

精养鱼池施用新型磷肥——“鱼特灵”

王武 谭玉钧 谢骏

(上海水产大学水产养殖系, 200090)

提 要 本文通过在精养鱼池中施用新型磷肥“鱼特灵”, 使池水有效磷由 10 微克/升以下提高到 30 微克/升以上, 有效氮明显下降, 有效 N/P 保持在 35~50:1, 浮游植物数量显著增加。试验池浮游植物数量(Y)与总铵($\text{NH}_4\text{-N}+\text{NH}_3\text{-N}$) (X_1)、 $\text{NO}_3\text{-N}$ (X_2)、 $\text{PO}_4\text{-P}$ (X_4)呈如下关系式: $Y=55.94-0.67X_1-11.61X_2-47.95X_4$ ($r=0.73$, $n=28$, $P<0.05$)达到了增施磷肥, 促进氮肥利用和浮游植物增殖, 改善水质, 提高池塘初级生产力的目的。施用“鱼特灵”后, 池塘平均净产增长 11.6%, 其中鲢、鳊净产增长 13.7%。

关键词 精养鱼池, 有效磷, 有效氮, 新型磷肥——“鱼特灵”, 产量

我国现有耕地 1 亿公顷, 约 6 千多万公顷缺磷, 其中 3 千多万公顷严重缺磷, 特别在南方红壤土和长江中下游冲积平原, 土壤含 P_2O_5 仅为 0.04~0.13%^[1]。这些地区是我国池塘养鱼的主要渔区, 水中有效磷含量均较低。据无锡渔区多年水质分析表明^[1], 在鱼类主要生长季节, 池水的有效氮极高, 而有效磷普遍较低, 有效磷已成为池塘初级生产力的主要限制因子。目前生产上常用过磷酸钙或钙镁磷肥, 其有效磷含量低, 在池塘中又极易退化。1984 年我们研制出符合精养鱼池特点的鱼用磷肥——“鱼特灵”, 其主要成分为磷酸二氢钠和磷酸氢二钠。有效磷含量在 20%以上, 水溶性磷酸盐超过 10%。经本课题定名为“鱼特灵”, 已有厂商批量生产^[2]。本试验在以上工作基础上, 对池塘施用“鱼特灵”的效果进行了全面系统的试验, 冀为改善水质, 提高池塘初级生产力提供理论依据。

1 材料和方法

(1) 选无锡河埭乡河埭渔业一队、二队食用鱼池 41 口共 21.91 公顷, 每队东西两个管理片随机抽样作为施磷肥试验片(20 口池, 10.79 公顷)和对照片(21 口池, 11.12 公顷)。5~9 月每 15 天左右向试验片鱼池喷洒 5ppm“鱼特灵”。

(2) 选河埭一队以青鱼、草鱼为主体鱼的池塘, 试验片为三元池(净产 17310 公斤/公顷), 对照片为庙大池(净产 15450 公斤/公顷), 河埭乡的草鱼、鲢为主体鱼的鱼鸭混养池(净产 15150 公斤/公顷), 以鲤为主体鱼的小南池(净产 15480 公斤/公顷)和以草鱼、团头鲂为主体鱼的解放池(净产 7500 公斤/公顷)进行营养盐类及浮游生物年变化的同步测定。

