

鲤鱼饲料必需氨基酸与 养殖效果相关性的探讨*

湖北省水产研究所 吴遵霖 张汉华 李金忠
京山县水产研究所 沈德长

饲料蛋白质营养对提高鲤鱼生产力具有决定性影响。许多试验表明,鱼体蛋白质中的缬氨酸、色氨酸、苯丙氨酸等10种必需氨基酸必须由饲料供给,饲料的营养价值与养殖效果,决定于饲料蛋白质必需氨基酸的组成与比率。探求鲤鱼必需氨基酸与其养殖效果的相关性,对于评定或预测饲料蛋白质营养价值,进而改进配方,提高鲤鱼生产力与经济效益,无疑具有重要意义。

国外在畜禽饲料研究中使用“化学值”法测定饲料必需氨基酸指数(EAAI)、蛋白价(PV)、必需氨基酸比例(CS),并用预测值与标准蛋白质(参考蛋白质)必需氨基酸进行比较,用所得的化学值评定或预测饲料蛋白质的营养价值。在鱼类饲料研究中,国外仅见有零星报道,而国内却尚未见到报道。作者等在1983~1985年鲤鱼饲料配方研究中曾对鲤鱼饲料必需氨基酸与其养殖效果的相关性进行了初步探讨,并以此运用于养殖前预测各种配方饲料营养价值和养殖效益,以期提高鲤鱼饲料效率及降低成本,结果收效良好。

一、材料与方法

试验鱼为1冬龄鲤鱼,主要品种为普通

鲤。受试饲料经烘干粉碎后随机取样,用盐酸水解法、日立835-50型氨基酸自动分析仪测定除色氨酸以外的必需氨基酸含量。鱼肉蛋白必需氨基酸是将鲤鱼背部与体侧全部肌肉捣碎烘干后混合取样,亦用同法同机分析测定。鸡全卵蛋白必需氨基酸含量和鲤鱼必需氨基酸的需要量均引自资料。四种化学值计算式为:

$$\text{必需氨基酸比例} = \frac{\text{必需氨基酸}}{\sum \text{氨基酸}} \times 100\%$$

$$\text{EAAI} = \sqrt[n]{\frac{100A^1}{B^1} \cdot \frac{100A^2}{B^2} \cdots \frac{100A^n}{B^n}}$$

$$\text{或 } \lg \text{EAAI} = \frac{1}{n} \sum \lg \frac{100A^i \cdot 2 \cdots n}{B^i \cdot 2 \cdots n}$$

式中,①A为受试蛋白(饲料蛋白)必需氨基酸,B为标准蛋白(鸡全卵蛋白)必需氨基酸;②因盐酸水解破坏了色氨酸,故n为9;③当 $\frac{100A^i \cdot 2 \cdots n}{B^i \cdot 2 \cdots n} > 100$ 时,以100计。

$$\text{蛋白价} = \frac{\text{受试蛋白(饲料)限制性氨基酸(氨基酸)}}{\text{标准蛋白(鱼肉)限制性氨基酸(氨基酸)}} \times 100\%$$

$$\text{必需氨基酸供求比} = \frac{\text{鲤鱼营养必需氨基酸}}{\text{受试饲料蛋白必需氨基酸}}$$

$$\text{必需氨基酸化学评分} = \frac{1}{\text{必需氨基酸供求比}}$$

式注:当供求比>1.5时(或化学得分<66.6分),表示该氨基酸缺乏,供不应求。

求出四种化学值后,结合饲料成本与养

* 本文承华中农业大学冯承敏教授审阅;蔡培军、黄吟、何世强、任洁、程传国等部分试验工作,谨此鸣谢。

与池养综合比较, 预测饲料的产量效益, 并经过鲤鱼养殖试验结果, 进行饲料必需氨基酸化学值相关性分析与回归分析, 验证预测结果。

养殖试验共6批次。1983年两批次, 各池出一组配方, 分别在京山县惠亭水库网箱与省水产所水泥池进行; 1984年两批次, 在惠亭水库网箱与省水产所网箱和池塘中进行; 1985年在天门县东湖渔场池塘中进行。每年度各批次中试验鱼种的投放规格、密度、品种、饲养期以及水质等养殖条件一致, 第一、三、四批次养殖条件相近。

