

黑鲷对 Ca,P,K,Mg 和 Mn 的营养需求*

李荷芳 王辉亮 梁德海 樊云真 刘发义
(中国科学院海洋研究所)

矿物质是鱼类必需的营养素之一。海水中含有大量的无机盐,海水鱼类虽可通过饮用海水直接摄取,但是这些矿物质并不能满足鱼类的全部需求,在饲料中还必需予以添加,因此研究海水鱼类对矿物质的需求具有重要的意义。

黑鲷 (*Sparus macrocephalus*) 是我国北方最有价值的水产养殖鱼类之一,目前黑鲷养殖业已经逐步发展起来,开展黑鲷营养需求和人工配合饲料的研究已成为当务之急。本文报道了黑鲷对 Ca,P,K,Mg 和 Mn 的需求研究结果。

一、材料和方法

1. 实验动物 实验用黑鲷于 1993 年 8 月上旬购自青岛石老人育苗厂,平均体重约 2g,运回实验室后,暂养于水族箱中,投喂人工配合饲料进行摄食驯化,5 天后进行养殖实验。

2. 实验设计 本实验采取正交设计。在以干酪素、明胶、糊精、鱼油、豆油、维生素预混料和不含 Ca,P,K,Mg 和 Mn 的矿物质预混料组成的半纯化饲料中(表 1),添加不同水平的上述 5 种矿物质,每种取 4 个水平,按照 $L_{16}(4^5)$ 正交表要求,制成 16 种试验饲料,各组饲料中 5 种矿物质添加量列于表 2。

表 1 基础饲料的组成(%)

原 料	组 成	原 料	组 成
酪 蛋 白	40.0	CMC	6.0
明 胶	13.0	维生素预混料 ¹⁾	1.0
糊 精	20.0	矿物质预混料 ²⁾	1.0
豆 油	5.0		
鱼 油	5.0	总 计	91.0

注: 1) 每公斤饲料中含 V_A 16200 IU, V_{D_3} 3240 IU, V_E 150 mg, V_{K_3} 15 mg, V_{B_1} 45 mg, V_{B_2} 46.5 mg, V_{B_6} 36 mg, B_{12} 0.083 mg, 烟酸 9 mg, 泛酸钙 75 mg, 叶酸 7.5 mg, 生物素 1.5 mg, V_C 900 mg, 肌醇 375 mg, 氯化胆碱 3000 mg。

2) 每公斤饲料含 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 110 mg, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 746 mg, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 20 mg, $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ 16mg, KI 1.31 mg, Na_2SeO_3 0.44 mg。

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 2375 号。
收稿日期: 1995 年 3 月 24 日。

表2 实验饲料中元素含量(%)*

饲料号	Ca	P	K	Mg	Mn
1	0.43	0.02	0.08	0.03	0
2	0.43	0.26	0.48	0.04	0.0015
3	0.43	0.50	0.88	0.09	0.0030
4	0.43	0.99	1.68	0.15	0.0060
5	0.58	0.02	0.48	0.09	0.0060
6	0.58	0.26	0.08	0.15	0.0030
7	0.58	0.50	1.68	0.03	0.0015
8	0.58	0.99	0.88	0.04	0
9	0.73	0.02	0.88	0.15	0.0015
10	0.73	0.26	1.68	0.09	0
11	0.73	0.50	0.08	0.04	0.0060
12	0.73	0.99	0.48	0.03	0.0030
13	1.03	0.02	1.68	0.04	0.0030
14	1.03	0.26	0.88	0.03	0.0060
15	1.03	0.50	0.48	0.15	0
16	1.03	0.99	0.08	0.09	0.0015

注: * Ca, P, K, Mg 和 Mn 分别以 CaCO_3 , Na_2HPO_4 , KCl , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的形式加入; 表中数据为饲料中各元素的总含量, 基础饲料中 Ca, P, K 和 Mg 的含量分别为 0.43%、0.02%、0.08% 和 0.03%, Mn 未检出。

3. 饲料加工 称取所需的 Ca, P, K, Mg 和 Mn 的化合物, 研碎混匀, 加入少量纤维素为载体, 然后与基础饲料充分混匀, 再加入用热水溶涨好的明胶, 混匀后用绞肉机挤压成直径为 3mm 的颗粒料, 晾至半干放塑料袋中, 置于冰箱内备用。