1992-05-20 收到

(1) 王武等, 1984. DSG-1 型简易式多功能水质改良机改善水质的初步研究。上海水产学院精养鱼池水质管理的原理和技术鉴定材料, 80-91。

(2) 王武等, 1984. 精养鱼池施用“鱼特灵”的初步研究。上海水产学院精养鱼池水质管理的原理和技术鉴定材料, 92-97。

(3) 在晴天上午 8:00~9:00 于池塘四角和中央采水(水面以下 30 厘米处), 将水样混合。测定营养盐类的水样先经预处理(测总铵水样用 $\text{CuSO}_4+\text{NaOH}$ 沉淀过滤清液, 测 $\text{NO}_2\text{-N}$ 和 PO_4 水样采用 3000 转/分的离心机离心 15 分钟取上清液; 测 $\text{PO}_4\text{-P}$ 水样再用 $0.45\mu\text{m}$ 滤膜过滤后取清液; 测 $\text{NO}_3\text{-N}$ 水样用 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀后再加 Ag_2SO_4 水溶液沉淀后取过滤的清液), 总铵用奈氏法, $\text{NO}_2\text{-N}$ 用对氨基苯磺酸法, $\text{NO}_3\text{-N}$ 用酚二磺酸法, $\text{PO}_4\text{-P}$ 用钼蓝法测定。浮游植物定量采用容量法, 用浮游生物沉淀器取 1 升水样加 10 毫升罗哥氏碘液, 沉淀 24 小时后, 弃上清液, 将沉淀物转入 50 毫升异颈量筒中, 24 小时后读出沉淀物容积, 以经验公式: 1 毫升沉淀物 = 0.159 克浮游植物干重换算。浮游植物定性以镜检优势种加号法表示。

2 结果分析

2.1 池塘施用“鱼特灵”的增产效果

对河埭一队、二队施磷肥片鱼池和对照片鱼池产量统计分析表明(表 1): 施“鱼特灵”试验片($n=20$)平均每公顷净产(18890.08 公斤)比对照片($n=21$, 16918.53 公斤)增长 11.6%; 试验片鲢鳙鱼平均每公顷净产(3204.36 公斤)比对照片(2817.99 公斤)增长 13.7%。全年施用 10 次, 每公顷鱼池共施用磷肥 1000 公斤, 每公斤“鱼特灵”0.38 元, 每公顷新增投资 380 元; 而增产鱼 1971.75 公斤, 平均鱼价以每公斤 5 元计, 每公顷新增产值达 9858.75 元, 投入产出比为 1: 25 以上。社会效益和经济效益极为显著。

表 1 施用“鱼特灵”试验片和对照片鱼产量分析

Table 1 The analyses of yields between control fish ponds and experimental fish ponds in which “S. P. F” was applied

项目	作业片	试验片			对照片			试验池比对照池增%
		渔一队	渔二队	合计	渔一队	渔二队	合计	
		西片	东片		东片	西片		
池塘数		10	10	20	9	12	21	
面积(公顷)		5.06	5.73	10.79	4.60	6.52	11.12	
总净产(公斤)		99727	104097	203824	83957	104177	188134	+11.6%
净产/公顷(公斤)		19708.9	18167.0	18890.08	18252	15978.07	16918.53	
鲢鳙总净产(公斤)		17538.4	17036.6	34575	14248.6	17087.5	31336.1	+13.7%
鲢鳙净产/公顷(公斤)		3466.09	2973.22	3204.36	3097.52	2620.78	2817.99	

2.2 池塘有效磷和浮游植物年变化测定

对施“鱼特灵”试验池(以青鱼、草鱼为主体鱼)、鱼鸭混养池(草鱼、鲢为主体鱼)、鲤池(鲤为主体鱼)和低产池(草鱼、团头鲂为主体鱼)池水的有效磷和浮游植物年变化测定表明(图 1): 不论何种养殖类型, 池水有效磷的变化主要与水温以及由水温引起的生物新陈

