

# 生长期中华鳖饲料适宜能量、 蛋白质水平及必需氨基酸模式的研究

何瑞国 毛学英<sup>1</sup> 王玉莲 马立保

(华中农业大学牧医学院, 武汉 430070)

(河北农业大学动物技术学院, 保定市 071001)<sup>1</sup>

**摘要** 以150g左右的170只中华鳖为试验动物,随机分为17个组。以饲料能量、蛋白质水平为试验因素,采用2因子5水平的回归正交旋转组合设计得到9个试验饲料营养组合,与16个组试验动物相对应,进行60d饲养试验。试验结果,第9~16组鳖日增重2.22g/d极显著地高于其它试验组( $p < 0.01$ ),比增设的对照组1.38g/d高60.87% ( $p < 0.01$ ),其饲料系数为1.43,较其它组低12.27%~45.00%,较对照组(1.97)低27.41%。结果表明,9号饲料能量16.28MJ/kg、蛋白质42.49%水平及其必需氨基酸模式适宜于生长幼鳖的营养需要,肌肉RNA/DNA值与饲料营养水平和日增重有高度的正相关关系。

**关键词** 中华鳖, 蛋白质, 能量, EAA模式

## Study on the optimal levels of energy, crude protein and essential amino acid model of diets for growing turtle

He Ruiguo Mao Xueying<sup>1</sup> Wang Yulian Ma Libao

(Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070)

(Department of Animal Science and Technology, Hebei Agricultural University, Baoding 071001)<sup>1</sup>

**ABSTRACT** Using two-factor, five-level, orthogonal regression rotational combination design, 170 turtles with an average initial weight of 150g, were randomly divided into 17 groups (one control and 16 treatments) in feeding trial for 60d to study the optimal levels of energy, crude protein (CP) and essential amino acid (EAA) model. Average daily gain (ADG) of group 9-16 (2.22g/d) was significantly higher ( $p < 0.01$ ) than those of the others, and 60.87% higher ( $p < 0.01$ ) than the control (1.38g/d). Compared with the control and other treatments, FCR of group 9-16 was 1.43, 27.41% and 12.27% - 45.00% lower, respectively. It is concluded that the levels of energy (16.28MJ/kg), CP (42.49%) and EAA model of the ninth diet were suitable to nutrient requirement of growing turtle. There was a strongly positive correlation between RNA to DNA ratio of turtle muscle and nutrient level and daily gain.

**KEYWORDS** turtle (*Trionyx sinensis*), protein, energy, EAA model

鳖营养需要的研究比鱼类要迟,比陆生动物更晚。日本在70年代开始重视鳖的养殖和繁殖方面的研究,80年代重视营养需要的研究。我国对鳖的养殖、繁殖、配合饲料和营养需要的研究比日本要晚一

国家“八五”重点科技攻关资助项目[特种(产)动物(香猪、狸、貂、鹿、甲鱼、实验鼠、兔)营养参数及饲料配制技术], 85-16-02-05号。

第一作者简介:何瑞国,1941年11月生,男,教授。Tel:027-87391079

收稿日期:2000-01-05

步。国内对鳖营养的研究多重在能量蛋白质方面,对氨基酸的营养需要研究少见报道。湖北是千湖之省,近些年来产鳖量大,1996年产量达4 344吨,仅次于江西和福建,而超过广东、安徽、江苏、河南等省。但对鳖的营养需要的研究仍处于起步阶段。和日本一样,国内基本上是生产走在研究之前。本文旨在国内外已有研究的基础上<sup>[1~6]</sup>,结合幼鳖饲料适宜能量、蛋白质水平的研究,进一步探索日粮必需氨基酸模式,为按氨基酸需要来配制饲料,制定鳖的饲料标准和饲养标准提供必要的科学根据与参数。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验动物与试验设计

试验在湖北省罗田县三里贩镇地热养殖场进行。选择该场上年9月孵化出壳、体格健壮、裙边肥厚、采食活跃、体重 $151.0 \pm 2.0$ g的幼鳖170只随机分为17个组,每组10只,雌雄均匀搭配,组间体重差异不显著( $p > 0.05$ ),进行60d的饲养试验(7月20日~9月19日)。

