

文章编号: 1674-5566(2019)05-0680-09

DOI:10.12024/j.sou.20180902390

安庆新洲水域浮游植物群落结构特征

张家路¹, 王银平¹, 蔺丹清¹, 匡 箴¹, 刘思磊², 刘 凯¹

(1. 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心 农业农村部长江下游渔业资源环境科学观测实验站, 江苏 无锡 214081;
2. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306)

摘 要: 为了解安庆新洲水域浮游植物群落结构特征, 于 2017 年 2—11 月对新洲水域 9 个断面的浮游植物现状进行季节性调查。结果表明, 共检测出浮游植物 8 门 143 种; 以绿藻门种类最多, 占总种数的 46.15%; 其次是硅藻门, 占 29.37%; 蓝藻门、裸藻门、金藻门、隐藻门、甲藻门和黄藻门分别占 12.59%、3.50%、3.50%、2.10%、1.40% 和 1.40%。浮游植物优势种共 6 种, 分别为蓝藻门的假鱼腥藻(*Pseudoanabaena* sp.), 硅藻门的尖针杆藻(*Synedra acus*)、梅尼小环藻(*Cyclotella meneghiniana*), 隐藻门的尖尾蓝隐藻(*Chroomonas acuta*)、嗜蚀隐藻(*Cryptomonas erosa*) 和绿藻门的丝藻(*Ulothrix* sp.)。浮游植物生物密度变化在 $14.09 \times 10^4 \sim 487.98 \times 10^4$ 个/L 之间, 平均为 63.05×10^4 个/L; 生物量变化在 0.07~1.41 mg/L 之间, 平均为 0.28 mg/L。密度最高值出现在夏季的黄湓闸(断面 5)水域, 最低值出现在春季的新洲尾(断面 7)水域; 生物量最高值出现在夏季的董家窑(断面 6)水域, 最低值出现在夏季的皖河口(断面 1)水域。利用多样性指数分析浮游植物群落结构特征, Shannon-Weiner 指数(H')变化范围为 1.93~3.10, 均值为 2.70; Margalef 丰富度指数(D')变化范围为 1.12~3.00, 均值为 2.21; Pielou 均匀度指数(J')变化范围为 0.52~0.93, 均值为 0.79。Shannon-Weiner 指数(H')、Margalef 丰富度指数(D')和 Pielou 均匀度指数(J')在空间分布上存在显著性差异, 季节变化上无显著性差异。多样性指数评价水质为轻-中度污染状态, 表明新洲水域水质状况良好。

关键词: 浮游植物; 群落结构; 新洲; 多样性

中图分类号: Q 948.8; S 917 **文献标志码:** A

长江安庆江段上起安庆市, 下至拦江矶, 长江由此呈直角拐弯经过, 此弯曲河汊始于明朝中叶前, 在右侧黄湓与牛头山之间沉积了新洲^[1]。新洲位于安庆市迎江区东南部, 西北部距安庆市 15 km, 属于长江冲积洲, 呈东西向狭长、南北向扁窄的沙洲, 在地图上看, 像一叶小舟。新洲水域地段四季分明, 雨量充沛, 渔业资源丰富。

浮游植物作为水体中的主要生产者, 对水体的能量流动和物质循环起到了重要的作用^[2]。它们种类和数量的变化与水体生态系统密切相关, 且能反映水体生态系统的好坏, 因此常作为水质评价和监测的指标。浮游植物、群落结构等对环境变化很敏感, 且不同种类的浮游植物对于环境的耐受性不同, 常根据浮游植物的变化来指

示水体环境的变化^[3]。因此, 研究河流浮游植物群落结构是了解河流生态系统的基础。浮游植物也是鱼类的天然饵料, 其种群变化在一定程度上能反映鱼类群落的动态变化, 鱼类群落变化对长江江豚栖息地的影响很大。随着人类活动影响的进一步加剧, 长江江豚栖息地正在逐步恶化和丧失^[4], 对长江江豚栖息地的研究很有必要。长江安庆段是长江干流中长江江豚密度最高的区域^[5], 新洲水域形成了典型的沙洲环境, 适合长江江豚栖息生活。然而对于新洲的浮游植物群落结构研究还很少, 仅有 2009 年孟顺龙等^[6]对于长江安徽—江苏段浮游植物群落的研究及刘明典等^[7]对于安庆浮游植物的研究。本文通过对新洲一年四季浮游植物群落结构变化的研

收稿日期: 2018-09-01 修回日期: 2018-10-11

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费(2017JBF05); 农业财政专项(CJDC-2017-22); 长江三峡工程生态与环境监测系统水生生物与渔业环境监测重点站(下游站)监测项目(JJ(2017)-010)

作者简介: 张家路(1991—), 男, 硕士研究生, 研究方向为长江江豚保护生物学。E-mail:1647941650@qq.com

通信作者: 刘 凯, E-mail:liuk@ffrc.cn

究,为新洲水域水质及鱼类的研究提供依据,进一步为长江江豚栖息地的研究提供基础。

1 材料与方法

1.1 采样点设置

2017年4月、8月、11月和2月对新洲水域

的浮游植物进行了季度性调查。综合考虑河流长度、流向、流速及周边环境状况,共设置皖河口、安庆长江大桥、新河口、鹅毛洲尾、黄湓闸、董家窑、新洲尾、新河坝和夹江9个调查断面(图1,表1),每个采样断面包含长江北岸、江中心和长江南岸3个采样点。

