

浙江三门湾秋季浮游植物群落结构特征及其影响因子分析

朱荣^{1,2,3}, 张玉荣^{1,2}, 严峻^{1,2} (1. 浙江省海洋水产研究所, 浙江舟山 316021; 2. 浙江海洋大学, 浙江舟山 316021; 3. 浙江省海洋渔业资源可持续利用技术研究重点实验室, 浙江舟山 316021)

摘要 东海三门湾海域渔业和养殖业发达, 其浮游植物现状和水质对地区渔业发展意义重大, 在 2018 年 9 月对该海域的浮游植物和水环境进行了调查研究, 结果表明, 水体中 pH、DO、COD 等指标符合海水 I 类水质标准, 但是此海域无机氮和有机磷严重超标, 海水富营养化趋势明显; 此外, 三门湾海域浮游植物以硅藻和甲藻为主, 浮游植物优势种主要有 3 种, 分别是中肋骨条藻、琼式圆筛藻和叉状甲藻。浮游植物密度为 1 373 个/L。相关性分析显示, 中肋骨条藻的丰度与水体中的反应性磷含量和透明度呈现显著的正相关关系。

关键词 浮游植物; 群落结构; 环境因子; 三门湾

中图分类号 P 76 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)22-0090-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.22.024

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Analysis of Structural Characteristics of Phytoplankton Community and Influencing Factors in Sanmen Bay of Zhejiang Province in Autumn

ZHU Rong^{1,2,3}, ZHANG Yu-rong^{1,2}, YAN Jun^{1,2} (1. Marine Fisheries Research Institute of Zhejiang, Zhoushan, Zhejiang 316021; 2. Zhejiang Ocean University, Zhoushan, Zhejiang 316021; 3. Key Laboratory of Sustainable Utilization of Technology Research for Fisheries Resources of Zhejiang Province, Zhoushan, Zhejiang 316021)

Abstract The fishing and aquaculture are flourishing along the Sanmen Bay, and their phytoplankton status and water quality are of great significance to the development of regional fisheries. In September 2018, a survey and study of the phytoplankton and water environment in the sea area was conducted. The results showed that the pH, DO, COD and other indicators in the water conformed to the water quality standard of seawater, but the inorganic nitrogen and organic phosphorus in this area were seriously exceeding, and the trend of seawater eutrophication was obvious. In addition, phytoplankton in Sanmen Bay were dominated by *Bacillariophyta* and *Pyrrophyta*, and there were three dominant species of phytoplankton, namely *Skeletonema costatum*, *Coscinodiscus jonesianus* and *Ceratium furca*. The density of phytoplankton was 1 373 个/L. Correlation analysis showed that the abundance of *Skeletonema costatum* showed a significant positive correlation with the reactive phosphorus content and transparency in the water.

Key words Phytoplankton; Community structure; Environmental factors; Sanmen Bay

浮游植物是海洋生态系统中的初级生产者,也是水生食物网的物质循环和能量流动基础^[1]。浮游植物在维持水环境健康和生态系统稳定方面具有重要作用^[2]。浮游植物对水环境的变化非常敏感,在自然环境中,海洋中的浮游植物群落受到多种环境因子的影响,包括水温、营养盐水平、浊度等^[3-6],因此其生物群落的变化能够指示海洋环境的变化。探讨浮游植物群落的结构特征对于了解海洋生态环境具有重要意义。

三门湾海域位于三门以北、宁海县以东,是浙江省海洋经济发展的重要海域之一^[7]。此海域沿岸经济发达,人口众多,海水养殖规模大,大量的工农业污水通过入海河流注入海湾,导致海水富营养化严重,海洋生态环境遭受严重影响。而三门湾海域为东海渔场的重要组成部分,海洋生态环境对于渔业捕捞和养殖具有重大影响,因此调查该海域的浮游植物状况对地区渔业发展具有重要作用。为了解浙江三门湾海域浮游植物结构特征及其与环境因子的关系,笔者在 2018 年 9 月对该海域的浮游植物种类与丰度以及多项水体理化指标进行调查,以期为该海域的生态环境现状和渔业发展提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 采样时间和样点设置 采样时间为 2018 年 9 月,采样区域和采样点如图 1 所示,此次采样共设置了 15 个采样点。

