

# 池塘饲养鱼类优化结构及其增产原理

## I. 池塘越冬鱼种的生物学特性

陈立侨 陈英鸿 倪达书

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

### 提 要

1986—1989 年的鱼种池塘越冬对比饲养与室内验证试验结果表明: 长江以南草鱼种在冬季大部分时间仍能开口摄食。若不是密集越冬, 并在晴天加强培育, 越冬期间鱼种的平均生长率可达 10—14%, 鱼体丰满系数、血液中红细胞数、血红蛋白、血浆总蛋白含量, 肌肉、肝脏中大部分营养成分较越冬前均无明显变化( $p > 0.05$ ); 补充投饵的半密集越冬组, 鱼种体重、丰满系数能维持在越冬前水平( $p > 0.05$ ), 但血液、肌肉、肝脏中部分营养指标仍明显下降( $p \leq 0.05$ ); 而饥饿条件下密集越冬组, 鱼种消瘦 9—14%, 腹内肠系膜脂肪消耗殆尽, 丰满系数、肝脏、肌肉中蛋白质、脂肪含量均明显下降( $p \leq 0.05$ ), 且出现贫血状态。试验证明了越冬鱼种放养密度及饲养管理的不同, 将影响鱼种质量的优劣和次年的成鱼养殖产量。为我国长江中下游大部, 淮河、黄河中下游部分地区改革鱼种越冬制度, 采取稀放精养的必要性和提高越冬鱼种质量与产量的可行性提供了理论根据。

**关键词** 草鱼, 鱼种, 池塘越冬

我国长江流域、淮河、黄江中下游以南大部分地区, 长期以来人们普遍认为鱼种在冬季低温期间, 摄食停止, 因而沿袭着鱼种并塘越冬的旧习, 人为地将鱼种困禁在拥挤和饥寒交迫的环境中达 3—4 月之久<sup>[1]</sup>。这不仅抑制了鱼类的生长潜力, 更重要的是严重削弱了鱼种体质和抵抗疾病的能力, 直接影响了来年成鱼养殖的产量。有关鱼类在低温条件下的摄食和密集越冬给渔业生产带来的影响, 国外学者对鲤和虹鳟等进行了研究<sup>[2][3]</sup>。关于冬季草鱼的摄食问题, 国内外学者有两种不同的观点, 一种认为草鱼在 10℃ 以下尚能零星摄食; 另一种则持相反的意见<sup>[3][4]</sup>。也有学者认为 15℃ 是草鱼摄食生长的起始温度<sup>[5]</sup>。迄今对我国北方以外地区的鱼种密集越冬问题虽有评议<sup>[6]</sup>, 但无详细研究报道。

为探讨传统的鱼种密集越冬对鱼类生长和发育的危害程度, 并寻求改进对策, 作者以草鱼为材料, 进行了为期 3 年的试验。旨在为饲养鱼类越冬期间创造适宜的生活条件, 为改革鱼种并塘密集越冬制提供理论依据。

① 陈洪海, 1983。苏联鲤科鱼类的越冬方法。淡水渔业译丛, (6): 1—4。  
1990 年 11 月 21 日收到。

## 材料与方法

选择有较广代表性的长江中游的湖北省洪湖市水产技术推广站和武汉市东西湖渔场为试验点。

**池塘对比试验** 自1986年秋至1989年冬结束。采用条件基本一致的毗邻池塘进行对比试验,其中I-1为免疫试验组,I-2为非免疫试验组,I-1组草鱼种注射出血病灭活疫苗,I-2组不注射疫苗。两组共12塘次,面积1.44ha,鱼种放养密度为 $1.2 \times 10^4$ — $1.5 \times 10^4$ 尾/ha,当年夏末秋初直接投放或套入成鱼池中,越冬期间加强培育。I-1对照组放养密度为 $6 \times 10^4$ — $8.25 \times 10^4$ 尾/ha,适时投喂颗粒饲料;I-2对照组放养密度 $6 \times 10^5$ — $7.5 \times 10^5$ 尾/ha,越冬期间不投饵,完全按传统越冬方法管理,同时结合调查常规越冬池进行对比分析。