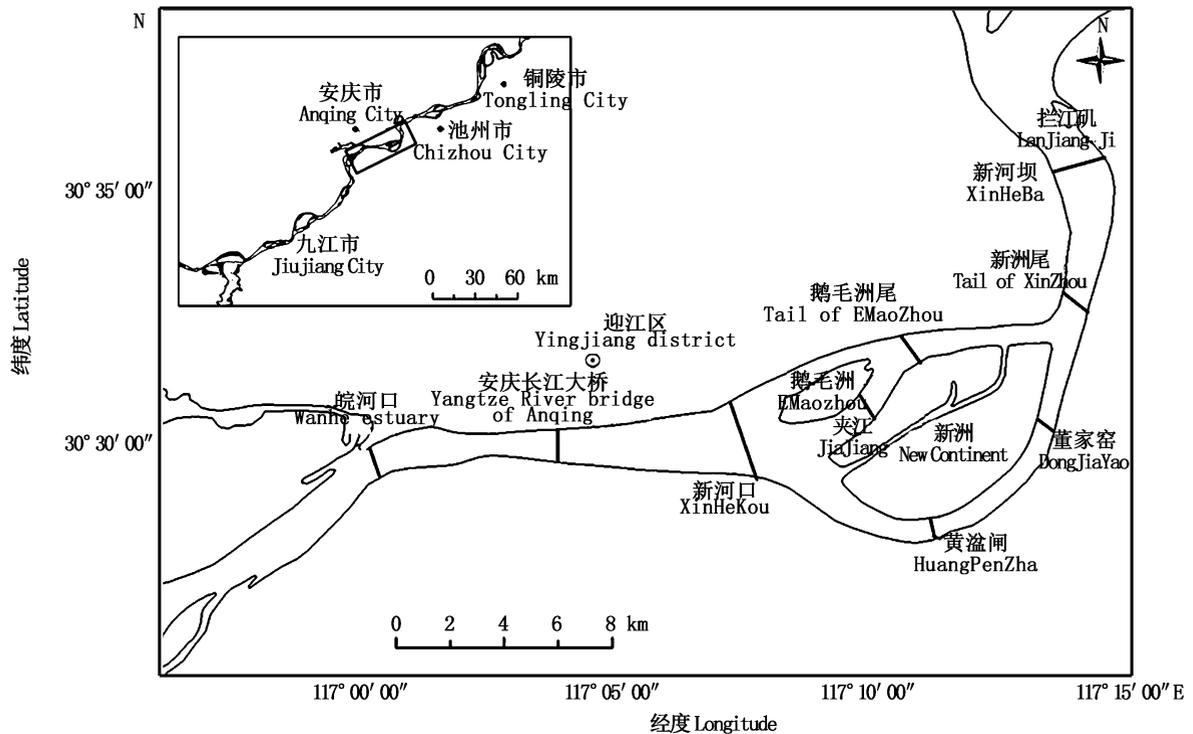


图1 安庆新洲水域调查断面示意图

Fig. 1 Diagrammatic sketch of survey transects of Xinzhou waters in Anqing

表1 安庆新洲水域浮游植物调查断面中心经纬度

Tab. 1 The setting of survey transects of Xinzhou waters in Anqing

采样断面 Sampling Section	断面序号 Section Number	经纬度 Latitude and Longitude
皖河口 Wanhe estuary	1	30°29'51.07"N;117°01'23.11"E
安庆长江大桥 Yangtze River bridge of Anqing	2	30°29'52.21"N;117°04'14.11"E
新河口 XinHeKou	3	30°29'55.80"N;117° 08'18.44"E
鹅毛洲尾 Tail of EMaoZhou	4	30°31'52.93"N;117°11'42.71"E
黄湓闸 HuangPenZha	5	30°28'20.82"N;117°12'02.76"E
董家窑 DongJiaYao	6	30°31'02.85"N;117°14'03.46"E
新洲尾 Tail of XinZhou	7	30°32'36.38"N;117°14'22.10"E
新河坝 XinHeBa	8	30°35'22.94"N;117°14'29.32"E
夹江 JiaJiang	9	30°30'43.83"N;117°10'47.07"E

1.2 样品采集与处理

定性样品采用25号浮游生物网在水面以下0.5 m处做“∞”形反复拖曳约3 min,将采集到的水样放入40 mL塑料瓶中,并加甲醛溶液固定保存。浮游植物定量样品使用柱状采水器采集1

L,水深在3 m以内河道于表层0.5 m处采集,水深3~10 m的河道处于表层和底层各采水500 mL,加入10~15 mL鲁哥试剂和1%体积甲醛溶液保存。浮游植物定量样品带回实验室后先将样品静置沉淀24 h,之后采用虹吸法吸出上层清

液,取下层液定容至 50 mL。

浮游植物镜检采用 10 × 40 倍光学显微镜 (Leica DM500) 进行。镜检时先将试液充分摇匀,取 0.1 mL 于浮游植物计数框内于显微镜下鉴定。每瓶样品计数 2 次,若总个数误差在 15% 以内,取 2 次平均值,若在 15% 以外,则需进行第 3 次计数,取较近两值的平均值。浮游植物种类鉴定参考《中国淡水藻志》《中国淡水藻类——系统、分类及生态》。

