

草鱼酶纤颗粒饲料及营养代谢的研究*

廖翔华 林鼎 毛永庆 蔡发盛

(中山大学鱼类学研究室)

提 要

本文报道了酶纤颗粒饲料饲养效果、颗粒饲料营养组分对草鱼生长影响和草鱼对蛋白质需要量、消化率等营养代谢的研究结果。试验表明,利用从甘蔗造纸分筛出来的废渣——蔗糖,经EA₃867纤维素霉菌将蔗糖纤维酶解成单糖,再接种培养白地霉,获得含粗蛋白10—12%的酶纤蛋白饲料,以此为主要原料制成的颗粒饲料,用来饲养草鱼,可以获得增产。试验中,还分析了草鱼鱼体蛋白质氨基酸组成,结果表明,当配制的颗粒饲料蛋白质氨基酸成分同鱼体一致时,鱼的生长良好。文末,讨论了酶纤颗粒饲料的前景并从鱼类营养学观点提出了配制鱼用颗粒饲料应注意的几个问题。

淡水鱼类养殖业中一个突出的矛盾是饲料不足,利用不当。因此,广闢饲料来源,科学地利用饲料是当前塘鱼高产稳产的关键问题。我国有丰富的植物纤维资源,如山草、作物秸秆、工业纤维废渣等,可否利用这些纤维来生产蛋白质饲料,变废为宝,解决我国养鱼饲料不足,实现我国养鱼饲料颗粒化的方向呢?这就是我们研究的课题。

一九七一年以来广东省甘蔗糖业科学研究所和广东省中山糖厂利用甘蔗渣造纸分筛出来的纤维废渣——蔗糖、经过物理、化学和微生物处理,即经过蒸煮、研磨、并加入纤维素酶曲种(拟康氏木霉 *Trichoderma pseudokoningii* Rifai, EA₃867)把蔗糖纤维酶解成单糖,然后接种白地霉菌种,把单糖转化合成菌体蛋白质,脱水即得含粗蛋白10—12%的酶解蔗糖纤维蛋白质饲料⁽¹⁾。一九七六年以来我们以此为主要原料,掺入少量混合精料和添加物(矿物盐、微量元素和维生素等)加工制成颗粒饲料,简称为“酶纤颗粒饲料”。另外,我们也用山草加工成干草粉配制成“草粉颗粒饲料”。几年来用此颗粒饲料进行草鱼饲养试验,不论鱼种阶段或是成鱼阶段,饲养效果均比对照塘好,草鱼生长快、个体整齐、产量高、饲料系数低。初步获得从蔗糖和山草等粗纤维作为草鱼饲料的可能性。

本文仅就酶纤颗粒饲料饲养效果、颗粒饲料营养组分对草鱼生长影响和草鱼对蛋白质需要量、消化率等营养代谢研究作出报告。并就试验结果初步探讨配合颗粒饲料中各营养物质配比关系,提出目前在“以粗代精”前提下,配制鱼用颗粒饲料值得注意的几个问题。

* 本试验得到广东省水产局和南海县水产养殖场、顺德水产试验场、顺德龙江农校、顺德县沙滘公社等单位的大力支持,特此致谢。

(1) 由协作单位广东中山糖厂试验生产。

材料和方 法

一九七六年至一九七八年,酶纤颗粒饲料、草粉颗粒饲料的研究,经过了配方筛选,生产性饲养试验和大田生产试验三个阶段^[1,2]。在配方筛选阶段,采用网箱饲养,尼龙网箱为 14 米³(5×2×1.4),草鱼放养密度为 500—700 尾,平均体长 51.44—75.10 毫米,平均体重 2.92—9.9 克。以不同配方颗粒饲料为试验组,以广东塘鱼主产区现行常规鱼种饲养法(投喂麦粉等精料为主)作对照组。生产性饲养试验阶段,分别在鱼种和成鱼塘进行。大田生产试验在顺德沙滘公社南中生产队(119.6 亩鱼塘)进行,成鱼饲养全面使用酶纤颗粒饲料。

颗粒饲料及鱼体营养成份分析,采用常规分析法^[4]。用 105°C 烘干法测定水份,用酸碱处理法测定粗纤维,用灼烧氧化法测定灰份,用凯氏定氮法测定粗蛋白,用索氏抽提法测定粗脂肪,用索氏法测定总糖。蛋白质氨基酸组成采用纸上层析法^[5,6,10]。

草鱼对颗粒饲料的总消化率测定,采用三氧化二铬指标物质法^[20]。用蛋白质梯度饲养法研究草鱼蛋白质最适需要量^[15]。

投喂颗粒饲料是否引起脂肪肝病变,采用一般组织学方法,对肝组织进行形态观察,肝组织用 5% 中性福马林溶液固定,石腊包埋切片 5 微米,苏木精——伊红染色。

试 验 结 果

(一) 草鱼酶纤颗粒饲料饲养效果

经过三期 21 个组合网箱饲养草鱼鱼种试验,初步筛选出如下较优的配方(表 1)

