

网箱养鱼高产试验及其技术因子的探讨*

张列士 杜久香

(上海市水产研究所)

提 要

本文报导了网箱养殖莫桑比克罗非鱼 (*Tilapia mossambica*) 和草鱼 (*Ctenopharyngodon idellus*) 高产试验。其中网养莫桑比克罗非鱼获得每平方米净产 97 公斤, 饲料系数为 2.16; 网养草鱼每平方米净产 14.5 公斤, 饲料系数为 2.49。此外, 本文论述了网箱结构, 饲养环境, 养殖方式, 饲料配方, 投喂技术等技术因子对提高单位产量的关系。作者认为合理选择网箱, 敷设饲料台, 控制溶氧不低于 3mg/L、水温不低于 15°C, 饲养密度为 5-10 公斤/米², 单养, 采用蛋白质组分不低于 35% 的颗粒饲料以及提供 10%—2% 的日给食率, 是网养给食式鱼类获得高产并降低饲料系数的关键。

网箱养鱼, 由于它能克服大水面养鱼不易管理的困难, 又能充分利用水体溶解氧, 有利于提高放养密度, 增加产量, 从而受到人们的重视。我国从 1973 年开始, 用网箱养殖鱼类, 此后, 在技术上就沿着滤食性鱼类的网养和摄食性鱼类的网养两种形式发展起来。其中, 在多数水库中, 用不投饵或少投饵的方式, 网养鲢、鳙鱼的鱼种已经取得了肯定的成绩, 这为培养大规模鱼种开创了一条新的路子。然而, 滤食性鱼类的网养成鱼不仅在养殖种类上受到限制, 而且产量较低。因此作者等从 1975 年起进行了给食性鱼类的网养试验, 旨在探索高产并降低饲料系数的技术关键, 现将试验结果报道如下。

试验方法和结果

自 1975 年以来, 试验经历了三个阶段:

第一阶段试验在 1975 年和 1976 年进行。其中 1975 年, 由于网箱破损逃鱼及团块状饲料下沉落于网箱外而造成浪费等原因, 而未能取得精确的试验结果。1976 年, 以网养团头鲂 (*Megalobrama amblycephala*) 为主, 重复 1975 年试验, 结果未能取得实质性进展。

第二阶段试验在 1977 和 1978 年进行。试验地点在青浦县的淀浦河, 试养生产周期较短的莫桑比克罗非鱼, 并同时以提高单位面积产量为目的的各项小型单因子试验。

第三阶段, 从 1980 年开始, 在第二阶段取得经验基础上, 改养草鱼。这阶段的试验还包括进行经济核算。现将后二阶段的试验情况分别叙述如下:

* 沈宁和等曾参加 1975 年和 1976 年试验; 李军、吕国强、沈俊德等曾参加 1977 年和 1978 年期间试验; 张雪生、汪家愉等曾参加 1980 年试验。

(一) 1977年网养莫桑比克罗非鱼试验

1. 试验方法

(1) 试验时间：1977年7月19日至9月27日。

(2) 网箱：聚乙烯浮式网箱9只，网箱尺寸为 $2 \times 2 \times 2.5$ 米(水深1.6米)，网目大小为2厘米。

(3) 放养密度：分为1000尾/米²(1号网箱)和500尾/米²两种(2—9号网箱)。

(4) 试验分组情况：全部试验分成五个项目进行，即：不同放养密度对比试验(第1、2号网箱)；不同给食率对比试验(第2、3、4号网箱)；不同形态饲料的对比试验(第2、5号网箱)；不同配方饲料的对比试验(第2、7、8号网箱)和不添加维生素的配制饲料对比试验(第2、6号网箱)。

(5) 饲料配方：采用3种配方进行试验。I号配方的组分是，鱼粉10%，豆饼粉50%，麸皮40%，并另加不计在百分率内的1%混合矿物质和每100斤饲料添加1瓶(6克)混合维生素。II号配方是蓼草、发酵稻草或甘蔗渣占70—80%，另加I号配方饲料20—30%。III号配方是用75%的I号配方饲料和25%的II号配方饲料配成。缺乏维生素对比试验的饲料和I号配方同，但不另加维生素。上述饲料中，I号配方的蛋白质含量为35.6%，II号配方为13.6—16.6%，III号配方为28.3—31%。

(6) 各试验组投放的饲料和日给食率：不同放养密度对比试验组，投放I号配方的湿团块状饲料。每日给食率为10% (以饲养开始时鱼体重计算，每两周检查一次)。不同给食率对比试验组，分别按鱼体重的5%、10%、15%的重复投放饲料。不同形态饲料对比组分别投喂干颗粒饲料和湿团块状饲料。不同配方饲料试验组分别投喂I、II、III号配方饲料。缺乏维生素试验组投喂不添加维生素的饲料。

2. 试验结果

(1) 不同密度组试验结果

表1 1977年莫桑比克罗非鱼在不同密度条件下生长情况

网箱编号	密度 (尾/米 ²)	给食率(%)	饲料形状	饲料配方	放养规格 (克/尾)	起捕规格 (克/尾)	净产 (公斤/米 ²)	饲料系数
1	1000	10	湿团块状	I	10	40	85.15	3.9
2	500	10	湿团块状	I	10.7	40.6	15.8	4.4

从表1看出，在其他试验条件大致相同情况下，适当提高放养密度是获得高产的技术关键之一。

(2) 不同给食率组试验结果

从表2可以看出，给食率高的，其净产高，但其饲料系数也高，给食率低的，其净产低，但其饲料系数也低。因此，给食率高，并非一定可取，而低给食率并非一定不可取，掌握适当的给食率是获得优良饵料系数的措施之一。

