

添加稀土元素的配合饲料对中国对虾生长效果的研究

朱伯清 徐明起 姚健

(中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

摘 要 本文讨论了添加稀土元素的配合饲料对中国对虾(*Penaeus chinensis*)生长效果的影响。从试验中得到以下结论。(1)添加稀土元素的配合饲料对其有促生长作用,其适宜添加量为30~100mg/kg,其中以添加60mg/kg为最适宜,该组增长比为135,增重比为150(对照组为100)。(2)成活率有不同,但差别不明显,说明稀土元素对其成活率无明显影响。(3)用添加60mg/kg稀土元素的饲料在中型水面养虾,产量比对照增加31%,体长增0.3厘米。(4)稀土元素的促生长作用机理有待进一步研究。

关键词 中国对虾, 生长, 配合饲料, 稀土元素

动物的生长和发育,离不开矿物质。添加矿物元素,即补充饲料中缺乏的无机成份,以保证动物在生长发育中对矿物质营养的需要。对虾和其它禽畜动物一样,饲料中同样需要补充矿物质,以调节其生理机能,促进其生长发育^[1,2,3,6,7]。

我国是稀土矿蕴藏量最丰富的国家,占地层总藏量的80%以上,开发和利用稀土资源,有很重要的经济意义。

稀土元素在农业上已早有应用,如稀土微肥——硝酸稀土,对农作物有明显的增产作用。

在禽畜动物饲料中添加稀土元素,可以使育肥牛增重,提高奶牛乳量和乳脂率;提高猪日增重和产肉量;提高蛋鸡产蛋率和产蛋量。同时提高饲料报酬,降低饲养成本。在这方面已有很多报导^[4,5]。我们就稀土元素对对虾的生长发育的影响,于1991及1992年连续两年进行了添加稀土元素的配合饲料饲养中国对虾的试验,对其增长及增重效果进行考察,又于1992年进行了中型水面的养虾试验,取得明显的增长及增重效果。

材 料 和 方 法

(一)对虾配合饲料的配制

1. 配方及分组 试验分组见表1。

收稿日期:1994-01-18。

表1 对虾饲养试验分组(育苗池内小试验)

Table 1 Dividing group for rearing prawn test (Test for raising juvenile shrimp in ponds)

数量 Quantity 配方 Formula	组别 Group	A	B	C	D	E
配合饲料(千克) Artificial feed (kg)		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Σ RE(毫克) Sum total of rare-earth (mg)		0	30	60	100	150

注:配合饲料由大豆饼粉、花生饼粉、鱼粉、虾糠粉、发酵血粉和骨粉组成,不加任何添加剂。

Note: Artificial feed is composed of soybean cake flour, peanut cake flour, fish powder, shrimp bran powder, blood powder fermented and bone powder, no additives.

2. 对虾饲料配制方法

(1)基本原料粉的配制 各种原料取自饲料加工厂生产车间经微粉碎的粉料,粒度在60目以上,按比例混合均匀,使变异系数 $CV < 10\%$ 。

(2)稀土溶液的配制 稀土(元素)即元素周期表中第57号到第71号镧系元素,它们是镧、铈、镨、钕、钐、铕、钆、铽、镱、镱、铈、镨、钕、钐、铕、钆、铽、镱、镱。本次试验使用氯化稀土($RE \cdot Cl_3$)即氯化镧($LaCl_3$)、氯化铈($CeCl_3$)、氯化镨($PrCl_3$)……等的混合物,其中,氯化钐($SmCl_3$)、氯化铕($EuCl_3$)和氯化钆($GdCl_3$)在氯化稀土中的含量在60%左右。为叙述方便,统称氯化稀土或稀土(元素),记为 ΣRE (稀土总和之意)。

0.1%氯化稀土溶液的配制是将氯化稀土(包头稀土研究所产品)100克,用100公斤清水溶解。

(3)各组饲料的配制 A组饲料:1000克混合粉加450毫升水。B组饲料:1000克混合粉加420毫升水和30毫升0.10%稀土溶液(混合成450毫升稀释液)。C组饲料:1000克混合粉加390毫升水和60毫升0.10%稀土溶液(混合成450毫升稀释液)。D组饲料:1000克混合粉加350毫升水和100毫升0.10%稀土溶液(混合成450毫升稀释液)。E组饲料:1000克混合粉加300毫升水和100毫升0.10%稀土溶液(混合成450毫升稀释液)。