表 1 酶纤颗粒饲料、草粉颗粒饲料配方、营养成份、热能和草鱼生长效果

饲料简称	颗粒饲料组成(%)							颗粒饲料营养成份(%)			每公斤饲料热能(千卡/公斤)	各营养素热能占总热能(%)			热能—蛋白质比** (C/P)	生长指标 (增重率比 对照组增长 %)
	酶纤 (草粉)	豆 饼	花 生 饼	麦 粉	蚕 蛹 粉	鱼 粉	添 加 物*	粗 蛋 白	粗 脂 肪	总 糖		蛋 白 质	脂 肪	糖		
60%酶纤颗粒饲料	60	5	5	20	5	4	1	18.15	3.41	15.63	1989	51.57	16.21	32.22	109	141
80%酶纤颗粒饲料	80	5	3	7	2	4	1	17.44	3.34	14.63	1900	51.84	16.60	31.56	108	132
60%草粉颗粒饲料	60	5	5	20	5	4	1	14.12	4.26	18.70	1937	40.56	20.47	38.98	139	97
80%草粉颗粒饲料	80	5	3	7	2	4	1	10.38	3.58	20.50	1765	33.22	19.17	47.61	170	45

* 添加物:酵母粉 0.5%,土霉素 0.2%,生长素 0.3%(生长素是白云山农药厂出品,主要是维生素 B₁₂ 和矿物质的混合物)。

** 热能—蛋白质比 = $\frac{1 \text{ 公斤饲料总热能}}{\text{蛋白质含量}(\%)}$

按表 1 筛选出来的配方进一步进行生产性饲养试验。

1. 草鱼鱼种养冬⁽¹⁾试验

1976年11月26日至1977年3月8日，在面积1亩的三口鱼塘进行，放养规格：平均体长55毫米，平均体重3.92克。每亩放养鱼种3000尾，饲养期共103天，平均水温15.4°C，试验结果见表2。

表2 草鱼鱼种养冬结果

项 塘 号	饲料名称*	出塘规格		出塘率 (%)	每亩增 重量 (斤)	投放颗粒 饲料总量 (斤)	饲 料 系 数	精料系数**
		体 长 (毫米)	体 重 (克)					
1号(试验)	60%酶纤颗粒饲料	71.42	8.99	91.0	23.3	100.3	4.30	1.72
2号(试验)	60%蔗叶粉*颗粒饲料	63.98	6.14	94.9	8.7	101.7	11.60	4.64
3号(对照)	麦 粉	67.38	7.46	97.6	14.4	108.3	7.40	7.40

* 饲料配方稍作修改：鱼粉2%；蚕蛹粉3%；麦粉24%。

** 精料系数 = $\frac{\text{鱼体增重量}}{\text{投喂饲料中精料量}}$

试验表明，60%酶纤颗粒饲料试验塘，草鱼平均体长71.42毫米，平均体重8.99克，经103天试验，每亩净产量为23.3斤，比对照塘14.4斤增产8.9斤，约增加61.8%。饲料系数4.3，精料系数1.72，均比对照塘低，节约精料约为70%。60%蔗叶粉颗粒饲料试验塘，草鱼生长比对照塘略差些，但基本上达到养冬出塘规格。

2. 草鱼鱼种培育试验

1977年6月24日至8月25日，在面积0.5亩的三口鱼塘进行，采用草鱼和鲢鱼混养，放养规格，草鱼平均体长51.44毫米，平均体重2.92克。鲢鱼平均体重0.7克。每亩放养草鱼4400尾，搭配鲢鱼8600尾。饲养2个月，饲养期平均水温33.5°C。试验结果见表3。

表3 草鱼鱼种培育试验结果

(每塘面积0.5亩)

项 塘 号	饲料名称	出塘总重量(斤)*		净 增 重 (斤)			投饲料 量 (斤)	草鱼饲 料系数	草鱼精 料系数
		草 鱼	鲢 鱼	草 鱼	鲢 鱼	合 计			
16(试验)	60%酶纤颗粒饲料	44.09	30.10	32.24	23.75	55.99	117.41	3.64	1.46
17(试验)	80%酶纤颗粒饲料	32.98	30.53	21.08	24.18	45.26	117.41	5.57	1.11
18(对照)	麦 粉	26.76	27.09	14.86	20.74	35.60	84.1	5.66	5.66

* 每塘放养总重量：草鱼11.90斤；鲢鱼6.35斤。

试验表明，投喂60%酶纤颗粒饲料试验塘，草鱼净产32.24斤比对照塘14.86斤增产17.38斤，约增产116.9%，鲢鱼生长也比对照塘好，草鱼、鲢鱼总产比对照塘高20.39

(1) 广东培养鱼种的一种方法，每年10月份后将当年鱼种集中，加以培育至明春供应渔农。

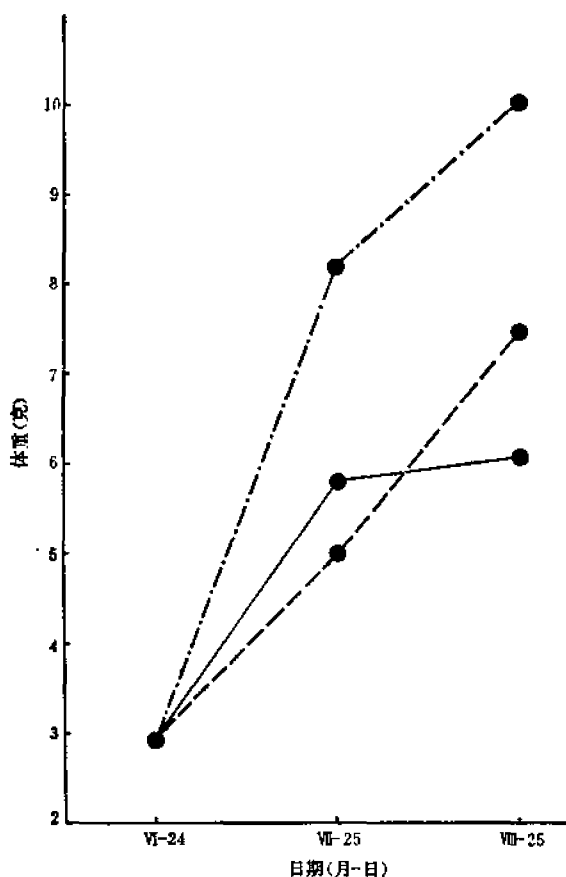


图1 试喂不同组合颗粒饲料与草鱼生长关系

---60%酶纤颗粒组
 -·-·-80%酶纤颗粒组
 ——面粉(对照组)

