

光合细菌对盐碱地池塘浮游生物的影响*

刘福军¹ 胡文英²

(1: 农业部水产增殖生态生理重点开放试验室, 上海水产大学, 上海 200090;

2: 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

提 要 初步研究了在低洼盐碱地池塘中光合细菌(PSB)施用后对浮游生物的影响. 研究表明(1)光合细菌的施入,促进了浮游植物中蓝藻门、绿藻门、隐藻门、裸藻门的数量和生物量的增长,硅藻门总体上有所下降,但小型种属增加(2)光合细菌的施入,促进了浮游生物中枝角类、轮虫,尤其小型轮虫的增长,而桡足类和原生动物却表现出下降趋势(3)浮游生物总体上表现为数量增加而生物量下降,但绝大部分种属均有不同程度的增加,而且浮游生物种类趋向于小型化,从而增加了鱼类有效的天然饵料. 因而光合细菌的施入,可以调整并优化盐碱地池塘的浮游生物的群落结构.

关键词 光合细菌(PSB) 池塘 盐碱地 浮游生物

分类号 Q178.11

我国黄河沿岸有大量的盐碱地,对其改造和利用现已取得了成功. 虽然利用挖出的鱼塘进行水产养殖,取得了较好的经济效益,社会效益和生态效益,但由于低洼盐碱地的池塘水位不稳定,往往随着地下水位变化而变化,尤其在枯水年,黄河水断流,在无水源补给的情况下,池塘水位很低,有时只有几十厘米,加之高温季节(7-9月),池塘中的残饵、鱼类的排泄物及水生生物的残体,极易使水质恶化,不利于渔业生产,这就需要寻找一种较好的水质改良剂在改善水质的同时,调整水生生物种群结构,尤其是提高渔业生产中可有效利用的浮游生物的量.

光合细菌(PSB)是具有原始光能合成体系的原核生物的统称,在自然界分布十分广泛. 其菌体细菌中,含有丰富的蛋白质及维生素,还具有较高含量的对动物生长发育具有促进作用的生理活性物质辅酶. 作为一种水质改良剂在水产养殖中有广泛的应用. 它可以提高鱼苗的成活率、有利于饵料生物的增殖、提高养殖水体的生态能量转换效率.

有关 PSB 作为水质改良剂在水产养殖上的应用已有较多的报道^[1-3],但有关 PSB 对池塘中浮游生物影响的报道较少^[4],尤其未见有关 PSB 对低洼盐碱地池塘中浮游生物影响的报道. 本次试验,尝试在低洼盐碱地池塘中试用 PSB,初步研究其对低洼盐碱地池塘中浮游生物的影响.

1 材料和方法

1.1 试验池塘

在山东省禹城市中国科学院南京地理与湖泊研究所辛店试验基地内的低洼盐碱地池塘.

* 国家“九五”科技攻关项目(96-008-04-02).

收稿日期 2000-09-08 收到修改稿日期 2001-11-11. 刘福军,男,1972年生,助理研究员.

池号为 4-1#, 面积约 3300m² 左右, 平均池水深度约为 1.5m, 长宽比为 5:3, 坡比为 1:2.5, 为常规鱼类养殖池. 试验前的水质较差, 成黑褐色, 池鱼常常浮头.

试验塘的基本参数为: 总碱度 4.557-4.808mmol/L, 总硬度 14.0-15.85 德国度, 矿化度 706.14-730.56mg/L, pH 值为 7.6-8.2, 水型属重碳酸盐氯化物类钠组 II 型水(CCl_{II}^{Na}), 为高矿化微碱性硬水.

1.2 试验设计

试验用 PSB 由上海海昌实业发展总公司生产, 中国水产科学院东海水产研究所监制的浓缩糊状 PSB. 试验浓度采用文献 [5] 所确定的最佳浓度: 10×10^{-6} mg/L.

试验从 1999 年 8 月 23 日开始, 至 9 月 7 日结束该年为枯水年. 水样采自水面下 0.5m 处. 8 月 23 日 10 时采本底样(第一天), 然后施入 PSB, 于 24 日 10 时采样一次, 以后每隔一天后的同一时间采样一次. 试验期间 9 月 4 日为小雨, 直至 5 日下午转晴, 其余时间均为晴天.

