

池塘施用氯化铵为氮源的 化肥养鱼研究^{*1}

潘黔生 朱邦科 樊启学 方之平 刘重阳^{**}

(华中农业大学水产系, 武汉 430070)

提 要 对混养鱼池以氯化铵为氮源施肥养鱼进行了两年系统的研究, 对 4 个温幅内使用氯化铵追肥前后鱼池水体的理化因子、主要营养盐类、初级生产力、浮游动植物的种类和数量等进行了连续测定, 找出浮游植物等指标峰值所持续的时间和变化规律, 为不同季节施肥的数量和频数提供科学依据。同时进行了这些指标的年周期(主要养殖期)变化规律的研究。确定了氯化铵养鱼池的肥水等级。对鱼池底泥的理化特性, 鲢、鳙肌肉营养成分、氨基酸和脂肪酸的组成、血液的生化成分进行了分析测定。对鲢、鳙鱼产量及经济效益进行了分析。试验证明氯化铵是一种优质养鱼氮肥。

关键词 混养池塘, 氯化铵, 氮源, 化肥养鱼

化肥在国外淡水养殖业中应用较广。我国传统的池塘养鱼主要施用有机肥, 目前化肥养鱼还不很普遍。近年来, 一些地区在池塘、小型湖泊和水库使用化肥养鱼取得了增产和降低成本的效果。随着化肥工业的发展, 化肥在我国淡水养殖业中将有广阔的应用前景。系统地研究化肥养鱼对促进我国淡水渔业的发展有重要的意义。

目前, 养鱼施用的氮肥主要是氨水、碳铵、尿素和硫酸铵等, 还未见国内外有使用氯化铵养鱼的报道。我们进行了氯化铵施肥养鱼的一系列研究, 为合理使用氯化铵施肥养鱼提供正确的技术措施和科学依据。这种新的养鱼氮肥来源的开辟, 可缓解养鱼化肥短缺, 渔农争肥的矛盾。

材 料 与 方 法

(一) 试 验 设 计

1. 追肥处理 1989 年设计了 6 种处理, 分别在武钢北湖农场 6 口面积均为 1.07 公顷的精养鱼池中进行。池塘水深, 5 月前一般为 1.5 米左右, 5 月后为 1.8 米左右。1 号池为处理 I, 如此类推, 处理 VI 在 6 号池进行。

处理 I: 氯化铵 + 过磷酸钙, $N:P_2O_5 = 1:1$ 。

处理 II: 肥料同上, $N:P_2O_5 = 1:0.5$ 。

^{*} 本课题得到武汉钢铁公司北湖农场的大力支持, 承蒙姚鸿震、欧阳海、王培、李兴干、张幼敏、何裕康诸教授、纪国良副教授、王运斗高级工程师审阅本文初稿并提出宝贵意见。黄祥柱、刘雄德、方魁红、邢鲁明、周友生、尹永波、温文生、高银爱等同志参加部分试验工作, 特此一并致谢。

^{**} 现在武钢北湖农场工作。

收稿年月: 1992 年 7 月; 同年 12 月修改。

处理 III: 氯化铵 + 过磷酸钙 + 硫酸钾, $N:P_2O_5:K_2O = 1:0.5:0.25$ 。

处理 IV: 氯化铵 + 过磷酸钙, $N:P_2O_5 = 1:0.33$ 。

处理 V: 碳酸氢铵或尿素(交替使用) + 过磷酸钙, $N:P_2O_5 = 1:0.5$, 代表当前群众习惯使用的化肥养鱼方法, 作为氯化铵处理的对照。

以上 5 种处理均采用等氮量施肥。

处理 VI: 按当地习惯全部施用有机肥, 以油粕为主辅以绿肥和粪肥。由于有机肥肥分难以准确测定, 故本处理不作对照组, 仅作为当地习惯养鱼方法与化肥养鱼生产效果进行比较。

1990 年设计了 4 种处理, 其中 3 种为 89 年的重复试验, 重复试验均在原池进行。

处理 A: 氯化铵 + 过磷酸钙, $N:P_2O_5 = 1:0.5$, 为 89 年处理 II 的重复。

处理 B: 含氮养鱼专用复合肥, $N:P_2O_5 = 1:0.33$ 。

处理 C: 氯化铵 + 过磷酸钙, $N:P_2O_5 = 1:0.33$, 为 89 年处理 IV 的重复。

处理 D: 碳铵或尿素(交替使用) + 过磷酸钙, $N:P_2O_5 = 1:0.5$, 为 89 年处理 V 的重复。

四种处理均为等氮量施肥。

2. 施肥方法及用量 试验所使用的氯化铵、尿素、碳铵的含氮量分别为 25%、46%、15—17%。过磷酸钙含 P_2O_5 量为 12%, 硫酸钾含 K_2O 为 50%, 复合肥含氮 15%, P_2O_5 为 5%。追肥期为 4—10 月。氯化铵的用量为: 水温接近 20°C 时每月施肥 2—3 次, 每次 60—75 公斤/公顷; 20—25°C 时每月 4—6 次, 每次 45—75 公斤/公顷; 25°C 以上时每月 6—8 次, 每次 30—45 公斤/公顷。其他肥料的用量按试验设计要求推算。一般晴天上午 9—10 时施肥, 要求各试验池追肥尽量同步进行, 阴雨天不施肥。施肥时将各种肥料分别溶解于水后全池均匀泼洒。

另外对混养的草鱼、鲤和团头鲂投喂的饲料为大麦和青草(黑麦草和苏丹草), 同年各池的投饲量基本一致。

3. 鱼种放养 放养种类有鲢、鳙、鲤、草鱼和团头鲂, 同年各池鱼种的数量、比例和规格基本相同。1989 年每公顷总尾数 9500—10000 尾, 总重量 970—1100 公斤左右, 其中鲢(90—100 克/尾)5250 尾, 鳙(100 克/尾)750 尾, 鲢、鳙合占总放养尾数的 60—63%; 1990 年每公顷 8200—8500 尾, 1400 公斤左右, 其中鲢 200 克/尾的 3000 尾、75—100 克/尾的 2400—2550 尾, 鲢、鳙合占总放养尾数的 68—70%。