### 1.2 试验日粮配方设计

试验日粮由白鱼粉、秘鲁鱼粉、豆粕、啤酒酵母粉、面粉、泰花牌 $\alpha$ -淀粉、玉米油(拌合时用)、食盐、磷酸氢钙、石粉和专用复合预混料等组成。以饲料的蛋白质(CP)和能量(GE)水平作为试验因素,按二因子五水平回归正交旋转组合设计<sup>[7]</sup>,用计算机设计出9个饲料配方及其营养水平组合(表1)。1~8号料喂1~8组试验鳖,9号料喂9~16组试验鳖。第17组鳖喂福建产市售甲鱼料为增设的“对照组”。饲料加工成100目粉状配合分组装入编号的袋中入2℃冰库保存备用。

表1 饲料2因子5水平二元二次回归正交旋转组合设计表

Tab.1 Table of twofactor, five-level, binary quadric orthogonal regression rotational combination design

试验号 Number	X <sub>1</sub> (CP %)		X <sub>2</sub> (GE Mcal/ kg)	
	编号 Code	水平 Level	编号 Code	水平 Level
1	1	47.8	1	4.22
2	1	47.8	- 1	3.38
3	- 1	37.2	1	4.22
4	- 1	37.2	- 1	3.38
5	1.414	50.0	0	3.80
6	- 1.414	35.0	0	3.80
7	0	42.5	1.414	4.40
8	0	42.5	- 1.414	3.20
9	0	42.5	0	3.80
10	0	42.5	0	3.80
11	0	42.5	0	3.80
12	0	42.5	0	3.80
13	0	42.5	0	3.80
14	0	42.5	0	3.80
15	0	42.5	0	3.80
16	0	42.5	0	3.80

### 1.3 试验场地和水源

试验池为露天、规格为1m ×1m ×0.9m的南边一排17个水泥池,设有排污系统、池底铺放细沙,池内设饲料台。水来源于大别山南麓的巴河。池内水质控制:溶氧为4~6mg/L,亚硝酸盐<0.10mg/L,

氨态氮  $< 4 \text{ mg/L}$ , pH 值 = 7.2 ~ 8.0, 水温 27.5 ~ 31.0 , 用日本株式会社堀场制作所生产的 HORIBA F - 23 型离子测定仪定期测定水的 pH 值、溶氧、 $\text{S}^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^{2-}$ 、 $\text{F}^-$  等指标; 每天上午 10:00 换水, 换水量依水的可见度决定, 必要时, 全池换水。每天早、中、晚测水温, 采用地热水源调节水温。

#### 1.4 投饲

每次投喂前, 从 2 冷库中取出各组袋装粉料, 在盘内加定量的玉米油和水揉成有弹性的团状饲料, 放于饲料台上水陆交界处, 供鳖自由采食。每天投两次 (上午 7:00、下午 4:00)。投饲量按体重的 2% ~ 3%, 并灵活掌握适当增减。每次投饲前先拾回上次剩余饲料, 晒干称重记量从总耗量中减去。

#### 1.5 管理

试验前进行清池排污消毒。试验鳖一律用  $100 \times 10^{-6}$  高锰酸钾水溶液浸泡 5 分钟后入池。每天对鳖早晨空腹称重、记录。入试后整个大小环境保持安静, 非管理、试验人员不得进入试验区, 试验人员除管理、饲喂工作外, 严禁有干扰行为。严防鼠类和其它动物伤害试验鳖和偷吃饲料。拌料用具每次用完后洗净凉干备下次用。

#### 1.6 样品分析方法和数据处理

饲料和鳖体常规营养成分, 在华中农大湖北省饲料质量监督检验站采用国标常规营养成分分析方法分析<sup>[8]</sup>。它们的氨基酸 (AA) 含量在华中农大生命科技学院中心实验室采用日立 835 ~ 50 型氨基酸自动分析仪测定。RNA 和 DNA 采用生化技术测定<sup>[9]</sup>。数据处理采用 BASIC 程序作回归分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 饲料常规营养成分