4. 养殖试验 将暂养后的黑鲷随机分组, 逐一称重, 放入 32 个长方形玻璃钢水族箱中(每个有效水体 300L), 每箱放 10 尾鱼, 分成 16 组, 每组两平行, 分别投喂 16 种不同饲料。饲养过程中连续通气, 每天早上清除残饵和排泄物, 换水 1/3 至 1/2。日投饵两次(9:30 和 17:00 各一次), 每次投饵至鱼不主动摄食为止。每天测量水温, 定期测定海水盐度和 pH 值。试验期间 pH 为 7.9—8.0, 盐度为 32 左右, 水温为 18—27.5℃。

试验分别进行到 14 天、28 天和 56 天时, 对各箱的鱼称重, 计算出平均增重率。

5. 鱼体内元素含量的测定 试验结束后, 每组取 5—7 尾鱼烘干, 湿法消化, 用 ICP 发射光谱仪测定基础饲料和黑鲷体内 Ca, P, K, Mg 和 Mn 的含量。

二、结果和讨论

1. 黑鲷的生长情况 根据实验期间三次称重结果, 计算出黑鲷的增重率(图 1)。试验结束时各组鱼的成活率、增重率和饲料系数列于表 3。从表 3 和图 1 中可看出, 4 号、12 号和 16 号饲料具有较好的增重效果, 其增重率均在 400% 以上; 其次是 1 号、3 号、7 号、8 号和 11 号, 增重率在 300% 至 400% 之间; 增重效果较差的是 2 号、5 号、6 号、9 号、10 号、13 号、14 号和 15 号, 其中 13 号的增重效果最差。生长快的, 其饲料系数则比较低, 生长慢的比较高; 成活率最低的是 9 号和 13 号。对养殖试验前后各组鱼体重均值进行方差

分析结果表明, 试验前各组鱼体重无显著差异, 而试验结束时各组鱼的体重均值存在显著差异, 说明各组饲料饲养黑鲷的效果确实不一样, 并非实验误差引起的。

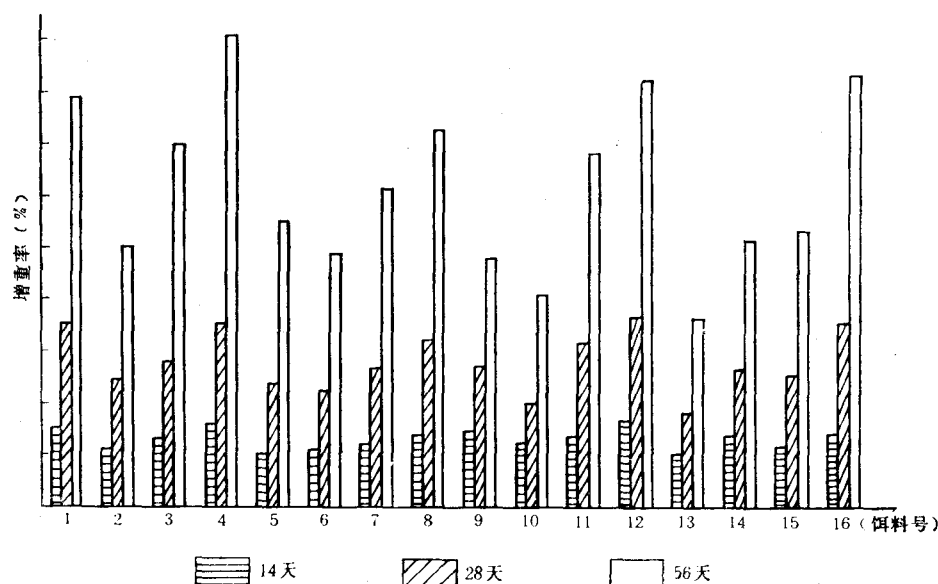


图1 各组黑鲷不同时间的增重率

表3 养殖试验结果

饲料号	鱼数量 (尾)	鱼 初 重 (g)	成活率 (%)	增 重 率 (%)	饲料系数
1	20	2.08±0.93	100±0	396.2±33.4	1.41
2	20	2.22±0.89	85±7	250.8±10.8	2.27
3	20	2.12±0.83	90±0	349.4±41.3	1.82
4	20	2.07±0.75	85±7	452.6±5.3	1.58
5	20	2.17±0.75	100±0	276.4±8.9	2.12
6	20	2.12±0.77	95±7	265.4±8.8	2.23
7	20	1.96±0.78	100±0	310.4±2.5	1.81
8	20	2.08±0.76	95±7	365.7±68.2	1.55
9	20	2.30±0.79	75±7	243.2±58.0	2.31
10	20	2.26±0.73	85±7	207.3±6.4	2.31
11	20	2.39±0.67	85±7	340.4±57.2	1.77
12	20	2.12±0.82	95±7	416.5±95.6	1.61
13	20	2.27±0.75	75±7	179.6±24.0	2.84
14	20	2.18±0.68	95±7	259.6±22.6	2.16
15	20	2.17±0.91	80±0	265.0±18.9	2.22
16	20	2.06±0.86	100±0	415.5±8.6	1.48