1.2 海水采集与理化指标测定 每个采样点利用 10 L 的采水器采集离水面 0.5 m 处的海水,然后水样密封带回实验室用于各种理化指标的测定。其中水温、pH、水深、溶氧等指标在采样现场利用 YSI 环境监测系统进行测定,其余的如盐度、浊度、总氮、总磷、叶绿素、化学需氧量和生物需氧量等在实验室测定,分析方法参考《海洋调查规范》(GB 12763.1—7 2007)、《海洋监测规范》(GB 17378.1—7 2007)、《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110—2007)、《海洋渔业资源调查规范》(SC/T 9403—2012)等相关方法进行。

1.3 浮游植物分析方法 首先,取采集的水样 1 L,在现场加入 2 mL 的鲁哥试剂固定。样品带回到实验室后,将其静置沉淀 48 h,去除上清液,将样品浓缩至 10 mL,将浓缩样品充分摇匀,取 0.1 mL 放置于浮游植物计数板(0.1 mL, 20 mm×20 mm)中,用显微镜在 400 倍放大率下全盘计数。

1.4 数据分析方法 浮游植物群落分析中常用的多样性指数参考孙军等^[8]的方法。优势种的概念有 2 个方面,即一方面占有广泛的生态环境,可以利用较高的资源,有着广泛的适应性,在空间分布上表现为空间出现频率(f_i)较高;另一方面,表现为个体数量(n_i)庞大,丰度 n_i/N 较高。综合优势种概念的 2 个方面,得出优势种优势度(Y)的计算公式:

$$Y = n_i / N \times f_i \quad (1)$$

基金项目 浙江省科技厅公益技术应用项目(LGF19D060002);浙江省海洋水产研究所博士启动基金项目(112019118500105)。

作者简介 朱荣(1991—),女,湖北仙桃人,助理研究员,博士,从事海洋生态环境方面的研究。

收稿日期 2020-04-06

式中, f_i 为第 i 个种在各样方中的出现频率; n_i 为群落中第 i 个物种在空间中的丰度; N 为群落中所有物种的总丰度。

均匀度 J' 采用 Pielou 公式:

$$J' = \frac{H'}{\log_2 S} \tag{4}$$

式中, S 为样品中的种类总数; N 为样品中的总个体数; p_i 为样品中第 i 种的个体数占总个体数。

在该研究中, 数据绘图由软件 origin 8.0 完成。浮游植物组成与环境因子之间的关系通过软件 CANOCO 5.0 中的典型相关分析 (CCA) 进行探究。利用向前选择法确定对浮游植物群落具有显著性影响 ($P < 0.05$) 的环境因子。



图 1 三门湾海域采样点分布

Fig.1 Distribution of sampling points in Sanmen Bay

浮游植物多样性指数 H' 采用 Shannon-Weiner 公式:

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \times \log_2 p_i \tag{2}$$

丰富度指数 d 采用 Margalef 公式:

$$d = \frac{S-1}{\ln N} \tag{3}$$

2 结果与分析

2.1 水体理化指标 从图 2 可以看出, 采样期间海水水温在 28.2~29.7 °C, 采样区域水深在 7~35 m, 最深的位于采样点 9, 该区域海水的盐度在 26.6%~29.4%, 海水透明度最高可达 0.5 m, 最低仅 0.2 m, 海水的 pH 在 7.96~8.08; DO 在 7.23~7.81 mg/L; 海水的悬浮物含量最高可达 192 mg/L, 而最低仅为 49 mg/L; COD 含量则在 0.46~2.28 mg/L。海水中的无机氮含量为 0.174~2.023 mg/L, 而活性磷酸盐在 0.002~0.027 mg/L。