1.3 数据分析与处理

优势度采用如下公式计算:

$$Y = (N_i/N)f_i \quad (1)$$

式中: N_i 为第 i 种的物种个体数; N 为总个体数; f_i 为第 i 种的出现频率。 $Y > 0.02$ 为优势种。

Shannon-Wiener 物种多样性指数 (H'):

$$H' = - \sum (N_i/N) \ln(N_i/N) \quad (2)$$

Pielou 物种均匀度指数 (J):

$$J = H' / \ln S \quad (3)$$

Margalef 物种丰富度指数 (D):

$$D = (S - 1) / \ln N \quad (4)$$

式中: N_i 为群落中第 i 个物种的个体数量; N 为群落中所有物种的数量; f_i 为生物群落中第 i 种的出现频率; H' 为香农威尔指数; S 为样品中物种的总种类数。

使用 SPSS 20.0 对结果进行单因素方差与聚类分析,季节和断面间的差异采用 Tukey 多重比较进行分析。

2 结果与分析

2.1 浮游植物种类组成及优势种

本次调查共鉴定出浮游植物 8 门 143 种,其中:绿藻门 66 种,占浮游植物总物种数的 46.15%;硅藻门 42 种,占 29.37%;蓝藻门 18 种,占 12.59%;裸藻门 5 种,占 3.50%;金藻门 5 种,占 3.50%;隐藻门 3 种,占 2.10%;甲藻门 2 种,占 1.40%;黄藻门 2 种,占 1.40%。总体来说,该水域浮游植物以绿藻门和硅藻门为主。从季节组成来看:夏季种类最多,为 95 种,冬季次之,为 82 种,春季最少,为 45 种;夏、秋季节优势种类为绿藻门,秋季和冬季为硅藻门,夏季未发现金藻门和黄藻门,秋、冬季节未发现裸藻门。见

图 2。

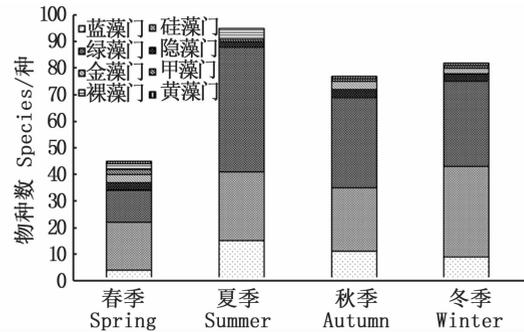


图 2 新洲水域浮游植物种类组成

Fig. 2 The variation of species composition of phytoplankton in Xinzhou waters

浮游植物优势种共 14 种,以硅藻门和蓝藻门为主,其中硅藻门 7 种,蓝藻门 4 种,隐藻门 2 种,绿藻门 1 种(表 2)。本次调查共鉴定出优势种 6 种,分别为假鱼腥藻 (*Pseudoanabaena* sp.)、尖针杆藻 (*Synedra acus*)、梅尼小环藻 (*Cyclotella meneghiniana*)、尖尾蓝隐藻 (*Chroomonas acuta*)、嗜蚀隐藻 (*Cryptomonas erosa*) 和丝藻 (*Ulothrix* sp.)。优势物种数在季节间有所差别,春季 6 种,夏、秋季各 4 种,冬季 7 种,其中梅尼小环藻全年均为优势种。

2.2 生物密度与生物量

2.2.1 生物密度与生物量的季节变化

本次调查结果显示,浮游植物种类、生物量、密度和多样性指数的季节差异显著(表 3)。春季物种数最少,为 11 种,极显著 ($P < 0.01$) 低于其他 3 个季节,夏季物种数最多,为 21 种。浮游植物密度变幅为 $14.09 \times 10^4 \sim 487.98 \times 10^4$ 个/L,平均为 63.05×10^4 个/L(图 3,表 3)。生物量变幅为 0.066 ~ 1.41 mg/L,均值为 0.28 mg/L。浮游植物生物密度整体呈现先升高后降低的趋势,夏季最高,为 148.25×10^4 个/L,其次是秋季 (40.77×10^4 个/L),春季最低,为 25.46×10^4 个/L,浮游植物密度季节间存在极显著性差异 ($P < 0.01$)。生物量表现为先降低后升高:春季最高,为 0.39 mg/L;夏季次之,为 0.33 mg/L;秋季最低为 0.17 mg/L,且存在极显著的季节差异 ($P < 0.01$)。

表 2 浮游植物优势种及优势度的季节变化

Tab. 2 Seasonal variations of the dominant species of phytoplankton

物种 Species	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter	全年 Annual
假鱼腥藻 <i>Pseudoanabaena</i> sp.		0.24			0.06
针晶蓝纤维藻 <i>Dactylococcopsis</i> <i>haphidioides</i>				0.03	
弯形小尖头藻 <i>Raphidiopsis</i> <i>curvata</i>		0.02			
颤藻 <i>Oscillatoria</i> sp.		0.03			
尖针杆藻 <i>Synedra</i> <i>acus</i>	0.09				0.02
颗粒直链藻螺旋变种 <i>Melosira</i> <i>granulate</i> var. <i>spiralis</i>	0.02				
颗粒直链藻纤细变种 <i>Melosira</i> <i>granulate</i> var. <i>angustissima</i>				0.03	
颗粒直链藻 <i>Melosiragra</i> <i>nulata</i>	0.03				
梅尼小环藻 <i>Cyclotella</i> <i>meneghiniana</i>	0.04	0.03	0.12	0.30	0.12
谷皮菱形藻 <i>Nitzschia</i> <i>palea</i>				0.02	
菱形藻 <i>Nitzschia</i> sp.	0.03				
嗜蚀隐藻 <i>Cryptomonas</i> <i>erosa</i>	0.05		0.07	0.02	0.04
尖尾蓝隐藻 <i>Chroomonas</i> <i>acuta</i>			0.08	0.04	0.03
丝藻 <i>Ulothrix</i> sp.			0.13	0.11	0.06