1.3 浮游生物采样方法、分析及有关水质指标

浮游植物、原生动物及轮虫采水样 1000ml, 加鲁哥氏碘液固定, 然后静置 24h 以上, 浓缩至 30ml 左右, 加甲醛固定保存. 浮游甲壳类采集 5L 水样, 用 25 号网过滤、浓缩, 加甲醛固定保存. 按何志辉 [6] 方法对极微型浮游生物(非优势种或次优势种)计算其平均生物量. 而对其它规格浮游生物按其平均湿重计算生物量 [6, 7]. 种属的鉴定参照文献 [8, 9]. 有关的水质指标为: DO、pH、T_水, DO 值以碘量法测定, pH 值由 pH 计测定, T_水 由框式温度计测定.

2 结果与讨论

试验期间有关水质参数见表 1, 浮游生物的变化见表 2 和图 1.

表 1 试验期间 DO, T_水 和 pH 值的变化

Tab. 1 Changes of the DO value, the water temperature and the pH value during the experiment

日期	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7
DO(mg/L)	3.0	4.7	4.4	7.2	7.1	8.4	9.1	6.9	7.3	6.8	6.4	6.5	3.3	3.7	7.9	8.9
pH	7.8	7.9	7.8	8.0	8.2	8.0	8.1	7.9	8.1	8.0	8.0	7.9	7.7	7.6	7.7	8.0
T _水 (°C)	27.8	27.9	27.0	27.0	27.8	26.8	27.6	28.4	27.9	28.4	28.4	28.1	27.5	26.8	27.1	28.9

由表 1 可知, 在试验期间, DO 呈现出上升的趋势.

2.1 浮游植物

试验期间浮游生物中出现的藻类有 26 属, 其中蓝藻门(Cyanophyta)有 9 属: 平裂藻(*Merismopedia*)、螺旋藻(*Spirulina*)、席藻(*Phormidium*)、色球藻(*Chroococcus*)、棒条藻(*Rhabdoderma*)、粘杆藻(*Gloeotheca*)、蓝纤维藻(*Dactylococcopsis*)、项圈藻(*Anabaena*)、水生集胞藻(*Synechocystis aquetilis Sauvageau*); 绿藻门(Chlorophyta)有 11 属: 鞘藻(*Oedogonium*)、四角藻(*Tetraedron*)、十字藻(*C. tetrapedia*)、栅藻(*Scenedesmus*)、月牙藻(*Selenastrum*)、小球藻(*Chlorella*)、弓形藻(*Selenastrum*)、顶棘藻(*Chodatella*)、小椿藻(*Characium*)、鼓藻(*Cosmarium*)、四星藻(*Tetrastrum*); 硅藻门(Bacillariophyta)有 2 属: 针杆藻(*Synedra*)、菱形藻(*Nitzschia*); 裸藻门(Euglenophyta)有 2 属: 裸藻(*Euglena*)、扁裸藻(*Phacus*); 隐藻门(Cryptophyta)有 2 属: 隐藻(*Chroomonas*)、蓝隐藻(*Cyanomonas*). 与施光合细菌前相比, 浮游

生物的属未发生变化.

表 2 试验期间浮游生物数量(N)和生物量(B)变化

Tab.2 Biomass changes of Plankton number(N) and biomass(B) during the experiment period

日期	23	24	26	28	30	1	3	5	7
枝角类-N*	0	2	1	9	3	3	13	1	2
枝角类-B	0	0.01	0.005	0.047	0.016	0.016	0.067	0.004	0.01
桡足类-N*	8	2	4	0	0	0	0	0	0
桡足类-B	2.692	0.068	0.039	0	0	0	0	0	0
轮虫-N	1224	1344	48	1800	768	4224	3912	7992	3024
轮虫-B	0.123	0.1716	0.0027	0.1601	0.0614	0.294	0.2587	0.5652	0.444
原生动物-N	2261	960	480	720	480	1440	240	720	720
原生动物-B	0.0678	0.0288	0.0144	0.0216	0.0144	0.0432	0.0072	0.0216	0.0216
浮游植物-N	0.9705	1.0340	1.3271	1.3945	1.6639	1.5384	1.6226	0.9671	1.6418
浮游植物-B	71.321	72.920	55.083	64.952	73.524	66.267	40.783	34.659	85.405
浮游生物-N	0.971	1.03	1.33	1.39	1.66	1.54	1.62	0.967	1.64
浮游生物-B	74.20	73.20	55.14	65.18	73.62	66.62	41.12	35.25	85.88

* 生物量(B mg/L); 数量(N)除枝角类、桡足类(个/L)外,其余为浮游植物(10^8 个/L)浮游动物(个/L)

光合细菌施入后,浮游植物各门在数量上的变化表现出了差异.