(3) 不同形态饲料组试验结果

表 2 1977 年莫桑比克罗非鱼在不同给食率条件下生长情况

网箱编号	密度 (尾/米 ²)	给食率(%)	饲料形状	饲料配方	放养规格 (克/尾)	起捕规格 (克/尾)	净 产 (公斤/米 ²)	饲料系数
2	500	10	湿团块状	I	10.7	40.6	15.8	4.4
3	500	5	湿团块状	I	9.6	32.2	14.15	3.3
4	500	15	湿团块状	I	11.4	44.3	19.65	4.9

表 3 1977 年莫桑比克罗非鱼在不同饲料形态喂养条件下的生长情况

网箱编号	密度 (尾/米 ²)	给食率(%)	饲料形状	饲料配方	放养规格 (克/尾)	起捕规格 (克/尾)	净 产 (公斤/米 ²)	饲料系数
2	500	10	湿团块状	I	10.7	40.6	15.8	4.4
5	500	10	干颗粒	I	12.2	64.1	25.25	2.7

从表 3 可以看出, 试验条件大致相同时, 干颗粒饲料比湿团块状饲料流失少, 从而可获得较高的净产, 并将饲料系数控制在较低水平。

(4) 不同饲料配方组试验结果

表 4 1977 年莫桑比克罗非鱼在不同配方饲料饲养下的生长情况

网箱编号	密度 (尾/米 ²)	给食率(%)	饲料形状	饲料配方	放养规格 (克/尾)	起捕规格 (克/尾)	净 产 (公斤/米 ²)	饲料系数
2	500	10	湿团块状	I	10.7	40.6	15.8	4.4
7	500	10	湿团块状	II	8.6	34.7	10.8	9.1
8	500	10	湿团块状	III	9.6	31.7	13.2	5.2

从表 4 可以看出, 在上述试验条件下, I 号配方由于蛋白质组分较高, 获得最高的净产和最低的饲料系数, II 号配方由于蛋白质组分最低, 获得最低的净产和最高的饲料系数, 这说明适当提高饲料中的蛋白质组分是获得高产并降低饲料系数的关键。

(5) 不同维生素组试验结果

表 5 1977 年莫桑比克罗非鱼在不同维生素饲养条件下的生长情况

网箱编号	密度 (尾/米 ²)	给食率(%)	饲料形状	饲料配方	放养规格 (克/尾)	起捕规格 (克/尾)	净 产 (公斤/米 ²)	饲料系数
2	500	10	湿团块状	I	10.6	40.6	15.8	4.4
6	500	10	湿团块状	I	9.8	38.5	15.7	4.4

从表 5 可以看出, 在上述试验条件下, 饲料中维生素的添加对莫桑比克罗非鱼的生长, 影响不大, 二只网箱获得相似的净产和饲料系数。

为对比起见还另设不投饲料的 9 号网箱作为对照组, 以观察水域生产力的大小。试验结果表明, 放养时鱼种的放养量为 3.55 公斤/米²放养规格 7.1 克, 经 80 天后起捕时, 鱼种重量为 3.65 公斤/米², 鱼种规格 7.2 克, 说明试验条件下水域生产力可维持鱼种基础代谢所需的能量。

(二) 1978年网养莫桑比克罗非鱼试验

1. 试验方法

从1977年的试验可以看出,适当提高放养密度,选用合理的饲料配方,控制给食率,改进饲料制形及网箱结构,力求减少网箱中饲料的流失,是提高网箱养鱼的单位面积产量,降低饵料系数的有效措施。因此在1978年,按1977年各项单因子试验的最优指标,重新调整了试验设计方案。5月23日,在一只大小为 $2 \times 2 \times 2.5$ 米的网箱中投放每尾重1.47克的莫桑比克罗非鱼12.25公斤,计16800尾,每日投喂占鱼体重12.3—4.8%(饲养初期至饲养后期)的I号配方饲料。至7月11日全部称重时得146.5公斤。当日提取58.5公斤(每尾重7.0克)的鱼种分放另三只同样规格的网箱(2、3、4号),用作维生素对照试验。其中2号网箱的饲料,其维生素的配方同I号配方。3号网箱为少维生素组,4号网箱为不添加维生素组⁽¹⁾。

2. 试验结果

上述网养鱼类于9月20日起捕,最高产量的网箱获净产387.5公斤,每平方米网箱获97.0公斤(每立方米60.6公斤),饲料系数为2.16。2、3、4号网箱的单位产量分别为25.4公斤/米²,23.95公斤/米²和25.33公斤/米²。饲料系数分别为1.70、1.88和1.70。(表6)

表6 1978年网箱养殖莫桑比克罗非鱼的饲料系数及生长情况

编号	饲养日期 各项指标	放养日期	各检查阶段鱼种生长情况							起捕日期	备 注
		5.23	7.11	7.12	7.25	8.7	8.22	9.5	9.20		
1	总重量(公斤)	24.5	146.5	*88.0	127.2	175.7	241.8	298.5	353.5	S. E. = 14.69 C. V. = 26.8% 性比: ♀: ♂ = 20:28 P值: 0.3 > P > 0.20 > 0.05 总投饲量: 836.5公斤 平均饲料系数: 2.16 净产: 387.5公斤(97.0公斤/米 ²)	
	每尾鱼重(克)	1.47	8.6	14.3	20.7	28.6	39.1	50	59.7		
	溶氧(毫克/升)					3.14	2.2	1.63	1.56		
	投饲量(公斤)		280.8		105.6	103.9	112	113	121.5		
	饲料系数		2.30		2.6	2.1	1.7	2.0	2.2		
	给食率(%)	12.3	~4.8	8.9	6.15	4.5	3.3	2.7	2.44		
2	总重量(公斤)			*19.2	35	57.8	81	104.3	121.1	S. E. = 15.07 C. V. = 34.48% 性比 ♀: ♂ = 24:17 P值: 0.31 > P > 0.20 > 0.05 总投饲量: 178.4公斤 平均饲料系数: 1.7 净产: 101.6公斤(25.4公斤/米 ²)	
	每尾鱼重(克)			7.0	12.7	20.9	29.4	37.5	46.8		
	溶氧(毫克/升)					2.2	1.32	1.27	1.41		
	投饲量(公斤)				23.4	26	42	42	45		
	饲料系数				1.5	1.14	1.8	1.8	2.6		
	给食率(%)				10	5.7	5.2	3.7	4.3		