养殖效果用饲料效率、饵料系数、增重倍数、每公斤鱼饲料蛋白消耗与饲料成本衡量。计算式为:

$$\text{饲料效率} = \frac{\text{增重量}}{\text{投饵量}} \times 100\% = \frac{1}{\text{饵料系数}}$$

$$\text{增重倍数} = \frac{\text{收获鱼总重}}{\text{投放鱼总重}}$$

$$\text{公斤鱼饲料蛋白消耗} = \text{饵料系数} \times \text{饲料蛋白含量} \times 1000 \text{ 克}$$

(据表与回归分析计算式略)

表 1 饲料简要配方与概略营养成分(%)

配 方 号	简 要 配 方					概 略 营 养 成 分 (干 物 重)							
	动物蛋白 料	植物蛋白 料	能 量 料	粗饲料	添加剂	粗蛋白 质	粗脂肪	粗纤维	消化能 (兆卡/公斤)	能 量 蛋 白 比	粗纤维 能 量 比	动植物 蛋 白 比	
23—1	0	50	40	8	2	25.9	6.0	4.07	3.42	135.0	74.3	0	
25—1	10	40	50	15	2	30.1	5.7	8.76	3.23	167.3	78.9	1/5	
27—1	20	30	50	18	2	30.8	7.0	10.23	3.25	105.4	72.0	1/2.0	
28—2	15	50	22.5	0	2.5	36.3	3.2	5.8	3.43	80.8	76.2	1/4.2	
29—2	15	50	22.5	0	2.5	36.6	2.8	14.1	3.11	84.5	87.4	1/4.1	
32—2	15	50	22.5	0	2.5	34.5	3.5	10.3	3.22	92.5	69.8	1/3.6	
34—2	10	54	25	0	1	31.48	6.10	7.62	3.31	108.0	59.7	1/4.5	
37—2	10	40	33	15	2	33.66	6.54	7.01	3.63	104.4	65.5	1/6.6	
38—基	12	40	35.5	10	2.5	28.6	6.11	7.42	3.64	102.7	63.4	1/4.5	
39—基	5	50	22.5	20	2	36.2	1.44	7.07	2.96	81.2	70.0	1/7.0	
40—成Ⅱ	10.5	42.5	28.0	10	2	27.3	1.88	11.88	2.94	107.9	61.5	1/3.2	

注: ①添加剂为常用矿物质、维生素、食盐等; ②消化能为计算值。

二 结果与分析

1. 饲料配方与营养成分分析

试验饲料配方共11种, 配方原则是在基本满足鲤鱼营养需要的前提下, 以求低成本、高效益。蛋白饲料选用蚕蛹、鱼粉、棉饼、菜饼, 能量饲料选用糠麸、稻谷、玉米以及酒糟、鲜猪粪等。各饲料配方简要成分及概略营养成分测定值见表1。

表1中所列各饲料配方粗蛋白质含量为25.9%~38.3%, 消化能3.2兆卡/公斤左右, 能量蛋白比(C/P)为100左右, 动植物蛋白比1:2.0~7.0, 氨基酸能量比(A/E)75左右, 饲料蛋白水平与能量浓度与日本学者竹内俊郎(1979)、村井武四(1984)等研究的鲤成鱼饲料的结果(最适蛋白量31%左右, 能量3.1~4.6兆卡/公斤, C/P 97~116, A/E 73~93.8)基本吻合。

表2是各饲料配方氨基酸分析测定的结果。作为标准蛋白的氨基酸含量, 池养鲤鱼肉为实测值, 鸡全卵与鲤鱼必需氨基酸需要量据A. A. Aibaune(1957)与Nose(1979)。表中酪氨酸与胱氨酸是非必需氨基酸, 由于

互补作用, 酪氨酸可补充苯丙氨酸之不足, 胱氨酸可补充蛋氨酸之不足, 故两值一并计算。

2. 必需氨基酸化学值的计算与饲料营养价值及养殖效益的预测

表 2

氨基酸分析结果

[illegible]

