

# 海涂围滩养鱼生态系统中藻类种群和生物量的研究

韩士群 张振华 严少华 胡永红

(江苏省农业科学院土肥所, 南京 210014)

**摘要:** 研究了滩涂养鱼生态系统中藻类的种群结构等, 结果表明: 共有 7 门 127 种, 年平均  $143.92 \times 10^6$  个/L、平均生物量  $105.60 \text{ mg/L}$ ; 藻类种群结构、数量、生物量等存在动态变化; 结构上以蓝、绿、硅藻门为主, 裸、隐、黄、甲藻门为次要门类, 绿藻门的种数最多并且占绝对优势; 春季绿、硅藻门的数量和生物量大于蓝藻门, 夏季蓝藻门藻数远多于其他藻类, 秋季蓝、绿、硅藻门生物量接近; 藻类组成与异龙湖接近、生物量较其小, 但远超过洞庭湖区高产塘的生物量上限。

**关键词:** 藻类种群; 生物量; 围滩鱼塘生态系统; 滩涂

**中图分类号:** Q949.2      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-3207(2001)04-0317-07

滩涂盐土由于盐分过高(主要是 NaCl), 养分(N、P)、有机质匮乏等障碍因子, 需要较长周期的土壤改良与培肥才能种植作物, 因此在直接种植作物的生态系统中生产力低, 经济效益差。江苏省农科院土肥所首先提出了围滩养鱼改土, 鱼-粮轮作开发模式<sup>[1,2]</sup>, 该项技术体系在拥有 7 万多  $\text{hm}^2$  沿海滩涂的江苏推广很快, 但是关于围滩养鱼能获得较高经济效益的生态学理论基础国内外研究较少<sup>[3,4]</sup>。本文研究了围滩养鱼生态系统中藻类的特点, 为养鱼改土提供了理论依据; 同时为进一步研究围滩鱼塘的藻类及肥水调控打下了基础。

## 1 材料和方法

1997—1998 年 4—10 月在江苏省大丰县省农科院盐土改良实验场进行。海涂围滩鱼塘, 即滩塘的基本状况: 1、4 号滩塘面积均为  $160 \text{ hm}^2$ , 滩周围有一些芦苇, 滩内芦苇较多; 2、3 号滩塘面积均为  $166 \text{ hm}^2$ , 滩周围及滩内芦苇很多; 各滩水深平均约为 1.4m。

各滩均设 5 个采样点、每个样点分别取上、中、下三层水样混合均匀, 每月进行 1 次检测。用显微镜镜检、计数; 丝状体以条数计, 其他均以细胞计<sup>[5]</sup>, 优势种类生物量按测试体积(比重为 1)计算, 一般种类按公式  $Y = 1.07X - 0.068$  计算生物量<sup>[6]</sup>(Y—生物量鲜重  $\text{mg/L}$ ; X—藻类细胞密度, 单位  $10^6$  个/L)。

解剖白鲢, 分别在 5、7、9 三月进行。各滩设 5 个采样点, 用网随机捕捞, 放入清水中, 收集其粪便, 解剖后用注射器抽出肠中所有内容物。然后将肠内容物和粪便用水稀释, 镜检。

收稿日期: 1998-12-04; 修订日期: 2000-04-11

基金项目: 江苏省科委科技开发项目(BL97104)

作者简介: 韩士群(1966—), 男, 汉族, 江苏宿迁; 硕士, 助研; 从事生态学和藻类研究

2 结果与讨论

2.1 藻类种群组成、数量及生物量

2.1.1 藻类种群结构及其季节分布 通过两年定量、定性监测,共鉴定出藻类 7 门、127 种。其中绿藻门(Chlorophyta)46 种,占总种数 36.22%;蓝藻门(Cyanophyta)37 种,占总种数 29.13%;硅藻门(Bacillariophyta)21 种,占总种数 16.54%;裸藻门(Euglenophyta)15 种、甲藻门(Pyrrophyta)3 种、隐藻门(Cryptophyta)2 种、黄藻门(Xanthophyta)1 种。在所有水样中均未发现金藻门(Chrysophyta)。