根据试验要求分别测定了饲料的粗蛋白 (CP)、总能 (GE)、粗纤维 (CF)、粗脂肪 (EE)、无氮浸出物 (NFE)、钙 (Ca) 和磷 (P), 见表 2。

表 2 试验饲料常规营养成分实测值 (风干基础)

Tab. 2 Content of proximate nutrient in diet (air dry basis)

饲料号	CP (%)	GE* (MJ/kg ~ 1)	CF (%)	EE (%)	NFE (%)	Ca (%)	P (%)	NFF/CP	PF/AF*
1	47.73	17.61	0.20	9.51	20.17	3.86	1.70	0.42	0.36
2	47.76	14.31	0.90	3.69	25.22	3.80	1.72	0.53	0.50
3	37.50	17.70	0.96	8.06	30.41	3.82	1.71	0.81	0.81
4	37.40	14.10	1.22	4.11	34.47	3.84	1.74	0.92	1.01
5	49.70	15.98	0.15	5.37	21.50	3.83	1.75	0.43	0.36
6	35.10	15.94	1.40	7.13	33.91	3.85	1.78	0.97	1.03
7	42.48	18.45	0.51	11.01	23.96	3.90	1.79	0.55	0.49
8	42.52	13.47	1.80	3.92	29.12	3.89	1.74	0.68	0.84
9	42.49	16.02	0.84	5.12	28.77	3.88	1.76	0.67	0.55
对照组	40.56	15.32	1.58	4.23	31.69	3.95	1.52	0.78	-

注: 能量单位 Mcal/kg 换算为 MJ/kg 乘上系数 4.184 即得; PF/AF 指植物性饲料占动物性饲料的比例。

CP 和 GE 实测值与设计值相符。

### 2.2 试验鳖生长速度

入试时和试终时对鳖逐只早晨投饲前称重, 并测体高、体长等指标。以日增重衡量其生长速度。结果见表 3。

表 3 试验鳖日增重

Tab. 3 Average daily gain (ADG) of experimental turtle

试验组号	入试体重 (g/只)	试终体重 (g/只)	总增重 (g/只)	增重率 (%)	日增重 (g/只·天)	饲料系数
1	150.30 ±1.05	260.87 ±1.04	110.57 ±0.98	73.57 ±0.42	1.84 ±0.05 cC	1.70
2	152.67 ±0.67	256.30 ±0.78	103.63 ±0.64	67.88 ±0.53	1.73 ±0.06 dD	2.16
3	151.00 ±0.80	268.00 ±0.92	117.00 ±0.78	77.48 ±0.47	1.95 ±0.07 bB	1.63
4	151.40 ±0.48	215.00 ±1.33	63.60 ±1.02	42.01 ±0.60	1.06 ±0.04 iH	2.60
5	153.20 ±0.75	232.60 ±0.72	79.40 ±0.80	51.83 ±0.58	1.32 ±0.04 fF	1.98
6	149.10 ±1.93	224.30 ±1.31	75.20 ±1.23	50.44 ±0.62	1.25 ±0.05 hG	2.49
7	150.80 ±0.56	238.40 ±0.70	87.60 ±0.68	58.09 ±0.43	1.46 ±0.04 eE	1.78
8	150.65 ±0.87	230.40 ±0.92	79.75 ±0.93	52.49 ±0.54	1.33 ±0.05 fgFG	2.32
9	150.10 ±1.15	283.50 ±1.05	133.40 ±1.12	88.87 ±0.61	2.22 ±0.07 aA	1.43
10	151.20 ±1.32	283.26 ±1.16	132.06 ±1.09	87.34 ±0.49	2.20 ±0.06 aA	1.44
11	149.80 ±0.87	279.34 ±0.85	129.54 ±0.92	86.48 ±0.62	2.16 ±0.07 aA	1.44
12	150.90 ±1.35	287.34 ±1.24	136.44 ±1.04	90.42 ±0.53	2.27 ±0.08 aA	1.44
13	152.10 ±0.56	286.80 ±0.71	134.70 ±0.83	88.56 ±0.58	2.25 ±0.07 aA	1.42
14	152.80 ±0.82	283.48 ±0.85	130.68 ±0.87	85.52 ±0.65	2.18 ±0.06 aA	1.41
15	149.40 ±0.46	281.04 ±0.51	131.64 ±0.54	88.11 ±0.57	2.19 ±0.07 aA	1.41
16	150.50 ±1.25	285.98 ±1.04	135.68 ±0.63	90.75 ±0.52	2.26 ±0.06 aA	1.42
对照组	150.70 ±1.04	233.50 ±1.23	82.80 ±1.27	54.94 ±0.67	1.38 ±0.05 fF	1.97