Year	Cost
1990	1.5
1991	1.5
1992	1.5
1993	1.5
1994	1.5
1995	1.5
1996	1.5
1997	1.5
1998	1.5
1999	1.5
2000	1.5
2001	1.5
2002	1.5
2003	1.5
2004	1.5
2005	1.5
2006	1.5
2007	1.5
2008	1.5
2009	1.5
2010	1.5
2011	1.5
2012	1.5
2013	1.5
2014	1.5
2015	1.5
2016	1.5
2017	1.5
2018	1.5
2019	1.5
2020	1.5
2021	1.5
2022	1.5
2023	1.5
2024	1.5
2025	1.5
2026	1.5
2027	1.5
2028	1.5
2029	1.5
2030	1.5
2031	1.5
2032	1.5
2033	1.5
2034	1.5
2035	1.5
2036	1.5
2037	1.5
2038	1.5
2039	1.5
2040	1.5
2041	1.5
2042	1.5
2043	1.5
2044	1.5
2045	1.5
2046	1.5
2047	1.5
2048	1.5
2049	1.5
2050	1.5
2051	1.5
2052	1.5
2053	1.5
2054	1.5
2055	1.5
2056	1.5
2057	1.5
2058	1.5
2059	1.5
2060	1.5
2061	1.5
2062	1.5
2063	1.5
2064	1.5
2065	1.5
2066	1.5
2067	1.5
2068	1.5
2069	1.5
2070	1.5
2071	1.5
2072	1.5
2073	1.5
2074	1.5
2075	1.5
2076	1.5
2077	1.5
2078	1.5
2079	1.5
2080	1.5
2081	1.5
2082	1.5
2083	1.5
2084	1.5
2085	1.5
2086	1.5
2087	1.5
2088	1.5
2089	1.5
2090	1.5
2091	1.5
2092	1.5
2093	1.5
2094	1.5
2095	1.5
2096	1.5
2097	1.5
2098	1.5
2099	1.5
2100	1.5

饲料必需氨基酸化学值与成本

项		目	81—I	82—I	83—I	83—II	83—III	83—IV	84—I	84—II	84—III	84—IV	85—I
必需氨基酸组成(CS(%)			45.8	44.16	45.53	44.71	45.32	45.94	42.91	43.54	39.13	44.86	40.8
必需氨基酸组成(AAI)			20.24	21.05	20.37	21.11	22.32	19.85	22.27	18.10	20.6	21.71	20.43
蛋白质 PS(%)			22.6	45.3	43.1	39.6	41.4	43.4	43.4	40.6	47.2	55.7	52.8
必需 氨基酸	供求比总和		10.92	10.23	10.50	8.04	9.86	11.41	9.95	12.14	12.7	9.97	12.8
	化学评分总和		708	766	756	811	787	736	738	689	747	702	737
必需氨基酸	供求比>1.8或 化学评分<60.7		3	1	1	1	1	2	2	3	1	1	1
必需氨基酸	氨基酸种类		赖氨酸 蛋氨酸	赖氨酸 色氨酸 缬氨酸 苯丙氨酸	赖氨酸 色氨酸 缬氨酸 苯丙氨酸	赖氨酸 色氨酸 缬氨酸 苯丙氨酸	赖氨酸 色氨酸 缬氨酸 苯丙氨酸	赖氨酸 色氨酸 缬氨酸 苯丙氨酸	赖氨酸 色氨酸 缬氨酸 苯丙氨酸	赖氨酸 色氨酸 缬氨酸 苯丙氨酸	赖氨酸 色氨酸 缬氨酸 苯丙氨酸	赖氨酸 色氨酸 缬氨酸 苯丙氨酸	赖氨酸 色氨酸 缬氨酸 苯丙氨酸
饲料成本(元/公斤)			13.46	17.60	22.00	21.40	18.04	17.30	17.70	17.00	16.30	15.00	13.00
营养价值及利用率比较			高	低	良	差	良	差	差	差	优	优	良

表 3 中计算出各饲料必需氨基酸四项化学值与饲料成本, 以此为依据筛选了各配方营养液的最佳氨基酸量。

必需氨基酸比例 (CS) 表明了必需氨基酸与脂肪及碳水化合物含量的关系。H. & Taylor 认为“在苏里南河内代商过量的必需氨基酸, 必需氨基酸与脂肪的比

例关系具有重要作用”。非必需氮不足,势必会消耗必需氮。各配方中C:S比例(1):1.45=1:1.51%,似以大者为优。

必需氨基酸组氨酸 (HAI) 是鱼类必需的营养必需氨基酸之一, 不可或缺。目前普遍认为: 虹鳟的生长同饲料蛋白质中的 HAI 摄入量呈正相关关系, Overman 提出虹鳟饲料

