

甲鱼对蛋白质、脂肪、糖及钙磷的适宜需求量

王风雷 李爱杰

(青岛海洋大学, 266003)

景水才

(山西运城甲鱼场, 044000)

摘 要 以鱼粉、小麦粉和豆饼制成基础饲料, 分别添加酪蛋白、豆油、 α -淀粉调节各组饵料中的蛋白质、脂肪和糖类的含量, 以磷酸盐和碳酸钙调节钙磷比及钙磷总量, 研究饲料中的蛋白质、脂肪、糖类和钙磷对于甲鱼生长的影响。

试验分两部分进行, 试验Ⅰ以正交表 $L_9(3^4)$ 设计, 研究蛋白质、脂肪、糖类和钙磷比四因素三水平对于成甲鱼的增重率和成活率的影响, 并初步探讨了甲鱼对这四种因素的适宜需求量。试验Ⅱ是在正交试验的基础上, 采用单因素梯度法, 进一步研究了蛋白质、脂肪及钙磷在饲料中的适宜含量。

试验结果表明, 体重为 $101.88 \pm 3.46\text{g}$ 的甲鱼对蛋白质的适宜需求量为 47.50%, 脂肪为 8.05%, 糖类为 18.24%, 钙磷比为 1.51:1, 幼甲鱼(体重为 $18.19 \pm 0.67\text{g}$)对钙磷总量的适宜需求量为 4.23% (其中钙为 2.54%, 磷为 1.69%)。饲料中各种营养素对于甲鱼的影响效果是不同的, 对于成甲鱼的增重, 脂肪为主要因素, 其次为蛋白质。但二者相差不大, 再次为糖类, 钙磷比的影响最小; 对于成活率, 影响最大的是脂肪, 其次为蛋白质和钙磷比, 糖类的影响最小。设计配方时要优先考虑脂肪和蛋白质。另外, 研究钙磷需求时发现, 钙磷含量高于适宜含量, 成活率显著下降。测定肌肉中钙磷结果表明, 当饲料中钙磷不足时, 随着饲料中钙磷含量的增加, 肌肉中钙磷含量也随之增加; 当饲料中钙磷量高于适宜含量(4.23%)时, 肌肉中的含量基本上维持在一个水平上, 不再继续增加。可见, 饲料中过多的钙磷并不能在肌肉内按比例增加累积。甲鱼肌肉中的钙磷比稳定在 1.78:1。

关键词 甲鱼, 蛋白质, 脂肪, 糖类, 钙磷比, 营养需要

前 言

甲鱼是一种珍贵的水产动物, 不仅含有丰富的营养成分, 且具有医疗保健功效, 深受广

收稿日期: 1995-03-11。

大消费者喜爱。自 80 年代以来,我国兴起了甲鱼养殖,但由于基础研究工作不足,阻碍了甲鱼养殖业的顺利发展。

甲鱼对于各种营养素需求的研究报道不多,徐旭阳等^[1]认为,体重 117.66–151.67g 的甲鱼对蛋白质、 α -淀粉及纤维素的最适需求量分别为:43.32–45.05%、22.73–25.27% 及 10% 以下。幼甲鱼对蛋白质最适需求量为 47.43–49.16%,对碳水化合物的适宜需求量略低于成甲鱼,而脂肪略高于成甲鱼。吴遵霖等^[2]通过正交试验得出,饲料中含 35% 的鱼粉,添加 4% 的羧甲基纤维素对于幼甲鱼生长比速、饲料系数及蛋白质消耗三项生物指标均达到较优水平。但由于鱼粉的较优水平为试验设计水平的下限,羧甲基纤维素只有一个水平,故最优水平值有待进一步试验。川崎义一^[3]认为稚甲鱼的蛋白质需求量为 50%,体重 200–800g 成甲鱼的蛋白质需求量为 45–47%。

从已发表的报道可见,甲鱼对于饲料中各种营养素需求量的研究结果差异较大,且对于钙磷的需求量研究尚未见报道,为此,本文采用正交设计法及单因素梯度法研究甲鱼对蛋白质、脂肪、糖类及钙磷的适宜需求量,为设计甲鱼饲料配方提供参考。

材 料 与 方 法

(一) 试验用甲鱼

取自山西省运城市甲鱼养殖场,成甲鱼平均重 101.88 ± 3.46 g, 幼甲鱼平均重 18.19 ± 0.67 g, 选用甲鱼个体大小均匀,体质健壮,无病无伤。

(二) 饲料制备与分组

试验分两部分,试验 I 为正交试验,选用 $L_9(3^4)$ 表,即四因素三水平,共 9 组;实验 II 为单因素试验,在实验 I 的基础上,进一步研究饲料中不同含量的蛋白质、脂肪、钙磷对于甲鱼生长的影响。基础饲料组成见表 1。以酪蛋白、大豆油、 α -淀粉、磷酸二氢钠、磷酸二氢钙和碳酸钙来调节饲料中的蛋白质、脂肪、糖类、钙磷含量及钙磷比。调节后的饲料经测定其营养成分,作为各营养素试验的水平值。正交试验设计见表 2。

表 1 基础饲料组成 (%)

Table 1 Composition of basal diet (%)

组 成 Ingredients	秘鲁鱼粉 Fish meal	豆 饼 Soybean cake	小麦粉 Wheat meal	维生素混合物* Vitamine mixture	无机盐混合物** Mineral mixture
含 量 Content	60	20	16	2	2

* 参照刘铁斌等^[4] source: Liu Tiebin et al.

** 每 100g 中含量(g) To contain as g/100g: $KAl(SO_4)_2$, 0.159; Met-Co, 0.144; Carboxan-Mg, 11.2; Met-Mn, 0.236; KCl, 16.553; Met-Zn, 1.016; KI, 0.014; Na_2SeO_3 , 0.006; Met-Cu, 0.197; Carboxan-Fe, 1.864; 沸石(Zeolite) 68.611

单因素试验中,各营养素分组水平如下:蛋白质为 47.50%, 49.33%, 53.54%; 脂肪为 9.50%, 8.05%, 5.80%; 钙磷总量(钙磷比为 1.51:1)为 2.15%, 4.23%, 6.90%, 8.13%。

所有饲料原料经粉碎后全部过 80 目筛,按设计要求称量,混匀,装入塑料袋,密封,在室

温暗处贮存, 饲喂时加水调成糜状。

每组设三平行组。

表 2 正交试验各营养素的饲料组成
Table 2 Nutrient composition of orthogonal test diet(%)

组 别 Diet No.	糖 类 Carbohydrate	脂 肪 Fat	蛋白质 Protein	钙磷比 Ca/P ratio
1	21.91	9.50	47.50	2.1:1
2	21.91	11.73	42.95	1.24:1
3	21.91	14.10	40.10	1.51:1
4	18.24	9.50	42.95	1.51:1
5	18.24	11.73	40.10	2.1:1
6	18.24	14.10	47.50	1.24:1
7	14.75	9.50	40.10	1.24:1
8	14.75	11.73	47.50	1.51:1
9	14.75	14.10	42.95	2.1:1

* 各组饲料中钙磷总量为 2.18% The Ca, P content of every diet is 2.18%

(三) 饲喂试验

试验在山西省运城市甲鱼养殖场温室中进行。将每个 20m² 水泥池以砖墙隔成 6 个小池, 池中不留沙土, 以高锰酸钾彻底消毒, 阳光曝晒 5 天。注水深 0.5m, 水预先在温室蓄水池中日晒 3 天。每池放 5 只甲鱼, 实验 I 用成甲鱼, 实验 II 选用幼甲鱼。

每天于 8:00、17:00 时各投饲一次, 将糜状饲料置于饲料台上, 饲料台以泡沫塑料板制成, 漂浮在水面上, 以铁丝固定于池边。由于残饵未进入水中, 可保持水质清新, 呈嫩绿色。在试验中期换水 2/3。经常保持安静摄食环境。

试验 I 自 5 月 4 日至 6 月 14 日, 共 40 天, 水温在 24-29℃; 试验 II, 蛋白质和脂肪单因素试验自 7 月 12 日至 8 月 12 日, 钙磷试验自 8 月 7 日至 9 月 7 日, 水温在 26-31℃。

(四) 营养成分测定方法

粗蛋白质测定采用凯氏定氮法, 粗脂肪以索氏提取法、总糖以硫代硫酸钠滴定法、钙以高锰酸钾法、磷以钼蓝比色法测定。

结 果 与 讨 论

(一) 正交试验结果

试验结果见表 3。

由表 3 可知, 不论增重率和成活率, 各组皆不同。增重率以第 1 组最高, 第 9 组最低, 成活率以 1、4、8 组并列最高, 9 组最低。最高的第 1 组, 其各营养素水平为: 蛋白质 47.50%, 脂肪 9.50%, 糖类 21.91%, Ca:P 2.1:1; 最差的第 9 组, 其营养素水平为: 蛋白质 42.95%, 脂肪 14.10%, 糖类 14.75%, Ca:P 2.1:1。

表 3 正交试验结果

Table 3 Result of orthogonal test

组别 Diet no.	放甲鱼* 只数 Initial no.	收甲鱼 只数 Final no.	成活率 (%) Survival rate	平均初重 (g) Initial mean weight	平均终重 (g) Final mean weight	增重率 (%) Weight gain rate
1	5	5	100	98.42	118.43	20.33
2	5	4.67	93.4	105.50	122.00	15.64
3	5	4.33	86.6	102.01	115.41	13.14
4	5	5	100	105.61	125.14	18.49
5	5	4.67	93.4	101.00	117.30	16.14
6	5	4.33	86.6	104.01	121.47	16.79
7	5	4.67	93.4	99.08	114.34	15.40
8	5	5	100	98.62	117.00	18.64
9	5	4	80	102.64	114.71	11.76

* 为三平行组的平均值 The average value of three parallel groups

以极差法分析四种因素对于增重率和成活率的影响, 结果见表 4。

表 4 饲料营养及其水平对增重率和成活率的影响

Table 4 Effect of diet nutrients and their levels on weight gain and survival rate

因 素 Factors	增重率(%) Weight gain rate(%)				成活率(%) Survival rate(%)			
	A 糖 Carbohydrate	B 脂肪 Fat	C 蛋白质 Protein	D 钙磷比 Ca/P ratio	A 糖 Carbohydrate	B 脂肪 Fat	C 蛋白质 Protein	D 钙磷比 Ca/P ratio
* 1	49.11	54.22	55.75	48.23	280	293.3	286.6	273.4
2	51.42	50.42	45.89	47.83	280	286.8	273.4	273.4
3	45.79	41.69	44.68	50.27	273.4	253.2	273.4	286.6
极差 Nutrient variance	5.63	12.53	11.07	2.44	6.6	40.2	13.2	13.2
优水平 Best level	A ₂	B ₁	C ₁	D ₃	A _{1,2}	B ₁	C ₁	D ₃
因素主次顺序 The order of factors								
B ₁ C ₁ A ₂ D ₃ B ₁ A _{1,2} C ₁ D ₃								

对增重率的影响 从表 4 可见, 糖类以第二水平(18.24%)为最佳, 大于 18.24% 的 21.91% 及小于 18.24% 的 14.75%, 其增重率皆降低; 脂肪以第一水平(9.50%)为最佳, 随着脂肪含量的增加, 其增重率依次降低; 蛋白质以含量为 47.50% 者, 其增重率高, 随着蛋白质含量的降低而增重率递减; 钙磷比对增重率的影响为 1.51:1 > 2.1:1 > 1.24:1, 但其间影响差异不大。根据极差分析可见饲料中各营养素的较优水平为: 脂肪 9.5%, 蛋白质 47.5%, 糖类 18.24%, 钙磷比 1.51:1。由于蛋白质和脂肪的较优水平为试验设计的上限和下限, 故又进行实验 II 单因素试验以确定蛋白质和脂肪在甲鱼饲料中的适宜需要量。

在 4 因素中, 脂肪是影响增重率最主要的因素, 其次为蛋白质, 再次为糖类, 以钙磷比对增重率的影响最小。但脂肪和蛋白质的极差相近, 其重要性近似, 而和糖类及钙磷比则差异显著。吴遵霖等^[2]用正交试验研究幼甲鱼的营养需要, 认为蛋白质是影响甲鱼生长的最主要因素, 其结论虽与本实验结果不同, 但并不矛盾。这是因为吴遵霖等在正交试验中并未设脂肪为试验因素, 故分析结论与本试验不同。

对成活率的影响 糖类以第一水平(21.91%)和第二水平(18.24%)为最佳,成活率最高;脂肪以第一水平(9.50%)为最佳;蛋白质以第一水平(47.50%)为最佳;钙磷比则以第三水平(1.51:1)为最佳。其规律与增重率相同。影响成活率最主要因素仍然是脂肪,其次为蛋白质和钙磷比,糖类的影响最小。脂肪对成活率的影响显著的大于其他营养素,因此在设计甲鱼饲料配方时,必须对脂肪的含量予以充分的注意。

(二)单因素试验结果

1. 蛋白质试验

在正交试验的基础上,以蛋白质含量 47.5% 为下限,设计三水平进行饲喂试验,结果见表 5。

表 5 蛋白质试验结果
Table 5 Result of protein test

蛋白质水平(%) Level	平均初重(g) Initial mean weight	平均终重(g) Final mean weight	增重率(%) Weight gain rate	成活率(%) Survival rate
47.50	102.02	114.75	12.48	100
49.33	100.38	112.83	12.40	100
53.54	101.66	109.72	-7.93	100

结果表明:蛋白质含量为 47.50% 时,甲鱼的增重率最高,含量增加,增重率反而下降,至 53.54%,增重率下降十分明显,经方差分析, $F(31.88) > F_{0.01}(10.92)$, 可见蛋白质含量增加对增重影响极为显著。蛋白质含量增加,对成活率未产生不良影响。结合正交试验可得出结论,甲鱼饲料中适宜蛋白质含量为 47.50%,高于或低于此值,则增重率下降。低于 47.50% 时,成活率下降,而高于此值则无变化。本文结论高于徐旭阳等^[1]的研究结果(甲鱼体重在 100g 左右时为 43.32—45.05%),而与川崎义一^[3]的结论近似。

2. 脂肪试验

上述正交试验,脂肪适宜含量为 9.50%,位于设计水平的下限。本试验以此值为上限,安排三水平进行饲喂试验,结果见表 6。

表 6 脂肪试验结果
Table 6 Result of fat test

水平(%) Level	平均初重(g) Initial mean weight	平均终重(g) Final mean weight	增重率(%) Weight gain rate	成活率(%) Survival rate
9.50	99.13	110.95	11.92	93.33
8.05	99.41	112.05	12.72	100
5.80	100.31	111.75	11.40	100

从表 6 可见,脂肪含量为 8.05% 时,增重率最高,高于或低于此值,则增重率降低。经方差分析, $F(3.48) < F_{0.05}(5.14)$, 组间差异不显著。但脂肪含量高时,成活率下降。因此在设计配方时应注意勿使脂肪含量高于其适宜需要量(8.05%)。

3. 钙磷试验

正交试验虽已得出适宜钙磷比,但未得出其适宜需要量,为此,以钙磷比为 1.51:1,钙磷含量 2.15% 为下限,设计 4 水平进行饲喂试验,结果见表 7。

表 7 钙磷试验结果
Table 7 Result of Ca, P test

水平 (%) Level	平均初重(g) Initial mean weight	平均终重(g) Final mean weight	增重率 (%) Weight gain rate	成活率 (%) Survival rate
2.15	18.41	22.98	24.82	100
4.23	18.86	25.17	33.46	100
6.90	17.77	23.08	29.88	93.33
8.13	17.73	20.45	15.34	86.67

当饲料中钙磷总量为 4.23% 时, 幼甲鱼的增重率最高, 高于或低于此值, 则增重率均下降。对增重率影响的大小顺序为: 4.23% > 6.90% > 2.15% > 8.13%。方差分析其 F 值 (5.40) > $F_{0.05}(4.07)$, 表明组间差异显著。对于成活率, 钙磷含量过高 (大于 6.90%) 则会明显影响幼甲鱼的成活率。

饲料中钙磷含量会影响甲鱼肌肉对钙磷的积累, 本文对饲养一个月的幼甲鱼取其裙边肌肉, 测定其钙磷含量以观察不同钙磷含量对其积累的影响, 结果见表 8。

试验结果表明, 随着饲料中钙磷含量的增加, 肌肉中钙磷积累量亦增加, 当饲料中钙磷达到适宜量 4.23% 之前, 肌肉中钙磷量增加十分明显, 饲料中钙磷量继续增加, 则肌肉中钙磷的积累增加减缓, 当饲料中含量超过 6.90% 时则肌肉中钙磷量不再增加, 过多的钙磷则被排出体外。经方差分析, F 值 (9.31) > $F_{0.01}(7.59)$, 表明饲料中的钙磷含量对肌肉中钙磷的积累影响显著。结果还表明, 肌肉中的钙磷比不受饲料中钙磷含量的影响, 稳定在 1.78:1, 李爱杰等^[5]研究中国对虾虾苗的适宜钙磷比时发现, 其适宜钙磷比与虾苗的钙磷比相似。在饲料中使钙磷比与肌肉中的钙磷比 1.78:1 相近时, 对甲鱼的生长是否会比本文得出的钙磷比结论更好, 有待进一步研究。

表 8 不同含量的钙磷对幼甲鱼肌肉中钙磷积累 (mg/100g 肌肉) 的影响
Table 8 Effect of Ca, P levels on their accumulation in young *Amyda sinensis* muscle

水平 (%) Level	钙含量 Content of Ca	磷含量 Content of P	钙磷总量 Total content of Ca, P	钙磷比 Ca/P
2.15	797.35	447.64	1244.99	1.78:1
4.23	849.95	478.30	1328.25	1.78:1
6.90	864.50	485.75	1350.25	1.78:1
8.13	862.66	486.35	1349.01	1.77:1

小 结

1. 综合正交试验及单因素试验的结果来看, 在本试验条件下, 成甲鱼对饲料中各种营养素的适宜需要量为: 蛋白质 47.50%, 脂肪 8.05%, 糖类 18.24%, 钙 2.54%, 磷 1.69%, 钙磷总量 4.23%, 钙磷比 1.51:1, 幼甲鱼对钙磷总量的需要量为 4.23%, (其中钙为 2.54%, 磷为 1.69%)。
2. 饲料中各种营养素对于甲鱼增重率和成活率的影响, 主要因素为脂肪, 其次为蛋白质, 再次为糖类, 以钙磷比的影响最小; 对成活率的影响仍然以脂肪为最大, 蛋白质和钙磷比次之, 糖类的影响最小。因此设计甲鱼饲料配方时, 应充分注意蛋白质和脂肪这两个因素。

3. 当饲料中钙磷含量未达到适宜量时, 甲鱼肌肉中的钙磷含量随着钙磷添加量的增加而增加; 当饲料中钙磷含量高于适宜含量时, 则肌肉中钙磷含量增加缓慢, 至 6.90% 达高峰, 之后肌肉中的钙磷含量不再继续增加。肌肉中钙磷比稳定在 1.78:1。

参 考 文 献

- [1] 徐旭阳、曾训江、刘素文、徐德平, 1991。甲鱼配合饲料的研究。饲料工业, 12(6): 34 - 36。
- [2] 吴遵霖、李蓓、江涛, 1991。鳖用配合饲料正交试验。淡水渔业, 4: 19 - 22。
- [3] 川崎义一著, 包吉壁译, 1986。鳖的习性与养殖新法。水利渔业, 3: 32 - 35。
- [4] 刘铁斌、李爱杰、张加荫, 1993。中国对虾维生素营养的研究 - X: 中国对虾对肌醇、氯化胆碱营养需要的研究。青岛海洋大学学报, 3(4): 67 - 74。
- [5] 李爱杰、黄宝潮、楼伟凤、徐家敏, 1986。饲料中钙磷含量及比值对东方对虾 (*Penaeus orientalis*) 生长的影响。山东海洋学院学报, 16(4): 10 - 17。

THE OPTIMUM REQUIREMENT OF PROTEIN, FAT, CARBOHYDRATE AND Ca, P FOR *Amyda sinensis*

Wang Fenglei Li Aijie

(Ocean University of Qingdao, 266003)

Jing Shuicai

(Yuncheng Terrapin Feild in Shanxi Province, 044000)

ABSTRACT This paper reports the effects of protein, fat, carbohydrate and Ca, P on *Amyda sinensis*. Basal diet is composed of fish meal, wheat meal and soybean cake. The added casein, soybean oil, α -starch, phosphate salt and carbonate salt accommodate the content of protein, fat, carbohydrate, Ca, p and Ca/P ratio in diet.

The result indicates the optimum requirement of nutrients for *Amyda sinensis* weighing $101.80 \pm 3.46\text{g}$: Protein 47.50%; Fat 8.05%; Carbohydrate 18.24% and Ca/P ratio 1.51:1. For young *Amyda sinensis* weighing $18.19 \pm 0.67\text{g}$, the optimum total content of Ca, P is 4.23% (Ca 2.54%, P 1.69%).

The result also indicates that the four nutrients in diet have different effects on *Amyda sinensis*. Fat has the most important effect on weight gain, then protein, but the difference between them is not obvious. The third is carbohydrate. Ca/P ratio has the smallest effect. On survival rate, fat has the most important effect. Then protein and Ca/P ratio. Carbohydrate has the smallest effect. When the content of Ca, P in diet is higher than the optimum requirement, the survival rate decreases. In addition, the content of Ca, P in muscle increases with the content in diet which is lower than the optimum content (4.23%). When the content of Ca, P in diet is higher than the optimum requirement, the content in muscle almost keeps the same level. The Ca/p ratio in muscle is about 1.78:1.

KEYWORDS *Amyda sinensis*, Protein, Fat, Carbohydrate, Ca/P ratio, Nutritional requirement