2.1.1 蓝藻门 试验期间蓝藻门藻类的数量平均每天增长 37.68%,最低增长量为 6.20%,最高可达 61.11%(图 1(a)).而其生物量平均每天只增长 27.15%,最低增长量为 -4.62%,最高增长量为 58.45%.即浮游植物的日平均生物量增长量低于其日平均数量的增长量,这主要是由于不同大小的种属的变化趋势的差异造成的.绝大部分小型种属,包括色球藻、棒状藻、粘杆藻均表现为增长,且增长幅度较大,如色球藻的数量及生物量每日平均增长分别达 457.65%和 473.60%,最高增长率分别可达 724.86%和 750.30%.而较大型属包括平裂藻、螺旋藻、项圈藻,或有所下降,或有所增长,即使增长,其增幅也较小,如平裂藻的数量和生物量每日平均增长分别只有 10.38%和 10.37%,而较大型的螺旋藻的数量和生物量都下降了 0.98%.

5日这一天,蓝藻门中藻类的数量及生物量大幅度下降,这是由于4日上午-5日下午两天下雨而造成的.据对盐碱地池塘浮游生物在不同天气条件下垂直分布的研究^[10],阴雨天由于光照较弱,浮游植物并未表现出明显的垂直分布而趋向于均匀分布.导致本试验中蓝藻门数量在5日由于阴雨天而在上层(0.5m)下降的情况.

2.1.2 绿藻门 光合细菌施入后,绿藻门中的藻类数量和生物量表现出一定程度的增长(图 1(b)),其中数量平均每天增长 1.82%,而其生物量平均每天增长达到 17.20%,要高于数量的平均增长.光合细菌的施入促进了绿藻门中藻类的增长.在其优势种属中,除胶鞘藻略有下降外,小球藻、弓形藻、栅藻、月牙藻均表现出不同程度的增长,尤其小球藻和弓形藻的增长达 50%以上;其数量平均每日增长分别达 66.46%和 101.66%,其生物量平均每日增长分别达 66.47%和 101.71%.

2.1.3 硅藻门 硅藻门虽在试验中期表现出了一定的增长(图 1(c)),但是总体上呈下降趋势,其数量平均每天下降 3.17%,而其生物量平均每天下降到 24.90%,其中不同大小的藻类表现出不同的变化趋势.小型的菱形藻的数量和生物量平均每天增长分别为 33.93%和