(二) 水质理化生物指标的测定方法

1. 采样 1989 年在水温 20°C 以下(接近 20°C, 下同)、20—25°C、25—30°C 和 30°C 以上 4 个温度范围内, 施肥前采 1 次, 施肥后连续采 5—7 天, 每天 1 次; 89 年和 90 年 4 月—10 月 20 日左右, 每次施肥前后各采样 1 次。上午 9—10 时采样。溶解氧水样取自池中心水面下 0.3—0.4 米处, 其它水样为 0—0.4 米、0.4—0.8 米和 0.8—1.2 米三层的等量混合水样。现场测定水温(水面下 0.2—0.3 米处)、透明度和 pH 值(pH S-25C 型酸度计), 其它项目回实验室在 1 小时内开始测定。

2. 水化学分析 测定项目见结果,按常规方法^[9]进行测定。

3. 浮游植物叶绿素 α 及初级生产力 丙酮法按常规提取、测光密度,用 Parson-Strickland 公式计算叶绿素 α 含量^[9],黑白瓶测氧法校正法测定浮游植物叶绿素 α 光饱和和光合率,水柱日产量按王骥的公式^[11], $P_G = K \cdot r \cdot chla \cdot SD \cdot DH$ 求得。

4. 浮游生物 水样处理及计数按常规进行,定性到属,生物量换算用体积法^[8]。

(三) 底泥理化特性分析

共采样4次,试验开始前(1989年4月)1次,开始后(1989年9月、1990年1月和9月)3次。每池取3个混合样,每一混合样由4个点的样品混合而成。泥样风干后用木制工具打细,过20目筛供pH值、含氯量及速效氮、磷、钾等分析,过100目筛供有机质、全量分析之用。测定项目有pH值,交换性钙、镁,有机质,含氯量,全量及速效氮、磷、钾,活性钾,有效锌、铜、镉,阳离子交换量等,均按常规法^[12]测定。

(四) 鲢、鳙肌肉和血液生化成分分析

1989年10月18日分别从1、5、6号池随机取鲢、鳙各10尾。鳃静脉采血,一部分抗凝后供血糖、血钠等测定,一部分在室温下自然凝固后分离血清低温保存备用。鱼体背部去皮取一块肌肉,去肌间刺后剪碎,取10—20克于恒重皿中准确称量,再置于100—105°C恒温箱中烘干,用减量法测粗水分。干样品经粉碎过筛后低温干燥保存备用。分析项目有血液的全血葡萄糖、血清总蛋白及非蛋白氮(NPN)、血氯、血钠、GPT活性、血清乳酸脱氢酶(LDH)、血液游离氨基酸等;肌肉的粗脂肪、粗蛋白、灰分、肌肉脂肪酸组成、蛋白质氨基酸组成、氯离子含量等,均按常规生化分析方法^[14]进行测定。

结果与分析

(一) 鱼产量及经济效益

1989年I—VI追肥处理各池塘的总净产量依次为6625.4、7380.0、6763.3、6482.3、6417.0和6377.8公斤/公顷;1990年A—D处理的池塘总净产量依次为6908.3、5944.2、6277.8和6196.8公斤/公顷。两年各池的草鱼、团头鲂和鲤合计净产量基本相同,89年各处理池依次为3055.4、3292.5、3091.3、2951.3、2892.0和2945.8公斤/公顷;90年依次为3117.0、3031.2、3011.5和3028.0公斤/公顷。故这里主要比较不同追肥处理池塘鲢、鳙的产量和经济效益,各项数据列于表1。由表1可知,2年的生产结果都是以氯化铵为氮源,N:P₂O₅为1:0.5的处理(1989年的II、1990年的A)追肥时鲢、鳙鱼的产量和经济效益最高,平均每公顷的毛产量、净产量、毛收入、纯收入(以毛收入减去鱼种和肥料投入计)、产出投入比等均最高。1989年4种氯化铵追肥处理的池塘与其它2种处理的相比较,平均每公顷增加鲢、鳙鱼产量237公斤,降低肥料投入545.25元/公顷,增加收入1157.1元/公顷。平均每投入1元钱可多赚0.91元。1990年试验池(不包括B)与对照池相比较,每公顷平均增加鲢、鳙鱼产量360公斤、降低肥料投入665.55元,平均每投入1元钱试验鱼池可多收入0.73元。

表1 不同处理池鲢、鳙鱼产量及经济效益比较
Table 1 Showing economic effect and product of silver carp
and bighead of different treatments

1989年							
追肥处理	毛产量 (公斤/公顷)	净产量 (公斤/公顷)	鱼种投入 (元/公顷)	肥料投入 (元/公顷)	每公顷毛收入 (元)	每公顷纯收入 (元)	产投比
I	4207.5	3570	1530	1873.8	10939.5	7535.7	3.21
II	4687.5	4087.5	1440	1261.5	12187.5	9486	4.51
III	4219.5	3672	1314	1342.5	10970.7	8314.2	4.13
IV	4078.5	3581	1314	1093.8	10604.1	8196.3	4.40
V	4125	3525	1440	1797.3	10725	7487.7	3.31
VI	4032	3432	1440	2079	10483.2	6064.2	2.98
1990年							
A	4650	3791.3	2061	1687.5	12090	8341.5	3.23
B	3825	2913	2188.8	1785	9945	5971.2	2.50
C	4125	3266.3	2061	1425	10725	7239	3.08
D	4050	3168.8	2115	2221.8	10530	6193.2	2.43

(二) 水质与营养盐类

1. 水质 2年中各种施肥池的水化学年周期(4—10月)平均值列于表2。施化肥鱼池溶解氧含量较高,各池平均为6.07—7.09mg/l,高于施有机肥池(4.96mg/l,89年)。各池化学耗氧量平均为17.25—21.39mg/l,比较稳定。硬度为3.87—4.40毫克当量/升,较通常认为的最适范围(1—3毫克当量/升)稍高,但仍为鱼类和水生生物的适宜范