(1): I号配方每公斤饲料的维生素添加量为: V_{B1} 5 mg; V_{B12} 10 mg; V_C 10 mg; V_E 50 mg; V_{B6} 10 mg; V_{B2} 0.5 mg; V_A 5000 I.U. 和 V_{D3} 1000 I.U., I号配方中还含泛酸钙10mg; 肌醇 10 mg; 叶酸 1 mg; 烟酸 15 mg; 四环素 20 mg 等。少维生素配方未添加 V_{B12}、叶酸和烟酸,同时 V_{B1} 减少为 1 mg, V_{B6} 为 10 mg。

续 表

编号	饲养日期 各项指标	放养日期	各检查阶段鱼种生长情况						起捕日期	备 注
			5.23	7.11	7.12	7.25	8.7	8.22		
3	总重量(公斤)			*19.5	33	51.2	73.1	97.25	11.3	S.E. = 15.03 C.V. = 33.17% 性比♀:♂ = 20:18 P值:0.50>P>0.30>0.05 总投饲量:180.4公斤 平均饲料系数:1.88 净产:95.8公斤(23.95公斤/米 ³)
	每尾鱼重(克)			7.0	12.1	18.9	27.0	35.2	43	
	溶氧(毫克/升)					2.25	1.5	1.62	1.81	
	投饲量(公斤)				23.4	28	42	42	45	
	饲料系数				1.7	1.5	1.9	1.73	2.45	
	给食率(%)				10	6.6	5.8	41	4.6	
4	总重量(公斤)			*19.5	31	50.75	68.85	89.75	120.8	S.E. = 11.79 C.V. = 27.26% 性比:♀:♂ = 19:16 P值:0.90>P>0.80>0.05 总投饲量:178.4公斤 平均饲料系数:1.7 净产:101.3公斤(25.33公斤/米 ³)
	每尾鱼重(克)			7.0	12.5	20.4	27.7	36.2	43	
	溶氧(毫克/升)					3.46	1.62	1.65	2.22	
	投饲量(公斤)				23.4	26	42	42	45	
	饲料系数				2.0	1.3	2.3	2.0	12.5	
	给食率(%)				10	6.45	5.9	4.35	5.0	

* 7.12日1号网箱中提出58.5公斤体重为7.0克的鱼种分别放入网箱2、3、4号,剩余88公斤继续在1号网箱中饲养。

(三) 1980年网养草鱼试验

1. 试验方法

- (1) 试验时间: 5月7日至10月16日,共饲养160天。
- (2) 网箱: 聚乙烯固定式网箱8只,网箱面积19.0米²,网箱大小为4.4×4.4×3米(水深1.8米),网目大小为2.5厘米。
- (3) 放养密度: 10.5—11公斤/米³(每只网箱200—208.5公斤)。
- (4) 放养规格: 1至6号网箱的放养规格为0.95公斤,7号网箱的放养规格为0.68公斤,8号网箱的放养规格为0.755公斤。
- (5) 饲料配方和给食率: 试验前期(5月7日—6月4日)投喂I号配方的颗粒饲料,日给食率为2.5%左右。6月5日以后,为控制饲料系数,提高饲料效率,改用颗粒饲料为主,兼喂少量水草。后阶段饲料配方为豆饼粉50%,麸皮50%,不再添加骨粉和混合维生素,同时日给食率下降为1.5%左右。

2. 试验结果

获得每平方米14.5公斤的净产,饲料系数为2.49(另加水草12.5公斤),从而进一步检验了1978年所制定的网养技术在其他摄食性鱼类上的可行性,同时1980年的网养草鱼在经济上达到了自给水平(详见表7)。

表7 1980年网养草鱼生长及饲料系数情况

网箱编号	放养量 (公斤/只)	放养尾数 (尾)	放养规格 (公斤/尾)	起捕尾数 (尾)	起捕规格 (公斤/尾)	净产量 (公斤/米 ²)	饲料系数	成活率%
1	200	210	0.95	196	2.85	19.065	2.18	93.8
2	200	210	0.95	180	2.865	16.605	2.34	85.70
3	200	210	0.95	139	2.49	7.695	3.41	66.19
4	200	210	0.95	174	2.89	15.93	2.42	84.28
5	204.5	215	0.95	185	2.66	15.17	2.42	87.44
6	208.5	219	0.95	198	2.73	17.475	2.27	90.41
7	198	291	0.68	220	1.80	10.405	2.98	75.6
8	201.5	260	0.755	228	1.985	13.235	2.66	87.6
小计	1612.5	1825		1520		14.45	2.49 (12.5)	83.34

此外,为使试验具有可比性,数年来在控制条件下还进行了溶氧、水温和不同饲料配方对莫桑比克罗非鱼或草鱼生长等若干相关性试验。其中不同饲料配方对网养草鱼的生长试验见表8。