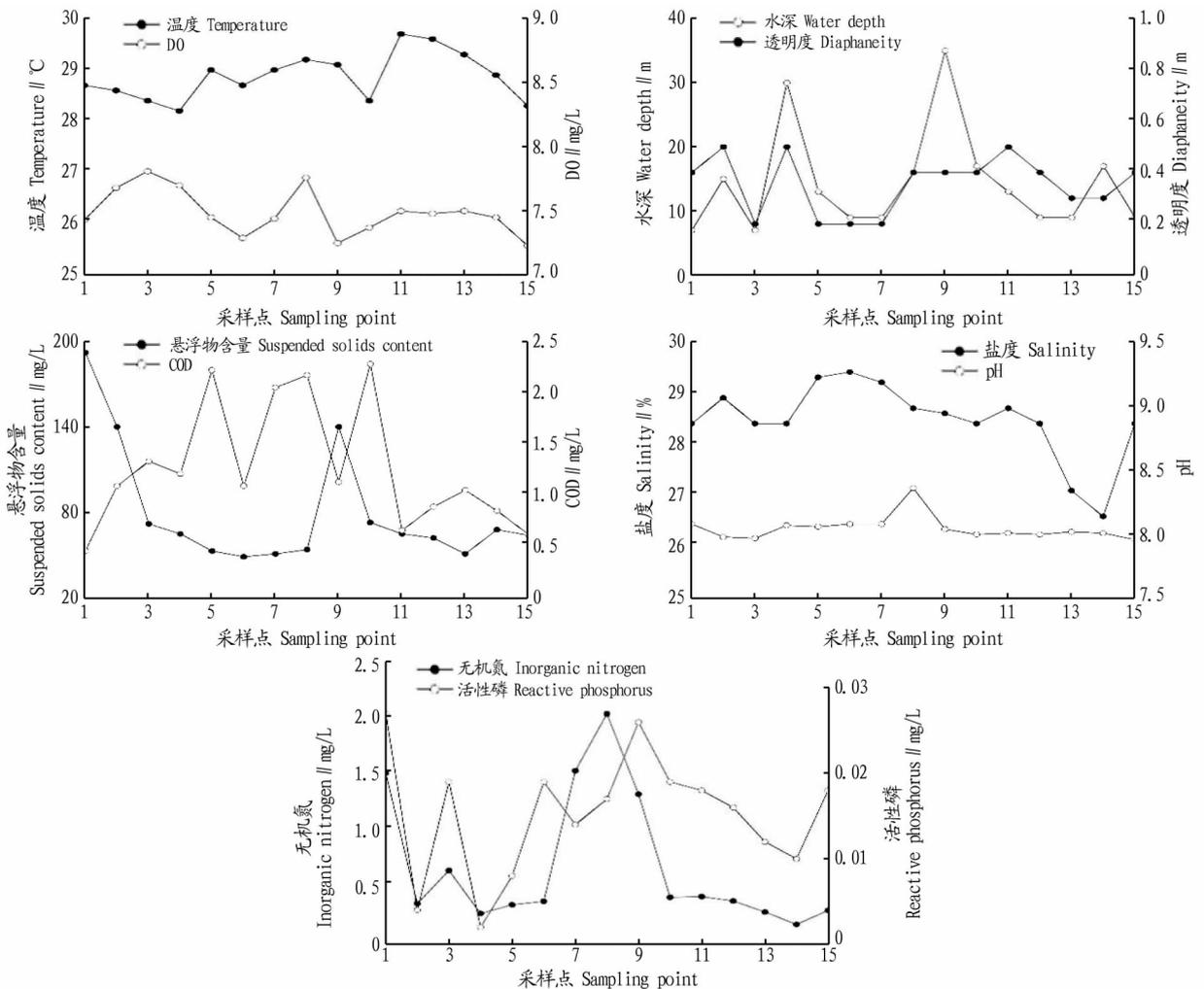


图 2 调查海域水体理化指标

Fig.2 The physical and chemical indicators of study area

2.2 浮游植物群落结构 研究期间共鉴定出浮游植物 2 门 46 种。其中, 硅藻门 35 种, 占 76.1%; 甲藻门 11 种, 占

23.9%(表1)。从浮游植物的组成变化(图3)可以看出,浮游植物优势种主要有3种,分别是琼氏圆筛藻(*Coscinodiscus jonesianus*)、叉状角藻(*Ceratium furca*)和中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)。调查期间浮游植物丰度在840~2800个/L,平均丰度为1373个/L。浮游植物空间分布(图4)显示,浮游植物密度呈现中间高、周围低的趋势。