藻类种群结构随季节变化而变化,春季(4、5 月)、秋季(9、10 月)藻的种类较夏季多;春、秋、夏 3 季藻种数分别为 100、95、65,占总种数的 78.74%、74.80%、51.18%。

各种藻类的稳定性不同,有的种类相当稳定,在鱼的放养期(4—10 月)中始终存在,有的种类只存在某季节中。各季始终出现的种类共 42 种,其中绿藻门 22 种,占 52.38%,其次为蓝藻门 9 种,占 21.42%,硅藻门 5 种占 11.90%,裸藻门、隐藻门、甲藻门分别为 4、1、1 种,3 门共占 14.28%;可见滩塘水体在放养鱼期间绿藻门占绝对优势,其次为蓝、硅藻类。

2.1.2 藻类种群数量 同藻的种类不稳定一样,围滩养鱼生态系统中藻类种群数量也存在动态变化(表 1)。

表 1 各门藻每月藻数及占总藻数百分比  
Tab. 1 Monthly amount and its percentage of each algae phylum

月份 Month	蓝藻门 Cyanophyta	绿藻门 Chlorophyta	硅藻门 Bacillariophyta	裸藻门 Euglenophyta	隐藻门 Cryptophyta	黄藻门 Xanthophyta	甲藻门 Pyrrophyta
4	2.3	9.44	8.30	0.89	0.09	0.07	0.07
	10.6	42.84	37.94	4.04	0.40	0.34	0.22
5	4.9	22.33	6.13	0.08	1.77	0.64	0.42
	13.5	61.56	16.90	0.21	4.88	1.75	1.15
6	196.8	37.15	29.56	0.99	2.18	1.81	1.41
	72.9	13.76	10.95	0.37	0.81	0.67	0.52
7	102.6	36.54	11.44	2.27	2.82	—	0.03
	64.2	22.87	7.16	1.42	1.77	—	0.02
8	300.8	57.23	12.32	2.79	2.29	1.78	0.38
	79.6	15.16	3.26	0.73	0.61	0.47	0.10
9	42.8	35.91	26.76	1.04	1.15	1.42	0.88
	38.9	32.67	24.35	0.95	1.04	1.28	0.80
10	10.5	13.48	9.95	0.96	0.39	0.40	0.39
	29.2	37.34	27.54	2.60	1.08	1.10	1.07

注:表中各月份数据上行为藻数量(单位为 $\times 10^6$ 个/L),下行为其占该月总藻数百分比  
Note: The upper row is monthly amount ( $\times 10^6$  units/L), the lower row its percentage of each algae phylum in the table

2.1.2.1 藻总数变化 藻类总数量月变化曲线呈双“S”型,4 月份藻类总数  $21.19 \times 10^6$

个/升最少,随着季节的推移水温上升,藻类数量急速上升,到6月份藻总数升至  $269.92 \times 10^6$  个/升;7月份由于阴天多雨,水体营养成分被稀释,导致藻数量比6月份有较大幅度的下降。8月份藻数量  $377.55 \times 10^6$  个/L,达到最高峰。秋天,9月份藻总数开始下降,到10月份藻数量  $36.12 \times 10^6$  个/L降到5月份的水平。

**2.1.2.2 不同藻数量及其比例变化** 不同门的藻数量及其占总藻数的比例随季节的不同也存在动态变化,绿、硅藻在数量月变化较平缓,绿藻门数量8月最多,是4月的6.06倍;硅藻门6月藻数量最多,是4月3.56倍;而蓝藻门数量月变化起伏幅度大,8月藻数最多是4月的128.55倍。