表 3 浮游植物种类、生物密度、生物量(均值 ± 标准误)季节差异

Tab. 3 Comparison of species number, density and biomass in different seasons (Mean ± SE)

变量 Variable	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter	F	P
种类 Species	11.20 ± 0.40 ^a	20.60 ± 1.10 ^b	15.80 ± 0.80 ^c	18.40 ± 0.50 ^{bc}	30.33	0.00
密度 Density/(10 ⁴ 个/L)	25.46 ± 1.20 ^a	148.25 ± 29.33 ^b	40.77 ± 4.25 ^a	37.74 ± 1.55 ^a	14.82	0.00
生物量 Biomass/(mg/L)	0.39 ± 0.04 ^a	0.33 ± 0.06 ^{ac}	0.17 ± 0.01 ^b	0.23 ± 0.01 ^{bc}	6.96	0.00
多样性 H' Diversity	2.82 ± 0.07 ^{ac}	2.49 ± 0.08 ^b	2.58 ± 0.10 ^{ab}	2.89 ± 0.06 ^c	5.68	0.00
丰富度 D Richness	1.63 ± 0.08 ^a	2.49 ± 0.06 ^b	1.96 ± 0.13 ^a	2.75 ± 0.07 ^b	31.60	0.00
均匀度 J Evenness	0.90 ± 0.01 ^a	0.68 ± 0.03 ^b	0.77 ± 0.02 ^c	0.78 ± 0.01 ^c	24.57	0.00

注:不同字母表示统计学上有显著性差异($P < 0.05$)

Notes: Different letters indicate statistically significant differences ($P < 0.05$)

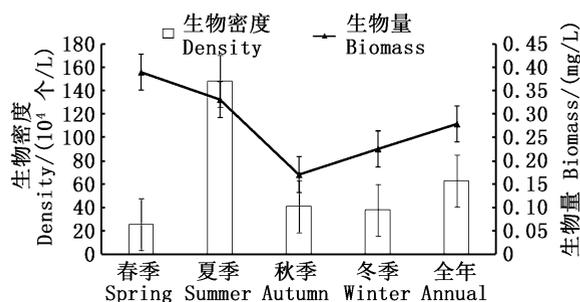


图 3 浮游植物密度和生物量的季节变化

Fig. 3 The seasonal variation of density and biomass of phytoplankton

总体来讲:蓝藻门密度最高,占总生物密度的 46.24%;其次是硅藻门和绿藻门,分别为 23.59% 和 23.12%;占比最低的为甲藻门,仅占

0.07% (表 4)。生物量硅藻门最大,占比 54.73%;其次是蓝藻门,占比 15.10%;再次为隐藻门 13.43%;黄藻门最小,为 0.88%。见表 5。

2.2.2 浮游植物密度与生物量的空间变化

不同断面浮游植物的密度差异不显著($P > 0.05$):新洲尾(断面 7)浮游植物密度最大,为 108.95×10^4 个/L;新河口(断面 3)、鹅毛洲尾(断面 4)和黄湓闸(断面 5)浮游植物密度相差较小;皖河口(断面 1)浮游植物密度最低,为 37.79×10^4 个/L(图 4)。浮游植物生物量变化范围为 0.23 ~ 0.34 mg/L,断面间差异不显著($P > 0.05$);董家窑(断面 6)浮游植物生物量最大,为 0.27 mg/L,皖河口(断面 1)生物量也最低,为 0.23 mg/L。

表 4 不同门类浮游植物密度季节差异

Tab.4 The seasonal variation of density of phytoplankton

10⁴个/L

种类 Species	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter	全年 Annual
蓝藻门 Cyanophyta	3.36 ± 0.40	99.24 ± 10.36	11.19 ± 0.77	2.86 ± 0.33	116.63 ± 50.42
硅藻门 Bacillariophyta	13.20 ± 0.65	16.29 ± 1.07	9.93 ± 0.99	20.07 ± 1.91	59.49 ± 18.16
绿藻门 Chlorophyta	4.77 ± 0.27	30.97 ± 2.15	12.04 ± 1.03	10.51 ± 0.82	58.30 ± 19.58
隐藻门 Cryptophyta	2.61 ± 0.55	1.61 ± 0.02	6.85 ± 1.35	2.69 ± 0.78	13.76 ± 4.51
金藻门 Chrysophyta	1.27 ± 0.14		0.60 ± 0.24	0.76 ± 0.33	2.63 ± 0.89
甲藻门 Pyrrophyta	0.08 ± 0.00	0.017 ± 0.00	0.02 ± 0.00	0.07 ± 0.00	0.18 ± 0.06
裸藻门 Euglenophyta	0.11 ± 0.02	0.12 ± 0.01		0.02 ± 0.00	0.25 ± 0.09
黄藻门 Xanthophyceae	0.07 ± 0.00		0.13 ± 0.00	0.77 ± 0.00	0.98 ± 0.40
合计 Total	25.46 ± 4.12	148.25 ± 32.26	40.77 ± 5.10	37.74 ± 6.63	252.22 ± 39.98