表1 浮游植物种类名录

Table 1 The species list of phytoplankton

门类 Category	种类名录 List of species	拉丁文 Latin name	
硅藻门 Bacilariophyta	琼氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus jonesianus</i>	
	蛇目圆筛藻	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>	
	格氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus granii</i>	
	威利圆筛藻	<i>Coscinodiscus wailesii</i>	
	弓束圆筛藻	<i>Coscinodiscus curvatulus</i>	
	中心圆筛藻	<i>Coscinodiscus centralis</i>	
	条纹小环藻	<i>Cyclotella striata</i>	
	太平洋海链藻	<i>Thalassiosira pacifica</i>	
	中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i>	
	印度翼根管藻	<i>Rhizosolenia alata f.indica</i>	
	笔尖形根管藻	<i>Rhizosolenia styliformis</i>	
	透明辐杆藻	<i>Bacteriastrium hyinum</i>	
	劳氏角毛藻	<i>Chaetoceros lauderi</i>	
	旋链角毛藻	<i>Chaetoceros tcurvisetus</i>	
	柔弱角毛藻	<i>Chaetoceros debilis</i>	
	拟旋链角毛藻	<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i>	
	短孢角毛藻	<i>Chaetoceros brevis</i>	
	并基角毛藻	<i>Chaetoceros decipiens</i>	
	扁面角毛藻	<i>Chaetoceros compressus</i>	
	中华齿状藻	<i>Biddulphia sinensis</i>	
	活动齿状藻	<i>Biddulphia mobiliensis</i>	
	布氏双尾藻	<i>Ditylum brightwellii</i>	
	针杆藻属	<i>Synedra</i> sp.	
	长海毛藻	<i>Thalassiothrix longissima</i>	
	海线藻属	<i>Thalassionema</i> sp.	
	海洋曲舟藻	<i>Pleurosigma pelagicum</i>	
	端尖曲舟藻	<i>Pleurosigma acutum</i>	
	曲舟藻	<i>Pleurosigma</i> sp.	
	舟形藻属	<i>Navicula</i> sp.	
	新月菱形藻	<i>Cylindrotheca closterium</i>	
	洛氏菱形藻	<i>Nitzschia lorenziana</i>	
	双菱藻属	<i>surirella</i> sp.	
	菱形藻属	<i>Nitzschia</i> sp.	
	柔弱伪菱形藻	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>	
	尖刺伪菱形藻	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	
	甲藻门 Pyrrophyta	梭角藻	<i>Ceratium fusus</i>
		叉状角藻	<i>Ceratium furca</i>
		三角角藻	<i>Ceratium tripos</i>
		镰角藻	<i>Ceratium falcatum</i>
		大角角藻	<i>Ceratium macoceros</i>
海洋原多甲藻		<i>Protoperidinium oceanicum</i>	
具尾鳍藻		<i>Dinophysis caudata</i>	
夜光藻		<i>Noctiluca scintillans</i>	
短角藻原变种		<i>Ceratium breve</i>	
扁形原多甲藻		<i>Protoperidinium depressum</i>	
海洋原甲藻		<i>Prorocentrum micans</i>	