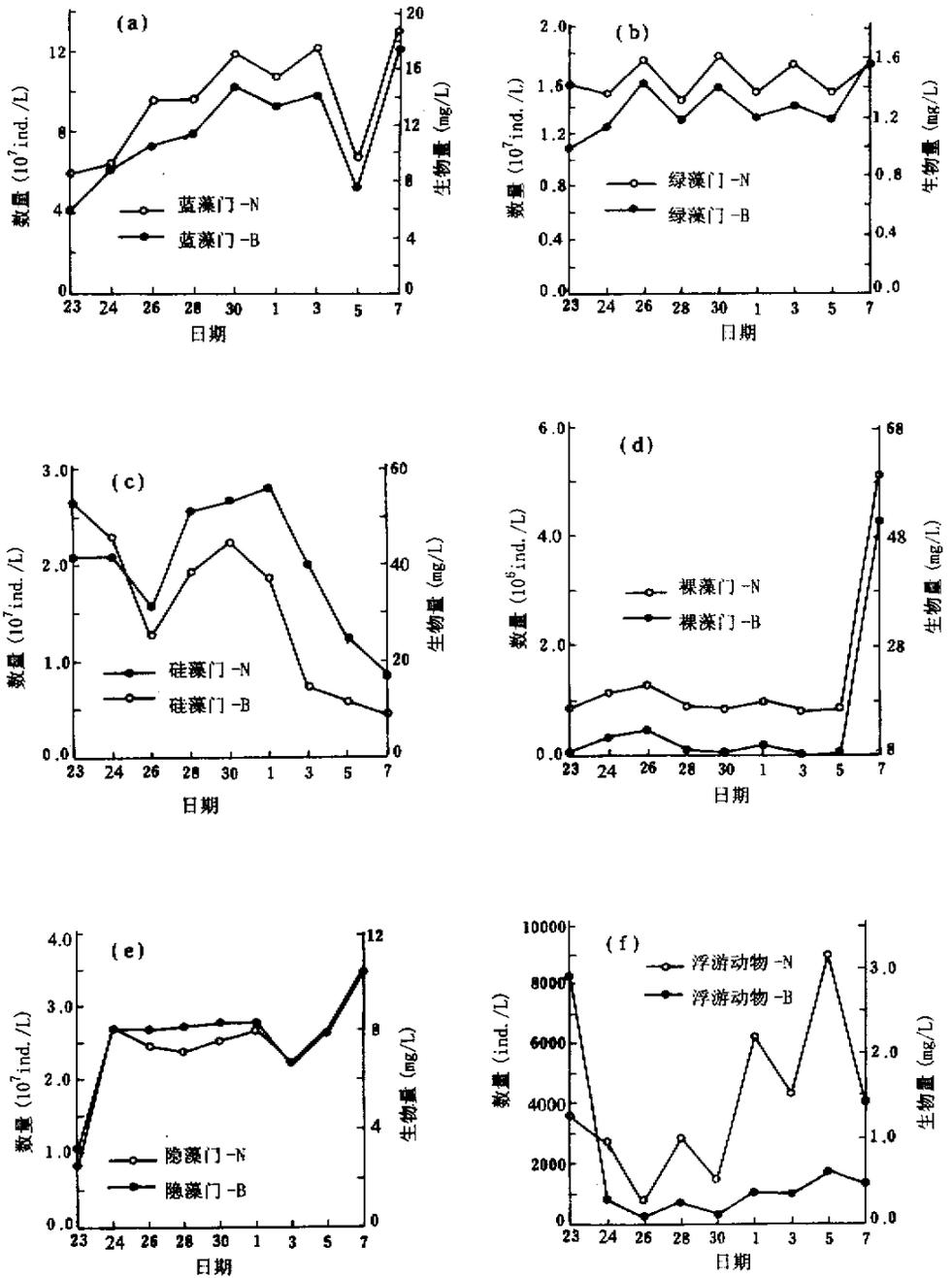


图 1 试验期间浮游生物的变化 (a) 蓝藻门 (b) 绿藻门 (c) 硅藻门 (d) 裸藻门 (e) 隐藻门 (f) 浮游动物

Fig. 1 The changes of (a) Cyanophyta, (b) Chlorophyta, (c) Bacillariophyta, (d) Euglenophyta, (e) Cryptophyta and (f) zooplankton during the experiment

33.92% ,而相对较大的针杆藻,其数量和生物量平均每天都下降了 29.95% ,因而光合细菌的施入促进了小型藻类的增长,而抑制了较大类型种类的增长。

2.1.4 裸藻门 裸藻门在试验期间变化幅度较小(图 1(d)),前期的平均增长仅为 5.18% ,只是最后一天大幅升高。其中扁裸藻的增长量(137.82%)高于裸藻的增长量(32.04%) ,从裸藻在整个试验期间的变化看,其增长量为 32.04% ,因而光合细菌的施入,促进了裸藻门藻类的增长。

2.1.5 隐藻门 光合细菌的施入,隐藻门藻类的数量平均每天增长 81.52% ,最高增长为 158.82%(图 1(e))。而其生物量平均每天增长 120.21% ,最高增长为 216.10%。其中较大型的隐藻的数量和生物量平均每天增长都达到 121.87% ,最高增长分别为 218.55% 和 218.54%。而较小型蓝隐藻的数量和生物量平均每天增长 21.00% 和 21.06% ,最高增长分别为 69.23% 和 69.52%。

2.1.6 浮游植物总量 从以上各门的分析可以得知,光合细菌的施入,促进了浮游植物的增长,而且对各门表现出的作用不同。在浮游植物总体上,其数量平均每天增长 23.53% ,而其生物量平均每天却下降 7.20%(表 1)。除硅藻门外,蓝藻门、绿藻门、裸藻门、隐藻门的数量和生物量均有所增加,而且硅藻门中小型的菱形藻也表现上升。因而总体而言,光合细菌可以促进盐碱地池塘中浮游植物的增长,其生物量下降是由于硅藻门中较大的针杆藻的下降,而硅藻门在该池塘浮游植物中生物量所占比例较大所致。