表 5 不同门类浮游植物生物量季节差异

Tab.5 The seasonal variation of biomass of phytoplankton

mg/L

种类 Species	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter	全年 Annual
蓝藻门 Cyanophyta	0.03 ± 0.01	0.13 ± 0.02	0.01 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.17 ± 0.05
硅藻门 Bacillariophyta	0.24 ± 0.02	0.13 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.17 ± 0.01	0.62 ± 0.06
绿藻门 Chlorophyta	0.06 ± 0.01	0.04 ± 0.00	0.02 ± 0.00	0.02 ± 0.00	0.14 ± 0.02
隐藻门 Cryptophyta	0.05 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.07 ± 0.03	0.02 ± 0.01	0.15 ± 0.02
金藻门 Chrysophyta	0.01 ± 0.00		0.00 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.02 ± 0.00
甲藻门 Pyrrophyta	0.01 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.02 ± 0.00
裸藻门 Euglenophyta	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00		0.00 ± 0.00	0.02 ± 0.00
黄藻门 Xanthophyceae	0.00 ± 0.00		0.00 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00
合计 Total	0.39 ± 0.07	0.33 ± 0.05	0.17 ± 0.03	0.23 ± 0.05	1.12 ± 0.09

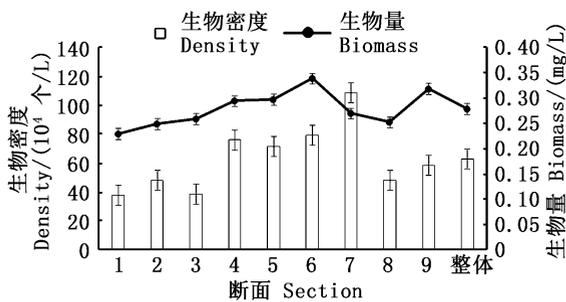


图 4 新洲水域浮游植物密度和生物量的空间变化
Fig.4 Spatial variation of density and biomass of phytoplankton in Xinzhou waters

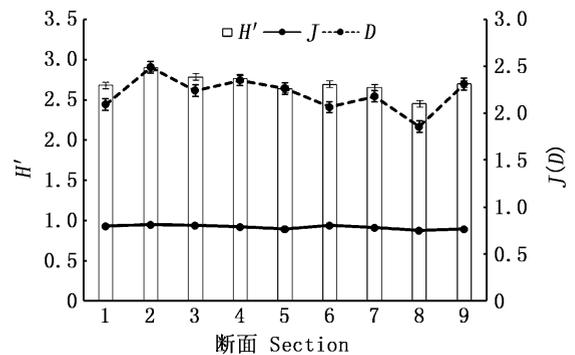


图 5 新洲水域浮游植物多样性指数空间变化
Fig.5 Spatial variation of diversity index of phytoplankton in Xinzhou waters

2.3 浮游植物多样性

多样性指数结果显示:Shannon-Weiner 指数 (H')变化范围 1.93 ~ 3.10, Margalef 丰富度指数 (D)变化范围 1.12 ~ 3.00, Pielou 均匀度指数 (J)变化范围 0.52 ~ 0.93;以各断面浮游植物数据统计浮游动物数据多样性特征值,最大 H' 值、 D 值和 J 值均出现在安庆长江大桥 (断面 2) 附近水域,最小值均出现在新河坝 (断面 8) 水域。

2.4 聚类分析

基于浮游植物密度和生物量的聚类分析结果显示,新洲尾 (断面 7) 的浮游植物密度单独聚为最大一类,新洲周边水域的鹅毛洲尾 (断面 4)、黄湓闸 (断面 5) 和董家窑 (断面 6) 聚为一类,距离新洲较远的皖河口 (断面 1)、安庆长江大桥 (断面 2)、新河口 (断面 3) 和新河坝 (断面 8) 的浮

游植物密度及生物量为一类(图6)。

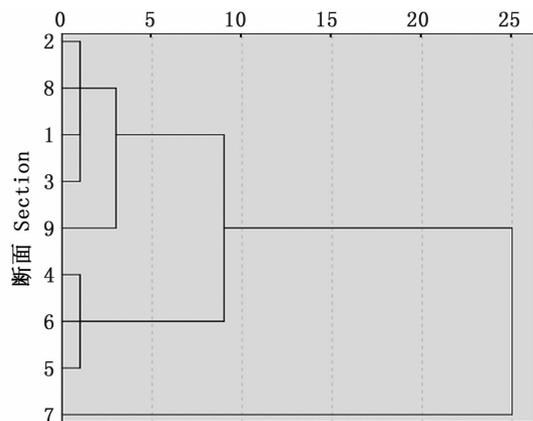


图6 浮游植物密度和生物量的聚类分析

Fig. 6 Cluster analysis of density and biomass of phytoplankton

3 讨论

3.1 浮游植物种类组成与优势种

调查发现浮游植物种类组成以绿藻门和硅藻门为主,种类组成方面与2015年调查^[7]相比,主要是硅藻门和绿藻门较多,与淮河流域^[10-11]调查结果一致均是绿藻门种类最多、硅藻门其次。浮游植物种类硅藻较多的原因可能与2015年调查未在冬季采样有关,而硅藻通常在冬季比较常见^[12]。浮游植物群落组成与水体环境因子密切相关,随周围水域环境的改变有很大的不同,同样地,浮游植物的群落组成也反映了水质的状况^[2]。四季之中,夏季种类数最多,春季最少,种类差异可能与绿藻门数量的变化有关,因为夏季温度升高有利于绿藻群落优势地位的形成,而春季的低水温抑制这一过程^[13]。新洲水域种类整体呈现为硅藻与绿藻为主,浮游植物优势种种类及数量对于浮游植物群落结构的稳定性影响很大,一般来说,优势种种类越多且优势度越小,则群落结构越复杂、稳定^[14],新洲全年优势种共6种,且优势度不高,表明新洲浮游植物群落结构比较复杂。季度变化方面,4个季度的优势种不尽相同,既有交叉又有演替,梅尼小环藻在4个季度均有出现,可能与梅尼小环藻的表面积与体积之比较大,能迅速完成同外界物质的交换有关;同2015年刘明典等^[7]的调查类似,均有硅藻的小环藻属出现,可见硅藻在安庆水域占有一定地位,在群落演替中较稳定。夏季优势种还有弯