混合粉与水(或水与稀土溶液混合的稀释液)混合搅拌均匀,混合搅拌均匀的湿饲料用螺旋挤出机制粒,制粒模孔板孔径 $\phi 2.0mm$ 。

制成的湿颗粒置于网盘中,以100℃蒸汽蒸制5分钟,进行熟化处理。

晒干至水分含量11.0%以下,备用。

(二)试验用虾

试验用虾由对虾养殖场饲养池中捞取,择其体长在6.4~6.8cm($6.6 \pm 0.2cm$)的中国对虾供饲养试验用。其各组样本(每组三个平行,每平行样本50尾虾)对虾体长的变异系数 $CV < 5\%$ (差异极不显著)。

(三)试验方法

1. 分池及编组 本试验分5组,其中对照组1组,添加不同水平的稀土4组,每组3个平行试验样本,在室内育苗池中进行,共15池。池号与组号随机排列。

2. 养殖管理 (1)投饲及投饲量 每天投2次,上午7时一次,占日饲量的40%,下午6时一次,占日饲量的60%。日投饲量按虾体重的15%计算,根据摄食情况增减调整。

(2)换水 每2天换水一次,换水量为20%,以虹吸法排水。排水时,将残饵吸除,然后进水。

3. 测量、称重 试验开始及结束时,测量对虾体长,称量体重,计算平均体长、平均体重、增长比及增重比。

$$\text{平均体长 } L = \frac{1}{3} (L_1 + L_2 + L_3)$$

$$L_1 = \frac{1}{n} (l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n)$$

$$\text{平均体重 } W = \frac{1}{3} (W_1 + W_2 + W_3)$$

$$W_1 = \frac{1}{n} (G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_n)$$

L 组内平均体长(cm)

L_1, L_2, L_3 平行样本的平均体长(cm)

$l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ 每尾虾体长(cm)

W 组内平均体重(g)

W_1, W_2, W_3 平行样本的平均体重(g)

$G_1, G_2, G_3, \dots, G_n$ 每尾虾体重(g)

$$\text{增长比} = \frac{\text{试验组平均增长(cm)}}{\text{对照组平均增长(cm)}} \times 100$$

$$\text{增重比} = \frac{\text{试验组平均增重(g)}}{\text{对照组平均增重(g)}} \times 100$$

(四)中型水面试验

1. 饲料配方及稀土添加量 对照池同表1中之A组,试验池同表1中之C组。

2. 加工工艺 对照池用饲料:原料——微粉碎——配料——混合——搅拌——调质、造粒——蒸制熟化5分钟——吹干、吹凉——包装。

试验池用饲料:原料——微粉碎——配料——混合——95kg混合粉喷20%稀土溶液5kg,搅拌均匀成10000mg/kg的一级预混粉——95kg混合粉加5kg一级预混粉搅拌混合成500mg/kg的二级预混粉——88kg混合粉加12kg二级预混粉搅拌混合成60mg/kg的混合料——调质、造粒——蒸制熟化5分钟——吹干、吹凉——包装。