由于绿藻门、硅藻门、裸藻门、隐藻门中的多数藻类为鱼类喜食的藻类,而本试验中除硅藻门中的针杆藻外,其余藻类均表现出不同程度的增长,而且主要为小型藻类的增长,而大型藻类却出现了下降,从而导致浮游植物数量增长而生物量下降的情况。有学者认为在一定范围内,小型藻类的增长是水质净化的标志^[11,12],因而光合细菌的施入,使浮游植物群落小型化,调整了浮游植物的种群结构。而试验中所得到的蓝藻门藻类的数量、生物量表现出了增加,这与庄惠如等^[4]中所观察到的光合细菌的施入抑制了蓝藻门的增长的结论不一致。这可能是与盐碱地池塘属高矿化微碱性硬水的理化特性有关,从而使广盐性的蓝藻门表现出了此种特点。

2.2 浮游动物

光合细菌的施入,对浮游动物各类表现出了不同的作用。

2.2.1 浮游甲壳类 试验期间出现的主要浮游甲壳类有:无节幼体(*Nauplius*)、长肢秀体溞(*D. leuchtenbergianum*)、短尾秀体溞(*D. brachyurum*)、广布中剑水溞(*Mesocyclops leuckartii*)。光合细菌施入后,枝角类开始出现,并且枝角类的数量和生物量表现了先升高后降低的变化过程(表 2)。说明光合细菌的施入,使桡足类的数量下降,甚至最后消失。

2.2.2 原生动物 试验期间出现的主要原生动物(Protozoa)有:樱球虫(*Cyclotrichium*)、急游虫(*Strombidium*)、法帽虫(*Phryganella*)、砂壳虫(*Diffugia*)。从表 2 可知,光合细菌施入后,原生动物的数量和生物量平均每天分别下降 17.17% 和 36.35%。这说明光合细菌的施入,原生动物未表现出增长。

2.2.3 轮虫 试验期间出现的主要轮虫(Rotifera)有:异尾轮虫(*Tricocerca*)、无柄轮虫(*Ascomorpha*)、萼花臂尾轮虫(*Brachionus calyciflorus*)、裂足轮虫(*Schizocerca diversicornis*) ,另外还出现了旋轮虫(*Philodina*)、轮虫(*Rotatoria*)、晶囊轮虫(*Asplanchna*)、角突轮虫(*B. Amgularis*)、壶状臂尾轮虫(*B. unicus*)、多肢轮虫(*Polyarthra*)、三肢轮虫(*Filimia*)。

由于轮虫的数量和生物量在浮游动物中占有较大的比例(表 2),所以,轮虫的变化对浮游动物的变化起着主导作用.在试验期间,光合细菌施入后,轮虫的数量和生物量平均每天分别增长 72.55% 和 52.78%.由此可见,光合细菌的施入,较大地促进了轮虫的增长,尤其是小型轮虫的增长尤为突出.如异尾轮虫平均每天增长幅度,数量为 544.76%,生物量为 982.67%;而萼花臂尾轮虫,其数量和生物量平均每天分别只增长 28.89%、29.22%.

2.2.4 浮游动物总量 在光合细菌施入后,浮游动物总的数量和生物量平均每天分别增长 5.70% 和下降 47.62%(图 1(f)).而若除去 24 日由于桡足类的急剧下降,且所占浮游动物比例较大而导致的浮游生物的生物量下降外,之后表现出了增长的趋势,且数量和生物量的每日平均增长分别达 26.49% 和 186.34%.已有研究表明,浮游动物中被鲢鳙鱼滤食的主要是一些能力较弱的轮虫、原生动物菌胶团等,其结果是在养殖水体中浮游动物群落中主要是一些逃避能力强的种类,较大型的运动能力强的枝角类和桡足类则相对难以捕食^[13,14].本试验中光合细菌的加入,促进了小型浮游动物种类的增长(主要为小型轮虫的增长),而大型种类则下降甚至消失,从而为滤食性鱼类提供了更多的生物饵料,改善了浮游动物的群落结构.

2.3 浮游生物总量

在光合细菌施入后,浮游生物的数量平均每天增长 23.53%,其生物量平均每天下降 9.24%(表 2).其生物量的下降主要由于硅藻门中针杆藻的下降和桡足类在 24 日(第二天)的大幅下降所造成的,而其它的各大类均有不同程度的增加,因而导致虽总体数量增加,而生物量却有所下降的特点.由以上的分析可知,主要是由于浮游生物种类趋于小型化而大型种类下降,因而光合细菌的施入,可以调整盐碱地池塘浮游植物并优化浮游动物的结构,提高了水体的有效生物量,有利于滤食性和吃食性鱼类的生长,从而提高养殖效益.