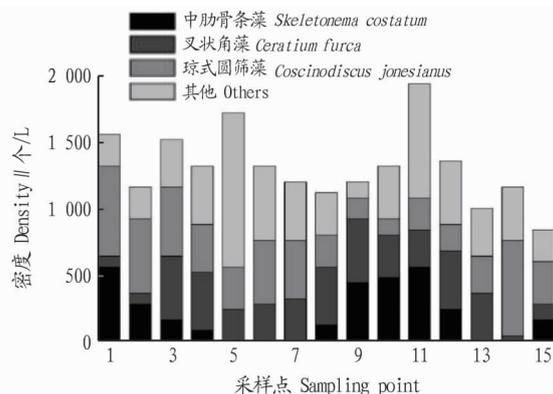


图3 三门湾海域浮游植物种类组成

Fig.3 Species composition of phytoplankton in Sanmen Bay

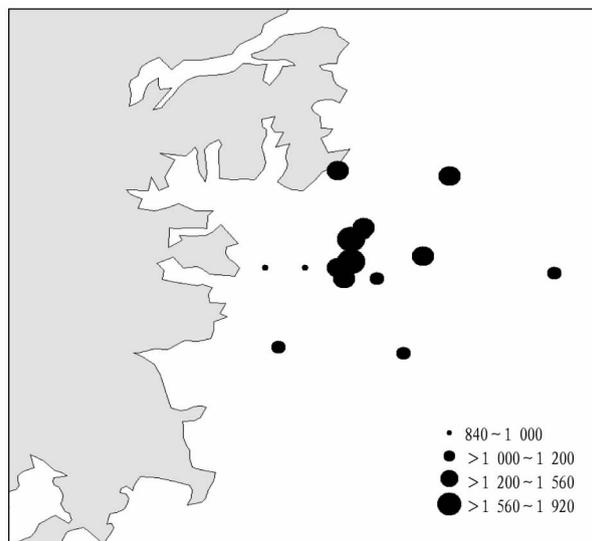


图4 三门湾浮游植物密度空间分布(单位:个/L)

Fig.4 The spatial distribution of phytoplankton density in the Sanmen Bay

2.3 浮游植物多样性分析 从表2可以看出,浮游植物多样性指数 H' 值为 1.105~2.130,平均值为 1.628;丰富度 d 为 0.567~1.386,平均值为 0.886;均匀度 J' 为 0.686~0.888,平均值为 0.821;优势度为 0.563~0.857,平均值为 0.749。可见,该海域浮游植物多样性处于一个比较高的水平,浮游植物的群落结构良好。

2.4 海水水质评价 研究期间监测的海水水质情况,根据《海水水质标准》(GB 3097—1997)对三门湾海域海水水质进行评价,结果表明,尽管此海域 pH、DO、COD 等指标符合海水 I 类水质标准,但是此海域无机氮和有机磷超标,海域水质综合评价结果显示无机氮和活性磷酸盐含量超标是影响海水水质的主要因素。而随着近海海水养殖业的进一步发展,大量的养殖废水会造成海水营养盐含量继续上升,因此在此区域,开展海水水质监测,实行海水养殖清洁生产至关重要。

2.5 浮游植物与环境因子关系 研究发现,浮游植物优势种为琼氏圆筛藻、叉状角藻和中肋骨条藻,而浮游植物的组成和丰度与环境因子密切相关,因此为探究具体环境因子对这

3种优势浮游植物的影响,对这3种藻类丰度与环境因子进行相关性分析,结果表明(表3),中肋骨条藻的丰度与水体中的反应性磷含量和透明度呈现显著的正相关关系。水体中磷含量是浮游植物生长常见的限制因子,特别对于一些容易形成赤潮的藻类来说,磷的作用比氮更加重要^[9-10]。因此作为东海地区常见的赤潮形成种中肋骨条藻,水体中较高反应性磷的含量促进其生长。透明度高的水体意味着水体光照条件良好,这也是浮游植物进行光合作用的重要条件^[11],因此较高的透明度也会导致水体中中肋骨条藻丰度较高。但是与以往研究不同的是,该研究中浮游植物与水温却没有显著性的关系,这可能是由于采样仅仅进行了一次,而且采样期间水温变化不大,而浮游植物受到其他因素的影响较大,导致其丰度与水温没有显著性的关系。如果想要探究其他环境因子对浮游植物群落组成的影响,需要延长采样研究的时间,进一步分析浮游植物的变化情况。

表 2 浮游植物现状调查与评价结果

Table 2 The results of investigation and evaluation of phytoplankton

采样点 Sampling point	丰富度 <i>d</i>	均匀度 <i>J'</i>	多样性 <i>H'</i>
1	0.816	0.706	1.375
2	0.709	0.789	1.414
3	0.682	0.871	1.560
4	1.113	0.833	1.830
5	1.208	0.837	1.927
6	0.835	0.888	1.728
7	0.846	0.803	1.563
8	0.855	0.859	1.672
9	0.705	0.750	1.343
10	0.696	0.872	1.563
11	1.386	0.857	2.130
12	0.970	0.866	1.800
13	0.869	0.843	1.640
14	0.567	0.686	1.105
15	1.040	0.849	1.765