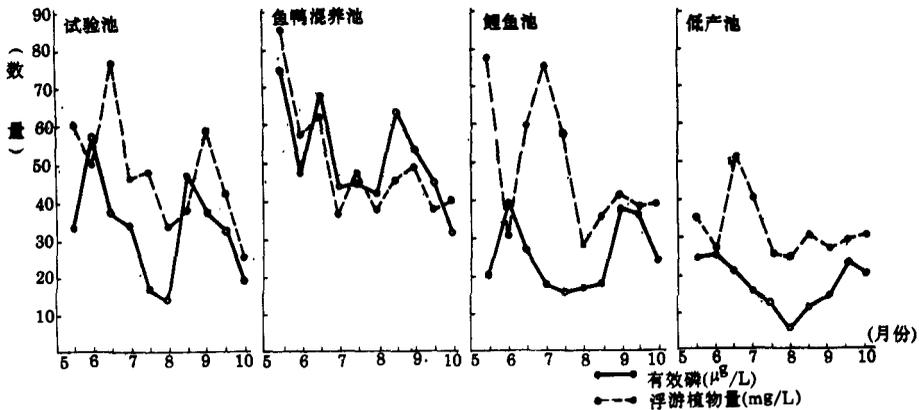


图1 不同养殖类型鱼池有效磷和浮游植物量的年变化

Fig. 1 The annual changes of effective phosphorus and standing crop of phytoplankton in the different culture types of fish ponds

代谢强度有关。有效磷的年变化为春、秋两季高，夏季(7~8月)低。此外图1表明，有效磷的含量还与养殖类型有关。鱼鸭混养池由于每天不断排入含磷量较高的鸭粪(一般含 P_2O_5 达1.4%)，使池水有效磷保持在40微克/升以上，浮游植物数量也保持在36毫克/升以上，且是鱼类容易消化的种类占绝对优势，因此该池鲢、鳙鱼净产达7470公斤/公顷。试验池由于施用磷肥，使有效磷维持在30微克/升以上，浮游植物数量也保持在较高水平。但由于7月15日至8月15日的高温季节，养鱼人员担心施磷肥后会造成藻类过多，水色浓，容易引起鱼类浮头而停止施磷肥；致使高温季节形成磷的低谷，有效磷下降至20微克/升以下，此阶段浮游植物量也随之明显下降。我们认为，高温季节仍应坚持施用磷肥，但可采用勤施少施，适当加大水量的方法改善水质。低产池由于投饵施肥量较少，池水有效磷大部分在20微克/升以下，在8月初的高温季节达到最低点，仅保持5微克/升，其浮游植物量除6月15日至7月1日较高外，其余时间均在30毫克/升以下，鲢、鳙鱼净产仅1965公斤/公顷。

2.3 施用“鱼特灵”对池水有效氮的影响

对几种养殖类型的池塘及其有效磷、有效氮的统计分析表明(表2)，池水有效氮的含量变化与有效磷相似，亦与养殖类型和投饵施肥方法有关。同样的产量级，以颗粒饵料为主的养殖类型，投饵量的绝对值少，鱼类的摄入量小，粪便和残饵也少，加以颗粒饵料中混有矿物添加剂，因此池水有效氮相对较低，有效磷相对较高，有效氮和有效磷之间的比值也较小。投喂天然饵料的养殖类型，由于投饵量大，鱼类摄入量，粪便残饵多，其有效氮高，而有效磷低，有效氮和有效磷之间的比值增大。

从有效氮内部结构变化分析(表2)，不论何种养殖类型，不论产量高低，也不论有效氮含量多少，除鱼鸭混养池和施“鱼特灵”试验池外，有效氮内三种无机氮的比例变化不大。其中总铵为 $59.7 \pm 7.7\%$ ， NO_3-N 为 $25.4 \pm 5.2\%$ ， NO_2-N 为 $14.9 \pm 3.1\%$ 。鱼鸭混养池有效磷含量高，有效氮和有效磷的比值最低。这就提高了该池有效氮的利用率，有效氮内部结构也出现明显变化：总铵下降至49.9%， NO_3-N 上升到39.5%， NO_2-N 下降

表 2 不同养殖类型池塘有效磷和有效氮含量及其比例

Table 2 The concentrations and proportions of effective phosphorus and effective nitrogen in the different culture types of fish ponds

