5 The diversity indices of each pond

物7门85种,以绿藻门为主,蓝藻门次之,硅藻门再之,其他 藻类较少,其优势种群组成与泗阳县青虾养殖池塘的基本相 同^[10],优势种为平裂藻、小席藻、舟形藻、雨生红球藻、小球 藻、四尾栅藻、二形栅藻;多样性指数表明调查塘口的浮游植 物群落组成较为稳定。

3.2 浮游植物丰度的时空分布 浮游植物丰度的时空分布 表现:从空间来看,S3 的浮游植物丰度最大,S2 的丰度最小, 差异显著;从时间来看,浮游植物丰度的高峰值出现在 6 月 份,低谷值出现在 7 月份,差异显著。

浮游植物并不是青虾的主要食物来源^[11-12],但它们是水体浮游动物的主要饵料来源。社渚镇青虾主养模式一般于4月肥水,5月投放抱卵虾,充足的外源营养物质使浮游植物丰度在6月份达到峰值,与此同时,随着浮游动物的牧食,所以在7月快速进入谷值;此后,随着外源饵料的投入,幼虾对浮游动物的下行效应趋向平稳,塘口浮游植物的丰度也随之趋向稳定。

3.3 青虾养殖水体浮游植物群落结构与理化因子的相关分析研究期间,浮游植物的丰度、生物量以及种类数与水温呈正相关(表3),浮游植物尤其是蓝藻对水温的反应比较敏感,随着水温的升高,极易暴发蓝藻形成水华^[13-44];浮游植物的丰度和生物量与 pH 呈正相关,随着水体酸碱平衡向偏碱方向移动,促进了水体吸收空气中的 CO₂,加速了藻类的光合作用,相关研究也表明偏碱的水体更利于藻类的生长^[15];与营养盐(N、P)呈正相关,营养盐的增加会引起浮游植物的快速增殖,此外一些微量元素(如铁、锌、钴、铜、钼等)的增加也会促进藻类的生长^[16],这可能是在水源、放养模式、管理模式等均一致的情况下不同青虾养殖塘口的浮游植物群落结构存在显著差异的重要原因。

表 3 浮游植物的丰度、生物量、种类数与环境因子的相关系数 Table 3 Correlation coefficients between abundance, biomass and species number and environmental factors of phytoplankton

指数 Index	丰度 Abundance	生物量 Biomass	种类数 Species number
水温 Water temperature	0.12	0.01	0.26
pH	0.19	0.20	-0.10
溶解氧含量 Dissolved oxygen content	-0.01	-0.02	-0.08
氨氮浓度 Ammonia nitrogen concentration	-0.02	-0.01	-0.05
亚硝酸盐浓度 Nitrite concentration	0.17	0.24	-0.30
总氮浓度 Total nitrogen concentration	0.36	0.27	0.01
总磷浓度 Total phos- phorus concentration	0.08	0.13	0.28

4 结论

江苏省社渚青虾主养池塘总体水体理化指标较为理想, 浮游植物的群落组成以绿藻和蓝藻为主,物种多样性丰富, 生物量充足,适宜青虾生长需要。但是,江苏省溧阳市养殖 水体中有机质浓度相对偏高,在生产管理过程中仍需密切关 注水质、水色(浮游生物含量)、青虾生长状况,避免损失 发生。 目前,水生昆虫的食用、药用等资源化利用,基本全是依 靠野外采集,极大地影响着野生水生昆虫资源。任何昆虫的 资源化利用都是建立在昆虫较成熟的人工(规模化)养殖技 术之上,但由于水生昆虫的特殊性和人们对水生昆虫研究的 不足,目前国内外对水生昆虫的人工养殖技术掌握得非常 有限。

现代城市中的水生昆虫除了具有上述开发利用价值外, 还有很多其他价值值得深入挖掘。比如,蜻蜓还可用于地质 灾害、天气预报、刑事案件侦破^[29]等方面研究,水生昆虫化 石对于恢复远古时代水生环境有着重要意义^[31]。除了挖掘 水生昆虫的利用价值为人类服务外,更重要的是要加大对水 生昆虫资源的保护力度,尤其是在脆弱的城市水域环境中。

参考文献

- 武正成,武文卿,李川城市化过程中的昆虫生态[J].山西农业科学, 2008,36(2):35-37.
- [2] 张宏宇.城市昆虫学[M].北京:中国农业出版社,2009.
- [3] 邓望喜·城市昆虫学[M] 北京:农业出版社,1992.
- [4] 津田松苗.水生昆虫学[M].东京:北隆馆出版会社,1962.
- [5] 刘健康.高级水生生物学[M].北京:科学出版社,2002.
- [6] 杨莲芳,田立新.中国水生昆虫研究史梗概[J].昆虫知识,1994,31(5): 308-311.
- [7] 李金国.低级溪流中水生昆虫的群落特征及水质生物评价[D].哈尔滨: 东北林业大学,2007.
- [8] 颜忠诚,ZHONG H.水生昆虫[J].生物学通报,2004,39(1):15-18.
- [9] 张学祖.水域生态系统中的水生昆虫[J].昆虫知识,1988,25(4):241-246.
- [10] MORE J C, YANG L F, TIAN L X.Aquatic insects of China useful for monitoring water quality [M].Nanjiang; Hohai University Press, 1994.
- [11] MERRITT R W, CUMMINS K W.An introduction to the aquatic insects of north America [M]. Third Edition. Dubuque, Iowa: Kendall-Hunt Publishing Company, 1996.
- [12] 王薛婷,徐可成,阮超静,等.湿地昆虫多样性与保护研究进展[J].中 国农学通报,2013,29(3):196-198.
- [13] 叶水送,方燕,李恺.城市化对昆虫多样性的影响[J].生物多样性,