表2 各种处理鱼池的水化学特性
Table 2 Chemistry of the waters in ponds of different treatments

项 目	1989年						1990年			
	I	II	III	IV	V	VI	A	B	C	D
D.O.(mg/l)	6.61	6.07	6.32	6.32	7.04	4.96	6.78	7.09	6.89	6.70
COD(mg/l)	19.51	19.73	19.84	19.11	19.74	18.11	19.44	21.39	17.25	17.72
硬 度 (毫克当量/升)	4.23	4.39	4.29	4.40	4.19	4.11	4.01	3.87	3.97	4.10
碱 度 (毫克当量/升)	3.17	3.30	3.12	2.90	3.10	3.45	2.98	2.91	3.11	3.04
pH 值	7.97	8.01	8.11	8.08	8.12	7.91	7.99	7.82	7.84	7.65
NH ₄ ⁺ -N(mg/l)	0.912	0.829	0.848	0.960	0.894	0.452	1.071	0.809	0.616	0.884
NO ₃ ⁻ -N(mg/l)	0.624	0.363	0.467	0.498	0.347	0.238	0.643	0.722	0.798	0.838
NO ₂ ⁻ -N(mg/l)	0.295	0.191	0.250	0.316	0.181	0.203	0.110	0.186	0.133	0.122
三态氮(mg/l)	1.831	1.383	1.565	1.774	1.422	0.893	1.829	1.794	1.547	1.844
三磷/PO ₄ ³⁻ -P	25.8	27.1	30.1	41.3	23.7	40.6	25.4	26.8	23.1	22.8
PC ₄ ³⁻ -P(mg/l)	0.071	0.051	0.052	0.043	0.060	0.022	0.072	0.067	0.067	0.081
Cl ⁻ (mg/l)	52.90	46.25	47.50	52.20	12.28	12.45	42.21	46.12	41.87	12.83

围,较高的硬度与底泥中钙、镁含量高有关。各池碱度较一致,属高产鱼池要求范围。池水弱碱性,各池 pH 值平均为 7.65—8.12,测定极限值为 7.24 和 8.98,较稳定,表明各池池水缓冲性能良好。

2. 营养盐 氨态氮、硝态氮和亚硝态氮测定值占三氮总量的百分比,在施化肥池中平均分别为 56.2%、28.5%和 15.3%;在施有机肥池中分别为 51.2%、25.9%和 22.9%,这表明前者池水具有较好的自净能力,而后者池中亚硝态氮含量较高,水质不如施化肥池的好。

1989年施化肥鱼池水中磷酸盐含量与磷肥施用量相关, $N:P_2O_5$ 为 1:1 的 1号池最高,平均值为 0.071mg/l; 1:0.5 的 2、3、5号池较接近,平均为 0.054mg/l; 1:0.33 的 4号池最低,为 0.043mg/l。若以三氮总量与磷酸盐磷的比作为 N/P 值,则三类处理的 N/P 值分别为 25.8、27.0、41.3。这些值偏大。从氮磷比的变化来看,1号池,2、3、5号池和 4号池的施肥氮磷比分别为实测氮磷比的 1/11.3、1/5.9 和 1/6.0,1号池的变化最大,显然磷的损失也最大。

3. 氯离子 施氯化铵鱼池的 Cl^- 含量明显高于施其它肥料的鱼池(表 2、3)。89年施氯化铵的 4 个鱼池中, Cl^- 含量逐月上升,在 8—9 月达到最高值,1—4号池分别为 86.66、68.09、70.93 和 79.78mg/l。此后由于频繁换水, Cl^- 含量没有继续上升,并略有下降。5、6号池 Cl^- 平均含量分别为 12.28 和 12.45mg/l,与天然水体的含量相同。90年 4 组处理池中 Cl^- 含量年均值分别为 42.21、46.12、41.87 和 12.83mg/l(表 3),变化情况与 89 年类似。

表 3 1989 年 6 种处理池中氯离子含量及月变化(mg/l)
Table 3 The chloride ion contents in the pond water of 6 treatments and their monthly variation in 1989

含 量 月 份	4	5	6	7	8	9	10	平均
处 理 I	10.0	16.55	42.56	55.37	86.53	86.66	72.60	52.90
II	10.3	16.07	41.14	56.58	68.09	65.56	65.98	46.25
III	9.8	14.82	38.30	62.23	70.93	68.27	68.17	47.50
IV	11.5	13.35	41.19	66.75	77.08	79.78	76.76	52.20
V	9.8	9.97	11.70	13.37	12.98	13.57	14.61	12.28
VI	10.2	10.3	11.81	12.18	13.23	14.68	14.73	12.45

(三) 叶绿素 α 与初级生产力

1. 叶绿素 α 89 年 1—5 号池叶绿素 α 的含量变动在 49.32—681.50 μ g/l 之间,平均含量以 2 号池最高为 242.26 μ g/l(表 4),统计分析表明,各池间平均含量差异不显著($P>0.05$)。

不同温度范围施肥后叶绿素 α 的变化(图 1),在水温 20 $^{\circ}$ C 以下时,于施肥后第 3—4 天含量上升到峰值,第 6—8 天下降到施肥前水平;20—25 $^{\circ}$ C 时,第 3 天达到峰值,第 5—7 天降到原水平;25 $^{\circ}$ C 以上时,分别为第 2 天和 4—6 天。