表1可以看出,4月份滩塘以绿、硅藻为主,分别为  $9.44 \times 10^6$  个/L、 $8.30 \times 10^6$  个/L,占总数的42.84%、37.94%,硅藻比例达到全年最高峰,这可能与水体中较丰富的硅酸盐以及沉积底层的越冬营养物上升,而先于其他种类繁殖有关<sup>[7]</sup>;蓝藻门  $2.34 \times 10^6$  个/L,占总数的10.62%,裸、隐、黄、甲4门藻只占总数的5.00%。4月份鱼种刚进滩,而绿、硅藻的比例大,有利鱼的生长。5月,绿藻门  $22.33 \times 10^6$  个/L其比例进一步增大,占总藻数的61.56%,比例达到全年的最高峰;硅藻的种群由于绿藻的竞争数量和所占比例均减少,其比例下降为16.90%,而蓝藻门的数量及比例开始上升,隐、黄、甲3门比例也有所上升。

夏季(6—8月)由于光照增强、高温及水体中营养盐状况改变等原因,绿、硅藻比例急速下降,并且水体中绿、硅藻种属也有改变:卵囊藻、鼓藻、水绵、长刺根管藻、尺骨藻等属变为绿、硅藻门的优势种属。而适应此时条件的蓝藻门数量及其比例迅速增加;8月份蓝藻数量  $300.80 \times 10^6$  个/L,比例为79.67%,均达到全年最高峰。整个夏季蓝藻门的优势种属为微囊藻、平裂藻、颤藻、鱼腥藻等属。其他几门藻中,7月份裸藻的比例也各有起伏,并且各滩均未检出黄藻门。

秋季(9、10月)蓝藻门开始衰退,其优势种属也有所改变,微型蓝藻中除微囊藻、平裂藻等继续保持优势,颤藻跃居蓝藻中最优势种属。10月份蓝藻总数  $29.21 \times 10^6$  个/L,降为总数的29.21%,绿、硅藻比例分别上升为总数的37.34%、27.54%。

**2.1.3 藻类生物量** 由于滩塘生态系统内种群结构变化及个体大小的差异,藻类生物量年变化并不象藻数量起伏巨大,但两者都呈双“S”型,有相同的变化趋势(表2),滩塘藻类全年(4—10月)平均生物量105.60mg/L。4月份滩塘刚进水不久,藻的生物量44.01mg/L最小。随着水温增高及投饵量增加,藻的生物量增大,6月份为144.20mg/L,达第一次高峰。8月份为150.14mg/L,达到全年最高峰。9、10月份分别为110.9、85.77mg/L,藻生物量开始回落。

各门藻所占生物量的比例及其变化不同,春季以硅、绿藻为主:4、5月硅、绿藻共占总生物量分别为83.16%、81.04%;其他各门之和仅分别为15.84%、19.96%。由于环境条件改变及藻类种群间竞争,夏季生物量以蓝藻门为主,6、7、8月生物量占月总生物量分别为38.91%、34.62%、33.88%。绿藻门生物量占月总生物量分别为20.61%、22.70%、24.13%;硅藻门生物量占月总生物量分别为20.58%、18.93%、16.17%。夏季裸、隐藻生物量比例提高:裸藻平均生物量占季总生物量为16.15%,隐藻为6.55%。秋季,蓝、绿、硅3门生物量接近,9、10两月各门生物量分别为平均值分别为23.46、25.39、

26.54mg/L。

表 2 各藻门每月生物量及其百分含量  
Tab. 2 Monthly biomass and its percentage of each algae phylum

月份 Month	蓝藻门 Cyanophyta	绿藻门 Chlorophyta	硅藻门 Bacillariophyta	裸藻门 Euglenophyta	隐藻门 Cryptophyta	黄藻门 Xanthophyta	甲藻门 Pyrrophyta
4	2.73	16.42	20.17	2.96	0.78	0.19	0.76
	6.21	37.33	45.83	6.72	1.77	2.43	0.71
5	4.21	28.14	24.89	3.12	1.81	0.62	2.89
	6.44	43.00	38.04	4.78	2.78	0.95	4.41
6	56.11	29.72	29.56	14.85	8.72	1.60	3.64
	38.91	20.61	20.50	10.30	6.05	1.10	2.52
7	47.98	31.45	26.23	21.30	10.43	—	1.17
	34.62	22.70	18.93	15.37	7.53	—	0.84
8	50.87	36.23	24.28	25.18	9.10	1.57	2.92
	33.88	24.13	16.17	16.77	6.06	1.05	1.94
9	27.39	30.47	28.77	15.86	1.19	1.36	6.05
	24.66	27.43	25.90	14.28	1.07	1.22	5.45
10	19.53	20.31	24.70	14.46	3.38	0.35	3.04
	22.77	23.68	28.80	16.86	3.94	0.41	3.54