形小尖头藻、颤藻,均为夏季常见的蓝藻种类,啮蚀隐藻和尖尾蓝隐藻在秋冬季节成为优势种,表明尖尾蓝隐藻等的适应能力强,生态位宽度较大^[15]。

3.2 浮游植物生物密度及生物量

浮游植物生物密度和生物量在不同区域有很大差异,在同一区域的不同时间段也会有差异。不同季节引起浮游植物生物密度和生物量的变化,会使之产生生物季节现象,新洲四季生物密度和生物量有显著性的差异。夏季生物密度水平最高,其次为秋季,春季最低。夏季水温升高,蓝、绿藻开始生长,特别是蓝藻门的大量生长^[16]导致夏季生物密度达到顶峰,同时蓝藻的大量生长,还可能产生一些物质,这些物质能够制约其他种类的生长;秋季随着温度的降低,蓝藻、绿藻、硅藻三者受到不同制约因素的限制,避免了直接的竞争,达到一个相对平衡的状态,因此生物密度相近。

不同断面浮游植物生物密度与生物量差异不显著,新洲尾(断面7)水域浮游植物密度最高,聚类分析的结果也显示单独聚为一类,可能是新洲两侧水流常年汇聚此处,水体相对不太稳定,不易形成单一的长期优势类群,反而两侧水流带来的不同营养盐能满足更多种类浮游植物的生长繁殖,造成此处水域浮游植物密度偏高。鹅毛洲尾(断面4)、黄湓闸(断面5)和董家窑(断面6)聚为一类,皖河口(断面1)、安庆长江大桥(断面2)、新河口(断面3)和新河坝(断面8)聚为一类,说明新洲水域本身形成了相对独立的浮游植物生物群落特征。浮游植物群落结构的相似性说明所处地域环境的相似程度较高,新洲的两侧水流速度不同,适宜的水流速度会有助于硅藻的生长并抑制蓝藻的生长^[17],新洲两侧的鹅毛洲尾(断面4)、黄湓闸(断面5)和董家窑(断面6)相似性程度较其他水域更接近表明新洲对水体浮游植物的扰动影响不大。夹江(断面9)最为独特,是新洲与鹅毛洲之间的水体,所受环境的影响最复杂,浮游植物群落结构也最独特。新河坝(断面8)在新洲下游较远处,与皖河口(断面1)、安庆长江大桥(断面2)和新河口(断面3)相似性程度较高,说明新河坝(断面8)所在水体受沙洲的影响已经很小,可能已经恢复为正常的河流生态系统。

生物量的季度变化与生物密度的变化有所不同,生物量最大的是春季,与梁晓林等^[18]的研究结果相一致,春季优势种有硅藻门的尖针杆藻和颗粒直链藻螺旋变种等,这些较大的硅藻类浮游植物是生物量的主要贡献者。硅藻的生长繁殖受到许多条件的制约,如水温、水质状况、水体流动大小等,不同于蓝藻,温度较低、硬水、清洁度较高和具有一定流速的水体更受硅藻的喜欢^[19],冬春季节的安庆新洲水域正好符合这一条件,硅藻生物密度占据优势。

3.3 浮游植物多样性指数

依据文献[8-9]所述,以 H' 来看,9个断面 $1 < H' < 3$,均处于中污染型,以 J 值来看,9个断面 $J > 0.8$,处于轻污染或无污染的状态,综合看,新洲及附近水域处于轻-中污染状态。多样性指数是衡量浮游植物群落结构是否合理的重要指标,也能反映水体一定程度的营养状况^[20]。群落物种多样性是群落组织独特的生物学特征,一般来讲,多样性指数越高,群落结构越稳定,水质状况也越好。对于不同水域,单一的多样性指数评价可能不太准确,即便是两个或以上也会有些差异,主要因为生物多样性与水体营养类型之间关系是复杂的,与所处水体类型、计数方式及实验人员鉴定物种的详细程度有关^[21]。新洲水域物种多样性指数上游普遍大于下游,这符合河流的一般规律,总体来说新洲流域群落结构较为稳定^[22-23]。新洲水域总体较高的物种多样性可能与竞争有关,如季节的变换导致的优势种群的演替,捕食与营养可能也对物种多样性起到一定作用^[24]。运用物种多样性显示新洲水体处于轻-中污染状态,这与该江段的水质总体符合地表水环境质量Ⅱ类标准^[25]相一致,表明应用多样性指数对新洲水质评价有一定依据。

参考文献:

