

# 应用放射性三氧化二铬测定鱼类对饵料的消化率

厦门水产学院养殖系饵料科研小组\*

为合理配制人工饵料提供理论依据,我们除根据饵料系数和养鱼效果来判断配合饵料的营养价值外,这两年还从鱼类营养生理方面研究了饵料的营养成份和鱼类对人工配合饵料的消化率。

测定饵料消化率主要用体外、体内试验法。体内试验法又分直接和间接测定法。直接法必需准确计算饵料摄取量和粪便排出量,在鱼类这是比较困难的。间接法就是在饵料中均匀混合氧化铬等指标物质,再根据饵料和粪便中指标物质与营养成份的比例,求出消化率。此法无需测定饵料摄取量和粪便排出量,同时在流水的情况下也能测定,在鱼类营养生理研究中已被广泛采用。指标物质必须具备下述条件:(1)在消化道内不被吸收,(2)能和饵料一道在消化道内移动,(3)对生物体无害,(4)不妨碍消化吸收。如三氧化二铬、硫酸钡、氧化铁、木质素等。现应用较多的是三氧化二铬。下面我们着重介绍和评述利用放射性三氧化二铬测定鱼类饵料消化率的方法。

## 材料和 方法

(一) 试验用  $\text{Cr}_2^{3+}\text{O}_3$  由中国科学院原子能研究所供应,使用时的比放射性强度为 4 毫居里/克。饵料中  $\text{Cr}_2^{3+}\text{O}_3$  的比放射性强度约为 20 微居里/100 克。

(二) 试验饵料的配制

试饵 I: 50% 牛粪 + 50% 豆饼粉

试饵 II: 80% 牛粪 + 20% 豆饼粉

牛粪晒干后粉碎,原料皆经 45 目铜筛过筛。

$\text{Cr}_2^{3+}\text{O}_3$  与饵料采用“逐级混合法”,即先用少量原料与  $\text{Cr}_2^{3+}\text{O}_3$  混合均匀,再逐次少量加入原料,不断混合,致使  $\text{Cr}_2^{3+}\text{O}_3$  与所有原料混合均匀,然后加入粘合剂(4% 羧甲基纤维素)和适量水,搅拌,经成型机械制成颗粒饵料,烘干,待用。

(三) 试验用鱼的规格与饲养

每组 5 尾非洲鲫鱼,平均体重 52 克。鱼放在水族箱中,用曝气后的自来水进行流水式饲养,放养密度为 3.5 克/升,试验期间水温 25—30°C。

鱼先于水族箱中驯养习惯,停食二天,饲喂含指标物质之试验饵料,连喂三天后取粪。每日投饵量为鱼重的 4%。

(四) 粪便的收集

粪便用吸管吸取,小心放入网匙内,徐徐离开水

面,再将粪便移至筛绢上,滤干,烘干,供生化分析和测定用。但须注意,粪便一定要随排随取,且要烘干后仍成型的,以免内含物散失。

(五) 测定方法

饵料和粪便中氮的含量用凯氏法测定。

$\text{Cr}_2^{3+}\text{O}_3$  用井型闪烁探头测定。

(六) 蛋白质消化率的计算

利用指标物质随饵料通过消化道不被吸收的特点,通过测定分别求出饵料及粪便中指标物质和蛋白质之间的比例关系(如图 1 所示),再根据下列公式求消化率。



图 1 利用  $\text{Cr}_2^{3+}\text{O}_3$  测定消化率示意图

蛋白质消化率 =

$$= \left( 1 - \frac{\text{粪中蛋白质质量}(\%) / \text{Cr}^{3+} \text{量}(\text{单位重量脉冲数})}{\text{饵料中蛋白质质量}(\%) / \text{Cr}^{3+} \text{量}(\text{单位重量脉冲数})} \right) \times 100\%^{**}$$