注: 表中各月数据上行为生物量, 下行为其占月总生物量百分比  
Note: The upper row is monthly biomass (mg/L), the lower row its percentage of each algae phylum in the table.

藻类种数、数量、生物量等动态变化说明, 生物种群对于栖息环境都存在一定的“生态对策”<sup>[8]</sup>, 在一定范围内保持生态系统内部的相对稳定, 当超越此范围时, 又存在“反馈作用”<sup>[9]</sup>的调节机制, 种群数量或生物量重返原来的水平。

2.2 水体中藻类和鱼取食消化的关系

观察发现, 滩塘白鲢等鱼在春季生长快而夏、秋季生长缓慢的现象, 因此进一步研究了滩塘藻类组成、数量、生物量等对鱼类的影响: 解剖发现, 鱼肠内容物中藻类和水体中藻类相同, 可见鱼取食水中藻类具有随机性。存于粪便中藻的门数和种数少于其肠中, 说明其中一些藻类被鱼消化掉, 例如鱼肠检测出鞭毛藻但在粪便中未检测出, 说明鞭毛藻类易被鱼消化。滩塘主要藻类即蓝藻门、绿藻门、硅藻门, 其中大型绿藻如水绵、水网藻以片断形式存在于粪便中, 难以被鱼完全消化; 鼓藻、大型硅藻如羽纹藻等, 特别是硅藻, 其外壳为硅质不能被消化, 仍以片断形式存在于粪便中, 但其细胞质逸出可被消化, 因此硅藻是鱼的很好天然饵料。而此时水体中的优势种类如绿球藻、长刺根管藻等被鱼消化掉。通过观察发现, 蓝藻门中鱼腥藻属、项圈藻属易被鱼消化, 这与李永函等人的研究结论一致<sup>[8]</sup>; 平裂藻、蓝纤维藻等粪便中未检测出, 这些藻类也容易被消化, 虽然在水体中大量存在, 但在鱼肠中发现数量不多, 这可能是由于其个体较小, 鱼取食时易从鳃中流失; 微囊藻及粘球藻属不能被鱼完全消化, 在其粪便中存在整体或散在的细胞颗粒, 说明这些藻类只能部分被鱼消化; 另外在鱼肠内容物及粪便中发现大量的颤藻属整体或其断截, 说明这

些藻类不容易被鱼消化。裸藻门中除血红裸藻、细小裸藻易被消化,其他裸藻如具尾裸藻、贪食裸藻等在粪便中保持完好。

从解剖中还发现,春季水体中藻类生物量较小而粪便中藻数量也较少,而夏季藻生物量大,鱼粪便中未消化藻数多于春季,这可能是由于白鲢在食物密度过大的水体中造成奢侈性滤食而消化不良的原因。过去认为蓝、裸藻门难以被鱼消化<sup>[10, 11]</sup>,因此在计算鱼类可利用藻类生物量时除去蓝、裸藻部分。但作者认为计算鱼可利用藻类生物量、估算鱼产力时,蓝、裸藻门生物量并不应该完全除去,而绿藻门也不能完全算入,应根据水体中易被鱼消化的优势藻种属决定。

表 3 水体藻类和鱼体取食状况  
Tab. 3 Population of algae in waters, fish- intestines and fish excrements