**室内验证试验** 用本所 $0.3m^3$ 的水族箱10个,每箱放10—20cm草鱼20尾,投喂浮萍。除对照箱保持自然水温和不投饵外,其余各箱水温控制在7—14℃,试验期为40d,详细观察和测定鱼种在不同水温条件下的摄食强度与生长情况。

**鱼体生长测定** 分别在越冬前后抽样测定鱼的全长、体长和体重。共测草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)994尾,鲢鱼(*Hypophthalmichthys molitrix*)507尾,鳙鱼(*Aristichthys nobilis*)614尾,团头鲂(*Megalobrama amblocephala*)479尾。测定鱼的头围(眼眶前沿横切面周长),体围(背鳍前端垂直横切面周长)、肠系膜脂肪级别、食物饱满指数,丰满系数、肠管充塞度等。充塞度判定指标为四级即1/2充食—全充食(高),1/5充食—1/3充食(中),1/10充食—1/6充食(低)和空肠。共测定草鱼种320尾。各池每次取5—10尾鱼种,按报道方法<sup>①</sup>进行血液的取样和红细胞、血红蛋白、血浆总蛋白的测定,共测定草鱼种240尾。采用常规法测定鱼体肌肉、肝脏营养成分。

**鱼种质的综合评价** 将统计结果按肌肉蛋白质、肌肉脂肪,肝脏蛋白质、脂肪含量,血液中红细胞数、血红蛋白、血浆总蛋白量,肠系膜脂肪级别,丰满系数及体围/头围的平均值等10个判据集,进行Fuzzy综合评判<sup>[7]</sup>。

## 结果与讨论

### 1. 越冬期草鱼种代谢机能与水温的关系

池塘抽样测定结果表明,冬季对试验池的鱼补充投喂发现:只有在骤寒乍冷的短期内,鱼才避寒集中栖息在池中深水区,活动迟缓,暂不觅食,一旦天气转晴变暖,水温在5—8℃时,鱼便群游觅食。为探讨草鱼摄食的水温下限,选择气温最低的晴天(12月—1月),投喂人工配合饲料,3—5h后拉网抽样解剖,结果表明:4.7—6.3℃,有71—100%的鱼摄食,即使在池边有薄冰的1月份,表层水温为1.5—2.8℃时,仍有29—32%的鱼肠道中有少量食物(表1)。

① 朱心玲等。草鱼血液常规检验方法介绍。鱼病简讯,1983。(4):1—11。

表 1 越冬池草鱼种摄食情况

Tab. 1 Feeding condition of grass carp fingerlings in wintering ponds

时间 Sampling date	水温(℃) water temperaturre	样本数 No. of fish	全长(cm) Total length	摄食鱼百分率(%) % of fish feeding			饱满指数 Index of fullness (%)
				高	中	低	
1987年 12月14日	4.7—6.3	50	8.2—10.4	50	30	20	195
		53	11.1—13.4	20	10	70	104
1987年 12月16日	4.7—5.9	37	7.4—9.8	30	20	21	215
1988年 1月27日	1.5—2.8	43	6.5—10.0			29	
		47	9.0—13.3			32	

**室内控温验证** 室内水族箱水温在5.5—5.9℃时,草鱼种活动正常,易被惊动,投饵15—30min内就有不同程度的摄食反应,对浮萍的日摄食率为3%;在7—14℃,日摄食率(DIR)随水温(T)呈正相关递增:DIR = -4.145 + 1.102T( $r = 0.985, df = 2, p \leq 0.01$ ) (表2)

表 2 水温对草鱼种摄食率、生长率的影响

Tab. 2 Effect of water temperature on daily intake rate (DIR) and mean growth rate of grass carp fingerlings