注:表中小写字母代表在  $\alpha = 0.05$  水平上差异显著,大写字母代表  $\alpha = 0.01$  水平上差异显著。

从表 3 看出,以采食 9 号料的 9~16 组平均日增重达 2.22g,极显著地优于其它各组 ( $P < 0.01$ ),其优劣顺序为 9~16、3、1、2、7、对照组、8、5、6、4 组。而 9~16 和 3、1、2、7 组极显著地优于对照组 ( $P < 0.01$ ); 8 和 5 组与对照组差异不显著 ( $P > 0.05$ ); 6 和 4 组显著地劣于对照 ( $P < 0.05$ )。对照组饲料目前是国内较有代表性的产品。本次试验表明,一部分饲养效果劣于国内水平,一部分达到国内水平,而一部分则超过当前国内水平,尤以 9~16 组即 9 号料的增重效果为优。从表 3 还看出,能量、蛋白质水平对增重的影响:在本试验条件下,以中能中蛋白水平为最佳(9~16 组),其次是高能高蛋白(1 组)或高能低蛋白(3 组),抑或低能高蛋白(2 组)也较佳,但过高的能量即使中蛋白水平也不能达到最优(7 组),中能高蛋白(5 组)或中能低蛋白(6 组)抑或低能中蛋白(8 组)较差,而低能低蛋白水平最差(4 组)。对饲料系数的影响也基本相似。

经回归分析,以日增重和饲料系数作因变量 Y,蛋白质水平和能量水平分别为自变量  $X_1$  和  $X_2$ ,以  $X_1X_2$  为蛋白质与能量的交互作用,得到如下二元二次回归方程:

日增重与营养水平的关系是:

$$Y = -66.604 + 1.521X_1 + 18.491X_2 - 0.087X_1X_2 - 0.014X_1^2 - 19X_2^2 \quad \text{复相关系数 } R = 0.9434^{***}, (p < 0.01)$$

饲料系数与营养水平的关系是:

$$Y = 58.372 - 1.136X_1 - 16.313X_2 + 0.057X_1X_2 - 0.011X_1^2 + 1.74X_2^2 \quad \text{复相关系数 } R = 0.9830, (p < 0.01)$$

回归分析结果表明,日增重和饲料系数与饲料营养(能量和蛋白质)水平极显著相关,以  $X_1$  (CP) = 42.79(%),  $X_2$  (GE) = 16.28(MJ/kg) 时,日增重最高,饲料系数最低,与 9~16 组水平相吻合。

### 2.3 鳖日粮 EAA 模式或“理想蛋白质”

根据 1~9 号饲料和 1~16 组鳖体 AA 测定值,借鉴其他科学工作者对鱼的研究的成果<sup>[9~11]</sup>,可以得出鳖日粮适宜 EAA 模式或“理想蛋白质”,结果见表 4。