表 3 浮游植物密度与水质相关性分析

Table 3 The correlation analysis of phytoplankton density and water quality

优势种 Dominant species	水深 Water depth	COD	N	P	水温 Water temperature	盐度 Salinity	pH	DO	透明度 Diaphaneity
中肋骨条藻 <i>Skeletonema costatum</i>	0.158	-0.284	0.194	0.561*	0.113	0.112	-0.169	-0.151	0.611*
琼式圆筛藻 <i>Coscinodiscus jonesianus</i>	0.321	0.362	0.244	0.133	0.205	0.187	0.271	0.293	-0.077
叉状甲藻 <i>Ceratium furca</i>	-0.319	-0.367	-0.029	-0.147	-0.329	-0.219	-0.121	0.182	-0.251

注:“*”表示显著相关($P < 0.05$)

Note:“*” means significant correlation($P < 0.05$)

3 讨论与结论

浙江沿岸海域海洋开发力度较大,海洋生态环境较为脆弱,关于该海域的浮游植物调查研究也较多。2005年在浙江三门湾附近的浮游植物调查结果显示其秋季密度为 4.72×10^4 个/L^[12];2012年秋季浮游植物密度则为 143 个/L^[13]。2014年8月在附近海域展开的调查发现浮游植物密度为 1 883 个/L,优势种为中肋骨条藻和琼式圆筛藻^[14]。该研究中,浮游植物密度为 1.31×10^3 个/L,与2014年相比较,变化不大。从这些研究中可以看出,浙江沿岸海域秋季浮游植物优势种均以中肋骨条藻、琼式圆筛藻等为主。浮游植物对环境变化非常敏感,其群落结构能较好地反映水生态系统的营养状况,浮游植物已被作为评价水体营养等级的重要环境指示生物^[15]。浮游植物优势种变化以及群落结构由大粒径浮游植物向小粒径浮游植物占主导的趋势转变意味着水体的富营养化^[16]。在近期的研究中,中肋骨条藻在春季和夏季均为优势种,该种在有机质丰富及受污染近海海域常占有较大比例^[17]。以上结果表明调查海域水体呈现富营养化状态,而水体的富营养化会引发赤潮和底层水体低氧等生态灾害,严重危险沿岸养殖业和渔业,需要引起重视。

该研究结果显示,三门湾海域海水水质良好,pH、DO、COD等指标符合海水I类水质标准,但是无机氮和活性磷酸盐含量超过I类海水水质标准。三门湾海域9月份浮游植物密度为 1 373 个/L,优势种为琼氏圆筛藻、叉状角藻和中肋骨条藻。中肋骨条藻的丰度与水体中的反应性磷含量和透