(1) 顺德县沙滘鱼苗场: 试验塘投喂 60% 酶纤颗粒饲料⁽¹⁾, 对照塘按当地常规方法投喂麦粉饲料。

(2) 顺德县龙江公社农校: 试验塘投喂 60% 酶纤颗粒饲料⁽¹⁾, 对照塘投喂 60% 麦粉加 40% 精料的混合饲料(精料组成同 60% 酶纤颗粒饲料)。

(3) 中大试验农场: 试验塘和对照塘分别投喂等量的青饲料(青草为主), 试验塘另加 10% 的 60% 酶纤颗粒饲料⁽¹⁾

以上三种方式饲养结果表明, 投喂 60% 酶纤颗粒饲料的试验塘, 草鱼均获增产(见表 4), 试验塘的草鱼生长均比对照塘快(见图 2)。

经均数显著性 t 检验, P 均小于 0.01, 表示试验塘和对照塘草鱼净增重差异非常显著。

斤。草鱼饲料系数比对照塘低, 仅为 3.64, 精料系数为 1.46。投喂 80% 酶纤颗粒饲料试验塘, 草鱼净产 21.08 斤亦比对照塘增产 6.22 斤, 约增产 41.9%, 鲢鱼生长同样比对照塘更好, 草鱼、鲢鱼总产比对照塘高 9.66 斤, 草鱼饲料系数为 5.57 与对照塘差异不显著, 但是精料系数为 1.11 比对照塘低得多。从试验来看, 试验塘比对照塘可节约精料 70—80% 左右。

60%、80% 酶纤颗粒饲料试验塘草鱼生长速度远比麦粉对照塘快(图 1), 草鱼平均体重分别为 10.01 克、7.48 克和 6.01 克; 平均增长量分别为 7.09 ± 0.4601 克、 4.56 ± 0.2936 克和 3.09 ± 0.1080 克。经生物统计均数显著性检验, 差异显著, 尤其 60% 酶纤颗粒饲料的草鱼生长最快。

3. 成鱼饲养试验

1978 年分别在如下三个试验点进行草鱼成鱼饲养对比试验, 试验塘面积共 21.6 亩, 按照广东常规养殖方法, 搭配放养。在三个试验点, 我们设计了三种不同方式的对比试验。

(1) 60% 酶纤颗粒饲料配方略有简化, 即 60% 酶纤, 25% 谷粉, 4% 花生麸 10% 蚕蛹粉, 0.7% 骨粉, 0.3% 生长素。

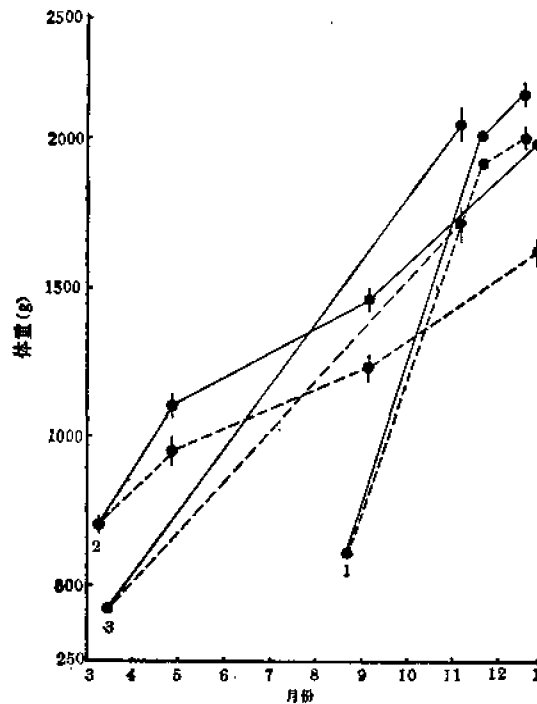


图2 不同试验点颗粒饲料饲养草鱼成鱼生长情况

1.沙滘鱼苗场, 2.中大试验农场, 3.龙江农校
——试验组 ——对照组

表4 成鱼饲养试验草鱼净增重显著性检验*

试验地点(日期)	塘别(面积)	样品大小(尾)	平均净增重(斤/尾)	标准误	t 值	显著性
顺德县沙滘鱼苗场 (VIII-23至XII-20)	试验塘(面积2.06亩)	66	3.17	0.0667	2.871	$P < 0.01$
	对照塘(面积2.27亩)	82	2.95	0.0771		
顺德县龙江农校 (III-13至XI-6)	试验塘(面积6.2亩)	100	3.24	0.0742	5.217	$P < 0.01$
	对照塘(面积6.3亩)	92	2.64	0.0886		
中山大学试验农场 (III-8至XII-26)	试验塘(面积2.5亩)	147	2.54	0.0364	10.908	$P < 0.01$
	对照塘(面积2.3亩)	77	1.82	0.0545		