表 4 鳖体和饲料 EAA 模式  
Tab. 4 EAA model for diet and turtle body

氨基酸	9~16 组鳖体 EAA 平均值		9 号饲料 EAA		修正日粮方案	
	含量 (%)	以 Lys 为 100 的比值	含量 (%)	以 Lys 为 100 的比值	含量 (%)	比较
苏氨酸 Thr	4.43	66.22	2.51	63.71	2.61	+0.10
缬氨酸 Val	4.58	68.46	2.57	75.56	2.70	-0.13
蛋氨酸 Met	2.33	34.83	1.32	33.50	1.37	+0.05
异亮氨酸 Ile	4.65	69.51	2.62	66.50	2.57	-0.05
亮氨酸 Leu	7.65	114.35	4.61	117.01	4.51	-0.10
苯丙氨酸 Phe	4.25	63.53	2.61	66.24	2.51	-0.10
赖氨酸 Lys	6.69	100.00	3.94	100.00	3.94	0
组氨酸 His	2.36	35.28	1.08	27.41	1.39	+0.31
精氨酸 Arg	5.72	85.90	3.49	88.58	3.37	-0.12

注:色氨酸未测。限于篇幅,未能把 1~8 组鳖体和 1~8 号饲料的 EAA 含量和比值列入本文。

从表 4 中看出,9 号饲料中 EAA 比值比其它组更接近于鳖体 EAA 比值,因而比较好地满足鳖对 EAA 的需要,因而在本试验中有利于蛋白质的利用,表现了最佳的增重效果。但有的 EAA 如苏氨酸、蛋氨酸和组氨酸略低,有的则略高如亮氨酸、苯丙氨酸、精氨酸和异亮氨酸。在此基础上加以修正,就可作为生长阶段鳖的饲料 EAA 模式或“理想蛋白质”,这与陆生动物相似<sup>[13,14]</sup>。

## 2.4 肌肉 RNA/DNA 值与饲料营养水平和体增重的关系

国内外对鱼类大量的研究表明,肌肉中 RNA/DNA 值与生长和营养状态呈正相关<sup>[11,14~19]</sup>。作者对每个试验组鳖随机抽捕 3 只屠宰测定肌肉和肝脏组织中的 RNA/DNA 值,结果见表 5。

表 5 鳖肌肉 RNA/DNA 值与日增重的关系  
Tab. 5 The relationship between muscle RNA/DNA and daily gain

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10~16 平均 Mean
肝脏 RNA/DNA	2.06	2.47	2.53	2.72	3.08	2.73	2.53	2.76	2.83	2.82
肌肉 RNA/DNA	4.98	3.98	3.46	2.31	3.72	2.05	3.81	2.96	5.64	5.63
日增重 (g)	1.84	1.73	1.95	1.06	1.32	1.25	1.46	1.33	2.22	2.21

从表 5 中分析,肝脏中 RNA/DNA 值比较稳定,对日增重和营养状况不敏感。采用直线回归分析,发现日增重与肌肉 RNA/DNA 值关系密切,得到回归方程:  $Y = -0.4813 + 2.8788X$ ,  $r = 0.9315$  显示了高度正强相关,回归方程极显著 ( $p < 0.01$ )。经二元二次回归分析,发现肌肉 RNA/DNA 值与饲料蛋白质和能量水平有高度的正强相关,得到回归方程:  $Y = -151.567 + 3.44X_1 + 41.059X_2 + 0.208X_1X_2 - 0.049X_1^2 - 6.355X_2^2$  相关系数  $R = 0.9803$ , 回归系数及方程极显著 ( $p < 0.01$ ), 即当日粮 CP ( $X_1$ ) = 42.79%、能量 GE = 3.89Mcal/kg (16.28MJ/kg) 时,肌肉 RNA/DNA (Y) 值最大。以上的分析结果,与其它科学工作者对鱼类的研究结果极相似<sup>[12,15~20]</sup>。

## 3 讨论与小结

依据回归分析,生长幼鳖饲料总能量为 3.89 Mcal/kg (16.28MJ/kg) 和粗蛋白质为 42.79%,植物性饲料/动物饲料为 0.55,NFE/CP 为 0.67 时,可以获得最佳的日增重和最低的饲料系数,肌肉 RNA/DNA 值最高。表明 9 号饲料及其营养水平组合 (GE 3.83 Mcal/kg、CP 42.49%、CF 0.84%、NFE 28.77%、EE 5.12%、Ca 3.88%、P 1.74%) 适宜于生长幼鳖的营养需要。