实验结束时黑鲷增重率的直观分析结果见表4。5种元素含量的改变对增重率影响大小的顺序是 $P > Ca > K > Mg > Mn$, 当 P, Ca, K, Mg 和 Mn 含量分别为 0.99%, 0.043%, 0.08%, 0.03% 和 0.006% 时可取得最好的增重效果。

为了进一步确定上述5种矿物质对黑鲷增重率影响的可靠性, 作者又对实验结果进

表 4 实验结束时黑鲷增重率的直观分析

饲料号	Ca	P	K	Mg	Mn	增重率(%)
1	1	1	1	1	1	396.6
2	1	2	2	2	2	251.4
3	1	3	3	3	3	348.1
4	1	4	4	4	4	454.1
5	2	1	2	3	4	275.1
6	2	2	1	4	3	245.1
7	2	3	4	1	2	309.4
8	2	4	3	2	1	364.2
9	3	1	3	4	2	240.4
10	3	2	4	3	1	206.2
11	3	3	1	2	4	341.3
12	3	4	2	1	3	410.9
13	4	1	4	2	3	180.6
14	4	2	3	1	4	256.4
15	4	3	2	4	1	263.3
16	4	4	1	3	2	412.7
各水平平均值						
1	362.6	273.2	348.9	343.3	307.6	
2	298.5	239.8	300.2	284.4	303.5	
3	299.7	315.5	302.3	310.5	296.2	
4	278.3	410.5	287.6	300.7	331.7	
极 差	87.9	170.7	61.3	58.9	35.5	
优 水 平	1	4	1	1	4	
主次顺序	P(4)>Ca(1)>K(1)>Mg(1)>Mn(4)					

行了方差分析,结果表明,饲料中 P 含量变化对黑鲷的增重率有显著的影响 ($P < 0.05$),结合直观分析的结果,可以确定黑鲷对 P 的需要量为 0.99% 左右; Ca, K 和 Mg 含量的变化对增重的影响都不显著,而且饲料中若不添加这 3 种元素鱼的增重率反而相对较高,在生产性饲料中这 3 种元素的含量通常比较高,因此在饲料中通常不必添加。方差分析表明,饲料中 Mn 的变化对黑鲷的增重率的影响虽然不显著,但考虑到海水中 Mn 的含量较低,结合直观分析的结果,我们建议在黑鲷的饲料中应添加一定量的 Mn,使其含量达 60mg/kg 左右为好。

鱼类对矿物质的营养需求已有不少报道 (National Research Council, 1983; Davis, and Gatlin III, 1991), 但多是有关淡水鱼类的研究结果。海水鱼类对矿物质的营养需求方面的研究报道很少,目前看到的仅有 Sakamoto 和 Yone (1976, 1978a, 1978b) 对真鲷的研究,他们认为在真鲷的饲料中 Ca, K 和 Mg 都不需添加,这与作者对黑鲷的研究结果是一致的;而真鲷对 P 的需要量他们的结果为 0.68%, 作者的比它高,为 0.99%。

Ca 和 P 是生物生长发育所必须的元素,本实验结果表明,在黑鲷饲料中不添加 Ca, 仅靠基础饲料中所含的 Ca (占饲料总重量的 0.31%) 也可以保证鱼的生长需要。而且从直观分析看,随着 Ca 含量的增加,黑鲷增重似有下降的趋势,说明黑鲷从海水中得到了足够的 Ca。另有实验表明,饲料中 Ca 含量过高会影响鱼对其他无机盐如 Zn 的吸收及其