组别 Group		1	2	3	4	5
水温(℃) Water temperature		5.8—10.0	5.8—10.0	8.0—10.0	10.0	14.0
总投饵量(g) Total amount fed			593	740	963	1407
日摄食率(%) Daily intake rate			2.86	4.45	6.74	9.76
试验前 Initial size	平均体长(cm) Average body length (cm)	11.61 ± 1.13	11.5 ± 0.77	11.51 ± 1.17	10.92 ± 1.20	11.97 ± 0.85
	平均体重(g) Average weight (g)	28.00 ± 8.76	27.57 ± 8.2	28.62 ± 8.5	25.5 ± 8.36	33.11 ± 7.03
试验后 Final size	平均体长(cm) Average body length (cm)	11.63 ± 1.09	11.70 ± 0.73	11.67 ± 1.22	11.82 ± 1.28	12.30 ± 0.87
	平均体重(g) Average weight (g)	26.72 ± 7.34	28.42 ± 5.1	29.54 ± 9.44	27.04 ± 8.59	37.0 ± 0.38
月增重率(%) Monthly growth rate		-3.43	2.30	2.41	4.53	8.82
月绝对增重量(g) Monthly weight gain		-0.96	0.64	0.68	1.16	2.92

**增重率与水温的关系** 洪湖和东西湖池塘鱼种放养密度及生长率的测定(表3,4)。由表可见,平均体重10—100g的鱼种,越冬后I组鱼平均绝对增重量为9—13g,相对生长率是10—14%;II-1鱼的体重基本保持不变;II-2组鱼的相对生长率、绝对增重量分别较越冬前下降了9—14%和1—4g。室内试验,在7—14℃水温内,鱼种的月相对增重(RGR),月绝对增重量(AGR)随水温呈正相关递增,相关方程为RGR = -5.707 + 1.025T( $r = 0.9807, df = 2, p \leq 0.01$ )和AGR = -2.2205 + 0.3578T( $r = 0.9733, df = 2, p \leq 0.05$ )。

表 3 洪湖、东西湖鱼种放养表(1986—1988)

Tab. 3 Stocking of fish fingerlings at Honghu and Dongxihu

组别 Group	试验 I 投喂 Feeding			对照 I-1 投喂 Feeding		对照 I-2 不投喂 Unfeeding	
	规格 (g)	密度 (10 <sup>3</sup> 尾/ha)	比例 (%)	规格 (g)	密度 (10 <sup>4</sup> 尾/ha)	规格 (g)	密度 (10 <sup>5</sup> 尾/ha)
项目 Variable 鱼名 Fish							
草 鱼	23	6	50	20	3	10	6
Grass carp	27	7.5		26	6	15	7.5
鲢 鱼	77	2.4	20	54	2.25		
Silver carp	80	3		100	1.5		
鳙 鱼	84	1.2	10	100	0.75		
Bighead carp	100	1.5		130	0.75		
鲂	30	0.84	7				
Wuchang bream	40	1.05					
其他鱼		1.56	13				
Other fishes		1.95					

表 4 越冬前后草鱼种规格比较

Tab. 4 A comparison of mean size of grass carp fingerlings before and after winter

时间(年) Date	组别 Group	越冬前 Before winter		越冬后 After winter		相对生长率 Relative growth(%)	绝对增长量(g) Absolute growth
		平均体长(cm)	平均体重(g)	平均体长(cm)	平均体重(g)		
1986/1987	I	15.78±1.82 (132)	92.82±11.82	16.16±0.26 (127)	106.05±3.13	14.25	13.23
	I-1	15.16±1.82 (61)	64.8±23.11	15.82±1.40 (59)	64.4±33.64	-0.60	-0.4
	I-2	11.42±0.51 (60)	27.31±10.22	11.33±0.68 (54)	23.49±11.4	-13.99	-3.82
1987/1988	I	14.25±1.44 (118)	76.90±29.32	14.70±1.41 (120)	85.42±32.08	11.08	8.52
	I-1	11.67±0.47 (69)	47.22±11.33	11.86±0.24 (64)	47.53±11.98	0.66	0.31
	I-2	7.90±1.51 (65)	12.75±8.2	8.9±1.77 (65)	11.60±7.35	-9.01	-1.15

对于草鱼的摄食与水温的关系,国外学者报道不一,有的认为冬季黑龙江水系的草鱼不摄食,有的则明确指出草鱼停食的下限温度5—7℃或3—9℃时偶而摄食<sup>[8,9]</sup>。国内学者推测冰下丛生菹草的越冬水体中,草鱼仍能摄食<sup>[10]</sup>,但无详细观察。本文室内外测定结果表明:1—4℃时鱼能少量摄食;5℃以上,鱼活动正常,摄食反应明显。与上述报道有所不同,因此3—9℃并不是草鱼摄食的下限温度。至于鲢、鳙因其是滤食性鱼类,呼吸不停就必然滤取食物。所以,越冬期间适当培肥水质是重要的。与此同时,作者还测定了不同密度条件下池塘的主要理化因子,虽有所不同,但均未达到限制水平。所以试验地区鱼种的越冬,水温是限制鱼类摄食的关键因子。

**水温与增重量的关系** 在5.8—10℃时(平均7.2℃),较少投喂组月增重率仍达

2.3%，而同等条件下的饥饿组则消瘦3.43%，这一结果与报道15℃为草鱼生长的起始温度有所不同，但与池塘试验结果及李永函等人推测的结果一致<sup>[10]</sup>。另外，从测定结果看，密度对生长率显然有一定的影响，Ⅰ-1组在冬季虽补充投饵，但体重只能维持平衡，这与密集条件下鱼不能充分摄食及所处环境的水质状况不够理想有关。鱼在低温条件下代谢低，体耗小，所以越冬期间补充投饵，其物质和能量能较好地为鱼体所利用，从而使机体的越冬代谢过程正常进行。我国上述地区冬季水温为1—6℃以上，如能在冬季晴天精心投喂，至少能使鱼种稍有增长或基本维持在越冬前水平，否则会削弱鱼种的体质。

## 2. 不同越冬方式对鱼种健康素质的影响

**鱼种体形特征的比较** 将越冬前后各组鱼的全长( $L'$ )，体长( $L$ )与体重( $W$ )的关系进行拟合(表5)。

表5 越冬前后草鱼种体重与全长、体长的关系

Tab. 5 The relationship of body weight( $W$ ) to total length ( $L'$ ) or standard length( $L$ )  
in grass carp fingerlings before and after winter

组别 Group	样本数 No. of fish	$W=aL^b$				$W=aL^b$			
		a	b	S.D.	r	a	b	S.D.	r
越冬前(B)	114	0.037	2.643	3.276	0.974	0.087	2.503	4.095	0.982
I	112	0.036	2.644	12.519	0.973	0.087	2.497	14.201	0.989
Ⅰ-1	176	0.007	3.085	2.030	0.990	0.019	2.978	2.025	0.990
Ⅰ-2	46	0.015	2.859	1.963	0.991	0.032	2.775	2.181	0.989

r:p≤0.01

表6 越冬前后草鱼种体围与头围的关系

Tab. 6 The relationship between body circumference(BC) and head circumference(HC)  
in grass carp fingerlings before and after winter

组别 Group	样本数 No. of fish	BC/HC	$W=a+bx$		
			a	b	r
越冬前(B)	114	1.2208	0.0539	1.2107	0.9544
I	112	1.2173	-0.0476	1.2218	0.9226
Ⅰ-1	176	1.1589	-0.2357	1.1638	0.9565
Ⅰ-2	46	1.1203	0.4996	1.0612	0.9443

r:p≤0.01

由表5可见，全长为11—28cm范围内，各组鱼的全长或体长相同时， $W_B \geq W_I > W_{I-1} > W_{I-2}$ ，说明密集和饥饿引起了鱼种不同程度的消瘦，这点可从体围与头围比值(BC/HC)的大小得到验证。将越冬前后各组鱼的体围/头围进行显著性检验，发现I组与越冬前之间无显著差异( $p>0.05$ )，I组与其他组之间存在显著差异( $p\leq 0.05$ )(表6)。从越冬前后各组鱼的头围/体围之间的回归方程来看，其回归系数(b)的大小顺序为 $b_I > b_B > b_{I-1} > b_{I-2}$ ，说明经越冬后，头围值相同的鱼种，I组的鱼最丰满，Ⅰ-1组次之，Ⅰ-2组最差，即越冬后Ⅰ-2组鱼明显消瘦。

**鱼种丰满系数变化** 越冬前各组草鱼肠系膜脂肪几乎完全覆盖了肠道，均在4级以

上。越冬后,肠系膜脂肪的顺序为 I > II-1 > II-2, 平均为 4.3、3.5 和 2.7 级。受饥饿的 II-2 组,许多鱼肠系膜脂肪呈白线状,这是肠系膜脂肪消耗殆尽的佐证。方差分析表明,越冬前各组鱼丰满系数无显著差异( $p>0.05$ ),越冬后, I 、 II-1 组之间差异不明显( $p>0.05$ ),而 I 、 II-1 组和 II-2 组之间均达到极显著差异( $p\leq 0.01$ )。造成这一结果的原因是鱼种冬季饥饿期较长(2—3 个月),当鱼代谢所需物质得不到补充时,机体只能消耗体内贮存的物质而导致丰满系数下降(表 7)。该鱼种于开春投放后,需要较长时间才能恢复体质,且抵抗疾病能力较差。

表 7 越冬前后草鱼种丰满系数差异比较

Tab. 7 Differences in the fullness index in grass carp fingerlings before and after winter

地 点 Location	组 别 Group	丰满系数 Fullness index	
		越冬前 Before winter	越冬后 After winter
洪湖	I	1.91±0.07 <sup>a①</sup> (15) <sup>②</sup>	1.87±0.05 <sup>A</sup> (17)
	II-1	1.81±0.05 <sup>a</sup> (15)	1.79±0.09 <sup>A</sup> (15)
	I	1.81±0.05 <sup>a</sup> (40)	1.74±0.04 <sup>A</sup> (40)
	II-1	1.79±0.01 <sup>a</sup> (30)	1.72±0.02 <sup>A</sup> (28)
水生所	II-2	1.77±0.07 <sup>a</sup> (30)	1.55±0.06 <sup>B</sup> (30)

①Means followed by the same letter are not significantly different from each other at 0.01 level;

②Numbers in brackets are the sizes of fish samples

**鱼种血液化学成分的比较** 血液与机体的新陈代谢有密切的关系,鱼体营养水平能较好地用血液指标反映<sup>[11,12]</sup>。选择变异系数较小的红细胞、血红蛋白及血浆总蛋白作为评估鱼种体质的指标(表 8)。

从表 8 可见,越冬前各组鱼的红细胞数、血红蛋白及血浆总蛋白的差异均不明显( $p>0.05$ ),越冬后, I 组与 II-1, II-1 与 II-2 组之间红细胞数无显著差异( $p>0.05$ ),但 I 、 II-2 组之间差异显著( $p<0.05$ ); I 、 II-1 组与 II-2 组之间的血红蛋白含量也有显著差异( $p<0.05$ ); I 组与 II-1、II-2 组的血浆总蛋白含量有极显著差异( $p\leq 0.01$ ),但 II-1 与 II-2 之间差异不大。由此可见,不同越冬方式对鱼种上述血液指标的影响是明显的。一般认为,影响鱼种红血球、血红蛋白的主要因素是营养水平和溶氧,红血球数与血红蛋白量的变动与水中溶氧量呈负相关<sup>[13]</sup>。在密集越冬池中,存在着营养水平下降,耗氧升高的双重影响。据测定,密集越冬池的冬季溶氧量均保持在 6—12mg/L 的较高水平,故可认为营养水平是起决定性作用的因子。试验表明,饥饿引起红血球、血红蛋白和血浆总蛋白含量的下降是十分明显的。

表 8 不同密度和营养水平对草鱼种血液成分的影响

Tab. 8 Effects of density and nutritional level on blood composition of grass carp fingerlings

组别 Group	越冬前			越冬后		
	红细胞 RBC( $10^4/\text{mm}^3$ )	血红蛋白 Hb(g%)	血浆总蛋白 PTP(g%)	红细胞 RBC( $10^4/\text{mm}^3$ )	血红蛋白 Hb(g%)	血浆总蛋白 PTP(g%)
I	299.16±68.87 <sup>a(i)</sup> (50) <sup>(2)</sup>	8.13±1.84 <sup>a</sup> (50)	4.19±0.54 <sup>a</sup> (50)	292.06±66.68 <sup>a</sup> (50)	7.78±1.24 <sup>a</sup> (50)	4.19±0.59 <sup>A</sup> (50)
II-1	287.21±74.59 <sup>a</sup> (30)	7.56±1.66 <sup>a</sup> (30)	4.35±0.40 <sup>a</sup> (30)	269.95±64.54 <sup>ab</sup> (35)	7.11±1.36 <sup>a</sup> (35)	3.24±0.42 <sup>B</sup> (35)
II-2	283.30±69.20 <sup>a</sup> (40)	7.54±1.44 <sup>a</sup> (40)	4.20±0.43 <sup>a</sup> (40)	218.83±32.44 <sup>b</sup> (35)	6.03±0.93 <sup>b</sup> (35)	3.28±0.30 <sup>B</sup> (35)

注:①—②同表 7

**鱼种肌肉、肝脏营养成分的比较** 各组鱼体肌肉、肝脏中的蛋白质、脂肪等在试验前均无明显差异(表 9)。越冬后,除水分含量略有升高外,其他指标均有不同程度的下降,其中 I 组肌肉蛋白在越冬前后差异不明显( $p>0.05$ ), II-1 和 II-2 组肌肉蛋白与各组的肝蛋白越冬前后差异分别达到显著( $p\leq 0.05$ )和极显著( $p\leq 0.01$ )。越冬后肝脂也明显较越冬前为低( $p\leq 0.05$ ), II-2 组的肌脂与其它组之间也有显著差异( $p\leq 0.05$ )。这表明鱼经数月的饥饿后,当其他易被利用的内脏组织如肠系膜脂肪等被极度消耗后,进而影响到肝脏组织和肌肉组织的化学组成,这与非鲫、鲤、草鱼等的研究结果相似<sup>[14,15]</sup>。所以,在越冬池补充投饵,能使鱼体保持良好的体质度过冬天。

### 3. 鱼种质量的综合评价

**密集越冬对鱼种的潜在危害** 北方地区的越冬池常因缺氧、低温、鱼的体质差等原因而造成鱼种大量死亡,引起了人们的重视。而在南方鱼种密集越冬的潜在危害尚未得到足够的重视。越冬池几乎不投喂,鱼种代谢所需的能量完全来源于体内贮存的营养物质,致使鱼体组织和体液的生理、生化指标明显下降。研究表明:草鱼鱼种阶段是胸腺重量不断增加、免疫系统发育成熟的重要时期。饥饿会引起胸腺萎缩、直至消失<sup>(1)</sup>,预示了常规越冬池草鱼的次年发病率高于试验组,这与其基础免疫力降低有关。此外,长期饥饿的鱼种,在以后的摄食、恢复生长过程中,有“超补偿”的倾向,实践中发现,鱼种密集越冬结束后,体耗大,尚缺乏接受大量食物的准备,“超补偿”会打乱机体代谢的平衡,影响其正常生理功能,这一点在防病养殖中也有重要的意义。

**鱼种质量的综合评价** 过去往往采用单一指标(如体重、体长、相对体重、丰满度、体高率、体厚率或鱼种体内脂肪、蛋白质含量、生化指标等)<sup>[16]</sup>来评价鱼种质量,这不免有一定的局限性,由于评价的各个指标并不总趋于一致,当多个指标相互交叉时,就难于有统一的客观评价。故作者认为,鱼种质量是由多种因素决定的,质量优劣应该是各种因素的综合体,评价鱼种质量除参考传统的相对体重法等外,还需结合鱼体丰满系数、鱼体组织、血液的生理生化指标,才能较系统、全面地评价其优劣。本试验以肌肉蛋白、肌肉脂肪等 10 个判据集团,采用 Fuzzy 综合评判,得  $d_1$ 、 $d_{1-1}$ 、 $d_{1-2}$  分别为 0.924、0.832、0.735,即 I 组

(1) 卢全章。草鱼胸腺组织学的研究(手稿)。1989。

的鱼种优于 I-1、I-2。说明实行夏末至秋季放养或套养，并在冬季里补充投喂精料，避免人为拥挤环境，对增强鱼种体质至关重要，是改善鱼种质量行之有效的措施。

表 9 越冬前后鱼体组分分析

Tab. 9 Proximate body composition of grass carp fingerlings before and after winter