生物价与EAAI的相关式为: 生物价 $=1.09$
EAAI -11.73 。本试验受试饲料 EAAI 为
18.1~24.3, 与标准蛋白 (EAAI $=22.91$)
相距不远。

鱼类饲料蛋白中任何一种必需氨基酸的
过剩或不足都是不佳的。严重不平衡往往导
致鱼类生长停滞。饲料中的限制性氨基酸限
制了对其它必需氨基酸的利用。蛋白价就反
映了对饲料必需氨基酸利用的程度。因此蛋
白价越高, 利用程度就越高。

表3中前三种化学值从各个侧面反映了
必需氨基酸利用的有效程度, 而每种必需氨
基酸是否满足需要则无法反映。必需氨基酸
供求比则从每种必需氨基酸的含量出发, 分
析饲料蛋白必需氨基酸所能满足鱼类需要的
程度, 在数值上相当于畜禽饲料研究中“氨
基酸评分”的倒数, 这是作者等的一种尝试。
鱼类必需氨基酸需要量确定准确与否, 是供
求比分析正确与否的关键。表3中各饲料的
供求比总和与大于1.5的必需氨基酸种类表
明, 各配方都缺乏赖氨酸, 由于它脱氨后不能
复原, 所以任何其它氨基酸都不能代替它。其
次83-I、84-II、83-陈还缺乏蛋氨酸,
83-莱、83-陈还缺乏苏氨酸。这三种必需
氨基酸是这些配方的限制性氨基酸。

根据以上四种化学值分析, 再结合饲料
的成本与来源综合评定, 作者等预测83-II、
84-基、84-莱与85-成II四种配方具有营
养价值较高, 成本低廉的优点, 可望在网箱
单养与池塘主养鲤鱼中获得良好的效益。

3. 养殖试验结果与分析

饲料营养价值的预测只有通过养殖试验
才能最终评定配方的优劣。

表4是各种配方的养殖结果, 可以看出,
83-II、84-基、84-莱、85-成II四种配
方无论是增重倍数, 饲料效率与系数, 还是
饲料蛋白消耗与成本, 均优于其它配方(84-I
虽因放养密度大而产量高, 但饲料效益并

不高)。特别是83-II配方, 在第一批高产
试验箱中, 16平方米网箱产鲤1,233.4公斤,
获得单产77.1公斤/平方米(净产每平方米
60.4公斤)、增重7.3倍, 饵料系数1.08, 饲
料蛋白消耗为543克/公斤鱼, 公斤鱼饲料成
本0.68元的好成绩。84-基与85-成II配方
在池塘主养鲤鱼试验中, 获亩净产558.9~
580.4公斤, 优质鱼占68.6%~84%, 增重8.7
~9.2倍, 饵料系数1.6~1.93, 亩获纯利
772.30~1,203.71元。无论是网箱单养还
是池塘主养鲤鱼, 这三种配方的养殖效果都
是国内的新纪录。显然, 养殖试验的实际效
果与本项研究养殖前预测结果是相一致的,
提示出鲤鱼饲料蛋白应必需氨基酸与养殖效
果具有直线相关关系。

然而需说明的是, 由于受各种养殖条件
下的复杂生态因子的影响, 饲料必需氨基酸
某一化学值不可能完全绝对决定养殖的效
果, 所以不能一成不变地单取某一化学值作
为预测或评价饲料的模式。如表4中83-II
与83-陈本是同一配方, 在同一本库网箱养
殖, 由于是两年, 饲料来源、质量不同, 效
果就差距很大。即使同一批同一配方, 如
83-II配方对比箱与83-II高产试验箱、
84-基1984年在网箱与1985年在池塘试验,
养殖效果就差别较大。