## 结果和 讨论

(一) 关于试验方法的结果和讨论

国内尚未见到用放射性三氧化二铬做消化率试验的报道,国外文献中也只见到很简单的叙述,现根据试验结果在方法上进行一些讨论。

1. 关于指标物质和饵料均匀混合及其判断指标

用间接法测定消化率,欲获准确结果,必须使指标物质和饵料尽量均匀混合。我们曾用非放射性三氧化二铬做指标物质进行试验,在用二苯基二氨基脲法测定含铬量时,试料中含铬量变动较大。这是由于指标物质和饵料本身没有混合均匀,还是在测定过程中引起的误差呢?当时难于区别。用非放射性三氧化二铬做指标物质时,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  的含量一般是 2%, 而用放射性

\* 参加此工作的有我院养殖系淡水渔业 74 级学员曾祥胜、凌爱珍、高幼兰、黄宝善、贾建三、陈建宁同志。

\*\* 此式由消化率的基本公式:

$$\text{消化率} = \frac{\text{摄取营养成份量} - \text{排出营养成份量}}{\text{摄取营养成份量}} \times 100\%$$

演变而来。

三氧化二铬做指标物质时, 指标物质和饵料的重量比就更小, 在这次试验中约为  $1/2 \times 10^4$ 。在比例如此小的情况下, 采用“逐级混合法”, 能否使指标物质和饵料充分均匀混合, 可根据数理统计结果判断 (表 1)。

表 1 饵料中  $Cr^{51}$  含量测定结果

样品名称	编号	样品重 (克)	样品脉冲数 (脉冲数/分)	单位重量脉冲数 (每分钟脉冲数/100毫克)	
				各别 ( $X_i$ )	算术平均值 ( $\bar{X}$ )
试饵 I	1	0.1075	7,994	7,436	7,663
	2	0.1132	8,390	7,412	
	3	0.0882	6,835	7,749	
	4	0.1036	8,120	7,838	
	5	0.1061	8,251	7,777	
	6	0.0962	7,471	7,766	
试饵 II	1	0.1041	8,731	8,387	8,742
	2	0.0917	8,123	8,859	
	3	0.1164	10,306	8,854	
	4	0.1013	8,877	8,763	
	5	0.1189	10,576	8,895	
	6	0.0925	8,041	8,693	

表 1 中各组饵料单位重量脉冲数的算术平均值 ( $\bar{X}$ ), 反映了该组饵料中  $Cr^{51}$  分布的平均水平。各个样品单位重量脉冲数的离均差 ( $X_i - \bar{X}$ ), 反映指标物质在饵料中波动的情况, 但它只反映绝对波动的大小; 而放射性强度 (含量) 较大的饵料绝对误差一般较大, 放射性强度较小的饵料绝对误差一般较小, 因此应考虑相对波动的大小, 以判断指标物质在饵料中的均匀程度。我们在工作中用数理统计上的不匀率 ( $CV$ ) 做为判断指标。

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \quad (S \text{ 为标准差})$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

以试饵 I 为例:

$$\begin{aligned}
 s &= \sqrt{\frac{1}{6-1} \sum_{i=1}^6 (X_i - \bar{X})^2} \\
 &= \left\{ \frac{1}{5} [(7436 - 7663)^2 + (7412 - 7663)^2 + (7749 - 7663)^2 + (7838 - 7663)^2 + (7777 - 7663)^2 + (7766 - 7663)^2] \right\}^{1/2} \\
 &= \left\{ \frac{1}{5} [(-227)^2 + (-251)^2 + (+86)^2 + (+175)^2 + (+114)^2 + (+103)^2] \right\}^{1/2} \\
 &= \sqrt{\frac{1}{5} (51529 + 63001 + 7396 + 30625 + 12996 + 10609)} \\
 &= \sqrt{35231} \\
 &= 187.7
 \end{aligned}$$

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{187.7}{7663} = 0.025$$

试饵 II 的  $CV = 0.022$

$CV$  越小, 表示指标物质和饵料混合得越均匀。根据我们两年来的试验,  $CV$  一般很难小于 0.01, 故一般  $CV$  控制在 0.03 以下, 即达到了试验要求。

由于用放射性同位素法测定含铬量灵敏度高, 而且测定方法简便 (只需称重和计数), 故每次试验时, 均可测定不匀率, 以判断指标, 物质和饵料是否混合均匀, 保证试验结果的准确性。