表8 草鱼网箱饲料配方与生长试验

编号	成份 %				粗蛋白 含量%	各检查期鱼种生长情况 (克/尾)							
	鱼粉	麸皮	豆粉	玉米粉		5.8	5.22	6.5	6.19	7.2	7.16	7.30	8.13
1	15	2	80	3	47.45	46.5	61.5	71.5	78.9	97.3	116.6	120.7	131.0
2	15	2	65	18	41.09	46.5	79.4	72.1	79.2	93.0	105.6	101.7	114.5
3	15	2	55	28	37.37	46.5	73.9	80.3	94.5	98.2	111.1	105.8	123.4
4	15	2	30	53	28.07	46.5	70.2	74.4	82.9	89.0	114.1	111.1	112.4
5	15	2	3	80	18.13	46.5	60.8	53.6	60.1	65.2	66.9	63.6	64.0
6	用5号配方的两倍量				18.03×2	46.5	62.7	63.1	69.8	71.8	75.1	76.9	76.2
7	一次水草,一次3号配方饵料					46.5	71.0	78.5	90.9	103.8	141.0	153.6	176.5
8*	5	50	40	5	29.97	46.5	63.7	73.6	89.7	112.6	132.0	170.4	192.1
9	一次水草,一次不加维生素的3号配方饵料					46.5	52.2	62.5	64.9	70.9	110.9	123.5	145.2

*8号网箱配合饲料和水草(苦草)交替投喂。

讨 论

1. 网箱的形状、结构和材料

试验中曾采用浮式和固定式两种网箱。结果表明,它们各有优缺点。浮式网箱的优点是它不会因水位变化而影响网箱的实际养殖容积;而固定式网箱则具有在浅水区域敷设容易和抗风浪力强的优点。因此,我们除1977—1978两年采用浮式网箱外,其余四年都采用固定式网箱。

网箱的材料,我们比较了金属网、竹箔和聚乙烯网三种。结果认为聚乙烯网具有牢度

大, 轻便易于安装、成本较低的优点。比其他材料有更大的推广价值。

网目的大小问题。我们的经验是应以破一网目鱼类仍不能逃逸为原则。因为在长期大量养殖过程中, 破一目的可能性是很大的, 但是二次破在同一目上的可能性则很小。关于网目尺寸问题, 陈锡昌等^[1]曾提出过计算的公式, 他们认为鲢鱼的网箱应为 $a = 0.136L$; 草鱼的为 $a = 0.105L$; 莫桑比克罗非鱼的为 $a = 0.16L$; 团头鲂的为 $a = 0.20L$ (式中 a 为网目单脚长度, L 为鱼的全长)。辽宁省水产研究所认为根据上述公式计算的结果, 尚可放宽 0.1 厘米的网目长度, 并对上述经验式提出了修正意见。我们为此对主要养殖鱼类的全长 (X) 和体高 (Y) 进行了测定并得出了相关式: 鲢鱼为 $Y = -0.0638 + 0.2619x$ ($r = 0.9969$); 鳙鱼为 $Y = 0.6632 + 0.2468x$ ($r = 0.9938$); 鲤鱼为 $Y = 0.0623 + 0.2612x$ ($r = 0.9872$); 莫桑比克罗非鱼为 $Y = 0.038 + 0.3174x$ ($r = 0.9882$); 草鱼为 $Y = -0.0170 + 0.2094x$ ($r = 0.9975$); 团头鲂为 $Y = -0.8810 + 0.3992x$ ($r = 0.9904$)。折算后同陈锡昌等的经验式大体相近。但为了做到破一目而不逃鱼, 我们认为实际使用的网目比计算所得的网目缩小 30~50% 为宜。

网箱的大小必须考虑安装和清刷操作的方便, 所以网箱的面积不宜过大。我们试验用 6×8 米和 5×5 米两种网箱, 看来这在生产上也是适宜的。网箱大, 破网逃鱼的机率就大, 而且操作不便; 网箱小些, 破网逃鱼的机率就小, 而且具有溶氧充足、单产较高等优点。但是网箱过小, 就会提高单位产量的成本。网箱的深度由于考虑到水中溶氧随深度递低的特点, 所以深度过大是没有意义的。我们认为湖泊中使用的网箱一般深 2—3 米, 水库中的网箱深 3—4 米是合理的。

网箱的形状, 应取决于材料耗用少、饲料浪费少和操作方便的原则。从理论上说, 直径和深度相等的圆形网箱最省材料, 但是制作不易。正方形和长方形比较, 则正方形的比较节省材料, 此外为了防止饲料流失, 还可以在网箱底部铺设密眼网布, 或在网箱内设置食台(框)。

2. 溶氧、水温和生长

虽然早期文献曾多次提到鱼类生长的“空间因子”作用, 但多数鱼类生理学家认为这是一个综合作用的因子。对于平均占有空间较小的鱼类来说, 妨碍其生长的因素除饲料较少外, 主要是水中的溶氧不足。在一般情况下, 鲤科鱼类适宜含氧量的低限是 3 毫克/升, 鲢科鱼类是 4 毫克/升。在这标准以下, 鱼类的生长随水中溶氧量的减少成线性关系下降; 在这标准以上, 鱼类的生长曲线斜向右上方平缓上升。我们为了求得合理的放养密度, 弄清楚适氧量的低限, 于 1978 年对莫桑比克罗非鱼在不同溶氧条件下的生长和消化作了研究。结果如图 1 所示。试验经过了两个月, 试验的放养密度相同, 每日投放饲料的给食率都是鱼体重的 5%, 放养鱼的个体重量相同都是 4.8 克, 溶氧量分别是 0.97、2.17、3.0 和 4.2 毫克/升, 并用流水装置保持各组溶氧量稳定, 结果不同溶氧量各组鱼的个体重量分别是 11.91、13.26、17.61、16.17 克。由图 1 可以看出, 当溶氧量在 3.0 毫克/升以下时, 溶氧量和鱼类生长量成斜率大的线性相关; 溶氧量在 3.0 毫克/升以上时, 生长曲线几乎与横坐标平行。我们认为, 溶氧量对生长的影响, 主要表现在降低鱼类的摄食活动和消化速度(图 2)。因此, 当溶氧量不足时, 应减少投放饲料, 不然会造成饲料的