明度呈现显著的正相关关系。

参考文献

- [1] LEGENDRE L, RASSOULZADEGAN F. Plankton and nutrient dynamics in marine waters[J]. *Ophelia*, 1995, 41(1): 153-172.
- [2] CETINIĆ I, VILIĆ I, BURIĆ Z, et al. Phytoplankton seasonality in a highly stratified karstic estuary (Krka, Adriatic Sea) [J]. *Hydrobiologia*, 2006, 555: 31-40.
- [3] BYUN D S, WANG X H, ZAVATARELLI M, et al. Effects of resuspended sediments and vertical mixing on phytoplankton spring bloom dynamics in a tidal estuarine embayment [J]. *Journal of marine systems*, 2007, 67(1): 102-118.
- [4] ZHOU Y P, HU B, ZHAO W H, et al. Effects of increasing nutrient disturbances on phytoplankton community structure and biodiversity in two tropical seas [J]. *Marine pollution bulletin*, 2018, 135: 239-248.
- [5] ILYASH L V, BELEVICH T A, STUPNIKOVA A N, et al. Effects of local hydrophysical conditions on the spatial variability of phytoplankton in the White Sea [J]. *Oceanology*, 2015, 55(2): 216-225.
- [6] SHEN P P, LI G, HUANG L M, et al. Spatio-temporal variability of phytoplankton assemblages in the Pearl River estuary, with special reference to the influence of turbidity and temperature [J]. *Continental shelf research*, 2011, 31(16): 1672-1681.
- [7] 刘好真, 李祥付, 刘懂, 等. 浙江象山东部海域夏季大型底栖动物优势种群和生态位 [J]. *海洋与湖沼*, 2018, 49(4): 873-882.
- [8] 孙军, 刘东艳. 多样性指数在海洋浮游植物研究中的应用 [J]. *海洋学报*, 2004, 26(1): 62-75.
- [9] CARPENTER S R. Phosphorus control is critical to mitigating eutrophication [J]. *Proceedings of the national academy of sciences*, 2008, 105(32): 11039-11040.
- [10] CORRELL D L. The role of phosphorus in the eutrophication of receiving waters: A review [J]. *Journal of environmental quality*, 1998, 27: 261-266.
- [11] 孙百晔, 梁生康, 王长友, 等. 光照与东海近海中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*) 赤潮发生季节的关系 [J]. *环境科学*, 2008, 29(7): 1849-1854.

(下转第 131 页)

然生机,营造出冬季特有的季相景观。

处理好药用植物与周围建筑物、构筑物的关系,对植物造景的整体景观效果来讲是有促进作用的,临街居民区的墙体裸露在外,年久失修,风吹雨淋,很多建筑外的墙面墙皮掉落影响街景,尤其是药用植物中的地被植物在园林绿化中还有待进一步加以利用。

4.2.4 以每年的全国中药材药品交易会为契机,大力弘扬中药文化,提高城市园林植物景观。自1958年起,至今已成功举办51届全国药品药材交易会,每年10月中旬在樟树市均会举办全国性的“中药材药品交易博览会”。作为南国药都,樟树市应借助每年一届“中药博览会”的契机和森林城市打造,营造特色的城市植物景观(尤其是药用植物的应用),向世人展现樟树这个特色城市的文化魅力及园林景观。

5 结论

樟树市药用植物资源丰富,其中在园林绿地中应用的药用植物247种,分属96科158属。在园林绿化应用中药用植物使用率高的乔木类有50种,灌木类25种,地被类27种,裸子植物13种,乔木:灌木:藤本比为96:58:14。

樟树市药用植物在园林应用中以观花植物为主,兼顾观叶、观果类。所有植物的生活型中以观花类植物(47.78%)居多,观叶类(28.74%)次之,观果类(23.48%)最少。乔木中观花类占40.63%,观叶类占26.04%,观果类占33.33%;灌木中观花类最多占58.62%,观叶类占24.14%,观果类占17.24%;藤本中观花类占35.71%,观叶类占35.71%,观果类最少仅占28.58%;草本中观花类占50.63%,观叶类占34.18%,观果类最少仅占15.19%。

药用植物在园林中的配置方式有孤植、对植、列植、丛植、带植、群植、片植、篱植、散点植等;按其主要功能分,樟树市药用植物的园林景观群落共有观赏型、环保型、保健型、文化型、科普型、生产型六大类。经典的群落配植方式分别有观赏型(南湖公园:银杏+栎树+合欢;鹿江公园:鹅掌楸+紫叶李+樱花);环保型(防护绿地:樟树+合欢+杜鹃花;杜英+桂花+八角金盘+草花);保健型(街心绿地:雪松+桂花+银杏+木槿+杜鹃花群落;松柏林、香樟纯林等);文化型(附属绿地:梅+兰+竹+菊;玉兰+海棠+迎春+桂花;松+竹+梅);科普型(现代农业科技园中的栀子园、竹柏园、吴茱萸园、蓝莓园、山茶园、枳壳园、金橘园、玫瑰园等);生产型(药都公园:杜仲+桂花群落;枇杷+女贞群落;银杏+罗汉松群落)。