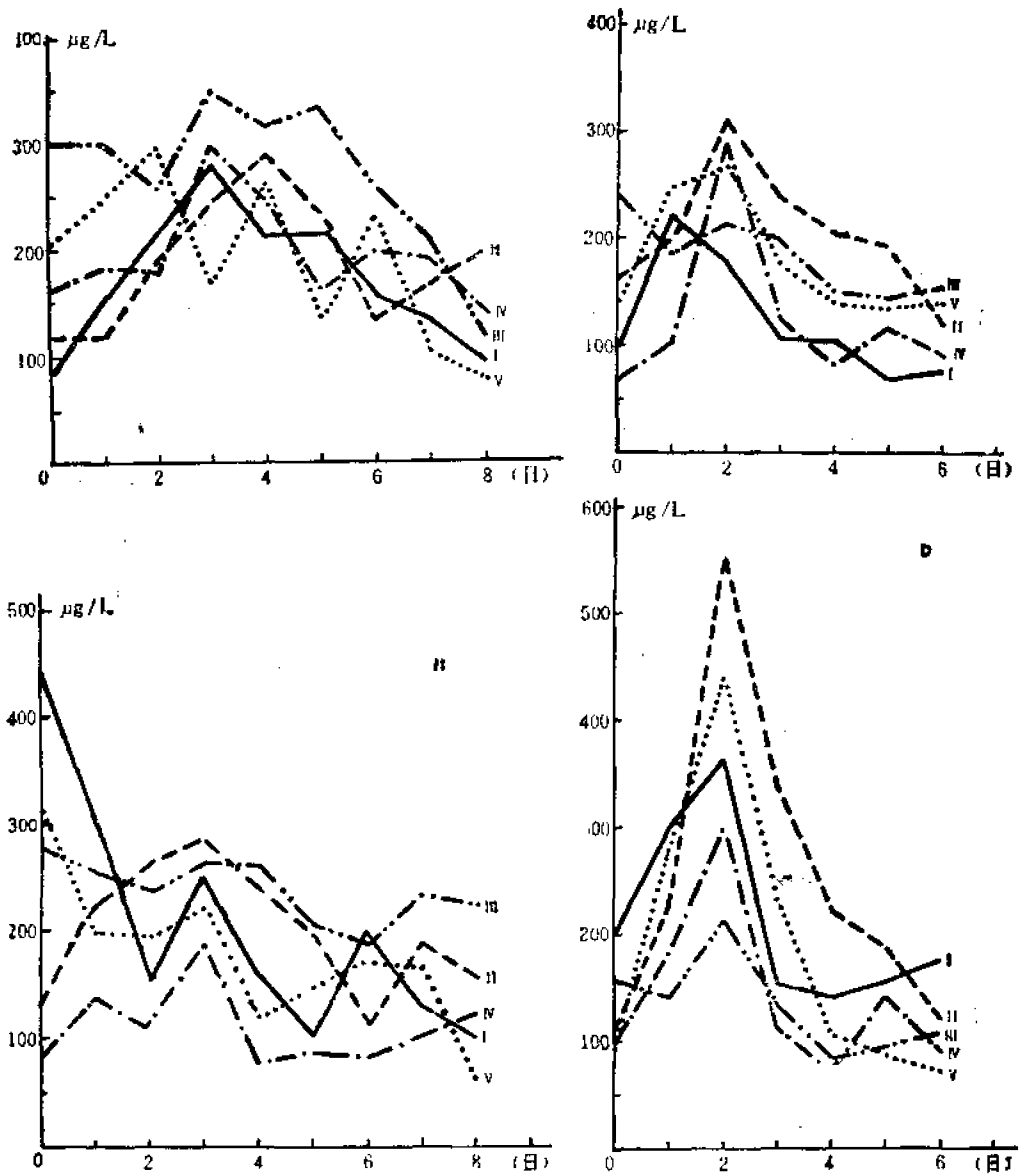


图1 不同温度范围施肥后叶绿素 α 的变化

Fig. 1 The change of chlorophyll α after fertilizing in different temperature range

A、B、C、D 分别为 20℃ 以下、20—25℃、25—30℃ 及 30℃ 以上 4 个温度范围。图 2 同

2. 初级生产量 所测得的单位叶绿素 α 每小时光饱和光合率为 $r = 20.8 \text{gO}_2 / \text{gchl}a \cdot \text{hr}$, 平均初级生产量(表 4)以 2 号池最高为 $20.00 \text{gO}_2 / \text{m}^2 \cdot \text{天}$, 3 号池其次为 $19.76 \text{gO}_2 / \text{m}^2 \cdot \text{天}$, 4 号池最低为 $14.72 \text{gO}_2 / \text{m}^2 \cdot \text{天}$ 。由于叶绿素 α 变幅大, 初级生产量极差达 8 倍之多, 但统计检验表明各池之间初级生产量无显著差异 ($P > 0.05$)。

表4 89年6种处理鱼池中叶绿素 α 、初级生产力及浮游生物量
 Table 4 The annual average value of chlorophyll α , primary production and plankton in the ponds of 6 treatments in 1989

处理(池号)	I(1#)	II(2#)	III(3#)	IV(4#)	V(5#)	VI(6#)
叶绿素 α ($\mu\text{g/l}$)	170.72	212.26	205.66	148.73	170.12	—
水柱日产量(克 $\text{O}_2/\text{米}^2 \cdot \text{天}$)	17.50	20.00	19.76	14.79	16.91	—
浮游植物量(mg/l)	51.87	60.56	88.71	61.35	75.07	47.93
浮游动物量(mg/l)	2.44	3.09	3.43	2.92	2.27	5.30

(四) 浮游生物

1. 浮游植物的种类组成与现存量 试验期间共出现浮游植物8门53属,以隐藻、栅藻、十字藻、小球藻、裸藻、小环藻、针杆藻、蓝纤维藻等为常见属,其次为蓝隐藻、衣藻、纤维藻、集星藻、盘星藻、裸甲藻、囊裸藻、直链藻、菱形藻、蓝球藻和微囊藻。黄藻门和金藻门种类极少见。