2. 关于取粪方法和判断粪便中内容物散失指标的问题

用间接法测定鱼类对饵料的消化率, 还必需尽量避免粪便中指标物质和残存营养成分的散失。其关键在于正确使用取粪方法。现常用的有: 随取法 (取自然排入水中的粪便), 压迫法 (压迫腹部取粪), 切取法 (剖开肠道末端取粪) 和挂袋法 (肛门挂袋取粪) 等, 但以“随取法”效果较好。

长江水产研究所养殖室饵料组对草鱼粪便进行了形态观察, 认为草鱼粪便有粘膜状附着物包围, 只要不使粪便破散, 便可得较好结果。

我们在粪便烘干后, 称取样品再测脉冲数, 试图根据试验数据 (表 2) 来判断粪便内食物是否明显散失。

表 2 粪便中  $Cr^{51}$  含量测定结果

样品名称	编号	样品重 (克)	样品脉冲数 (脉冲数/分)	单位重量脉冲数 (每分钟脉冲数/100毫克)	
				各别 ( $X_i$ )	算术平均值 ( $\bar{X}$ )
试 I 粪	1	0.0564	6,125	10,859	11,355
	2	0.0449	5,328	11,866	
	3	0.0686	7,803	11,375	
	4	0.0567	6,652	11,732	
	5	0.0512	5,608	10,953	
	6	0.0483	5,478	11,342	
试 II 粪	1	0.0669	6,761	10,106	10,344
	2	0.0620	6,135	9,895	
	3	0.0623	6,732	10,805	
	4	0.0450	4,684	10,409	
	5	0.0500	5,211	10,422	
	6	0.0375	3,909	10,424	

试 I 粪和试 II 粪的样品都是用随取法而得的, 但从粪便排出到取出滤干的时间间隔不尽然相同, 而先放在筛绢上滤干的粪便会不断地受到随后加上的粪便带来的水所“冲洗”, 若粪便中指标物质散失明显, 那么各样品单位重量脉冲数的离均差就会增大, 这就必然使粪便中指标物质的不匀率比原有饵料中指标物质不匀率明显增高。

据两年来的实践,我们认为粪便中指标物质与相应饵料中指标物质的不匀率之差应控制在0.01或0.015以下。

据表2中所列数据换算出的“试I粪”和“试II粪”中指标物质的不匀率为0.035和0.030,它们分别比试饵I和试饵II的不匀率高0.01和0.007,这表明正确使用“随取法”取粪,不致于引起粪便内含物明显散失而造成试验误差。

用放射性三氧化二铬做指标物质测定鱼类对饵料的消化率,方法简便,结果可靠,只需少量试样即可测定,但需要一定的仪器设备和实验室条件。

## (二) 关于饵料消化率的结果和讨论

据报道尽管鱼类的食性和消化器官各不相同,但对饵料中蛋白质的消化吸收能力均相当高。对动物性蛋白源的消化率多在80%以上。对植物性蛋白源,若蛋白质含量较高,消化率也较高。如鲤鱼对大豆(粗蛋白含量为33.2%)蛋白质的消化率为81%,对花生饼(粗蛋白含量为36.3%)蛋白质的消化率为85%。但

饵料中蛋白质含量低,其消化率则较差。在我们这次试验中也可看出类似结果。

福州市水产科技站用牛粪+豆饼混合饵料饲养非洲鲫鱼,获得月产12公斤/米<sup>3</sup>的好成绩,50%牛粪+30%豆饼+20%米糠混合饵料的饵料系数为3.8,80%牛粪+20%豆饼混合饵料的饵料系数为4.5。饵料消化率测定结果(表3)表明牛粪+豆饼混合饵料能被非洲鲫鱼正常消化吸收,也表明了两组不同混合饵料饵料系数不同的原因。

表3 饵料消化率的测定结果

饵料名称	饵料		粪便		蛋白质消化率
	Cr <sup>51</sup> 比放射性(每分钟脉冲数/100毫克)	蛋白质含量(%)	Cr <sup>51</sup> 比放射性(每分钟脉冲数/100毫克)	蛋白质含量(%)	
试饵—I	7,663	30.28	11,355	8.69	80.64
试饵—II	8,742	17.79	10,344	7.70	63.43