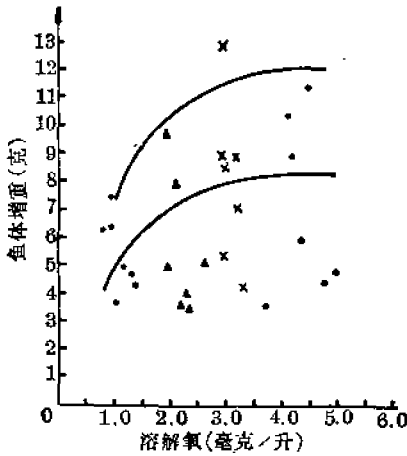


图1 溶氧量同莫桑比克罗非鱼生长的关系
 ● S.E = 0.2328; ▲ S.E = 0.2375 × S.E = 0.1948;
 ○ S.E = 0.3691

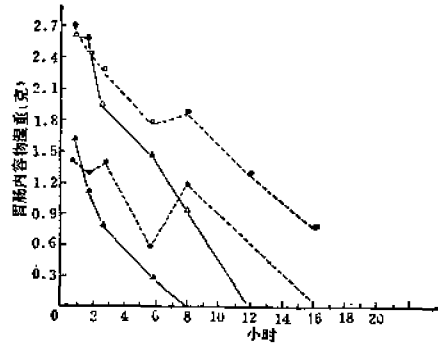


图2 溶氧量同莫桑比克罗非鱼消化速度的关系
 △高氧组肠内容物湿重(g); ▲胃内容物湿重(g); ○低氧组肠内容物湿重(g); ●胃内容物湿重(g); 高氧 $\bar{x}_1 = 4.55$, S.E = 0.2371; 低氧 $\bar{x}_2 = 0.95$, S.E = 0.5828

浪费。但溶氧量并不影响饲料的“燃烧热”，如能正确掌握日投食量，即使氧量不足、生长缓慢，而饲料系数并不会就此升高(表6)。

鱼类的生长代谢有一个温度起点。我们在1978年试验，鲤鱼生长代谢的温度起点是9°C，莫桑比克罗非鱼为16.5°C，我国一般鱼类为15°C。所以，网养的时间应在春夏季水温上升到15°C时开始，至秋、冬季水温下降到15°C结束。在长江流域，这个时期大约是在4月至11月初，如网养罗非鱼则应选择选择在4月初(立夏前后)至10月上旬(寒露前后)为宜。我们认为没有必要过份延长饲养期。延长网养饲养期，只能增长逃鱼的机率和提高生产成本。

在适宜范围内，水温的提高，能够加强鱼类的摄食活动，提高消化速度和鱼体生长率，但是水温的提高不能代替饲料的“燃烧热”，所以水温升高能加快鱼类生长，然而不能降低饲料系数。水温变化可以作为调整给食率的一个依据。

3. 养殖的种类、规格、搭配和密度

养殖种类的选择，应考虑它们的食性、生长速度、经济价值等因素。我们先后在网箱中以投食方式养殖过草鱼、鲢鱼、鳙鱼、团头鲂和莫桑比克罗非鱼等种类。一般说这些鱼类都可以获得高产。但对比起来，鲢鳙鱼对配合饲料的利用率低^[4,5]，莫桑比克罗非鱼的经济效益低^[4]，鲤鱼对饲料配方的要求较高^[6]，团头鲂的当年鱼种生长缓慢，难以养成大规格鱼种^[6]，但草鱼的效果最好，其产量和经济价值高(仅低于莫桑比克罗非鱼)，饲料要求不严，成本较低。所以网养草鱼是有推广意义的。

网箱放养鱼规格的确定，要考虑两点，第一，同一网箱中养殖的鱼其个体大小应基本一致；第二，养殖结束时，养殖的鱼要能够全部或大部达到合乎上市的标准。对于前者的确定比较容易，对于后者则需要掌握鱼群增长率和生长倍数。图3是自然生态条件下种群增长曲线。其中曲线A是服从于关系式 $N = N_0 e^{rt}$ 的一般增长曲线 (N_0 为开始时的群体总量， N 是 t 时后的群体总量， r 是群体的增加率即出生率减死亡率， t 为起迄时

间)。但实际上鱼群的增长还受到环境(饲料,水温等)影响,所以实际增长曲线B,不能不呈“S”形,表示鱼群总量增长到一定阶段后,受环境因子影响,使曲线渐趋平缓。

网箱可以说是一个小生态环境(niche),鱼群在网箱中除个体和总体增重外一般不出现种群密度的累代积加,但生长曲线仍呈“S”形。图3下方的曲线C是网箱中鱼群个体生长曲线(曲线的数据来自图6)。

经过六年网箱养鱼的实践,我们发现一个养殖周期鱼类生长的倍数大体为3—8倍(成鱼),有的甚至高达数十倍(鱼种),因此除鲢鳙鱼等滤食性鱼类不应作为给食式网养鱼种外,草鱼的放养规格应是250—500克,其他放养鱼种,鲤鱼以50—100克、团头鲂以30—50克,莫桑比克罗非鱼以10—25克为宜。这样,起捕时草鱼可达1500—2,000克,鲤鱼可达400—800克,团头鲂可达150—250克,莫桑比克罗非鱼可达100—150克,基本上达到上市规格。如果是网养给食性鱼类鱼种的话,放养规格,草鱼30—50克,莫桑比克罗非鱼3—5克,这样,它们经过一个养殖周期所养成的鱼种规格分别可以达到250—400克和50克。放养规格过大或过小,都会影响产量。

由于网养给食性鱼类的放养密度高,又以配合饲料为主,不同鱼类在同一配方的饲养下,难以得到同样良好的生长。从1975—1976年期间我们进行混养的结果看,除主体鱼类生长良好外,其他鱼类的生长都较差。因此,我们认为除适当搭配不计饲料的滤食性鱼类外,网箱养鱼一般以单养为宜。