1989年各池平均浮游植物量变动在47.93~88.71 mg/l 之间(表4)。整个养殖期内,主施化肥鱼池均以隐藻为优势种群,平均占总生物量的67.36%,一般为55~80%;裸藻和绿藻门种类是次优势类群。施有机肥池中,隐藻、绿藻、裸藻和硅藻4门的平均生物量比较接近。所有试验池中浮游植物总生物量(B_t)与隐藻门生物量(B_{Cry})呈极显著正相关, $B_t = 37.1434 + 0.8846B_{Cry}$ ($n = 110, r = 0.9248, P < 0.005$)

90年A、B、C、D处理各池浮游植物量平均值分别为65.12、61.64、60.87和56.22 mg/l 。

浮游植物量测定值变化较大,但绝大多数在20—100 mg/l 的肥水指标内。89年的210个样中有173个在此范围,90年48个样中95%以上在30—100 mg/l 之间。

2. 浮游动物主要种类与现存量 浮游动物(不包括原生动物)共出现22属,其中轮虫10属、枝角类5属、桡足类7属。常见的有晶囊轮虫、臂尾轮虫、同尾轮虫、裸腹蚤、中华剑水蚤等。

1989年1—5号池平均浮游动物生物量为2.83 mg/l ,6号池为5.30 mg/l 。优势种类为晶囊轮虫、臂尾轮虫和同尾轮虫。枝角类和桡足类都很少。

3. 浮游植物量的变化规律 不同温度范围施肥后浮游植物的增殖速度不同(图2)。20°C以下时,浮游植物量在施肥后第4天达到高峰,第6—7天降到施肥前水平;20—25°C时,第3—4天达到峰值,第5—6天降至原水平;25—30°C时,达到峰值和复原的时间分别为第3天和第5天;30°C以上时则分别为第2天和第4天。即随水温升高,浮游植物量达到峰值的时间缩短,峰值持续时间也缩短。施有机肥鱼池中,峰值较低,出现也较晚,持续时间较长。

在2年的试验中,浮游植物量的季节变化较一致,即4月份出现第一个高峰,以后逐月下降,8月最低,9月份迅速上升,9—10月出现第二个高峰。

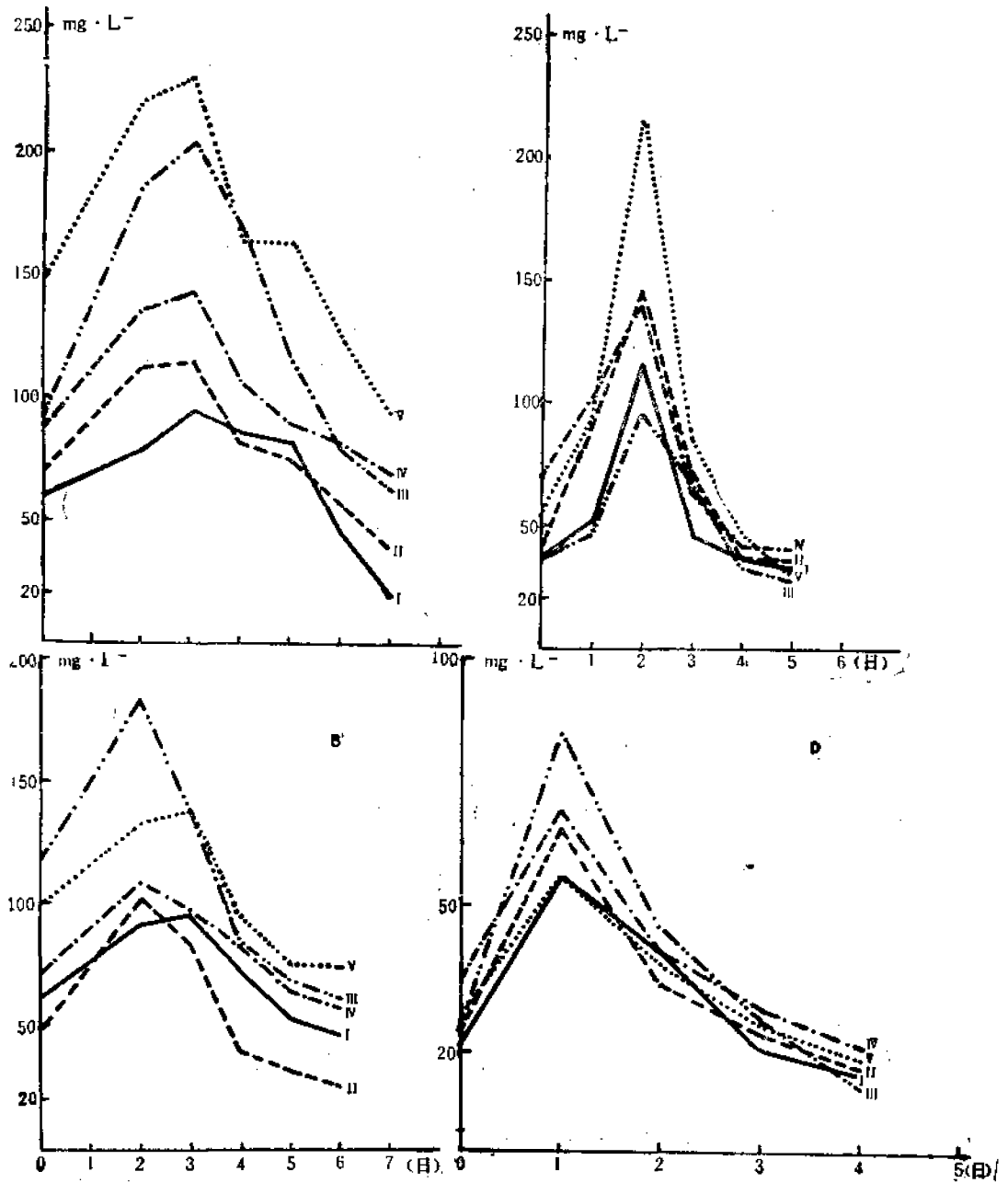


图2 不同温度范围施肥后浮游植物现存量的变化
 Fig. 2 The change of extant quantity of phytoplankton
 after fertilizing in different temperature range