* 采用 $\sigma_1, \sigma_2, N_1, N_2$ 的平均数差异的显著性检验统计方法。

4. 成鱼大田饲养试验

1978年3月至1979年1月,我们在顺德县沙滘公社沙边大队南中生产队进行大面积(119.6亩鱼塘)生产试验,成鱼塘全面使用上述60%酶纤颗粒饲料,试验结果:1978年草鱼总产达到12,275斤比1977年增产了4,794斤,亩产达102.6斤比1977年亩产62.5斤,每亩增产64.2%。1978年各类鱼总产达到67,005斤比1977年增产了8,623斤,平均亩产达560.2斤,比1977年亩产472斤,每亩增产18.7%。

(二) 草鱼营养代谢研究

1. 草鱼鱼种蛋白质最适需要量

我们采用蛋白质梯度饲养法, 试验草鱼体重 2.4—8.0 克, 水温 26—30.5°C, 分别以

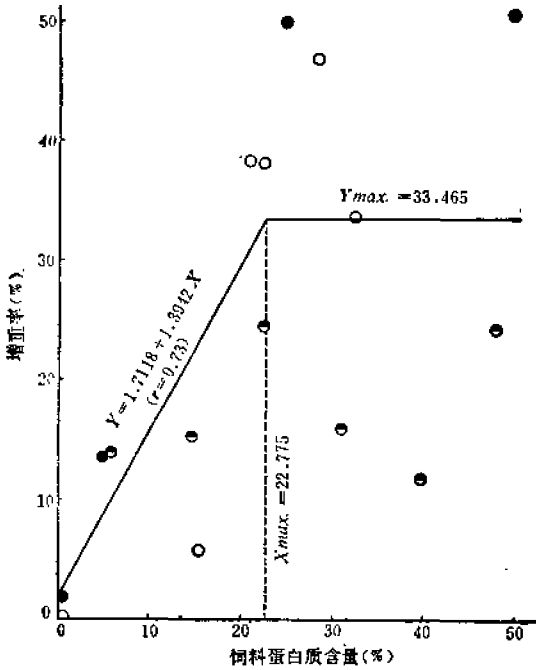


图3 饲料蛋白质含量与草鱼生长增重率关系

●—I, ○—II, ●—III

酪蛋白和鱼肉粉作蛋白源, 以糊精粉作糖源来调节饲料蛋白质的含量。综合三期试验结果^[8], 从图 3 可见, 在饲料蛋白质含量低时, 鱼生长不良, 随着饲料蛋白质含量由 0.44% 增高到 24.0% 左右时, 鱼生长加速, 近似直线增长, 当饲料蛋白质含量再往上增高达到 50% 左右时, 鱼的生长速度减慢, 增长量几乎达到一个恒定值。关于饲料蛋白质最适点的确定, 我们采用了直线回归和曲线回归(抛物线)两种计算方法^[80]。首先根据生长率均数显著性多重比较结果, 图 3 实测值存在两条回归直线, 经计算可以分别以两个直线回归式来表达。Y₁ = 1.7118 + 1.3942x 和 Y₂ = 36.8307 - 0.1054x, 然后再计算出 Y₁ 各点的平均值为 33.465, 以此值作一条平行线交于 Y₁, 求出 x 最大值, 即求出饲料蛋白质最适点为 22.775%。另外, 我们还根据曲线回归的

二次多项式(抛物线)分别求出三期试验饲料蛋白质含量最适点(表 5)。同时我们将三期试验合并计算求出抛物线方程式为 $Y = -72.385 + 8.42x - 0.1522x^2$, 从中求出 x 最大值, 即求得饲料蛋白质含量最适点为 27.66% (图 4)。根据以上直线回归和曲线回归的两种方法求得草鱼鱼种阶段(平均体重 2.4—8.0 克)蛋白质最适需要量为 22.77%—27.66%。

表 5 草鱼鱼种蛋白质最适量计算结果

试验期	试验天数	试验鱼平均体重(克)	试验饲料蛋白源	饲料蛋白质最适量(%)
I	27	5.5	酪蛋白	27.81
II	21	8.0	鱼肉粉	26.50
III	21	2.4	鱼肉粉	37.70

鱼体对饲料蛋白质利用率⁽¹⁾, 随饲料蛋白质含量增高而逐渐递减(图 5), 经采用直线回归和曲线回归计算两者无显著差异。因此, 饲料蛋白质含量(x)与草鱼鱼种对饲料蛋白

(1) 蛋白质利用率(%) = $\frac{\text{试验期平均每尾鱼体蛋白质增长量(克)}}{\text{试验期平均每尾鱼摄食饲料蛋白质量(克)}} \times 100$

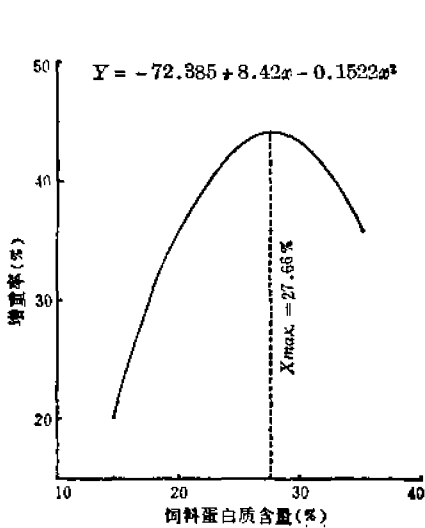


图4 饲料蛋白质含量与草鱼体重增重率的关系(抛物线理论曲线)