本试验条件下,9 号饲料的 EAA 含量及比例与幼鳖体 EAA 组成相似(表 4),因而有良好的蛋白质利用和体增重效果。经适当修正后,可以作为生长幼鳖的 EAA 模式或日粮“理想蛋白质”。

经回归分析发现鳖肝 RNA/DNA 值较稳定,而肌肉 RNA/DNA 值与饲料营养水平和日增重有高度的正相关关系。因此,鳖肌肉 RNA/DNA 值可以用来判别养殖实践中饲料营养水平适宜程度和预测生

长速度。可否把肝和肌肉中的 RNA/DNA 值结合起来,作为鳖的品种品系的鉴别和选育的一个指标。

研究表明生长阶段幼鳖饲料可以采用适量的红鱼粉和植物源蛋白代替白鱼粉,这对于降低饲养成本具有重要意义。

## 参 考 文 献

- 1 徐旭阳,曾训江. 甲鱼对蛋白质的最适需要量. 饲料研究. 1991,114(5):7~9
- 2 包吉野,刘春. 稚鳖的营养素需要量及饲料最适能量蛋白比. 水产学报. 1992,6(4):365~371
- 3 徐旭阳,曾训江. 甲鱼营养需要及配合饲料研究的综合报告. 湖南水产. 1990,3:7~9
- 4 吴遵霖,李蓓,江涛. 鳖用配合饲料正交试验. 水利渔业. 1991,4:19~22
- 5 谢文龙. 鳖的营养需要及饲料. 浙江渔业. 1987,8:49~51
- 6 熊谱成. 鳖的营养需要及饲料配方. 上海饲料. 1984,2:18~19
- 7 余家林. 农业多元试验统计,北京:北京农业大学出版社. 1993,87~92
- 8 全国饲料工业标准化技术委员会. 饲料工业标准汇编(上). 北京:中国标准出版社,1996,22~42
- 9 朱俭,曹凯鸣. 生物化学试验. 上海:上海科学技术出版社. 1981,57~61
- 10 刘汉华,李爱杰. 鲤鱼对蛋白质、氨基酸、糖类、脂肪、混合无机盐适宜需要量的研究. 齐鲁渔业. 1991,(6):9~12
- 11 关受江. 鱼类营养及饲料学. 北京:电子科技大学出版社. 1992,87~92
- 12 Buckley L J. PBA/DNA ratio: an index of larval fish growth in the sea. Mar Biol. 1984,80:291~298
- 13 杨凤. 动物营养学. 北京:农业出版社. 1993,7~8
- 14 李德发. 猪的营养. 北京:北京农业大学出版社. 1996,271~280
- 15 司来东,金有坤. 鲤鱼白肌中 RNA/DNA 值与其生长的关系. 上海水产大学学报. 1992,3~4:159~166
- 16 Buckley L J. Relationships between RNA/DNA ratio, Prey density and growth rate in Atlantic and larvae, Fisheries Research Boardf Can. 1979,36:1497~150217 Bullow F J. RNA/DNA ratios as indicator of recent growth rates of a fish. J. Fish. Res. Board. Can. 1970,27(12):2347~2349
- 18 Dortch Q, Robert T C, Chayton J R, et al. RNA/DNA ratios and DNA concentration as indicators of growth rate and biomass in planktonic marine organism. Marine Ecology-Progress Series. 1983,13:61~71
- 19 Halness T A. An evaluation of RNA/DNA ratio as a measure of long-term growth in fish population. J. Fish. Res. Board. Can. 1973,30(2):195~199
- 20 Wilder I B, Stanley J G. RNA/DNA ratio as an index to growth in salmonid fishes in the lakoratory and in streams contaminated by carbaryl. J. Fish. Bull. 1983,22:165~172