- [1] 杨则东,鹿献章,褚进海,等. 长江安庆段河道演变及塌岸分析[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2005, 16(1): 61-63, 71.
YANG Z D, LU X Z, CHU J H, et al. Study on the evolution of the Yangtze River course and bank collapse in the Anqing section[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2005, 16(1): 61-63, 71.
- [2] SUIKKANEN S, LAAMANEN M, HUTTUNEN M. Long-term changes in summer phytoplankton communities of the open northern Baltic Sea[J]. Estuarine, Coastal and Shelf

- Science, 2007, 71(3/4): 580-592.
- [3] BADRUZZAMAN M, PINZON J, OPPENHEIMER J, et al. Sources of nutrients impacting surface waters in Florida: a review[J]. Journal of Environmental Management, 2012, 109: 80-92.
- [4] ZHAO X J, BARLOW J, TAYLOR B L, et al. Abundance and conservation status of the Yangtze finless porpoise in the Yangtze River, China[J]. Biological Conservation, 2008, 141(12): 3006-3018.
- [5] MEI Z G, ZHANG X Q, HUANG S L, et al. The Yangtze finless porpoise: on an accelerating path to extinction[J]. Biological Conservation, 2014, 172: 117-123.
- [6] 孟顺龙,陈家长,胡庚东,等. 2009年秋季长江安徽-江苏段浮游植物群落的种类组成与空间特征[J]. 中国农学通报, 2011, 27(3): 391-398.
MENG S L, CHEN J Z, HU G D, et al. Species Composition and spatial characteristics of the phytoplankton community in the Anhui-Jiangsu reach of Yangtze River in Autumn, 2009[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 27(3): 391-398.
- [7] 刘明典,李鹏飞,曾泽国,等. 长江干流安庆段浮游植物群落结构特征[J]. 淡水渔业, 2017, 47(4): 29-36.
LIU M D, LI P F, ZENG Z G, et al. The characteristic of phytoplankton community structure in Anqing section of the Yangtze River[J]. Freshwater Fisheries, 2017, 47(4): 29-36.
- [8] 沈韞芬,章宗涉,龚循矩,等. 微型生物监测新技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1990: 136.
SHEN Y F, ZHANG Z S, GONG X J, et al. Modern biomonitoring techniques using fresh-water microbiota[M]. Beijing: China Architecture and Building Press, 1990: 136.
- [9] 况琪军,马沛明,胡征宇,等. 湖泊富营养化的藻类生物学评价与治理研究进展[J]. 安全与环境学报, 2005, 5(2): 87-91.
KUANG Q J, MA P M, HU Z Y, et al. Study on the evaluation and treatment of lake eutrophication by means of algae biology[J]. Journal of Safety and Environment, 2005, 5(2): 87-91.
- [10] 邱阳凌,林育青,刘俊杰,等. 淮河干流及主要支流夏季浮游植物群落生物多样性评价[J]. 环境科学学报, 2018, 38(4): 1665-1672.
QIU Y L, LIN Y Q, LIU J J, et al. The biodiversity assessment of phytoplankton community in summer within main stream and tributary of Huaihe River[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2018, 38(4): 1665-1672.
- [11] 朱为菊,庞婉婷,尤庆敏,等. 淮河流域春季浮游植物群落结构特征及其水质评价[J]. 湖泊科学, 2017, 29(3): 637-645.
ZHU W J, PANG W T, YOU Q M, et al. Phytoplankton community structure and the evaluation of water quality in spring, in Huaihe River Basin[J]. Journal of Lake Sciences, 2017, 29(3): 637-645.