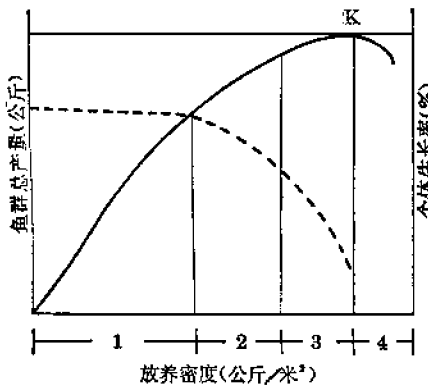


图4 放养密度同产量及个体生长率的关系
1.密度过小,2.合理密度,3.密度过大,4.致死放养密度,5.最大容纳量

我们认为最佳的放养密度应选择在密度和生长曲线开始弯曲的这一段。由于网养的环境条件千变万化,很难确定一个适合各地的密度标准。我们的具体看法是:只要具备溶氧量不低于3毫克/升,饲料的供给有充分保证,水温又高于鱼类生长的起点等条件,就应发挥网箱养鱼的优点,尽可能高地增大放养密度。

4. 饲料配方

二十多年来,有许多学者指出^[8,9],和陆生动物比较,鱼类对饲料中蛋白质含量的要求

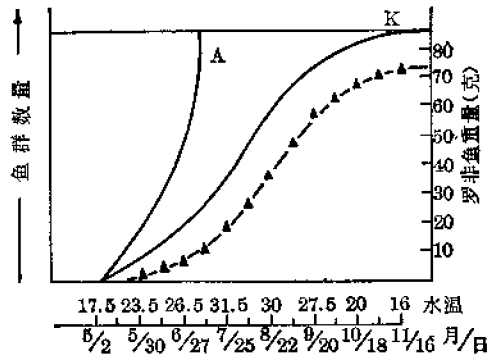


图3 鱼群增长的模式及实例

较高,对于饲料中糖类的利用水平较差,而且不同的鱼类对饲料组成有不同的要求。国外通过对虹鳟、大麻哈鱼、鲤鱼、鳊鱼等的研究,认为鱼类饲料中比较适宜的组成是蛋白质40—60%,糖类20—30%,脂肪5—15%。肉食性鱼类对蛋白质含量的要求偏于高限,对糖类含量的要求偏于下限;杂食性鱼类的要求则相反^[8,9]。

对于我们试验中所使用的三种饲料来说,如果不考虑饲料的形状和性态,则以I号饲料为最好,它的组成是粗蛋白35.6%,脂肪2.4%,糖类34.4%,无机物12.9%,水份14.5%;每克饲料的发热量为3070卡。I号配方的必需氨基酸百分含量是:精氨酸2.6,赖氨酸2.29,组氨酸0.89,色氨酸0.53,蛋氨酸0.57,异亮氨酸1.95,亮氨酸2.71,苏氨酸1.45,缬氨酸1.88,苯氨酸1.72等。

I号配方饲料中脂肪的含量较低(2.4%)。Halver(1976)认为^[10],某些鱼类在饲料中含有足够量的胆碱和维生素D时,甚至可以利用含量高达20—30%的脂肪。这样的饲料,因脂肪热量比蛋白质和糖几乎高一倍,因此它的能量卡价高。但是多脂肪饲料常因氧化变性反会导致有害的结果,或者鱼体能量主要由脂肪供应时,导致酮体类产生过多,当其超过肌肉所能利用的限度,最终可能引起酮尿,对鱼类的生长不利。在我们的试验中,I号配方饲料的脂肪含量仅为2.4%,但对鱼类并未出现不利的现象。

草鱼在自然环境中以食草为主。为了探索草鱼饲料的蛋白质需要量,我们制备了18.03—47.45%五种不同蛋白质含量的饲料(表8)。试验的结果表明,当蛋白质含量在28.07%以下时,鱼类生长和饲料中蛋白质含量成正比。但当蛋白质含量增加到37.37%左右时,生长曲线趋向平缓(图5)。其最适蛋白质需要量的范围比一般肉食性和杂食性

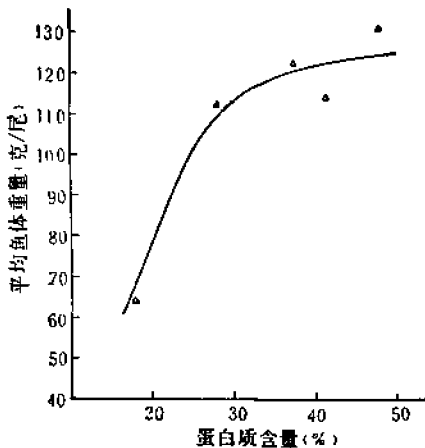


图5 饲料中蛋白质含量和草鱼生长的关系

鱼类为低。将表8中的五种配方饲料经t法检验可以看出1号配方饲料饲养草鱼的效果比其他四种配方的饲料差,但当添喂适量水草之后,即使这种配方的蛋白质含量低,但其效果却比其他蛋白质含量略高的试验组好(表8中8、9号网箱和4号网箱比较)。因此,可以考虑使用蛋白质含量较低的配方,在水草生长繁盛时立即采用配合饲料和水草混合投喂的办法,来降低成本,以取得较好的经济效果。

关于鱼类的维生素缺乏症曾经有过许多报道,但至今对大多数鱼类的维生素需要种类和数量,仍然不甚清楚。我们在1977年做了不添加维生素的配合饲料对比试验,结果和添加维生素饲料比较,所得到的饲料系数和鱼体净增重是近似的。1978年又在三只网箱中做了同样试验,结果依然相近。这说明在我们的试验中添加维生素对于生长并不产生明显影响。这是因为除在我们的配合饲料本身中已经含有一定量的维生素外,流水带入网箱的浮游生物提供了鱼类饲料足够的维生素含量。