主体鱼	鲤鱼	草鱼、团头鲂		草鱼、鲢	草鱼、青鱼	
饲(肥)料	颗粒饲料	颗粒饲料	草类+菜饼	(鱼鸭混养) 草类+菜饼+鸭粪	草类+螺蛳+菜饼 +“鱼特灵”	草类+螺蛳+菜饼
净产(公斤/公顷)	15480	19935	7500	15150	17310	15450
有效磷($\mu\text{g/L}$)	26 ± 15	22 ± 8	17 ± 9	47 ± 21	32 ± 22	9 ± 4
有效氮(mg/L)	1.54 ± 0.49	0.82 ± 0.42	1.12 ± 0.47	1.66 ± 0.74	1.33 ± 0.54	1.92 ± 0.49
总铵(%)	61.4	65.8	60.1	49.9	52.8	61.0
$\text{NO}_3\text{-N}$ (%)	27.9	22.0	27.2	39.5	35.5	14.6
$\text{NO}_2\text{-N}$ (%)	10.7	12.2	12.7	10.6	11.7	24.4
有效 N/P	59.2:1	37.3:1	66:1	35.3:1	41.6:1	213.3:1

注:“草鱼、团头鲂”栏的颗粒饲料各项的数据依郭履骥⁽³⁾

为 10.6%。表明水中有效磷增加后,硝化作用增强,而池水中 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的增加只有在溶氧丰富时才能实现。因此,总铵下降, $\text{NO}_3\text{-N}$ 增加是水质良性循环的标志。试验池施用“鱼特灵”后,全年有效磷维持在 32 ± 22 微克/升,有效氮明显下降,有效氮与有效磷的比例以及有效氮的结构变化均趋同于鱼鸭混养池。这就表明鱼池施用“鱼特灵”后不仅提高了有效氮的利用率,而且使其内部结构趋于合理。

此外,对池塘施用“鱼特灵”前后池水的营养盐类和浮游植物量的连续测定表明(图 2):施肥后,池水有效磷含量迅速增加,其增值可保持 15 天以上(均在 30 微克/升以上),在施肥后第 15 天,总铵下降到接近最低点, $\text{NO}_3\text{-N}$ 上升到最高值。浮游植物在施肥后第 10 天达到最高值,其生物量比施肥前增加近一倍,特别是容易消化的藻类明显

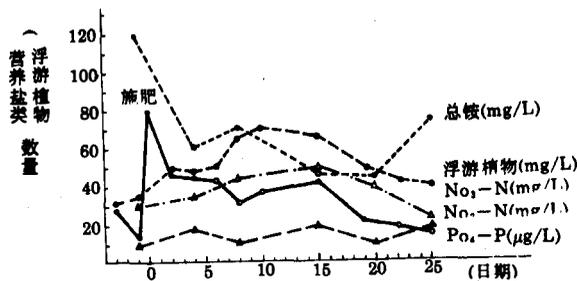


图 2 “鱼特灵”施用前后池水营养盐类和浮游植物的数量变化

Fig. 2 The changes of the concentrations of nutritive materials and the standing crop of phytoplankton before and after applying “S. P. F.”

(3) 郭履骥等, 1987. 高容量池塘水质指标分析. 上海市水产研究所高容量池塘养鱼技术的研究鉴定材料.

增加;在施肥 15 天后,浮游植物量开始明显下降。由此表明池塘施用“鱼特灵”后,提高了有效氮的利用率,达到“以磷促氮”,促进藻类生长,改善水质的目的。同时也表明池塘施用 5ppm“鱼特灵”的有效时间以 15 天为宜。

2.4 浮游植物数量与营养盐类的定量关系

统计试验池的营养盐类和浮游植物测定值,用微机计算出浮游植物量(Y)与总铵(X_1)、 $\text{NO}_3\text{-N}(X_2)$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}(X_3)$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}(X_4)$ 的多元回归方程为:

$$Y=55.94-0.67X_1-11.61X_2-47.95X_4 \quad (r=0.73, n=28, P<0.05)$$

此公式中, X_3 未进入方程,表明水中 $\text{NO}_2\text{-N}$ 对浮游植物变化无直接影响。上述方程表明:在精养鱼池这个特定环境下,主要营养盐类的变化与浮游植物量呈负相关。其中,如果有效磷(X_4)保持不变,每消耗 0.5 微克总铵+0.5 微克 $\text{NO}_3\text{-N}$,可生成 62.09 微克浮游植物干物质;如果有效氮(X_1 、 X_2)保持不变,每消耗 1 微克有效磷,可生成 103.89 微克浮游植物干物质。该值与生物体内含磷 1%及每消耗 1 毫克磷生成浮游植物干重 100 毫克/升相近似^[5, 11, 12]。由此可见,在精养鱼池中,有效磷含量的变化对浮游植物的影响比有效氮大。