4. 浮游植物量与主要营养盐类的关系 据对1989年6个鱼池中浮游植物量与铵氮、总无机氮、磷酸盐磷及氮磷比的关系经相关分析表明,在4号和6号池中浮游植物量与磷酸盐磷的关系分别达到显著($r=0.4545, P<0.05, n=23$)和极显著($r=0.6531, P<0.05, n=23$)水平,其它各组均不显著。这说明4号和6号池中磷已成为限制浮游植物繁

殖的主要因子。

(五) 底泥理化特性

1. 一般性质 各池底泥的 pH 值在 7.43—7.90 之间, 平均为 7.7 ($n=63$), 变异系数 (3.04%) 很小, 说明底泥 pH 值稳定。交换性钙、镁含量较高, 各池平均为 4967 ± 673 ppm ($n=63$) 和 407 ± 70 ppm ($n=54$)。

有机质、全氮、全磷和速效磷含量均不算丰富, 各池平均分别为 $2.65 \pm 0.58\%$ 、 $0.174 \pm 0.031\%$ 、 $0.095 \pm 0.017\%$ (P) 和 34.6 ± 11.4 ppm (P), 所以池塘水体必须增施氮、磷肥才能满足浮游生物繁殖、生长的需要。方差分析表明, 连续 2 年施肥后底泥中全氮含量无实质性的增加, 各池之间底泥有机质含量无明显差异。

全钾、缓效钾、有效钾和铜的含量均属一般灰潮土耕地水平, 但速效钾和活性钾 (可迅速转入水体中的钾) 远高于一般耕地土壤的含量, 且速效钾比活性钾高 4 倍, 这表明鱼池过去钾肥投入不多或未投, 而富含速效钾主要依靠地表水带入并与长期投喂青饲料有关。

2. 氯离子 试验前 1—6 号池底泥 Cl^- 含量依次为 18.6 ± 8.36 、 20.6 ± 4.72 、 24.5 ± 4.44 、 22.0 ± 2.73 、 21.0 ± 6.12 和 18.4 ± 2.01 ppm。1—4 号池随氯化铵的不断投入, 底泥 Cl^- 含量有所增加, 但干塘后又降回原水平。这可由底泥 Cl^- 含量的第二次和第三次测定值 (1—6 号池依次为 55.1 ± 8.90 、 52.7 ± 8.60 、 32.1 ± 5.17 、 48.4 ± 3.87 、 15.4 ± 5.54 、 35.7 ± 2.41 和 22.4 ± 1.88 、 21.7 ± 6.22 、 17.5 ± 1.21 、 23.4 ± 9.82 、 18.8 ± 3.01 、 30.7 ± 6.80 ppm) 中看出。方差分析表明, 1—4 号池第二次和第一、三次的测定值间的差异均达到显著水平, 第一、三次测定值间的差异不显著。这说明 Cl^- 在底泥中仅暂时富集, 年底干塘后即可降低。

(六) 鲢、鳙血液和肌肉的生化成分

1989 年氯化铵施肥池、对照池和施有机肥池鲢、鳙血液和肌肉各种生化成分的测定值列于表 5。由表 5 可知, 所有项目的测定值均在正常生理范围内。在血清游离氨基酸洗脱图谱中可明显区分出 32—34 个洗脱峰。对肌肉中 17 种氨基酸的定量分析表明, 氯化铵施肥不影响鲢和鳙肌肉蛋白质的氨基酸组成。 Cl^- 在鱼肌肉中无富集现象。说明使用氯化铵养鱼不影响鲢、鳙的鱼肉品质。

讨论与小结

(一) 氯化铵施肥对繁殖池塘浮游生物的作用

根据何志辉等的观测^[9], 我国江浙、广东、四川、东北以及其他地区高产塘中的浮游植物, 大都是以隐藻为代表的鞭毛藻类占优势。南方养鱼池鞭毛藻类塘的浮游植物量大多变动于 20—100mg/l 之间, 平均值多为 30—50mg/l。东北养鱼池浮游植物量较高, 平均值可超过 100mg/l。鞭毛藻类塘中鞭毛藻类一般占浮游植物总量的 60% 以上, 有时达到 80—90%。鞭毛藻类塘为水质管理得好的我国传统“肥水”的代表。本试验施用氯化铵所培育出的正是以隐藻为优势种群的“肥水”水质, 平均浮游植物量为 62.6mg/l, 介于南方

表5 不同施肥处理鱼池鲢鳙血液和肌肉的生化成分
 Table 5 The biochemical components of blood & muscle of silver carp and bighead in ponds of 3 different treatments