4. 相关与回归分析

为计算准确起见, 首先将条件相同的第
一批作为一个总体进行分析, 然后选择养殖
条件相近的第一、三、四批的7种配方作为
一个总体进行分析。

(1) 蛋白价(PV)与饲料效率相关
关系

第一批相关系数 $r=0.99$, 第二、三、
四批相关系数 $r=0.98$, 表明四批间有完全
紧密的相互关系。方程式分别为,

$$1.04 \text{ 饲料效率} = 0.0001 \text{ 蛋白价} + 0.0001$$

$$2. \text{ 饲料效率} = 0.0001 \text{ 蛋白价} + 0.0001$$

表 4

养 殖 试 验 结 果

批 次		一 批			二 批			三 批		四 批		五 批	六 批
试 验 处 所		网 箱			水 泥 池			网 箱		网 箱		池 塘	流 沟
配 方 号		83—I	83—II	83—III	83—IV	83—V	83—VI	84—I	84—II	84—III	84—IV	84—V	85—VI
养 殖 条 件	面 积 (平方米)	16	16	16	1	1	1	16	16	40	40	600	8000
	养 殖 天 数	62	62	62	51	51	51	51	51	58	58	159	221
	平均溶氧 (毫克/升)	4.8	4.8	4.8	2.6	2.6	2.6	5.2	5.2	3.4	3.4	3.4	3.8
放 苗	尾 数	1,229	1,250	1,272	40	40	40	1,022	2,040	130	130	1,572	11,620
	尾 重 (克)	40	38	40.5	10	10	10	50	50	28	24.5	30	51.5
	密度 (公斤/平方米)	3.08	2.99	3.24	0.40	0.38	0.37	5.08	5.79	0.09	0.08	0.12	0.09
测 量	总 重 (公斤)	40.15	47.30	51.76	0.40	0.38	0.37	50.05	52.05	3.01	3.08	47.75	597.71
	投 饲 总 重 (公斤)	443.2	516.3	619.5	0.98	0.84	0.95	1004.1	975.3	21.4	21.2	847.6	7223.3
	平均投饲率 (%)	4.7	3.6	3.4	3.0	3.5	4.2	3.8	4.2	4.1	4.1	1.8	9.8
收 获	收获总重 (公斤)	135.8	243.8	273.5	0.80	0.57	0.51	305	422.5	14.85	14.05	300.15	5,226
	尾 重 (克)	130	230	235	15	11	13	262.5	300.5	115	110	236	474.1
	增 重 倍 数	3.2	3.5	3.5	1.8	1.6	1.4	5.2	5.6	5.1	5.2	8.4	6.2
生 产	净产量 (公斤)	108.8	220.8	229.8	0.2	0.21	0.15	412.7	333.8	11.3	11	223.9	5,226
	单产 (公斤/平方米)	6.8	13.8	14.4	0.2	0.21	0.15	25.8	20.9	0.3	0.3	0.87	0.65
	饵料系数	4.08	2.24	2.25	4.01	4.08	6.27	2.45	2.95	1.88	1.62	1.6	1.9
效 率	饵料效率 (%)	24.5	42.7	31.4	20.4	24.5	15.7	41.2	34.2	53.2	52.1	82.75	51.3
	饲料蛋白系数 (克/公斤)	1000.0	648.6	633.6	1729.8	1330.1	2020.6	632.3	857.3	409.9	355.7	425	432.7
	公斤鱼需饲料率 (克)	0.09	0.40	0.42	1.12	0.73	1.13	0.43	0.50	0.31	0.23	0.27	0.40

$t_1=4.6$, 显著性水准 $p_1<0.005$; $t_2=6.4$, $p_2<0.01$; 相关极显著。

(2) 供求比总和与增重倍数相关关系
第一批相关系数 $r=-0.9$, 表明两值间有完全紧密的负相关关系。方程式为:

① 增重倍数 $=38.60-3.10 \times$ 供求比

$t_1=2.06$, 显著性水准 $p<0.1$, 相关不显著。

第一、三、四批相关系数 $r=-0.7$, 表明两值间有紧密的负相关关系。方程式为:

② 增重倍数 $=10.24-1.15 \times$ 供求比

$t_2=2.19$, 显著性水准 $p<0.05$, 相关较显著。

(3) 必需氨基酸指数与饵料系数的相关关系

第一、三、四批相关系数 $r=-0.61$, 表明两值间有中等程度负相关关系。方程式为:

① 饵料系数 $=32.03-1.42 \times$ 必需氨基酸指数

$t_1=1.54$, 显著水准 $p<0.02$, 相关不显著。

第一、三、四批相关系数 $r=-0.4$, 表明两值有中等程度负相关关系。方程式为:

② 饵料系数 $=7.07-0.22 \times$ 必需氨基酸指数

$t_2=0.08$, 显著性水准 $p<0.1$, 相关不显著。

(参考文献略)