3. 饲养管理 对照池与试验池均与生产池相同。

结 果 和 讨 论

试验结果见表2及表3。

表 2 育苗池内养虾试验结果
Table 2 Test results of rearing prawn in hatchery pond

组号 Test No.	7 月 10 日 10th July					9 月 10 日 10th September					增 量 Increment				成活率 (%) The survival rate (%)	
	尾数 Tail	样本平均 体长(厘米) Average body length of sample(cm)	组内平均 体长(厘米) Average body length of group(cm)	样本平均 体重(克/尾) Average body weight of sample(g/Tail)	组内平均 体重(克/尾) Average body weight of group(g/Tail)	尾数 Tail	样本平均 体长(厘米) Average body length of sample(cm)	组内平均 体长(厘米) Average body length of group(cm)	样本平均 体重(克/尾) Average body weight of sample(g/Tail)	组内平均 体重(克/尾) Average body weight of group(g/Tail)	增长 比 The growth rate	样本平均增 重(克/尾) increasing weight of sample (g/Tail)	组内平均 增重(克/尾) Average increasing weight of group(g/Tail)	增重 比 The increasing weight rate		
A	1 50	6.57		3.51		36	9.22		9.67			2.65	6.16			70.7
	2 50	6.62	6.59	3.60	3.57	35	8.92	9.19	8.72	9.56	100	2.30	5.12	5.99	100	
	3 50	6.58		3.60		35	9.43		10.30			2.85	6.70			
B	1 50	6.62		3.59		37	9.64		10.98			3.02	7.39			76.0
	2 50	6.59	6.61	3.61	3.61	39	9.34	9.42	9.98	10.22	108	2.75	7.37	7.28	122	
	3 50	6.62		3.62		38	9.28		9.70			2.66	7.08			
C	1 50	6.59		3.65		40	10.04		12.41			3.45	8.76			81.3
	2 50	6.56	6.57	3.54	3.58	38	10.36	10.08	13.53	12.55	135	3.80	9.99	8.97	150	
	3 50	6.57		3.55		44	9.85		11.70			3.28	8.15			
D	1 50	6.60		3.60		39	9.83		11.68			3.23	8.08			78.0
	2 50	6.65	6.64	3.66	3.63	41	9.66	9.71	11.01	11.46	118	3.01	7.35	7.52	126	
	3 50	6.66		3.62		37	9.63		10.76			2.97	7.14			
E	1 50	6.61		3.61		37	9.47		10.33			2.86	6.72			78.0
	2 50	6.62	6.63	3.70	3.61	38	9.39	9.54	10.05	10.57	112	2.77	6.35	6.95	116	
	3 50	6.67		3.53		42	9.77		11.32			3.10	7.79			

注:水体(10 立方米/池)
Note: Water body(10m³/pond)

表 3 中型水面养虾试验结果

Table 3 Test result of rearing prawn in medium-size waters

池 别 Test ponds	池面积 (公顷) The area of pond (ha)	总产量 (千克) Total output (kg)	单产 (千克/公顷) Per unit area yield (kg/ha)	饲料量 (千克) Amount of feed threw in (kg)	饲料系数 Feed ratio	对虾体长 (厘米) Prawn body lenth (cm)
对 照 池 Control pond	2.8	4410	1575	14800	3.36	11.10
试 验 池 Test pond	3.2	6600	2070	17350	2.63	11.40

(一)平均尾增长及尾增重

从表 2 所列的育苗池的养虾小试验中可以看出,平均体长 6.57~6.67 厘米(平均体重 3.53~3.70g)的对虾,分成 5 组(每组 3 个平行,每平行 50 尾/池),分别用添加不同剂量的稀土(A 组为空白,对照组)的饲料饲养 60 天,表现出明显不同的增长及增重效果。A 组(对照组)增长 2.60 厘米(增长比 100),增重是 5.99 克(增重比 100);添加 30 毫克/公斤,稀土的 B 组,增长 2.81 厘米(增长比 108),增重 7.28 克(增重比 122);添加 60 毫克/公斤稀土的 C 组,增长 3.51 厘米(增长比 135),增重 8.97 克(增重比 150);添加 100 毫克/公斤稀土的 D 组,增长 3.07 厘米(增长比 118),增重 7.52 克(增重比 126);添加 150 毫克/公斤稀土的 E 组,增长 2.91 厘米(增长比 112),增重 6.95 克(增重比 116)。

试验结果表明,饲料中添加稀土元素,对对虾的生长有促进作用。添加量以 60 毫克/公斤(C 组)为宜,其增长及增重效果最为明显。继续加大剂量(本次试验,最大添加量为 150 毫克/公斤),增长及增重效果反而逐步降低。

根据用同位素³²P 标记,稀土对鱼类的磷吸收研究表明,稀土能促进鱼类对磷的吸收,蓄积在鱼体内的磷增加,而排出体外的磷减少。这是促进鱼类生长的一个明显佐证^[5]。

对虾的生长发育离不开磷。根据李爱杰先生对对虾营养生理的研究,对虾饲料中的钙/磷之比以 1:1.7 为最好^[2]。所以,对虾饲料中,一般都添加磷酸二氢钾(KH₂PO₄)以补充饲料中磷的不足,调节钙磷比。对虾配合饲料中添加稀土,同鱼类一样,促进磷的吸收,促进对虾的生长。

稀土可以增强酶活力^[5],从而促进新陈代谢,提高对虾对饲料中营养物质的消化吸收,促进生长发育。

由表 3 知道,中型水面养虾试验,用添加 60 毫克/公斤稀土的配合饲料饲养对虾,亩产比对照池增加 32.5 公斤,增产 31%;养殖规格提高 0.3 厘米,饲料系数降低 0.73,饲料成本降低 21.8%,提高了饲料报酬。中型水面的养虾试验,进一步说明添加稀土的配合饲料饲养对虾,对对虾有促生长的作用。

(二)成活率

在 5 组配合饲料的养虾试验中,成活率分别是 70.7%,76.0%,81.3%,78.0%和 78.0%。对虾养殖的成活率与多种因素有关,也与饲料的品质有关。本次试验的条件基本相似,成活率相差不多,说明各组饲料品质基本相同,也即稀土饲料中,稀土添加量不超过 150 毫克/公斤时(本次试验,稀土最高添加量 150 毫克/公斤),不会影响对虾的成活率。

(三)尾增重的方差分析和多重比较

为了鉴定试验结果的差异显著性,以小试验中对虾的尾增重进行方差分析和多重比较。

表 4 以尾增重表示的小试验结果

Table 4 Preliminary test results shown by increase of per prawn weight

组 Group	平 行 Parallel	1	2	3	每 组 总 数 Sum total of every group
A		6.16	5.12	6.70	17.98
B		7.39	7.37	7.08	21.84
C		8.76	9.99	8.15	26.90
D		8.08	7.35	7.14	22.57
E		6.72	6.35	7.79	20.86
每平行的总数 Sum total of every parallel		37.11	36.18	36.86	110.15

表 5 F 检验

Table 5 F-test

变异来源 Variation stem from	平方和 Sum of squares	自由度 Degree of freedom	平均方和 Mean of sum of square	F 值 F-Value	F _{0.05}	F _{0.01}
组 间 Among groups	15.0025	4	3.7506	8.3944	3.8378	7.0060
平行间 Among parallels	0.0740	2	0.0370	0.0828	4.4590	8.6491
误 差 Error	3.5744	8	0.4468			
总变异 Total variation	18.6509	14				

通过(表 4 及表 5)方差分析和 F 检验,求得的 $F=8.3944$, 大于 $n_1=4, n_2=8$ 时, $p=0.01, F=7.0060$ 。所以,组间的差异极显著($p<0.01$);平行间(组内)的 $F=0.0828$, 小于 $n_1=2, n_2=8$ 时, $p=0.05, F=4.4590$ 。所以,平行间的差异极不显著($p>0.05$)。说明试验的结果是真实的,其差异是由于添加了稀土元素而引起的。

为了进行各组间的差异检验,故进行多重比较,以确定最适添加量。本试验各组的比较是彼此独立的,所以选用 LSD 法。

$$\begin{aligned}
 \text{差异的标准误差 } S_D &= \sqrt{\frac{2S^2}{N}} \\
 &= \sqrt{\frac{2 \times 0.4468}{3}} = 0.5458
 \end{aligned}$$

由表 5 知,误差的平均方和 $S^2=0.4468$

自由度=8, $p=0.05$ 时, $t=2.3060$

自由度=8, $p=0.01$ 时, $t=3.3554$

$LSD=t \times S_p$

$5\%LSD=2.3060 \times 0.5458=1.2586$

$1\%LSD=3.3554 \times 0.5458=1.8314$

表 6 组间多重比较

Table 6 Multiple comparison among groups

组别 Group	平均数 Mean	A 组与其它组比 Compare A group with other groups	B 组与其它组比 Compare B group with other groups	C 组与其它组比 Compare C group with other groups	D 组与其它组比 Compare D group with other groups
A($\bar{x}_1$)	5.99				
B($\bar{x}_2$)	7.28	1.29			
C($\bar{x}_3$)	8.97	2.98	1.69		
D($\bar{x}_4$)	7.52	1.53	0.24	1.45	
E($\bar{x}_5$)	6.95	0.96	0.33	2.02	0.57

由多重比较(表 6)可以看出 C 组与 A 组比,平均数的差异 $2.98 > 1\%LSD=1.8314$, 差异极显著。说明添加 60mg/kg 稀土的配合饲料,对对虾的生长有极显著的影响。B 组与 A 组比,平均数的差异 $1.29 > 5\%LSD=1.2586$, 差异显著。D 组与 A 组比,平均数的差异 $1.53 > 5\%LSD=1.2586$, 差异显著。说明添加 30mg/kg 和 100mg/kg 稀土的配合饲料,对对虾的生长有较明显的影响。E 组与 A 组比,平均数的差异 $0.96 < 5\%LSD$, 差异不显著。说明添加 150mg/kg 稀土的配合饲料对对虾没有明显的促生长作用。E 组与 C 组比,平均数的差异 $2.02 > 1\%LSD$, 差异极显著。说明添加 60mg/kg 稀土的配饲比添加 150mg/kg 稀土的配饲对对虾的生长的影响有极显著的差异。B 组与 C 组比, D 组与 C 组比,平均数的差异分别为 1.69 和 1.45, 大于 $5\%LSD$, 差异显著。说明添加 60mg/kg 稀土的配饲比添加 30mg/kg 和 100mg/kg 的配饲对对虾生长的影响有明显的差异。D 组与 B 组比, E 组与 B 组比, E 组与 D 组比,平均数的差异分别为 0.24、0.33 和 0.57, 均小于 $5\%LSD$, 差异不显著。说明添加 100mg/kg 和 150mg/kg 与添加 30mg/kg 稀土的饲料之间, 100mg/kg 和 150mg/kg 稀土的饲料之间的差异不显著。

可见,稀土在饲料中的添加量以 $30 \sim 100\text{mg/kg}$ 为宜,尤以 60mg/kg 的添加量为最适。

小 结

1. 对虾配合饲料中添加稀土元素,对对虾具有促生长(增长与增重)的作用。添加 60mg/kg 稀土的饲料,促生长效果最好,增长比 135,增重比 150(对照组增长比与增重比均 100 计)。
2. 经方差分析、F 值检验和多重比较,添加 60mg/kg 稀土的配饲饲养对虾,其尾增重与对照比,差异极显著,试验结果是真实的。
3. 成活率有不同,但差别不大,说明添加稀土的配饲对对虾的成活率无不良影响。
4. 添加稀土的配饲,在中型水面饲养对虾时,取得明显的增产效果(增产 31%)。
5. 稀土元素不属于动物的常量营养元素,也不是微量营养元素。对于稀土可能是一种生理生

化上的激活剂,使摄入的营养物质得以充分的吸收利用的机理,有待进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 侯文璞等,1990。配饵饲养对虾试验报告。海洋水产研究丛刊,(32):55—72。
- [2] 李爱杰,1990。中国对虾营养生理的研究进展。饲料工业,(6):25—28。饲料工业杂志社。
- [3] 朱伯清等,1991。对虾配合饵料的优化技术。饲料工业,(8):25—29。饲料工业杂志社。
- [4] 沈启云等,1991。畜禽食粮中添加稀土的效果实验报告。第二届全国饲料添加剂学术交流会论文集,86—90。化工部饲料添加剂科技情报中心站。
- [5] 程汉良等,1993。稀土渔用研究进展。饲料工业,(10):9—11。饲料工业杂志社。
- [6] 桥本芳郎编,蔡完其译,1973。养鱼饲料学,113—114。农业出版社。
- [7] Lovel, R. T., 1978. Practical fish diet, Fish feed Technology, 349。

THE STUDY ON EFFECT OF ARTIFICIAL FEED WITH RARE—EARTH ELEMENTS ON *PENAEUS CHINENSIS* GROWTH

Zhu Boqing Xu Mingpi Yao Jian

(Yellow Sea Fishery Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

ABSTRACT This paper discussed the effect of the artificial feed with some rare—earth elements on *penaeus chinensis* growth. Conclusions drawn from the test are as follows:

1. Artificial feed adding some rare—earth elements promotes the growth of prawn. The optimum additum is 30—100 mg/kg with 60mg/kg being the best. The growth rate of this group is 135, and its increasing weight rate is 150(with the control group as 100).

2. Although the survival rates are not alike, the difference is not very significant. This result shows that the rare—earth element have no obvious influences on the survival rate of prawn.

3. When the prawns are reared with artificial feed containing 60mg/kg rare—earth in medium—size water, its output increases by 31% and the body length increases by 0.3cm as compared with that in control pond.

4. The mechanisms of promoting growth function for adding rare—earth elements remain to be researched further.

KEYWORDS *Penaeus chinensis*, Growth, Artificial feed, Rare—earth element