3 讨论

3.1 关于施用磷肥增产的可靠性问题

Hepher^[9]试验表明,池塘施无机磷肥后,鱼产量增产 333%。Hickling^[10]报道,池塘施磷肥后,鱼产量增产 370%。但由于这些池塘的鱼产量原有基数很低,施磷肥后,鱼产量的增长百分数自然就很高。我们曾对河埭乡的高产池进行了多次施磷肥比较试验⁽²⁾,试验池鲢、鳙鱼净产(4380~6795 公斤/公顷)比对照池(3135 公斤/公顷)增长 40~217%。但这些数据均是比较几个池塘得出的结论,且养殖类型各有差异,故存有较大的主观性和系统误差。对于池塘这个较复杂的生态系统,影响鱼产量的因子很多,单靠几个池塘相比较,试验的误差较大。只有在同一年份增加试验池和对照池的数量,采用同一养殖类型,相似的鱼种放养、投饵、养鱼技术和管理水平,才能消弭或缩小这些误差。为此,我们采用河埭一队、二队所有成鱼池,以管理片为试验单位。由于采用集体承包管理责任制,每个渔业队池塘的外环境相近。同时,各队的试验片和对照片随机选取。用生物统计方法对鱼产量进行统计分析,尽管试验池比对照池每公顷净产增加 11.6%,鲢、鳙鱼每公顷净产增长 13.7%,但我们认为这组数据的可靠性比几口池或各池个人承包管理的试验结果大得多,而且从鱼产量增长的绝对值分析,前者增长了 1971.55 公斤/公顷,后者增长了 386.37 公斤/公顷。可见,在高产池中施用磷肥,增产的效果还是十分显著的。

3.2 关于精养鱼池施用无机肥料问题

国外在 60 年代初,Swingle^[13]对池塘施用无机肥料进行了研究,认为单施磷肥与施用混合无机肥料的池塘鱼产量无显著差异,而比不施肥的池塘产量高。以后 Hickling^[10]、Hepher^[9]、Boyd^[7]、Dobbins^[8]、Davison^[4]和 Geiger^[4]等试验都证明,池塘单独施用磷肥能大幅度提高鱼产量。

国内在 70 年代对池塘施无机肥料,主要施氮肥;80 年代开始施氮磷复合肥,亦有单施磷肥的,但不多见^[3](4,5)]。无锡精养鱼池在早春施足有机氮肥(一般以猪、牛粪作基肥),在鱼类主要生长季节又投喂大量天然饵料和商品饲料,鱼类粪便和残饵增多,水中有机物含量

高。加以鱼类对蛋白质利用率不高,就是全价配合饲料,其蛋白质利用率也不超过35%,因此一般饲料中大部分蛋白质最后均以氨态氮的形式排入水中,而生物的尸体和残饵的分解也首先形成氨态氮。这就容易造成精养鱼池水中有效氮过高的弊病。因为氨态氮在水中受pH和水温的制约,一部分形成离子态铵供植物利用,另一部分则形成分子态氨,达到一定浓度时会抑制鱼类及其它生物的生长。在精养鱼池中,分子态氨常成为除了溶解氧以外的影响鱼类生长的重要因子。据测定,浮游植物要求有效氮的最低含量为0.34毫克/升^[5]。郭履骥等^[3]认为以投颗粒饲料的高产池水中有效氮应保持在0.5~1毫克/升为佳。杨国华^[6]认为精养鱼池有效氮应控制在1~2毫克/升为妥。我们根据太湖流域池塘养鱼产量及水质情况进行综合分析,以分子态氨的允许浓度为0.05毫克/升为标准,确定精养鱼池的有效氮应保持在0.8~1.2毫克/升为好,高产池不要超过1.5毫克/升。目前无锡渔区池水有效氮一般为 $1.12 \pm 0.47 \sim 1.92 \pm 0.49$ 毫克/升,最高达4毫克/升。显然,无锡精养鱼池的有效氮已足够有余,在鱼类主要生长季节,不必再增施无机氮肥,更不能施用耗氧大的有机氮肥。而改善水质的关键在于如何充分利用有效氮,以降低水中分子态氨的含量。

在精养鱼池中,池水的有效磷极易被淤泥等胶体物质所吸附而沉积变成迟效肥料。Kimmel和Lind^[4]研究证明,施入池塘的磷在4天内约有90%被淤泥所吸附。Fizgrald^[4]的试验结果也表明,淤泥对磷有着极大的吸附力,0.4克干淤泥在30分钟内可吸收50微克的磷。此外,磷又极易与钙、镁(当水中pH呈碱性时)和铝、铁(水中pH呈酸性时)化合形成难溶性的磷酸盐。只有池水pH在6.5~7.5之间,有效磷在水中才能维持较高的含量,而一般精养鱼池pH均为7.5~8.5。鉴于上述原因,造成了精养鱼池总磷高,有效磷低的困境。据测定,水中有效磷仅为池塘总磷的0.2%^[6]。根据图1中各种养殖类型池水有效磷含量的年变化情况以及施磷肥后,有效磷保持30微克/升以上,浮游植物量则维持较高水平;而不施磷肥,有效磷下降至20微克/升以下,浮游植物量明显下降的实际情况。同时又根据衣藻(*Chlamydomonas*)在实验室中要求 $\text{PO}_4\text{-P}$ 的最低需要量为35微克/升^[7],但在生产上正磷酸超过此值较困难。考虑到 $\text{PO}_4\text{-P}$ 在池水中循环较快,藻类对 $\text{PO}_4\text{-P}$ 吸收的半饱和常数很小(一般 $K < 6$ 微克/升)。我们确定太湖流域池水最适有效磷含量应保持在30微克/升以上。无锡精养鱼池水中(除鱼鸭混养池外)有效磷仅3~25微克/升(一般近郊鱼池为10~20微克/升,运郊鱼池在10微克/升以下)。根据李比希最小养份律,不难看出有效磷是池塘初级生产力的主要限制因子。