在骨骼中的含量(Dabrowska, *et al.*, 1989)。对于 P 的要求, 从表 3 可看出, 用 P 含量高的 4 号、8 号、12 号和 16 号饲料饲喂的鱼, 在 P 含量相同的各组中生长效果都是最好的; 而 P 含量比较低的 1 号、2 号、5 号、6 号、9 号、10 号、13 号和 14 号饲料(1 号除外)饲喂的鱼增重率都比较低, 随着饲料中 P 含量的增加, 黑鲷增重率增加, 二者有很好的线性相关关系, 其关系式为:

$$\Delta W = 238.21 + 131.26[P], r = 0.9092$$

式中 ΔW 为增重率, $[P]$ 为饲料中 P 的浓度, r 为相关系数。这更进一步说明了饲料中添加 P 对黑鲷是非常重要的。1 号出现例外的原因目前尚无法解释, 需作进一步的研究。海水中 P 的含量很低, 黑鲷难以直接从水中获取足够的 P, 因而主要靠从饲料中获取。

K 和 Mg 也是鱼类所必需的。淡水鱼除了从环境中摄取一定量的 K, Mg 外, 还必须从饲料中摄取一部分才能满足生长需要。如 Shearer (1988) 曾证明大麻哈鱼饲料中含 0.8% K 时生长最好。Dabrowska 等(1989)报道, 罗非鱼 (*Oreochromis niloticus*) 的饲料中添加约 600mg/kg 左右 Mg 时生长较好。Shearer 等(1989)报道, 虹鳟 (*Salmo gairdneri*) 饲料中 Mg 的最适含量为 0.14%。海水中 K, Mg 的含量丰富, 本实验结果表明, 黑鲷饲料中不添加 K 和 Mg, 生长并不受到影响, 这是因其能从海水中摄取足够的 K 和 Mg。

Mn 作为鱼类重要的营养要素也早已被人们所认识。Delbert and Robert (1984) 通过对鲶鱼 (*Ictalurus punctatus*) 的研究表明, 饲料中添加 2.4 mg/kg 的 Mn 可满足其幼鱼的需要; Ogino 和 Yang (1980) 报道鲤鱼和虹鳟对 Mn 的需求量为 12—13mg/kg。海水鱼类对 Mn 的需要量目前尚未见到报道。我们通过本实验研究发现, 饲料中 Mn 含量为 60mg/kg 时黑鲷增重相对较好。海水中 Mn 的含量不高, 鱼类要从中获得足够的 Mn 是比较困难的, 因此作者认为在黑鲷饲料中添加适量的 Mn 是有必要的。

2. 黑鲷体内 Ca, P, K, Mg 和 Mn 的含量 试验结束后, 作者对各组黑鲷体内 Ca, P, K, Mg 和 Mn 的含量分别进行了测定, 结果列于表 5。从表 5 中看出, Ca, K 和 Mg 3 种元素含量各组虽有差异, 但并不随饲料中这 3 种元素含量的增加而成规律性的增加。P 的含量则随饲料中 P 含量的增加而升高, 两者呈线性相关关系, 其关系式为:

$$[P]_{\text{鱼}} = 10.694 + 18.598[P]_{\text{饲料}}, r = 0.9953$$

说明 P 的摄取和在体内的积累主要是从饲料中得到的。鱼体中 Mn 的含量也有随饲料中 Mn 含量的增加而增加的趋势, 这可能也反映了 Mn 对黑鲷生长具有一定的促进作用。

不同的元素在生物体内有的相互间会产生影响。Shearer (1988) 报道, 当饲料中 K 含量增加时, 虹鳟 *Chinook salmon* 能够积累 K; 而当投喂低 K 饲料时, 则鱼体中 Na 和 Mg 浓度会明显上升。Shim 和 Ng (1988) 在研究虹鳟 (*Poecilia reticulata*) 对 Mg 的需求时则发现, 鱼摄取缺 Mg 的饲料, 其体内 Mg 和 K 的含量低, 而 Ca 和 Na 含量高。本研究中没有发现上述现象, 说明黑鲷对 Ca, K 和 Mg 的摄取和积累与它们在饲料中的含量关系不是非常密切, 这可能是由于海水中含有大量的 Ca, K 和 Mg, 黑鲷主要是从海水中摄取这些元素, 而饲料中这几种元素的含量的变化对黑鲷的影响不大。不过我们在实验中发现, 鱼体内 Ca 的含量与饲料中 P 的含量却有一定的线性相关关系 ($P < 0.05$), 饲料中 P 含量增加, 鱼体内 Ca 的含量也高, 其线性相关系数为 0.8921。也许黑鲷摄取 P 量