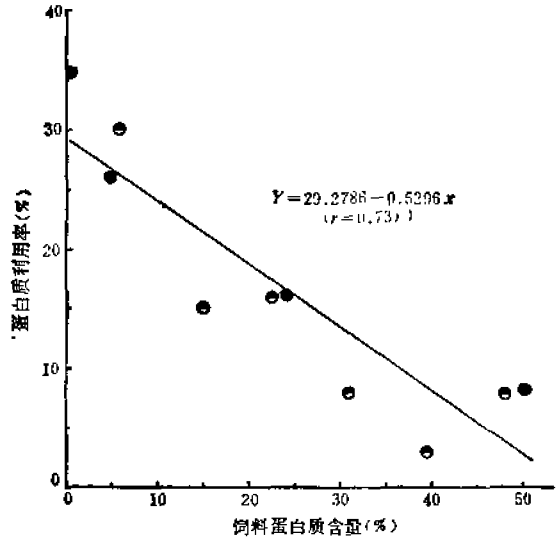


图5 饲料蛋白质含量与草鱼对饲料蛋白质利用率关系
●—I, ○—II

质利用率(Y)之间的关系,用直线回归方程式来表达更为合适, $Y = 29.2786 - 0.5296x$ 。

2. 饲料蛋白质氨基酸组成与生长关系

我们采用纸上层析法研究了草鱼鱼体蛋白质氨基酸组成为 18 种, 10 种必须氨基酸为:精氨酸、组氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、赖氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、色氨酸; 8 种非必须氨基酸为:丙氨酸、门冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、脯氨酸、羟脯氨酸、酪氨酸、丝氨酸。酶纤蛋白仅有 14 种, 蛋氨酸、苏氨酸和谷氨酸、羟脯氨酸未能测出。麦粉为 17 种, 蛋氨酸仅有痕量。最初我们单纯以酶纤蛋白制成颗粒饲料, 或以酶纤蛋白为主掺合少量麦粉制成的颗粒饲料, 草鱼生长不好, 经分析这两种颗粒饲料的氨基酸组成不完全。后来经过配方改进以酶纤蛋白为主与花生麸、豆饼、麦粉、蚕蛹粉或鱼粉等多种精料配合制成 60%酶纤颗粒饲料和 80%酶纤颗粒饲料, 饲养草鱼效果较好, 经分析此时饲料蛋白质氨基酸组成为 18 种, 与草鱼体蛋白质的氨基酸组成相一致。试验表明: 当配制的酶纤颗粒饲料, 氨基酸组成比较完全时, 鱼生长得快, 反之生长缓慢。

3. 饲料粗纤维含量对草鱼消化率影响

我们采用三氧化二铬指标物质方法来测定草鱼对饲料的总消化率。测定结果, 草鱼(平均体长 78.5 毫米, 平均体重 9.67 克)对饲料的总消化率与饲料粗纤维含量关系极为密切。随着饲料粗纤维含量的增加草鱼总消化率逐渐下降, 从图 6 可见。玉米粉和麦粉粗纤维含量较低, 分别为 8.53% 和 1.49%, 草鱼总消化率比较高, 分别达到 54.9% 和 53.6%。而酶纤颗粒饲料和草粉颗粒饲料, 粗纤维含量较高, 约为 23.59%—37.70%, 故草鱼总消化率较低, 约为 17.86%—30.91%。由此可见饲料粗纤维含量与草鱼总消化率之间存在着负的直线相关关系, 经计算直线回归方程式为: $Y = 57.03 - 1.099x$ 。

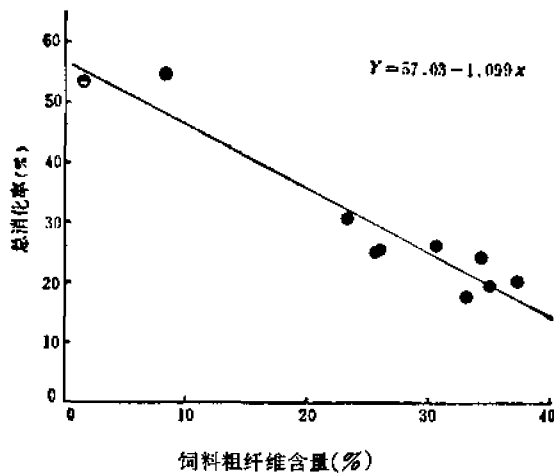


图6 饲料粗纤维含量与总消化率的关系

● 麦粉 ⊕ 玉米粉 ● 酶纤颗粒饲料

讨 论

(一) 草鱼酶纤颗粒饲料研究成功的意义及其前景

酶纤颗粒饲料研究获得初步成果, 给我国提供了向纤维要饲料的可能性, 为广闢饲料来源找出一条新的途径。

目前广东中山糖厂已建成半机械化生产酶纤颗粒饲料试验车间, 日产湿品 6 吨。蔗糖是蔗渣造纸筛分出来的废料, 数量大而且集中, 一间大型甘蔗糖厂, 每个榨季可提供约 1 万吨蔗糖, 约可生产 5 千吨酶纤蛋白饲料, 配合 40% 混合精料, 即可生产约近 1 万吨酶纤颗粒饲料。这相当于给珠江三角洲鱼塘主要区 50 万亩鱼塘, 每亩增加 40 斤饲料。假如全省以至全国的糖厂都能把榨糖的纤维渣粕利用起来确是十分可观的饲料来源。

一九七八年十一月由省轻工局主持召开了有省科委、省水产局、省微生物研究所等省、地、县、社四级三十多个单位参加的鉴定会议, 会议一致认为“酶纤颗粒饲料生产工艺是可行的, 养鱼效果是好的”。在此成果基础上省水产部门准备筹建一间年产约 5 千吨干品的鱼用酶纤颗粒饲料工厂, 在此基础上计划继续筹建同类型鱼用颗粒饲料工厂。充分利用我省蔗糖生产颗粒饲料, 如果这样就可以扭转广东塘鱼区长期饲料不足的被动局面。

另外, 草粉颗粒饲料饲养草鱼也获得一定效果, 草粉具有来源广泛, 数量大的优点, 也是一个很有发展前途的饲料来源, 今后若再加以酶解处理效果可能会更加理想。

(二) 鱼类不同生长阶段对蛋白质营养要求的差异

不同种鱼类蛋白质最适需要量不同, 关根(1931)研究美洲红点鲑(*Salvelinus fontinalis*)

alis)为42.5%^[11],花冈等(1949)研究鲤鱼为40—60%^[11],获野等(1970)研究鲤鱼为38%^[16],Dupree等(1966)研究斑点叉尾鲷(*Ictalurus punctatus*)为35%^[11];能势(1972)研究鳊为44.6%^[11],我们研究草鱼鱼种阶段为22.77—27.66%。另一方面,这些差异还可能由于所用的研究鱼的个体大小,饲料蛋白源差异,温度不同等而引起的。但是,总的比较来看草鱼蛋白质最适需要量比上述肉食性鱼类和杂食性鱼类要低得多。Dabrowski(1977)研究草鱼幼鱼(体重0.15—0.2克)蛋白质最适需要量为 $52.6 \pm 1.93\%$ ^[23],比我们在草鱼鱼种所得到的需要量要高,这是否可能由于生长阶段不同所导致的结果,因为体重为0.15—0.2克的草鱼还处于以浮游动物为主的动物食性阶段,而我们试验的草鱼体重为2.5—8.0克,食性基本上已转变为草食性为主阶段。同时从我们研究结果表5,看出个体小的鱼蛋白质需要量高。因此,不同年龄,不同生长发育阶段和不同食性等与蛋白质需要量之间的关系还值得我们深入研究。

(三) 草鱼颗粒饲料配制的几个问题

我们目前配制的草鱼酶纤颗粒饲料,虽然在生产中获得比较好的效果,但还不完善,因此必须深入开展鱼类营养学方面的基础理论研究,才能克服许多盲目性。现仅就我们试验结果所涉及到的提出几点关于配制颗粒饲料应予注意的营养学问题。

(1) 饲料蛋白质最适量 配制的颗粒饲料蛋白质含量要适中,含量过低不能满足鱼的生长需要,发生蛋白质营养缺乏症,过量造成蛋白质的浪费。因此,应该按照鱼的不同生长阶段对蛋白质的最适要求量合理配制。此外,蛋白质营养的本质问题是氨基酸最适要求量的问题,我们仅仅做了饲料和鱼体蛋白质氨基酸组成的定性工作,由于设备限制还没有完成定量工作,因此必须进一步研究各种氨基酸的最适量的问题,从而确定饲料中各种动植物性蛋白质的合理搭配,以提高饲料蛋白质生理利用值。

(2) 饲料蛋白质、糖类和脂肪的比例 在研究配合饲料时,常采用“营养率”⁽¹⁾来研究饲料中可消化非蛋白质成份与可消化蛋白质之间的比例关系,这关系表示着饲料营养成份的特征。一般认为“营养率”为8以上是宽比例,表示饲料蛋白质少,4以下是窄比例,表示饲料含蛋白质较多。鱼类不同生长阶段对饲料“营养率”要求不同,幼鱼阶段需要蛋白质丰富的饲料,要求营养率窄些,成鱼阶段稍宽些。我们在草鱼幼鱼饲养试验中发现,饲料营养率在2以下鱼生长较好。但还有待深入研究。

颗粒饲料配制中,除了须要考虑蛋白质、糖类和脂肪三者合理配比外,还应该注意添加适量的矿物质、维生素和微量元素。

(3) 饲料热能—蛋白质合理比例 在确定饲料中蛋白质含量时,必须同时考虑饲料中能量水平。因为能量是直接影响着鱼类对蛋白质利用率。所以在研究饲料营养配比时,要注意饲料中热能和蛋白质合理比例。Phillips等(1960)首先在养鳊饲料的研究中引入“热能—蛋白质比”的概念,提高饲料中热能可节约蛋白质需要量^[27]。桥本芳郎(1973)认为目前日本养鱼配合饲料,蛋白质含量极高,一般都在45%以上,今后有必要研究降低的办法^[11]。Phillips(1966)就如何降低饲料中蛋白质含量,采用各种配方在美洲红点鲑作

(1) 营养率 = $\frac{\text{可消化粗脂肪} \times 2.25 + \text{可消化无氮物} + \text{可消化纤维}}{\text{可消化粗蛋白质}}$

反复试验,其中在动物肝脏饲料中添加 12.4%的麦芽糖作补充热能,饲料蛋白质含量比原来约减低了 40%,饲料总热量保持与原来相近水平 1564千卡/公斤,结果鱼生长、体脂含量没有明显下降^[27]。Ringrose (1971)采用添加小麦粉等作为补充热能,得到相似的结果,其热能—蛋白质比(C/P ratio)为 75。日本鲑鳟饲料 C/P 比为 73,鳊鲡为 77.5,鲫鱼稍低些为 63。我们前述草鱼酶纤颗粒饲料 C/P 比为 108—109,均比上述高。这数值与湖泊中鱼类天然饵料等足类 *Pontoporeia* 很接近,*Pontoporeia* C/P 比为 105。但是,关于鱼类不同生长阶段的能需量的知识还相当贫乏,其不同生长阶段最合理的 C/P 比尚有待深入研究。这些问题在国外家禽饲料配方中是研究的比较普遍的,例如认为肉用鸡饲料 C/P 比应为 88—123,卵用鸡 C/P 比应为 123—136。这方面是值得研究鱼类饲料时借鉴的。

(4) 饲料粗纤维最适量 饲料中含有适量的粗纤维可能有助于蛋白质、脂肪的消化吸收。但是,如果饲料中粗纤维含量太多,不仅影响消化率,直接影响生长率下降。小笠原义光(1949)在金鱼研究中指出在蛋白质含量 40%的基本饲料中,粗纤维含量增加到 15%时,金鱼对蛋白质消化率略有下降,但是不十分明显,只有当粗纤维含量再增加时,才会影响金鱼的生长^[28]。增田(1949)研究了含纤维质饲料对幼鲤生长的影响,他用添加不同含量纤维素的饲料饲养幼鲤,结果当纤维含量增高达 30%时,生长率下降 5%左右^[24]。我们上述研究表明,幼草鱼对饲料总消化率随饲料粗纤维含量增加而降低。目前酶纤颗粒饲料粗纤维含量一般均在 30%左右,似乎偏高些,今后有必要降低粗纤维含量,以提高饲料品质。

(5) 饲料与产生脂肪肝的关系 酶纤颗粒饲料是否引起营养性脂肪肝病变,我们作了肝组织学的初步观察,投喂青草的幼草鱼肝脏红润,肝细胞索排列比较规则,肝细胞多呈多角形,细胞染成紫蓝色,细胞质有嗜碱性颗粒,其中可见少数小脂肪滴存在,肝组织正常。投喂 60%酶纤颗粒饲料,肝脏外观呈淡紫红色,肝细胞索排列较规则,肝细胞内充满嗜碱性颗粒,亦可见少数小脂肪滴,细胞核明显可见,肝组织基本正常。投喂麦粉饲料,肝脏呈乳黄色,肝实体近糜状,肝细胞肥大,显现不出细胞索规则排列,肥大的肝细胞中,仍可见明显的细胞核,但核外细胞质中充满大的脂肪滴,这与脂肪肝病变组织学特征十分近似,但还未达到肝细胞崩坏,核溶解那样严重程度。因此,单独使用麦粉饲料可能产生脂肪肝。

发生营养性脂肪肝的原因之一,可能是由于饲料糖类成份过高。一般低蛋白高淀粉的饲料或严重缺乏蛋氨酸的饲料容易发生脂肪肝病变。因为饲料中过量的糖通过体内三羧循环转变成为脂肪,脂肪大量浸润肝脏,且由于缺乏蛋氨酸,合成胆碱量不足,胆碱有抗脂肪肝作用,因为胆碱与肝脏中真脂合成磷脂,磷脂比真脂容易被氧化,容易被运出肝脏。所以,胆碱量不足时,浸润肝脏的真脂难以合成磷脂而运出肝脏,浸润的脂肪则散布于肝脏中形成微滴,则形成了脂肪肝。因此,在颗粒饲料配制中应注意适当增加动物性蛋白质,因为动物蛋白的蛋氨酸含量比植物蛋白高,一般植物蛋白质的蛋氨酸含量很低,甚至有的完全欠缺。由于我们配制酶纤颗粒饲料中注意了这问题,饲料组成中搭配了一定比例的动物蛋白,使氨基酸组成与鱼体较为一致,可能是这个缘故,我们配制的酶纤颗粒饲料饲养草鱼没有发生脂肪肝病变。

考 考 文 献

- [1] 中山大学动物学专业等,1978.酶纤混合颗粒饲料饲养鲢鱼种试验.中山大学学报3:116—122.
- [2] 廖翔华等,1979.鲢鱼酶纤颗粒饲料及鲢鱼营养代谢研究(简报).中山大学科研简报2:3—4.
- [3] 林鼎、毛永庆、蔡发盛,1979.鲢鱼种生长阶段蛋白质最适需要量的研究.水生生物学集刊7:2.
- [4] 轻工业部食品工业科学研究所分析研究室编著,1964.农副产品及野生植物主要成份分析法.中国财政经济出版社.
- [5] 陈丽筠、王忠炎、沈昭文,1957.氨基酸的定量滤纸层析法,Ⅰ.纯氨基酸.生理学报.21(3):317—323.
- [6] 陈丽筠,1958.氨基酸的定量滤纸层析法,Ⅲ.一对新的溶剂系统.生化学报1(1):9—11.
- [7] 郭祖超等,1965.医学与数理统计方法.人民卫生出版社.
- [8] 中国科学院数学研究所统计组编,1975.回归分析方法.科学出版社.
- [9] 中国科学院数学研究所统计组编,1977.方差分析方法.科学出版社.
- [10] 斯奈迪格,G·W·著,杨纪珂、汪安琦译,1964.数理统计方法.科学出版社.
- [11] 桥本芳郎编,1973.养鱼饲料学.恒星社厚生阁.
- [12] 川本信之等著,1965.鱼类的营养.养鱼学(水产全集22).恒星社厚生阁.
- [13] 小笠原义光,1949.鱼类的营养に関する研究Ⅱ. Cellulose 添加による蛋白消化率に就て.日本水产学会志.14(6):310.
- [14] 増田与、北野栄一,1949.纤维含有饲料の仔鯉の成長に及ぼす影响(予报)日本水产学会志.14(6)311.
- [15] 荻野珍吉、齐藤邦男,1970.鱼类的蛋白质营养に関する研究Ⅰ.コイにおける饲料蛋白质的利用.日本水产学会志.34(3):250—254.
- [16] 荻野珍吉、柿野纯、陈茂松,1973.鱼类的蛋白质营养に関する研究Ⅱ.コイにおける代谢性Nおよび内因性N排泄量について.日本水产学会志.39(5):519—524.
- [17] 荻野珍吉、陈茂松,1973.鱼类的蛋白质营养に関する研究Ⅲ.コイにおける饲料蛋白质的见かけの消化率および真の消化率.日本水产学会志.39(6):649—652.
- [18] 鸿巢章三、香取进一、太田良三、江口贞也、森高次郎,1956.鱼类肉蛋白のアミノ酸組成について.日本水产学会志.21(11):1163—1166.
- [19] 松本重一郎、石野芳雄、新井とみ子,1955.滤纸クロマトグラフによる蛋白质中の酸性アミノ酸の定量について.日本水产学会志.20(12):1105—1109.
- [20] 古川厚、冢原宏子,1966.养鱼饲料消化试验の指标物质としての酸化クロームの湿式定量法について.日本水产学会志32(6):502—506.
- [21] Arai, S., Nose, T. and Hashimoto, Y., 1972. Amino acids essential for the growth of eels, *Anguilla anguilla* and *A. japonica*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 38(7): 753—759.
- [22] Covey, C. B. and Sargent, J. R., 1972. Fish nutrition. *Adv. Mar. Biol.* 10: 383—492. *Academic Press, London and New York*.
- [23] Dabrowski, K., 1977. Protein requirements of grass carp fry (*Ctenopharyngodon idella* Val.). *Aquaculture*, 12:63—73.
- [24] De Long, D. C., Halver, J. E. and Mertz, E. T., 1958. Nutrition of salmonid fishes. VI. Protein requirements of chinook salmon at two water temperature. *J. Nutrition*, 63: 589—599.
- [25] Nail, M. L., 1962. The protein requirement of channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque). *Proc. S. E. Assoc. Game and Fish Comm.* 16: 307—316.
- [26] Ogino, C., Chion, J. Y. and Takeuchi, T., 1976. Protein nutrition in fish. VI. Effects of dietary energy sources on the utilization of protein by rainbow trout and carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 42: 213—218.
- [27] Phillips, A. M. Jr., 1969. Nutrition, digestion and energy utilization. 391—432. In Hoar, W. S. and Randall, D. J., (ed.) *Fish Physiology*. Vol. 1. *Academic Press, Inc.*, New York, N. Y.
- [28] Sugimura, K. Taira, M., Moshino, N. Ebisawa, H. and Nagahara, T., 1964. The amino acid content of fish muscle protein. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 20(6): 520—524.
- [29] Steel, R. G. D. and Torrie, J. H., 1960. principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Company Inc.

- [30] Zeitoun, I. H., Ullrey, D. E., Magee, W. T. Gill, J. L. and Bergen, W. G., 1976. Quantifying nutrient requirements of fish. *J. Fish. Res. Board Can.*, 33(1): 167—176.

EXPERIMENTS ON ENZYMATIC FIBER PELLETS USED AS FISH FEED AND PROTEIN REQUIREMENTS OF GRASS CARP (*CTENOPHARYNGODON* *IDELLUS C. & V.*)

Liao Xianghua Lin Ding Mao Yongqing and Cai Fasheng.
(*Ichthyology Laboratory, Zhongshan University*)

Abstract

Feeding Experiments were designed to measure the growth of grass carp fingerlings when fed with different proportions of enzymatic fiber meal containing 10—12% crude protein, mixed with other ingredients. Fiber was obtained from the waste of the sugar and paper manufacture industries. Experiments on food nutrition of fingerlings were replicated three times in six suspended 14 M² netcages, each stocked with 500—700 fingerlings, their weight ranging 2.42—9.90 gm. Results indicated that feeds containing 60% enzymatic fiber could substitute for the cereals which had been used by the traditional technique as staple food in fingerling culture. Field experiments were conducted in three 666 M² earthen ponds, each stocked with 3000 grass carp fingerlings for a period of 103 days. The pellet, composed of 60% enzymatic fiber and other ingredients and containing 19.15% crude protein level, yielded a 61.8—116% increase in production and saved 70% cereals as compared with the results secured in the control ponds in which fingerlings were fed solely with cereals. Pellets of the same composition were used in an area of 119 mu (1 mu = 666 M²) to feed commercial-sized fishes, their weight averaging 500 gm. The daily feed allowance approximated 1—2% the weight of the fish. The total fish yield after eight months was 62% higher than that of the previous year.

Protein requirements of the grass carp fingerlings: (1) the optimal protein level of the diet, determined by both methods of polynomial regression and parabolic curve, was found to be 22.77—27.66%. The protein efficiency ratio decreased with the increase in protein content of the diet according to the formula, $Y = 29.2786 - 0.52968 X$; (2) carcass analyses by the paper-chromatography method revealed 18 amino acids. Growth proved to be satisfactory when the composition of the pellet diet contained the essential amino acids. The growth rate exhibited a negative relation with the content of cellulose in the diet.