血液 分析项目		鲢 (n=10)			鳙 (n=10)		
		I	V	VI	I	V	VI
总蛋白(g%)		2.8±0.23	2.7±0.26	2.8±0.24	2.9±0.32	2.8±0.25	2.8±0.18
NPN(mg%)		90.2±3.86	28.7±4.31	31.5±5.61	33.6±5.32	30.8±4.53	29.7±4.86
LDH(IU)		52.6±10.24	46.4±8.44	50.3±11.35	51.2±12.45	49.6±10.83	45.3±9.23
GPT(IU)		20.6±9.24	20.6±10.54	39.9±13.85	27.9±10.4	30.5±8.66	39.3±8.33
血糖(mg%)		53.12±15.45	49.42±11.34	43.23±10.56	75.55±19.65	56.44±10.35	55.29±11.14
Na ⁺ (mmol/l)		184.0±6.12	168.2±5.36	163.4±5.25	185.1±6.31	168.1±5.23	164.8±5.12
Cl ⁻ (mmol/l)		120.3±3.82	118.7±4.23	119.3±3.65	121.6±4.52	119.5±3.55	116.8±2.88
氨基酸总量(mg/1000ml血清)		372.74	542.78	445.33	706.47	580.27	457.96
必需氨基酸总量(mg/1000ml血清)		459.1	395.0	311.84	509.2	418.5	317.9
肌肉							
水分(%)		78.32±3.05	79.14±1.32	79.04±1.25	79.93±1.22	79.44±1.27	80.45±1.55
粗蛋白质(%)		17.15±0.63	16.82±0.57	16.94±0.55	16.37±0.45	16.85±0.38	16.26±0.43
粗脂肪(%)		2.86±0.92	2.95±0.46	2.23±0.38	2.01±0.56	2.61±0.72	2.13±0.63
无氮浸出物(%)		0.58±0.14	0.79±0.21	0.64±0.19	0.55±0.18	0.68±0.20	0.68±0.03
灰分(%)		1.18±0.03	1.28±0.12	1.15±0.08	1.20±0.06	1.16±0.09	1.10±0.08
Cl ⁻ (mg%)		177.5±30.2	179.3±28.7	169.5±40.3	182.4±35.5	172.6±38.4	185.2±41.6
氨基酸总量(g/16gN)		82.68	84.94	83.19	86.0	88.85	84.48
必需氨基酸总量(g/16gN)		42.52	42.79	41.70	44.47	45.47	43.16
脂肪酸组成(%)	C ₁₄	25.2±2.4	23.0±1.4	21.3±0.8	22.0±1.5	22.6±1.2	22.0±1.3
	C ₁₆	32.1±3.7	37.3±3.3	33.3±2.0	38.6±2.6	37.7±0.8	39.3±1.0
	C ₂₀	19.1±1.4	21.8±1.6	21.2±2.0	21.2±0.5	22.0±1.6	22.2±2.1
	其它	23.6±5.1	17.8±3.4	24.2±3.2	18.2±1.3	17.7±0.9	16.5±3.1

和东北养鱼池鞭毛藻塘平均浮游植物量之间, 鞭毛藻类占浮游植物总量的百分数也和一般鞭毛藻塘相一致。根据生物等级划分养鱼水质^[7], 氯化铵施肥养鱼, N:P₂O₅ 为 1:1~1:0.33 时, 所培育的水质均属于 5—6 级养鱼肥水水质。

养鱼池浮游动物量差别极大, 从不足 1mg/l 到超过 100mg/l 不等, 同一池中变幅亦可达几百倍^[8], 优势种也不断变化。本试验结果, 主施化肥池浮游动物量远低于高产鱼池

10—20mg/l 的量;种群组成上轮虫占绝对优势,这与传统肥水的特点一致,它反映出鱼池的高度生产性能;枝角类和桡足类极少。甲壳类少的原因有两方面:①养殖过程中因防治鱼病而常使用敌百虫等农药,甲壳类对这些农药的抗性较差;②甲壳类世代时间较长,在高密度混养鱼池中由于滤食性鱼类的强烈摄食使其种群难以增长。

(二) 氯化铵施肥对池塘环境的影响

氯化铵是一种铵态氮肥,施用后其 NH_4^+ 能被浮游植物直接吸收利用,而剩下的 Cl^- 是否会对池塘环境造成污染是人们普遍关心的问题。本研究证明,施用氯化铵后水体水质适于鱼类和浮游生物的生长。随着氯化铵的不断施用,池水中 Cl^- 浓度也逐渐上升。在施肥量适当,合理调节水质的池塘中,每年养殖晚期 Cl^- 浓度可稳定在 60—80mg/l 或更低一些。鱼类和浮游生物在这种水体中生长良好,不产生毒抑制。 Cl^- 无毒,我国及日本、美国、原苏联、罗马尼亚等国家的渔业水质标准对 Cl^- 均没有限制浓度,但也有关于 Cl^- 对鱼类产生抑制或致死的报道。Balfour Hephher 和 Yoel Pruginin 报道, Cl^- 对鲤的致死浓度为 7000ppm^[9];蔡仁逵等认为氯化铵对鲤科鱼类的致死浓度为 800—1000ppm^[10];何志辉等认为 Cl^- 在 4000ppm 以下鲤都可生存,超过 7000ppm 则不能孵化^[9]。这就从理论上证实了按本试验设计的施肥方案不存在 Cl^- 对养殖鱼类的毒害问题。氯化铵养鱼池水体中 Cl^- 可通过池水交换和干塘排出,这种池水排出后在流入江河过程中不造成环境污染。根据我国对地面水环境质量国家标准^[9],生活饮用水中氯化物为 ≤ 250 mg/l;农田灌溉水中氯化物为 < 200 mg/l (一类水质)和 $\leq 200—300$ mg/l (二类水质)。由此可知,氯化铵养鱼池排出的水不产生污染。

Cl^- 在池塘底泥中含量的变化规律与水体中的情况类似,随着氯化铵的不断施用底泥中 Cl^- 含量也增加,平均可达 47ppm,但干塘后又可降到原水平。据湖北省农科院等单位对 112 个灰潮土样品的测定, Cl^- 含量为 10.95—67.80ppm,可见池塘底泥中 Cl^- 含量的暂时性升高仍在土壤 Cl^- 含量的正常范围内。干塘后底泥中 Cl^- 含量降至原水平有两方面原因:① Cl^- 与淤泥胶体均带负电荷,其相互排斥力超过了一部分正电荷胶体的吸附力,因此出现对 Cl^- 的负吸附;② Cl^- 在土壤中主要呈可溶状态,土壤吸附量少,农业上使用氯化铵后土壤溶液中 Cl^- 含量增高,但随降雨或灌溉水的淋洗,土壤中 Cl^- 含量会迅速下降。这种淋溶作用在池塘干塘时同样存在。

(三) 氯化铵与碳铵、尿素养鱼效果的比较

本试验及我们在 10 个生产单位的 12 组对照试验(129.1 公顷)结果^[11]表明,氯化铵完全可以代替碳铵和尿素用于池塘施肥养鱼,不但能降低肥料的投入,而且用于养鱼时某些特性优于碳铵和尿素,是一种新的优质养鱼氮肥。