成 分 Composition		越冬前 Before winter		越冬后 After winter		
		I	I-1	I	I-1	I-2
肌肉 (%) Muscle	水分 Moisture	79.56±0.54 <sup>a①</sup> (18) <sup>②</sup>	77.38±2.07 <sup>a</sup> (14)	80.61±0.76 <sup>a</sup> (18)	80.93±1.18 <sup>a</sup> (14)	81.17±0.87 <sup>a</sup> (14)
	粗蛋白 Protein	17.16±0.44 <sup>a</sup> (18)	18.11±2.21 <sup>a</sup> (14)	15.73±0.51 <sup>a</sup> (18)	15.39±0.63 <sup>b</sup> (14)	14.04±0.71 <sup>b</sup> (14)
	粗脂肪 Lipid	1.41±0.31 <sup>a</sup> (18)	1.66±0.06 <sup>a</sup> (14)	1.56±0.12 <sup>a</sup> (18)	1.72±0.45 <sup>a</sup> (14)	1.24±0.51 <sup>b</sup> (14)
	灰分 Ash	1.24±0.08 <sup>a</sup> (18)	1.23±0.16 <sup>a</sup> (14)	1.19±0.04 <sup>a</sup> (18)	1.22±0.05 <sup>a</sup> (14)	1.33±0.09 <sup>a</sup> (14)
	总计 Total	99.25	98.39	99.09	99.26	97.78
肝脏 (%) Liver	水分 Moisture	73.65±1.33 <sup>a</sup> (18)	76.89±1.25 <sup>a</sup> (14)	76.48±0.99 <sup>a</sup> (18)	78.16±0.62 <sup>a</sup> (14)	80.43±0.82 <sup>a</sup> (14)
	粗蛋白 Protein	12.92±0.39 <sup>A</sup> (18)	12.56±1.03 <sup>A</sup> (14)	7.99±0.88 <sup>B</sup> (18)	7.51±1.04 <sup>B</sup> (14)	5.87±1.10 <sup>B</sup> (14)
	粗脂肪 Lipid	6.85±0.50 <sup>a</sup> (18)	6.25±1.64 <sup>a</sup> (14)	4.81±1.27 <sup>b</sup> (18)	5.24±1.12 <sup>b</sup> (14)	4.11±1.30 <sup>b</sup> (14)
	灰分 Ash	1.33±0.10 <sup>a</sup> (18)	1.35±0.10 <sup>a</sup> (14)	1.20±0.06 <sup>a</sup> (18)	1.19±0.03 <sup>a</sup> (14)	0.98±0.05 <sup>a</sup> (14)
	总计 Total	94.75	97.05	90.48	92.10	91.39

注:①—②同表 7

**成鱼饲养的成活率与鱼产量** 三周年试验非免疫组(I-2)草鱼的成活率为76.8—88%(平均79.2%),免疫组(I-1)为85.3—90.9%(87.6%),I-2较对照组(I-1)、常规组(I-2)各提高4.9%和29.2%。试验组平均净产8805kg/ha分别是I-1和I-2组的1.47、1.49倍。1988年在湖北监利县南湖渔场进行扩大试验,试验池10.7ha(10口),草鱼成活率为70—76%(平均72%),较对照池的30—50%(平均48%)提高24%。试验池利润为15945元/ha,比对照池提高2355元/ha。初步证明了越冬方式不同,将决定鱼种质量的优劣,从而影响次年成鱼饲养阶段的成活率和鱼产量。

从上述结果可推得,我国长江中下游地区和淮河、黄河流域中下游部分地区,鱼种在冬季大部时间里仍然开口摄食。将鱼种提前至夏末秋季投放,越冬期补充投喂、加强管理,不仅能使鱼体稍有增长,而且可使鱼体的丰满系数、体组织和血液主要营养指标维持或接近越冬前正常水平,保持鱼种健壮的体质。常规的鱼种密集越冬,人为给鱼种造成拥挤的生态和环境,若越冬期间极少投喂,迫使鱼种为维持新陈代谢大量消耗自身贮存的物质和能量,造成鱼体丰满系数、组织和血液主要营养指标明显下降,不同程度地削弱了鱼种的体质。翌年分塘后,鱼种体质恢复较慢,抗病力差,直接影响鱼的成活率和成鱼养殖产量。因此,本试验为我国上述地区改革鱼种并塘密集越冬的必要性和可行性提供了理论依据。