Rumsey和Katala等^[11]在以豆饼粉为蛋白质源的硬头鳊饲料中添加钙和磷或蛋白质灰分,促进了鱼类生长。我们在1977年的试验中,在配合饲料中添加了1%的骨粉和矿物质,因此没有再出现鱼类软骨病。

通过对鱼类整个生长曲线的分析,可以对饲料配方的优劣作出综合性的评价。因为即使是不理想的饲料配方,鱼类在饲养初期仍能生长,但后期生长将明显延缓,并出现各种营养缺乏症。我们在 1978 年进行用 I 号配方饲料喂养青鱼、草鱼、鲤鱼、团头鲂和莫桑比克罗非鱼五种鱼类,并结合水温变化对它们的生长情况作了比较,其结果如图 6 所示。从中可以看出莫桑比克罗非鱼的生长,在初期因其个体过小,水温较低,其绝对生长量小,在后期由于水温下降到 20.5—16°C,生长明显减慢;除此,在水温适宜的情况下,它们的生长始终是良好的。这说明 I 号配方饲料适宜于莫桑比克罗非鱼的生长。而对于其他四种鱼类,尽管水温处在最适生长水平,但有一个阶段(7 月 11—25 日),鱼类生长很慢,这说明 I 号配方饲料,对其他四种鱼类并不是最适的。

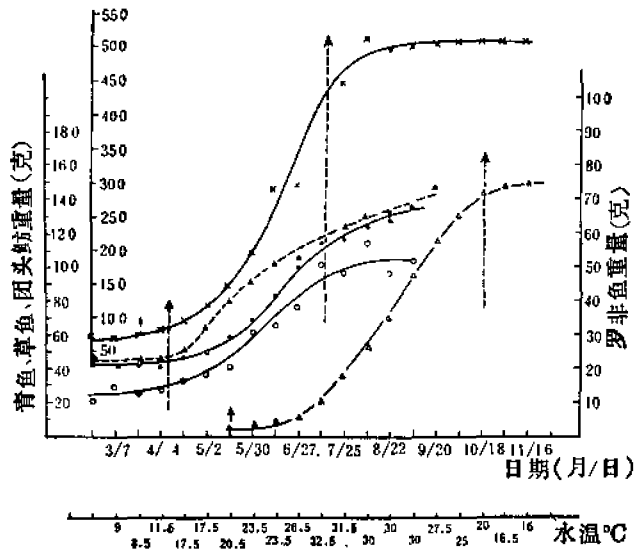


图 6 饲料配方、水温同鱼类生长的关系

▲青鱼, ●草鱼, ○团头鲂, ×鲤鱼, △莫桑比克罗非鱼

综上所述,我们认为,不同鱼类,在不同阶段,对饲料成分的要求有所不同;饲料成分对某一种鱼来说存在着瞬时的理想最佳点。而我们在生产上所追求的是群体的最大生长量。如果能够非常精确地做到对不同鱼类在不同阶段提供最佳成分的饲料固然很好,但这在实际生产上是困难的。所以在大体确定饲料各种组分的适当配比后,可不必过于拘泥于追求某时某种成分的最佳值。所谓优良的饲料配方,应是在其他饲养条件适合的情况下,所用的饲料能使鱼类群体得到稳定的持续增长,并在养殖的各阶段中得到经济的饲料系数。

5. 饲料的性状、给食率和投饵方法

1975—1977 年,做了我们用团块状湿饲料、粉末状饲料和干颗粒饲料,饲养莫桑比克罗非鱼的试验,结果团块状湿饲料和粉末状饲料都比干颗粒饲料容易流失,这三种性状的饲料以干颗粒饲料的效果比较好。

颗粒饲料的颗粒大小同所养鱼的个体大小必须适应。我们为此研究了鱼的口裂宽度

(B)同鱼体全长(L)的关系,得出了它们的关系式:草鱼, $B = -0.0631 + 0.0964L$;莫桑比克罗非鱼, $B = -0.7326 + 0.1949L$ 。饲料颗粒的直径定为口裂宽度的1/4。经试验,这样确定的饲料颗粒直径是鱼类所适口的。

给食率的确定,除取决于鱼类种间区别外,鱼类发育的不同阶段及水温和溶氧对给食率都有影响。如果知道某种鱼类安静状态下在溶氧量适宜范围内体重和耗氧量的关系,再参考氧的热当量,就可以换算出基本的能需求量,这就大体上估计出这种鱼基础代谢的能量需求量。为此,我们在1977年对体重分别为3、10、30、65和120克的莫桑比克罗非鱼安静状态的耗氧率进行了测定。测定结果,其昼夜平均耗氧率相应为0.27、0.20、0.15、0.11和0.10毫克/克·小时。由于鱼类具有在性成熟前耗氧率随体重增大而

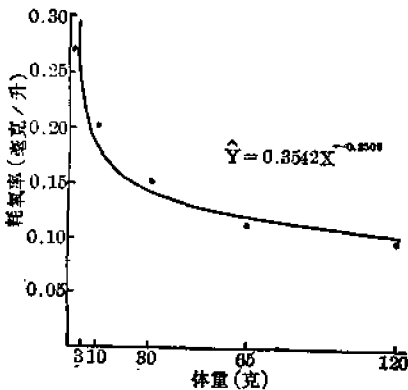


图7 莫桑比克罗非鱼体重和耗氧的关系

下降,性成熟后耗氧率趋向于稳定的特点,经回归分析得出耗氧率(O)与体重(W)的关系式为: $O = 0.3542W^{-0.2508}$ (图7)。又由于每克饲料消化需耗氧0.7升左右,因此不同规格的鱼在水温 25°C 时,每天需供给大约占体重0.3—0.65%的饲料量。考虑到鱼类活动时所需的能量补偿,为维持莫桑比克罗非鱼的正常运动,每天按鱼体重的1—2%的饲料量投喂就足够了。再考虑到鱼类生长的需要,还需再增加一些投饲量。经试验我们认为,莫桑比克罗非鱼鱼种阶段的日给率按体重的10%投给,成鱼阶段则按2—4%投给就足够了。