氯化铵是铵态氮肥,含氮 25—26%,易溶解于水,吸湿性小,不结块,不挥发,便于贮存。氯化铵施入水体后所释放的 NH_4^+ 能被浮游植物直接吸收,获得氮的养分。施肥后一部分 NH_4^+ 可被底泥土壤胶体吸附,以后仍可被其他离子交换释放出来而被藻类利用。此外, NH_4^+ 经硝化细菌作用能转化成硝态氮,也能被藻类吸收,肥效不降低,是一种高效氮肥。氯化铵的价格相对较便宜,每公顷鱼池肥料投入比其他氮肥可节约 371.25—636.6

元。另外,氯化铵养鱼成活率较高,各试验点都反映氯化铵有防鱼病的作用,在鱼类暴发性疾病流行时,大多数试验池未发病。氯化铵为什么能抑制鱼病发生还需进一步研究。

碳铵也是铵态氮肥,含氮15—17%,但易吸水潮解和结块,易挥发,从而造成氮素损失,故群众称之为“气肥”。由于碳铵的不稳定性,实际使用时即使按等氮量计算,其肥效也不如氯化铵。

尿素是酰胺态氮肥,含氮44—46%,被认为是农业上最好的氮肥,水产养殖上则未必。本试验的结果表明,氯化铵养鱼效则优于尿素。原因是,尿素溶于水后不形成离子,不能直接被藻类吸收,只有被底泥微生物分泌的尿酶水解成碳酸铵后才能起作用,这一过程在高温季节约需2—3天,低温时则需7—10天^[9]。当尿素在池水中转变成碳酸铵时大都已沉到水体底层,所释放的 NH_4^+ 易大量被底泥土壤胶体吸附而降低肥效,同时也较难被上层水体中的浮游植物直接吸收。所以施尿素后池水出现肥水水色比施氯化铵和碳酸铵晚2天左右,故渔农称尿素为“凉性”肥。

(四) 氯化铵的施用技术

1. 施肥量及频数 在鲢、鳙占放养量的50—60%,每公顷鲢、鳙产量为4500公斤左右的混养池塘,氯化铵的用量以N的浓度计算为,水温20°C左右时,每次为1—1.25ppm,每月3—4次;20—25°C时,每次用量0.75—1ppm,每月4—5次;25°C以上时,每次用量0.5—0.75ppm,每月6—7次。施肥时还应根据以上标准灵活掌握,饲养前期,鱼体较小,投饲量较少,如水质不肥可增加用量;反之,饲养后期水质易过肥,应严格控制施肥量。施氮肥的同时也要施磷肥,其用量可根据磷肥中 P_2O_5 的含量及所选用的氮磷比推算。

2. 氮磷比例 氯化铵以等氮量施肥,3种不同氮磷比的试验结果表明: $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5 = 1:0.33(\text{N}/\text{P} = 6.9)$ 的处理池中磷酸盐磷已成为浮游植物生产量的限制因子,而且实际生产效果也略差一些。另外两种处理对浮游植物初级生产力和生物量的影响无显著差异,但是 $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5 = 1:1(\text{N}/\text{P} = 2.3)$ 的处理池中,施用的磷肥损失大,成本高。 $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5 = 1:0.5$ 的处理能降低磷肥的投入成本,也不影响鱼产量的提高,是值得推荐的氮磷施肥比例。

参 考 文 献

- [1] 王 骥等,1981.武汉东湖浮游植物的初级生产力及其若干生态因子的关系.水生生物学集刊,7(3):295—311.
- [2] 中国土壤学会农业化学专业委员会,1983.土壤农业化学常规分析方法,55—241.科学出版社(京).
- [3] 中国科学院水生生物研究所,1988.淡水渔业增产新技术,545—647.江西科学技术出版社(南昌).
- [4] 北京大学生物系,1979.生物化学实验指导,27—187.人民教育出版社(京).
- [5] 北京农业大学,1979.肥料手册,192—194.农业出版社(京).
- [6] 刘鸿亮等,1988.中国环境预测与对策概论,103,107.中国环境科学出版社(京).
- [7] 何志辉,1985.从“看水”经验论养鱼水质的生物学指标.水生生物学报,9(1):89—98.
- [8] 何志辉,李永函,1983.无锡市河坝口高产鱼池水质的研究:II 浮游生物.水产学报,7(4):287—299.
- [9] 张扬泉等,1989.中国池塘养鱼学,61,63—74.科学出版社.
- [10] 蔡仁远等,1987.淡水养鱼手册,478.上海科学技术出版社.
- [11] 潘黔生等,1992.氯化铵施肥养鱼的增产效果.淡水渔业,(1):17—19.
- [12] Hefher, B. and Y. Fruginia, 1981. *Commercial fish farming*, 19. by John Wiley and Sons, Inc., New York.

PISCICULTURE USING CHEMICAL FERTILIZER WITH AMMONIUM CHLORIDE AS NITROGEN SOURCE IN POLYCULTURED PONDS

Pan Qiansheng, Zhu Bangke, Fan Qixue, Fang Zhiping and Liu Chongyang

(Department of Fishery, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070)

ABSTRACT It was systematically studied for over 2 years on pisciculture using ammonium chloride as nitrogen source in polycultured ponds. Under same condition, six manuring treatments with different chemical fertilizer and N/P ratio in 1989 and four treatments in 1990 were carried out in polycultured ponds where silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) and bighead (*Aristichthys nobilis*) were reared as main objects. The effects of ammonium chloride on the physico-chemical characteristics of pond water, nutrients, primary productions, species and biomass of phyto- and zooplankton in ponds, and their periodic changes before and after manuring under 4 temperature ranges of below (but near) 20°C, 20 to 25°C, 25 to 30°C and over 30°C, and their seasonal changes were studied and compared with other nitrogen sources. Also the chemistry of bottom silt in ponds, the biochemical components of blood, nutritional contents and amino acid and fatty acid components of the muscle of silver carp and bighead, the yield of both fishes and the economic benefits of pond culture were studied and investigated.

KEYWORDS polycultured ponds, ammonium chloride, nitrogen sources, pisciculture using chemical fertilizer