月份 Month	水中藻类 Population of algae in waters		肠内藻类 Algae in intestines	粪便中藻类 Algae in excrements	
	种数 Species amount	优势种属 Dominant species		种数 Species	优势种属 Dominant species
5	7 门 88 种	绿球藻、小环藻、根管藻、栅裂藻、平裂藻、鱼形藻、菱形藻、鱼腥藻	7 门 88 种	4 门 30 种	水网藻、鼓藻、水绵、羽纹藻等整体或片段;微囊藻、粘球藻的细胞颗粒
7	6 门 81 种	微囊藻、平裂藻、蓝纤维藻、颤藻、水绵、水网藻、鼓藻、细小裸藻、针杆藻、血红裸藻、菱形藻	6 门 81 种	3 门 27 种	颤藻、胶鞘藻、水绵水网藻、贪食裸藻月形藻等整体或片段;微囊藻、粘球藻细胞颗粒。
9	7 门 96 种	蓝纤维藻、粘球藻、根管藻、针杆藻、裂面藻、葡萄韦斯藻、具尾裸藻、绿棱藻、鱼腥藻	7 门 96 种	4 门 31 种	颤藻、鼓藻等片断;粘球藻细胞颗粒,具尾裸藻、绿棱藻等整体

2.3 藻类组成、数量及生物量与其他水体比较

为了进一步说明滩涂围滩养鱼生态系统藻类的特点,选取异龙湖<sup>[12]</sup>、洞庭湖区高产塘<sup>[13]</sup> 2 处富营养水体做比较。滩涂鱼塘属富营养型水体,透明度偏小,氮、磷含量高,因此在藻类组成上以蓝、绿、硅藻为主。藻的种类与异龙湖藻类较为接近。滩涂鱼塘和异龙湖都以蓝藻为优势类群,但滩涂鱼塘蓝藻生物量的比例小于异龙湖,硅藻比例大;高产塘的隐、裸藻门生物量比例最大<sup>[4]</sup>。

表 4 显示,水体中总的生物量异龙湖> 滩涂鱼塘> 洞庭湖区高产塘;当水体中藻生物量过大,由于自荫作用,引起透明度下降导致光合效率降低,溶氧状况恶化。一般以 100mg/L 生物量为肥水上限,而传统高产塘藻类生物量很少超过 50mg/L<sup>[8]</sup>。滩涂鱼塘、异龙湖、洞庭湖区高产塘的生物量分别为 156.03、105.60、29.40mg/L,可见洞庭湖区高产塘藻生物量是适中的,异龙湖藻类生物量远大于肥水上限,而滩涂鱼塘藻类生物量略大于肥水上限。如何对滩塘生态系统中藻类组成、生物量等进行调控有待进一步研究。

表 4 不同水体藻组成、数量、生物量的比较

Tab. 4 Comparison of component, amount and biomass of algae in different water bodies

水体	组成	平均数量	生物量	占总生物量
Waters	Component	Average amount	Biomass	Percentage of total biomass
		( × 10 <sup>6</sup> 个/ 升)	( mg/ L)	( % )
滩涂 Coastal	蓝藻门 Cyanophyta	94. 42	29. 83	28. 25
	绿藻门 Chlorophyta	30. 29	27. 50	26. 04
	硅藻门 Bacillariophyta	14. 92	25. 51	24. 16
	隐藻门 Cryptophyta	1. 53	5. 06	4. 79
	裸藻门 Euglenophyta	1. 29	13. 96	13. 22
	黄藻门 Xanthophyta	10. 2	0. 81	0. 77
	甲藻门 Pyrrophyta	0. 45	2. 92	2. 77
	合 计 Total	143. 92	105. 60	100
异龙湖 Yilong Lake	蓝藻门 Cyanophyta	180. 47	110. 15	70. 6
	隐藻门 Cryphophyta	1. 53	6. 11	3. 9
	甲藻门 Pyrrophyta	0. 20	8. 05	5. 2
	黄藻门 Xanthophyta	0. 11	0. 0082	0. 01
	硅藻门 Bacillariophyta	3. 93	4. 67	3. 0
	裸藻门 Euglenophyta	1. 60	14. 82	9. 5
	绿藻门 Chlorophyta	5. 36	12. 24	7. 8
	合 计 Total	193. 21	156. 03	100
洞庭湖区高产塘 High yield Pond in Lake Dongting Area	隐藻门 Cryphophyta		7. 59	25. 82
	裸藻门 Euglenophyta		17. 23	58. 61
	绿藻门 Chlorophyta		0. 80	2. 71
	其 他 The other		3. 78	12. 86
	合 计 Total	39. 17	29. 40	100