(4) 湖北省水产科学研究所洪湖试验组, 1980。在池塘中施用无机肥料养鱼试验报告。水产科技资料, (2):9-16。

(5) 黄穆芳等, 1983。纯用化肥养鱼试验初报, 137-142。全国池塘养鱼高产理论学术讨论会论文报告汇编。

(6) 王武等, 1990。精养鱼池磷的补给和消耗初探, 25-32。上海水产大学精养鱼池有效磷变化规律及其控制的研究技术鉴定材料。

(7) 张小平等, 1986。衣藻(*Chlamydomonas*)对水中无机正磷酸($\text{PO}_4\text{-P}$)最低需求量的测定(手稿)。

综上所述,在鱼类主要生长季节,精养鱼池的有效氮已足够有余,没有必要再施无机氮肥,而应增施无机磷肥。

3.3 关于有效氮和有效磷的比例问题

一般均根据有效氮和有较磷的比值作为判断依据来了解池水营养盐类是否平衡。其比值往往直接引用氮磷比:即 7:1(原子质量比)或 16:1(原子个数比)^[2,5,12]。这是根据藻类细胞在正常状态时所含全氮和全磷的比例。但藻类能利用的氮和磷主要是有效氮和有效磷,特别是池塘中的磷,形态很复杂,往往总磷含量很高,有效磷含量很低,总磷和有效磷之间没有相关关系,且因精养鱼池有效氮含量很高,因此,在生产上达不到 7:1 或 16:1 有效氮和有效磷的比值。据试验测定,从有效磷含量、有效氮的内部结构、浮游植物的质和量以及鱼产量分析,我们认为鱼鸭混养池有效氮和有效磷的比例较合适。即在鱼类主要生长季节,有效磷应保持在 30 微克/升以上,有效氮:有效磷为(35~50):1。保持上述数量和比例,可经常保持优质水华水,池塘初级生产力大大提高。而一般精养鱼池有效磷仅在 10 微克/升以下,有效氮和有效磷的比值达(150~500):1,最高达 1196:1,致使有效氮和有效磷比例失调,藻类产生严重的“磷饥饿”,其生长繁殖严重受阻,鱼类易消化藻类的生物量明显下降。因此,精养鱼池在鱼类主要生长季节,必须及时施用磷肥,以调节有效氮和有效磷的比例,促进藻类生长繁殖。

3.4 关于施用“鱼特灵”的增产机理问题

本试验采用的“鱼特灵”是由 NaH_2PO_4 和 Na_2HPO_4 组成,与过磷酸钙相比,有较强的水溶性,有较磷含量高,在 PH 为 7.8~8.5 的水中悬浮时间较长。精养鱼池施用 5ppm 的鱼特灵后,水中有效磷含量由 10~20 微克/升上升到 30 微克/升以上。有效氮和有效磷的比值下降至 50:1 以下,并维持 15 天以上,这就为浮游植物的增殖创造了良好条件。由此也促进了浮游植物对有效氮的利用,致使水中有效氮,特别是总铵($\text{NH}_4\text{-N}$ 和 $\text{NH}_3\text{-N}$)明显下降,这就降低了分子态氮对鱼类和其他饵料生物生长的抑制作用。施用“鱼特灵”后,水中浮游植物,特别是容易消化的藻类明显增长。在鱼类主要生长季节,隐藻(*Cryptomonas*)、蓝绿裸甲藻(*Gymnodinium*)、膝口藻(*Gonyostomum*)等种类大量出现。这就有利于滤食性鱼类的生长。水中浮游植物数量明显上升,光合作用产氧量高,一昼夜溶氧总收入增加,好气性微生物的活力增强,这就加速了池塘物质循环强度,使池塘水质形成良性循环系统,促进了鱼类生长。由此可见,施用“鱼特灵”,实际上起了以磷促氮,改善水质,提高池塘初级生产力的作用。它不仅增加水中有效磷的含量,解决了藻类由于缺磷而产生的“磷饥饿”问题,而且调整了水中有效氮和有效磷的比例,充分发挥和利用有效氮的生产潜力,降低分子态氮的毒性,促进容易消化的藻类大量繁殖,加强池塘物质循环,提高了池塘初级生产力。

生产上可根据有机氮肥和无机磷肥相结合的施肥原则。采取抓两头(春秋两季水温低时施有机氮肥)、带中间(夏季水温高时施无机磷肥)、重施基肥(早春施的基肥占全年有机氮肥总量的 70~78%)、巧施磷肥(在 5~9 月,在每隔 15 天施 5ppm“鱼特灵”,在晴天中午喷洒在池水表层)的施肥方法,达到增施磷肥、以磷促氮、改善水质、提高池塘初级生产力的目的。

4 小结

(1) 运用生物统计的试验方法表明, 精养鱼池施用新型磷肥——“鱼特灵”, 每公顷净产比对照池增长 11.6%, 其中鲢、鳙净产增加 13.7%。投入产出比为 1:25, 社会效益和经济效益十分显著。

(2) 精养鱼池有效氮过高, 有效磷太低, 有效氮和有效磷的比例严重失调。在鱼类主要生长季节, 精养鱼池要求有效磷保持在 30 微克/升以上, 有效氮和有效磷比例为(35~50):1。生产上可在晴天中午全池喷洒 5ppm“鱼特灵”, 每 15 天左右喷洒一次, 即可达到上述要求。