这一调整浮游生物群落结构的作用,也可从试验期间池塘的水色变化看出.试验初期池塘的水色为黑褐色,而试验后期,水色逐渐变为绿色,这表明水中的 DO 增加,水质有所改善,而在实验期间的水质化学变化将在另一篇文章中具体阐述.

浮游生物的变化表现出的特点与 Anderson 等^[11]所提到的“凡施入光合细菌者,其中浮游植物、动物生物量均增加”的结论有所差异.这可能与盐碱地池塘较一般淡水池塘不同的理化特点有关.

在试验期间,浮游生物生物量虽然有所下降,但仍属高产池范围^[12],因而光合细菌作为一种适宜于盐碱地池塘的水质改良剂,不仅可以改善水质^[1-3],而且使浮游生物尤其易于被滤食性鱼类捕食的较小型浮游动物种类的数量增加,从而增加了鱼类易食性生物饵料^[13,14],调整并优化浮游生物的群落结构.

参 考 文 献

- 1 刘 中,于伟君,刘振华.光合细菌在淡水养殖中的应用研究.水产科学,1995,14(13):13-17
- 2 佐 健,李晓君,汪东冬.光合细菌及净化装置在特种水产养殖中的应用研究.水产科技情报,1996,23(5):216-219,224
- 3 崔竞进,丁美丽.光合细菌在对虾育苗生产中的应用.青岛海洋大学学报,1997,27(2):191-195
- 4 庄惠如,曾焕泰,陈惠年.鱼塘施入光合细菌条件下浮游植物的变动.福建师范大学学报(自然科学版),1997,13(1):86-93
- 5 刘福军,胡文英.光合细菌在盐碱地池塘改良水质的研究.淡水渔业,1999,29(10):13-16
- 6 何志辉.淡水浮游生物的生物量.动物学研究,1979,4:53-56,46

- 7 章宗涉,黄祥飞.淡水浮游生物研究方法.北京:科学技术出版社,1999.333-370
- 8 韩茂森,束蕴芳.中国淡水生物图谱.北京:海洋出版社,1995
- 9 中科院动物研究所甲壳动物研究组.中国动物志——节肢动物门,甲壳纲,淡水桡足类.北京:科学出版社,1979
- 10 刘福军,胡文英.盐碱地鱼池浮游生物晴天昼夜变化的调查研究.地理科学进展,1998,17(增刊):294-304
- 11 Andersson G H, Croberg G C, Gelin. Effects of planktivorous and benthivorous fish on organisms and water chemistry in eutrophic lakes. *Hydrobiologia*, 1978, 59(1):9-15
- 12 Burke J S. Impact of silver carp and bighead carp on plankton communities of channel catfish ponds. *Aquaculture*, 1986, 55:59-68
- 13 Drenner R W. Selective impact of filter-feeding gizzard shad on zooplankton community structure. *Limnology Oceanogr*, 1982, 27:965-966
- 14 何志辉.论白鲢的食物问题.水生生物学集刊,1975,5(4):541-548
- 15 李勤生.光合细菌的基本特征及其在水产养殖中的应用研究概况.水利渔业,1995,7(1):3-5,24
- 16 何志辉,李永函.无锡市河埭口高产鱼池水质的研究(2)浮游生物.水产学报,1983,7(4):287-299

Effects of PSB to Plankton in Saline-alkali Wetland Ponds

LIU Fujun¹ HU Wenyong²

(1:Key laboratory of ecology and physiology in aquaculture, Ministry of Agriculture, Shanghai Fisheries University, Shanghai, 200090, P. R. China;

2:Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, P. R. China)

Abstract

The research on improving efficiency of PSB to plankton structure in low-lying saline-alkaline wetland ponds showed that PSB could enhance the number and the biomass of Cyanophyta, Cryptophyta, Euglenophyta and Cryptophyta. Although Bacillariophyta dropped a little in general, the small-type species increased. Moreover, PSB could enhance the number and the biomass of Cladocera and Rotifera, especially those of the small-type Rotiferus. But those of Copepoda and Protozoa displayed a dropping tendency. Generally plankton displayed increases of numbers and decreases of biomass. Most species of plankton appeared certain increase, small-size geneses of plankton appeared more common than great-size ones, which increased the feed effect for fishes. In conclusion PSB could adjust and improve the structure of plankton community in saline-alkali wetland ponds.

Key Words PSB, Low-lying saline-alkali wetland, ponds, plankton