了。

鱼类耗氧率随体重的增加而下降,说明了饲养过程中的给食率有可能逐渐减少。表1中除4号和9号网箱外,其他7只网箱的日给食率从14%减少到2.8%不等,就是根据以上分析设计的。不过总的说来1977年试验的给食率水平仍然偏高。1978年在改进了饲料形态后,4只试验网箱的给食率为2.44—12.3%不等,比表1中的给食率有所降低。结果饲料系数在1.76—2.16之间。我们认为这一给食率对于其他鱼种也有参考价值。

投放饲料的技术是日常网养生产的中心环节。据我们试验的经验需掌握以下几点:首先,在鱼刚放入网箱养殖时,应训练鱼群集群摄食的习性。一般鱼类在3—7天内就可以养成这种习性。其次投放饲料要掌握量少次多的原则,即使每一次的投放饲料量也应分成几份投喂,务使做到饲料在下沉之前就能被鱼群摄食完。第三,要随时注意鱼类的摄食情况,如发现鱼群不上浮水面争食时,就必须减少或停止投喂。一天中下午的投喂量应比上午稍多一些,因为下午的水温和溶氧量较上午为高。第四,如发现平时摄食正常的鱼类突然对投饲缺乏敏感反应或摄食量明显下降时,应检查网箱是否破损或鱼类是否患病等。

网箱养鱼虽肯定可以获得高产,但限制因素很多。在饲料效率、克服大规模鱼种来源不足,以及降低成本和劳力支出等方面尚有很多问题需要进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 上海市水产研究所淡水室, 1975。网箱培育大规格鱼种的试验。水产科技情报, 1976(2), 13—18。
- [2] 华东师范大学等编, 1982。动物生态学, 第五章, 种群的数量及其动态。140—147。
- [3] 网箱养鱼技术编写组, 1982。网箱养鱼技术, 1—20。农业出版社。
- [4] 张列士、李军、杜久香等, 1977。网箱养殖非洲鲫鱼 (*Tilapia mossambica*) 高产试验。水产科技情报, 1978(8): 2—7。
- [5] 张列士, 1980(a), 网养滤食性鱼类的评述。水产科技情报, 1980(2): 16—18。
- [6] 张列士, 1980(b)。给食式网养鱼类评述。水产科技情报, 1980(4): 21—23。
- [7] 柯克·G(祝培福译), 1977。笼养业及其在非洲应用的综述。淡水渔业, 1977(7, 8): 55—71。
- [8] Coway, C. B. and Sargent, J. R., 1972. Fish nutrition. *Adv. Mar. Biol.* 10: 384—492.
- [9] Halver, J. E., 1967. Nutrition of Salmonoid fishes, IV. An amino acid test diet for chinook salmon. *J. Nutr.* 62: 245—254.
- [10] Halver, J. E., 1976. Formulating Practical diets for fish. *J. Fish. Res. Board. Can.*, 33: 1032—1039.
- [11] Rumsey, G. L. and Ketola, H. G., 1975. Amino acid Supplementation of Casein in diets of Atlantic Salmon (*Salmo Salar*) fry and of Soybean Meal for rainbow trout (*Salmo gairdneri*) fingerlings. *J. Fish. Res. Board Can.*, 32: 422—426.
- [12] Wood, E. M., Yasutake, W. T., Woodall, A. N. and Halver, J. E., 1967. Nutrition of salmonoid fishes, II. Studies on production diets. *J. Nutr.* 61: 479—488.

HIGH YIELD OF FISHCULTURE IN CAGE AND ITS TECHNOLOGICAL FACTORS

Zhang Lieshi Du Jiuxiang

(Fisheries Research Institute of Shanghai)

Abstract

Since 1976, a series of net-cage-culture experiments of tilapia and grass carp were carried out in Dianshan Hu Lake, Qingpu County, Shanghai, in order to verify the appropriate technology.

In 1976, a high yield of 306 kg/36M² (8.5kg/M²) in 135 days was obtained, but the conversion rate of feed was very low. Therefore, another experiment in culturing tilapia was carried out in 1977. The aim of this experiment was to find out the appropriate technique of cage culture suitable to our country. Nine 2×2×2.5 M cages were installed in the Dianshan Hu Lake for the experiment. After 80 days rearing, the yields obtained ranging from 10.6 kg/M² to 35.15 [kg/M²]. The rate of conversion range from 2.7 to 5.2.

The size of the net cage was 2×2×2.5 M, and the stocking density was 4,200 individuals/M², the average weight of the fingerling was 1.68 g. Feeding with dry pellet composed of 10 % fish meal, 40 % fine rice bran and 50 % soybean cake, at a feeding rate of 12.2 % to 2.4 % fish biomass per day. After 120 days 388 kg was

harvested. The rate of conversion was 2.16. In 1980, the same procedure applied to rear grass carp in cage, and an average yield of 25.09 kg/M² (net yield of 14.5 kg/M²) obtained. The Conversion rate was 2.49. The economic value of grass carp is much higher than tilapia.

The key factors to obtain high yield can be concluded as follows: (1) The cage should be of medium-sized (20 to 60 M²). A feeding stage is necessary to set inside the cage in order to save the waste of the feed. (2) The optimum stocking density ranges from 5 to 10kg/M². Mono-culture of a high valued fish is preferable. (3) The dissolved oxygen should not be less than 3 mg/L. (4) Nutritive feed with a total protien content over 35 % should be available. (5) According to the difference of sizes, the feeding rate ranges from 10 % to 2 % of fish biomass per day. (6) Effective control of pest and fish diseases.