··+··+·+·+·+·+·

(上接第110页)

参考文献

- 陆建珍,邢丽荣,袁新华,等.青虾池塘养殖环境效率分析[J].长江流域 资源与环境,2014,23(8):1097-1104.
- [2] 邹宏海,龚培培.青虾高效养殖致富技术与实例[M].北京:中国农业出版社,2016.
- [3] 买占,李诗琦,郭超,等.汉江中下游浮游植物群落结构及水质评价[J]. 生物资源,2020,42(3):271-278.
- [4]朱浩,刘兴国,陈晓龙,等.大莲湖湿地修复区浮游植物群落结构与水质 环境因子分析[J].江苏农业科学,2020,48(11):270-274.
- [5] 王晓清,曾亚英,吴含含,等.湘江干流浮游生物群落结构及水质状况分析[J].水生生物学报,2013,37(3):488-494.
- [6] 李云梦,郑侠飞,王岩,等绍兴市凡纳滨对虾围垦滩涂养殖池塘的理化 环境和浮游植物[J].渔业现代化,2017,44(6):1-8.
- [7]张觉民,何志辉.内陆水域渔业自然资源调查手册[M].北京:农业出版 社,1991.
- [8] 胡鸿钧,魏印心.中国淡水藻类——系统、分类及生态[M].北京:科学 出版社,2006.

2013,21(3):260-268.

- [14] HARRIS H J, SAGER P E, YARBROUGH C J, et al. Evolution of water resource management: A Laurentian great lakes case study [J]. International journal of environmental studies, 1987, 29(1):53-70.
- [15] JONES R C, CLARK C C.Impact of watershed urbanization on stream insect communities [J].Journal of the American water resources association, 1987,23(6):1047–1055.
- [16] 刘东晓,于海燕,刘朔孺,等.城镇化对钱塘江中游支流水质和底栖动物群落结构的影响[J].应用生态学报,2012,23(5):1370-1376.
- [17] 张潋波.城镇化对溪流底栖动物物种多样性和功能多样性影响的研究 [D].南京:南京农业大学,2013.
- [18] 常晓丽.农业面源水污染对水生昆虫的波动性不对称的影响[D].南京:南京农业大学,2007.
- [19] 郑晓团.水库建设对生态环境的影响[J].河南水利与南水北调,2017 (4):7-8.
- [20] LONGCORE T, RICH C.Ecological light pollution [J].Frontiers in ecology and the environment, 2004, 2(4):191–198.
- [21] ELBANNA S M,ZALAT S M,GILBERT F, et al.Patterns of resource use by milkweed insects in Sinai [J].Egyptian journal of biology,2009,11:58 -70.
- [22] 黄小清,蔡笃程.水生昆虫在水质生物监测与评价中的应用[J].华南 热带农业大学学报,2006,12(2):72-75.
- [23] 徐希莲.水生昆虫与水质的生物监测[J].莱阳农学院学报,2001,18 (1):66-70.
- [24] 王备新,杨莲芳.大型底栖无脊椎动物水质快速生物评价的研究进展 [J].南京农业大学学报,2001,24(4):107-111.
- [25] 薛建,安正帅,牛长缨,等,水生双翅目昆虫监测水体重金属污染的研究[J].昆虫知识,2008,45(3):378-383.
- [26] 刘玉升,骆洪义,叶保华餐厨废弃物的环境昆虫处理途径及资源化利用探讨[J].再生资源与循环经济,2013,6(4):35-37.
- [27] 薛瑞德.水生昆虫与人类健康的关系[J].中国媒介生物学及控制杂志,1992,3(6):408-410.
- [28] 付新华.中国大陆两种水栖萤火虫生物学及行为学研究[D].武汉:华 中农业大学,2005.
- [29] 朱翠,李力.蜻蜓目昆虫在生态及应用方面的研究[J].西安文理学院 学报(自然科学版),2013,16(1):44-46.
- [30] 曹成全.中国爬沙虫资源的开发利用现状及物种问题[J].湖北农业科学,2014,53(21):5061-5064.
- [31] 刘平娟,黄建东,任东,等.中国北方中生代晚期水生昆虫群落演替与 环境变迁[J].动物分类学报,2009,34(4):836-846.

- [9] 徐润林,白庆笙,谢瑞文.珠江广州市段 PFU 原生动物群落特征及其与 水质的关系[J].生态学报,2002,22(4):479-485.
- [10] 唐金玉,覃宝利,叶建勇,等.江苏泗阳青虾养殖中期水体的理化环境和浮游植物[J].渔业现代化,2019,46(3):41-51.
- [11] 刘军,龚世园,何绪刚,等.武湖日本沼虾食性的研究[J].淡水渔业, 2005,35(1):25-28.
- [12] 温周瑞,谢平.太湖日本沼虾与秀丽白虾的食性与食物碳源分析[J]. 长江大学学报(自然科学版),2013,10(29):36-42.
- [13] NALEWAJKO C, MURPHY T P.Effects of temperature, and availability of nitrogen and phosphorus on the abundance of *Anabaena* and *Microcystis* in Lake Biwa, Japan: An experimental approach [J].Limnology, 2001, 2(1): 45–48.
- [14] 黄钰铃,陈明曦,刘德富,等.不同氮磷营养及光温条件对蓝藻水华生 消的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2008,36(9):93-100.
- [15] 刘春光,金相灿,孙凌,等水体 pH 和曝气方式对藻类生长的影响[J]. 环境污染与防治,2006,28(3):161-163.
- [16] BOYD P W, LAW C S, WONG C S, et al. The decline and fate of an ironinduced subarctic phytoplankton bloom[J]. Nature, 2004, 428:549–553.