(3) 施用“鱼特灵”后, 水中有效氮明显下降, 浮游植物数量上升, 达到了以磷促氮、促进藻类生长、改善水质的目的。

(4) 池塘浮游植物数量(Y)与总铵($\text{NH}_4\text{-N}+\text{NH}_3\text{-N}$)(X_1), $\text{NO}_3\text{-N}$ (X_2), $\text{PO}_4\text{-P}$ (X_4)有如下关系式:

$$Y = 55.94 - 0.67X_1 - 11.61X_2 - 47.95X_4 \quad (r = 0.73, \quad n = 28, \quad P < 0.05).$$

参 考 文 献

- [1] 于天仁、王振权主编, 1988. 土壤分析化学, 95-114. 科学出版社(京).
- [2] 王德铭, 1984. 富营养化, 生物浓缩, 生物能源, 76-84. 科学出版社(京).
- [3] 王斌等, 1984. 主施化肥池塘生态的初步研究, 淡水渔业, (2): 16-20.
- [4] 李跃华等, 1988. 磷肥在水产养殖中的应用. 水产养殖, (3): 10-12.
- [5] 湛江水产学院主编, 1980. 淡水养殖水化学, 98-110. 农业出版社(京).
- [6] 谭玉钧等, 1990. 池塘高产养鱼新技术, 185-188. 上海科学技术出版社.
- [7] Boyd, C. E. *et al.*, 1981. Effects of three phosphorus and phytoplankton and sediment. *Aquaculture*, 22: 165-173.
- [8] Dobbins, D. A. and C. E. Boyd, 1976. Phosphorus and potassium fertilization of sunfish ponds. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 105: 536-540.
- [9] Hephher, B., 1958. On the dynamics of phosphorus added to fishponds in Isreal. *Limnology and Oceanography*, (3): 84-100.
- [10] Hickling, C. F., 1962. Fish culture, 295. Faber and Faber, London England.
- [11] Reynolds, C. S. (E. D), 1984. The ecology of freshwater phytoplankton. 151-191. Cambridge University Press.
- [12] Rhee, G. Y., 1974. Phosphate uptake under nitrate liminitation on algal growth, cell composition and nitrate uptake a study of dual nutrient limitation. *Oceanogr*, 23: 10-25.
- [13] Swingle, H. R., 1963. Phosphate fertilization of ponds. Proceedings of The annual Conference Southeastern Association of Game and Fish Commissioners, 17: 213-218.

THE EFFECT OF THE SUPER PHOSPHATE FERTILIZER (S. P. F.) IN INTENSIVE FISH PONDS

Wang Wu, Tan Yu-jun and Xie Jun

(Department of Aquaculture, SFU, 200090)

ABSTRACT This paper deals with the effect of a new type phosphate fertilizer (Super Phosphate Fertilizer, S. P. F.) in intensive fish ponds. After fertilizing of S. P. F. in experimental ponds, the quantity of effective phosphorus in water increased from $10\mu\text{g}/\text{l}$ to $30\mu\text{g}/\text{l}$, the effective nitrogen decreased obviously, the proportion of effective nitrogen to effective phosphorus maintained at 35–50:1, the standing crop of phytoplankton increased significantly and, the following regression was found: $Y = 55.94 - 0.67X_1 - 11.61X_2 - 47.95X_4$ ($n = 28$, $r = 0.73$, $P < 0.05$).

Here, Y—standing crop of phytoplankton ($\mu\text{g}/\text{l}$)

X_1 — NH_4 -N and NH_3 -N ($\mu\text{g}/\text{l}$)

X_2 — NO_3 -N ($\mu\text{g}/\text{l}$)

X_4 — PO_4 -P ($\mu\text{g}/\text{l}$)

The experiment proved that the application of S. P. F in intensive fish pond can increase the amount of phosphorus in water, promote the utilization of nitrogen, accelerate the growing of phytoplankton, improve the water quality and increase the primary production. The average net fish yield increased 11.6%, in which the yield of silver carp and bighead increased 13.7%.

KEYWORDS intensive fish pond, effective phosphorus, effective nitrogen, super phosphate fertilizer (S. P. F), yield