参考文献:

[ 1 ] 陈清硕, 严少华, 张振华, 等. 滨海盐土区围田鱼粮轮作改土的系统土壤学意义[ J ]. 江苏农学院学报, 1989, 10 ( 2 ): 17—20

[ 2 ] 常志州、严少华、张振华, 等. 沿海滩地养鱼改土培肥效果研究[ J ]. 土壤肥料, 1991, 4: 13—14

[ 3 ] 张振华、严少华、常志州. 沿海框围养鱼生态系统能量转换效率的分析[ J ]. 农村生态环境, 1994, 10( 3 ): 80—82

[ 4 ] 严少华、韩士群等. 海涂盐土围塘养鱼后水体藻类种群及初级生产力研究[ J ]. 江苏农学报. 1999, 15( 1 ): 30—34

[ 5 ] 饶钦止等. 湖泊调查基础知识[ M ]. 北京: 科学出版社. 1956, 7—280

[ 6 ] Xia Yicheng and Kuang Qijun. Study on the phytoplankton in a large reservoir [ J ], *China J. Oceanol. Limnol.* 1992, 10( 4 ) 359—370

[ 7 ] Strickland, J. D. H., Holm. Hansen, O., Eppley, R. W. & Linn, R. J. The use of a deep tank in plankton ecology. I. Studies of the growth and composition of phytoplankton at low nutrient levels [ J ]. *Limnology and Oceanog-*

- raphy*, 1969, **14**: 23—34
- [ 8 ] 李永函. 淡水生物学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1994, 214—241
- [ 9 ] Round, F. E. The Biology of Algae [ M ]. London: Arnold, 1965. 314—322
- [ 10 ] Moss, B., Ecology of freshwater [ M ] London: Oxford, . 1980, 87—90
- [ 11 ] 大连水产学院. 淡水生物学(下册)[M]. 北京: 农业出版社, 1982, 280—284
- [ 12 ] 王忠泽. 云南异龙湖藻类植物及鱼产力及研究[J]. 水产学报, 1997, **21**(1) 93—96
- [ 13 ] 许典球. 高产塘浮游生物种群结构的初分析[J]. 淡水渔业, 1987, (1): 20—23
- [ 14 ] 胡鸿钧. 中国淡水藻类[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1980, 12—277
- [ 15 ] 何志辉. 从看水经验论养鱼水殖的生物学指标[J]. 水生生物学报, 1985, 9(4), 47—50

## POPULATION AND BIOMASS OF ALGAE IN EMBANKED FISH POND ECOSYSTEM ALONG COASTAL AREA

HAN Shi qun, ZHANG Zhen hua, YAN Shao hua and HU Yong hong

(*Institute of Soil and Fertilizer, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014*)

**Abstract:** The population and biomass of algae were studied in embanked fish pond ecosystem along the coastal area of Jiangsu province. Seven phylum and 127 species of algae were found in the fish pond. The average amount and biomass of algae were  $143.92 \times 10^6$  units/L and 105.6 mg/L during 7 months (from April to October). The change in composition, amount and biomass of algae was dynamic. Cyanophyta, Chlorophyta and Bacillariophyta were dominant phylum of algae in the ecosystem. The quantity and biomass of Chlorophyta and Bacillariophyta were larger than those of Cynaophyta in Spring, but smaller in Summer. The average biomass of three dominant phylum was similar in Autumn. The ecosystem of embanked fish pond in the coast area could therefore be classified into medium production level. The high salt content and low fertility in the coastal saline soil were overcome in the ecosystem. It is shown coastal land resources could be fully used for aquaculture to achieve production level similar to those obtained from high fertility soil.

**Key words:** Alga population; Alga biomass; Embanked fish pond ecosystem; Coastal area