樟树市药用植物资源非常丰富,但在园林中的应用效果

还不够理想,药用植物的群落景观不够丰富,地域特色景观没有体现出来,药用植物季相景观不够突出。因此,药用植物在城市景观营造方面的应用还有待优化。

6 建议

樟树市的园林绿化应合理选用能较好适应当地城市气候的乡土药用观赏植物,将药用植物用于园林绿地,在较好地保护地方药用植物品种资源的同时又能促进大众的身心健康,还可有效降低城市绿化养护成本;药用植物具有巨大的开发利用潜力,在园林景观工程中具有丰富的文化内涵和生态、社会、经济等综合效益。在园林绿化中充分利用药用植物资源,必将给园林产业带来巨大的发展空间;要通过政府职能部门和媒体单位的宣传引导,规划设计单位的配合,使我国传统的药用植物在绿化工程中发挥更大的作用。尽可能把樟树市的城市绿地打造成具有科普、旅游、示范、疗养功能为一体的特色景观,突出体现城市个性及其生态保健效应。

为进一步丰富樟树市城市绿地系统中的物种多样性和景观多样性,维系城市生态平衡,打造宜居城市环境和特色城市文化,应合理规划与设计药用观赏植物的种植模式与空间组合,形成乔木、灌木、草本、花卉多维度多层次的植物群落体系。

参考文献

- [1] 李修清.药用观赏植物在园林中的应用研究[J].现代农业科技,2011(8):215-216.
- [2] 朱朝晖.赣江樟树段水环境及水污染控制研究[D].南昌:南昌大学,2009.
- [3] 邹海勇.樟树市设施蔬菜生产绿色防控措施[J].现代园艺,2017(4):46.
- [4] 邢妮,张婷,刘秉焱,等.陇山山地自然保护区药用植物资源及多样性研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2017,45(1):165-174,184.
- [5] 樟树药都文化和药业发展特点[EB/OL].(2013-10-10)[2020-01-05].http://big5.xinhuanet.com/gate/big5/www.jx.xinhuanet.com/2013-10/10/c_117659630.htm.
- [6] 樟树市医药产业发展第十二个五年规划纲要[EB/OL].(2013-10-11)[2020-01-05].http://big5.xinhuanet.com/gate/big5/www.jx.xinhuanet.com/2013-10/11/c_117662195.htm.
- [7] 江西省樟树市史志工作办公室.清江县志(清·同治版)[M].樟树:江西省樟树市史志工作办公室,2015.
- [8] 刘晓静,李素英.上聚源农业观光园的药用植物园规划设计[J].北京林业大学学报(社会科学版),2014,13(2):93-98.
- [9] 许召林,胡成刚,苟欣.建设现代化中药标本馆,促进中药产业的发展[J].贵阳中医学院学报,2011,33(5):39-41.
- [10] 刘健雄.药用植物在广州中医药大学园林规划设计中的应用[J].中国园艺文摘,2015,31(2):129-131.
- [11] 范繁荣,王邦富,李永武,等.药用植物在园林景观绿化中的应用[J].现代农业科技,2013(9):211-212.
- [12] 朱根海,陈立红,钱健.三门核电站附近海域浮游植物季节变化研究[J].环境科学与技术,2010,33(S2):36-45.
- [13] 谢彩琴,艾为明,彭欣,等.三门核电站周边海域浮游植物多样性与季节变化[J].科技通报,2015,31(7):222-228.
- [14] 陈丹琴,叶然,魏永杰,等.三门湾浮游植物群落结构与环境因子的关系研究[J].海洋环境科学,2017,36(1):70-75,86.
- [15] 康元昊,施军琼,杨燕君,等.三峡库区汝溪河浮游植物动态及其与水质的关系[J].水生态学杂志,2018,39(6):23-29.
- [16] CEDERWALL H,ELMGREN R.Biological effects of eutrophication in the Baltic Sea,particularly the coastal zone[J].Ambio,1990,19(3):109-112.
- [17] 傅明珠,孙萍,孙霞,等.锦州湾浮游植物群落结构特征及其对环境变化的响应[J].生态学报,2014,34(13):3650-3660.

(上接第93页)