- [12] 黄廷林, 曾明正, 邱晓鹏, 等. 温带季节性分层水库浮游植物功能类群的时空演替[J]. 中国环境科学, 2016, 36(4): 1157-1166.
HUANG T L, ZENG M Z, QIU X P, et al. Phytoplankton functional groups and their spatial and temporal distribution characteristics in a temperate seasonally stratified reservoir [J]. China Environmental Science, 2016, 36(4): 1157-1166.
- [13] 王瑜, 刘录三, 舒俭民, 等. 白洋淀浮游植物群落结构与水质评价[J]. 湖泊科学, 2011, 23(4): 575-580.
WANG Y, LIU L S, SHU J M, et al. Community structure of phytoplankton and the water quality assessment in Lake Baiyangdian [J]. Journal of Lake Sciences, 2011, 23(4): 575-580.
- [14] 柳丽华, 左涛, 陈瑞盛, 等. 2004年秋季长江口海域浮游植物的群落结构和多样性[J]. 海洋水产研究, 2007, 28(3): 112-119.
LIU L H, ZUO T, CHEN R S, et al. Community structure and diversity of phytoplankton in the estuary of Yangtze River in Autumn [J]. Marine Fisheries Research, 2007, 28(3): 112-119.
- [15] 徐春燕, 俞秋佳, 徐凤洁, 等. 淀山湖浮游植物优势种生态位[J]. 应用生态学报, 2012, 23(9): 2550-2558.
XU C Y, YU Q J, XU F J, et al. Niche analysis of phytoplankton's dominant species in Dianshan Lake of East China [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2012, 23(9): 2550-2558.
- [16] 刘静, 马克明, 张育新, 等. 温榆河夏季浮游植物群落结构及其与环境因子的关系[J]. 水生态学杂志, 2015, 36(5): 22-28.
LIU J, MA K M, ZHANG Y X, et al. Summer phytoplankton community structure in the Wenyu River and its relationship with environmental factors [J]. Journal of Hydroecology, 2015, 36(5): 22-28.
- [17] IMTEAZ M A, ASAEDA T. Artificial mixing of lake water by bubble plume and effects of bubbling operations on algal bloom [J]. Water Research, 2000, 34(6): 1919-1929.
- [18] 梁晓林, 赵志楠, 张月明, 等. 2013年夏季昌黎生态监控区浮游植物群落结构特征分析[J]. 水产科学, 2015, 34(2): 89-94.
LIANG X L, ZHAO Z N, ZHANG Y M, et al. Phytoplankton community structure in an ecology-monitoring area in Changli in summer of 2013 [J]. Fisheries Science, 2015, 34(2): 89-94.
- [19] 刘冬燕, 林文鹏, 赵敏. 苏州河浮游植物群落结构特征 [J]. 长江流域资源与环境, 2009, 18(10): 914-918.
LIU D Y, LIN W P, ZHAO M. Community structural characteristics of phytoplankton in Suzhou creek [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2009, 18(10): 914-918.
- [20] 郑丙辉, 田自强, 张雷, 等. 太湖西岸湖滨带水生生物分布特征及水质营养状况[J]. 生态学报, 2007, 27(10): 4214-4223.
ZHENG B H, TIAN Z Q, ZHANG L, et al. The characteristics of the Hydrobios' distribution and the analysis of water quality along the West Shore of Taihu Lake [J]. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(10): 4214-4223.
- [21] 雷安平, 施之新, 魏印心. 武汉东湖浮游藻类物种多样性的研究[J]. 水生生物学报, 2003, 27(2): 179-184.
LEI A P, SHI Z X, WEI Y X. Diversity of the phytoplankton in Donghu Lake, Wuhan [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2003, 27(2): 179-184.
- [22] 李媛, 赵文, 张家卫, 等. 碧流河水库及其流域河流浮游植物的群落结构研究[J]. 生物学杂志, 2016, 33(3): 70-74.
LI Y, ZHAO W, ZHANG J W, et al. Study on the community structure of phytoplankton in Biliuhe reservoir and rivers of river basin [J]. Journal of Biology, 2016, 33(3): 70-74.
- [23] 孟顺龙, 徐跑, 李丹丹, 等. 团头鲂池塘工业化生态养殖系统中浮游植物群落结构分析[J]. 上海海洋大学学报, 2018, 27(1): 79-90.
MENG S L, XU P, LI D D, et al. Community structure of phytoplankton in pond industrial eco-aquaculture system culturing *Megalobrama amblycephala* [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2018, 27(1): 79-90.
- [24] 张远, 郑丙辉, 刘鸿亮. 三峡水库蓄水后的浮游植物特征变化及影响因素[J]. 长江流域资源与环境, 2006, 15(2): 254-258.
ZHANG Y, ZHENG B H, LIU H L. Characteristics of phytoplankton composition with analysis of its impact factors after impounding of the Three Gorges Reservoir [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2006, 15(2): 254-258.
- [25] 王晓璐, 刘海芳, 王凡. 长江安庆段水环境质量评价[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(1): 78-79.
WANG X L, LIU H F, WANG F. Evaluation on the quality of water environment in Anqing Segment of Yangtze River [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2008, 36(1): 78-79.

Characteristics of community structure of phytoplankton of Xinzhou waters in Anqing

ZHANG Jialu¹, WANG Yiping¹, LIN Danqing¹, KUANG Zhen¹, LIU Silei², LIU Kai¹

(1. Scientific Observing and Experimental Station of Fishery Resources and Environment in the Lower Reaches of the Changjiang River, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Freshwater Fisheries Research Center, CAFS, Wuxi 214081, Jiangsu, China;

2. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: In order to better understand the status of phytoplankton resources in Xinzhou waters in Anqing, four sampling surveys were conducted in February, April, August and November, 2017. The results showed that 143 species of phytoplankton belonging to 8 phyla were detected in this study, of which Chlorophyta was the most, accounting for 46.15%; Secondly Bacillariophyta, accounting for 29.37%; Cyanophyta, Euglenophyta, Chrysophyta, Cryptophyta, Pyrrophyta and Xanthophyceae accounted for 12.59%, 3.50%, 3.50%, 2.10%, 1.40% and 1.40% respectively. There are 6 dominant species of phytoplankton, including *Pseudoanabaena* sp. of Cyanophyta, *Synedra acus* and *Cyclotella meneghiniana* of Bacillariophyta, *Chroomonas acuta* and *Cryptomonas erosa* of Cryptophyta, *Ulothrix* sp. of Chlorophyta. The density of phytoplankton ranged from 14.09×10^4 to 487.98×10^4 cell/L, with an average of 63.05×10^4 cell/L. The biomass change was between 0.07 and 1.41 mg/L, with an average of 0.28 mg/L. The highest density occurs in Huangpen Zha rivers in summer (Section 5), the lowest density occurs in Xinzhouwei waters in spring (Section 7), the highest biomass occurs in Dongjiayao rivers in summer (Section 6), and the lowest density occurs in Wanhe estuary in summer (Section 1). The Shannon-Weiner index (H') ranged from 1.93 to 3.10, with an average of 2.70, the Margalef richness index (D) ranged from 1.12 to 3.00, with an average of 2.21, and the Pielou evenness index (J) ranged from 0.52 to 0.93, with an average of 0.79. Shannon-Weiner index (H'), Margalef richness index (D) and Pielou evenness index (J) had significant differences in spatial distribution, but no significant differences in seasonal variation. The index of diversity evaluated water quality as light to medium pollution, indicating that the water quality of Xinzhou waters was in good condition.

Key words: phytoplankton; community structure; Xinzhou; diversity