## 参 考 文 献

- [1] 中国淡水养殖经验总结委员会。中国淡水鱼类养殖学(第1版)。北京:科学出版社,1961。
- [2] Brown E E, Gratzek J B. Fish Farming Handbook. Avi Publishing Company, INC. Westport, Connecticut. 1981:230.
- [3] Бовк П С. Биология Дальневосточных растительноядных рыб и их хозяйственное использование в водоемах Украины. Изд. "Наукова думка" Киев. 1976.
- [4] Никольский Г В. Рыбы бассейна Амура. Изд. АН СССР Москва. 1955.
- [5] 张列士等。网箱高产试验及其技术因子的探讨。水产学报,1984,18(1):19—32。
- [6] 倪达书。我国淡水养殖的现状及其进展。现代渔业信息,1986,(7):4—8。
- [7] 汪培庄。模糊集合论及其应用。上海:上海科技出版社。
- [8] Colle D E, et al. Food selection of grass carp fingerlings in a vegetated pool. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 1978, 149—152.
- [9] Strogonov N S. The food selectivity of the amur fishes. Conf. Fish. Exploit., Phytophagous Fishes. Acad. Sci. Turkman S. S. R. 1963:181—191.
- [10] 张扬宗等主编。中国池塘养鱼学。北京:科学出版社,1989。
- [11] 朱心玲等。草鱼血液学研究 I. 九项血液常数的周年变化。水生生物学报,1985,9(3):248—255。
- [12] McCarthy D H. Stevenson J P. Roberts M S. Some blood parameters of the rainbow trout I. The shasta variety. *J. Fish. Biol.* 1973,7:215—220.
- [13] 汪锡钧。缺氧对鱼类红血球的生理适应。上海水产学院学报,1960(创刊号):203—207。
- [14] Black, et al. Combined effect of starvation and severe exercise on glycogen metabolism of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J. Fish. Res. Bd. Can.* 1966, 23: 1461—1463.
- [15] Yanni. Effect of starvation on contents of water and lipids of tissues of *Clarias lazera*. *Z. Vergl. Physiol.* 1962, 45:390—395.
- [16] 张本。评估鱼种质量的方法。水产学报,1980,4(4):329—337。

## THE RATIONAL DESIGN OF POND FISH CULTURE WITH REFERENCE TO THE PRINCIPLES OF YIELD INCREASE

### I . The biological characteristics of the winter fingerling in pond

Chen Liqiao Chen Yinghong and Ni Dashu

(Institute of Hydrobiology, Academia Sinica, Wuhan 430072)

#### Abstract

This paper presents results from a series of pond and indoor experiments conducted during 1986—1989. (1) Grass carp fingerlings continue feeding during most of the winter—time in the area south to the Changjiang River. The mean growth rate of fingerlings was 10—14% during winter when the fish were not crowded and fed properly. There were no significant differences ( $p>0.05$ ) in the condition factor, number of red blood cells, homoglobin, total plasma protein, and chemical composition of muscle and liver before and after winter. (2) In the fingerlings in partially crowded wintering ponds, body weight and condition factor did not change obviously ( $p>0.05$ ) over winter, but the number of red blood cells, total plasma protein, and lipid content in muscle and liver decreased significantly ( $p\leqslant 0.05$ ), even when they were fed. (3) When in fingerling density stocked in ordinary wintering ponds only and rarely fed, the mean weight loss was 9—14% over winter. Their mesenteric fat was almost depleted. The condition factor and protein and lipid contents of muscle and liver decreased greatly ( $p\leqslant 0.05$ ). The fish were unhealthy and suffered from severe anaemia.

The experiments demonstrated that different methods of winter not only determined the fingerling's quality, but also affected the production of adult fish in the following year. It is necessary and feasible to abolish the method of concentrating fingerlings for winter, in which is adopted in most regions especially around the middle and lower reaches of the Changjiang River, and in some areas around Huaihe River and Huanghe River.

**Key words** Grass carp, Fingerlings, Wintering