表5 黑鲷体内 Ca, P, K, Mg, Mn 的含量

饵料号	Ca(mg/g)	P(mg/g)	K(mg/g)	Mg(mg/g)	Mn(μ g/g)
1	28.89	12.56	4.29	1.44	5.36
2	36.43	16.33	3.56	1.57	7.11
3	45.34	24.61	3.18	1.49	8.84
4	52.63	21.05	3.23	1.45	10.76
5	30.61	9.69	3.36	1.21	7.07
6	36.80	11.93	3.36	1.40	10.61
7	37.88	11.87	3.41	1.39	12.57
8	37.96	9.95	4.34	1.44	12.66
9	28.89	9.05	3.89	1.57	17.68
10	28.75	15.00	3.95	1.44	17.96
11	43.15	35.53	3.92	1.65	16.38
12	43.15	38.07	3.42	1.65	16.55
13	37.88	13.89	3.19	1.52	19.48
14	37.18	16.67	3.60	1.67	19.76
15	44.50	18.32	3.07	1.96	10.84
16	38.94	62.81	2.85	1.63	14.25

的增加会促进其对 Ca 的吸收,以保持其体内合适的 Ca:P 比。另外饲料中的 K 的含量与鱼体内 P 的含量也有一定的相关性,饲料中 K 含量增加,鱼体内 P 的含量降低,为维持鱼体内 P 的含量,保证鱼的正常发育,饲料中也不宜多加 K。

三、结 论

(1) 在本实验条件下,饲料中添加 Ca, K 和 Mg 对黑鲷没有促进生长效果;添加 Mn 有一定的促生长作用,但效果不是很显著;添加 P 则对其具有显著的促生长作用。

(2) 根据本实验结果得出,黑鲷饲料中 P 的最适含量为 0.99% 左右, Ca, K, 和 Mg 则不需添加, Mn 的含量推荐为 60mg/kg 左右。

参 考 文 献

- Dabrowska, H. et al., 1989, Availability of various magnesium compounds to tilapia (*Oreochromis niloticus*), *Aquaculture*, **76**: 269—276.
- Dabrowska, H. et al., 1989, Interactions between dietary protein and magnesium levels in Tilapia (*Oreochromis niloticus*), *Aquaculture*, **76**: 277—291.
- Davis, D. A. and D. M. Gatlin III, 1991, Dietary mineral requirements of fish and shrimp, In: Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop, Republic of Singapore, 49—67.
- Delbert, M. G. and P. W. Robert, 1984, Studies on the manganese requirement of fingerling channel catfish, *Aquaculture*, **41**: 85—92.
- Delbert, M. G. and F. P. Harold, 1989, Dietary calcium, phytate and zinc interaction in channel catfish, *Aquaculture*, **79**: 259—266.
- National Research Council, 1983, Nutrient Requirements of Warmwater Fishes and Shellfishes, National Academy Press, Washington, D. C., USA, 23—29.
- Ogino, C. and G. Y. Yang, 1980, Requirement of carp and rainbow trout for dietary manganese and copper, *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, **46**: 455—458.

- Sakamoto, S. and Y. Yone, 1976, Requirement of red sea bream for dietary Ca. Report of Fishery Research Laboratory, Kyushu University, **3**: 59—64.
- Sakamoto, S. and Y. Yone, 1978a, Effect of dietary phosphorus level on chemical composition of red sea bream. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* **44**: 227—229.
- Sakamoto, S. and Y. Yone, 1978b, Requirement of red sea bream for dietary Na and K. *Journal of the Faculty of Agriculture*, Kyushu University, **23**: 79—84.
- Shearer, K. D., 1988, Dietary potassium requirement of juvenile chinook salmon, *Aquaculture*, **73**: 119—129.
- Shearer, K. D., 1989, Whole body magnesium concentration as an indicator of magnesium status in rainbow trout (*Salmo gairdneri*), *Aquaculture*, **77**: 201—210.
- Shim, K. F. and S. H. Ng, 1988, Magnesium requirement of the guppy (*Poecilia reticulata*, *Aquaculture*, **73**: 131—134.

REQUIREMENTS OF *SPARUS MACROCEPHALUS* FOR Ca, P, K, Mg AND Mn*

Li Hefang, Wang Huiliang, Liang Dehai,
Fan Yunzhen and Liu Fayi

(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences)

ABSTRACT

The requirements of black sea bream, *Sparus macrocephalus*, for calcium, phosphorous, potassium, magnesium and manganese were studied using semi-purified diets and orthogonal design. Based on the fish weight gains, survival rates and the contents of the minerals in the fish liver, the proper contents of phosphorous and manganese in the fish diets are 0.99% and 60 mg/kg, respectively. Supplementation of calcium, potassium and magnesium in the diets is not necessary.

* Contribution No. 2375 from Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences.