

文章编号:1000 - 0615(2002)02 - 0127 - 06

草鱼种对配合饵料中钙磷的需要量及适宜钙磷比

王志忠, 孙鹤田, 刘汉华, 马俊岭, 轩子群, 任维美, 吴亚恒

(山东省淡水水产研究所饲料研究室, 山东 济南 250117)

摘要:研究了草鱼种对饵料中钙磷的需要量及适宜钙磷比。试验结果以增重率和饵料转换率两项生物学指标为依据进行综合分析。结果表明,在本试验条件下草鱼对饵料中钙的需要量为 0.473% ~ 0.788%,磷的需要量为 1.419% ~ 1.577%,钙磷的总需要量在 2.100% ~ 2.700% 范围内,适宜钙磷比则随着钙磷含量的高低而异而变化,即在钙磷含量较低而总量不同时为 1:3,钙磷含量高而总量相同时为 1:2。当钙磷比中的磷小于 2 时,钙磷总量高则可减轻因钙磷不平衡对草鱼生长所产生的抑制作用。钙磷比不等于 1:2(或 1:3)时,钙磷总量过多或过少都不利于鱼的生长,且饵料转换率呈降低趋势。

关键词:草鱼;配合饵料;钙磷比;增重率

中图分类号:S963 **文献标识码:**A

The requirements and optimum ratio of calcium and phosphorus in the compound feed of *Ctenopharyngodon idellus*

WANG Zhi-zhong, SUN He-tian, LIU Han-hua, MA Jun-ling, XUAN Zi-qun, REN Wei-mei, WU Ya-heng
(Feed Research Department, Freshwater Fishery Research Institute of Shandong Province, Jinan 250117, China)

Abstract: The requirements and optimum ratio of calcium to phosphorus in the compound feed of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) were studied. Results were analysed based on the two biological indexes of weight gain, feed conversion ratio and feed efficiency. Results show the calcium requirement is 0.473% - 0.788%, Phosphorus requirement is 1.419% - 1.577%, total requirement is 2.1% - 2.7%. The optimum ratio of calcium to phosphorus changed with the levels in feed. When calcium and phosphorus levels were lower, but total level was different, the optimum ratio of calcium to phosphorus is 1:3. When calcium and phosphorus levels were higher, but total level was same, the optimum ratio of calcium to phosphorus is 1:2. When the phosphorus value is below 2 in the ratio, higher total level of calcium and phosphorus can decrease the stress of grass carp because of imbalance of calcium and phosphorus. When the ratio of calcium to phosphorus is not 1:2, or 1:3, higher or lower total levels of calcium and phosphorus can affect the growth and feed conversion ratio of grass carp.

Key words: *Ctenopharyngodon idellus*; compound feed; ratio of calcium to phosphorus; weight gain

鱼类对钙和磷的需要量,比其他无机元素的需要量大得多。它们是构成鱼骨和鱼鳞的重要成分,可与鱼体其他成分结合,在酶催化及能量代谢方面起着重要作用,并参与鱼体调节渗透压及稳定酸碱平衡。

收稿日期:2001-05-22

资助项目:山东省科委资助项目(89-36)

作者简介:王志忠(1968-),男,山东菏泽人,工程师,主要从事水产动物营养与饲料方面的研究。Tel:0531-7515431

饵料中的钙和磷还可以促进鱼类的生长,提高对营养物质的利用率。因而,鱼类对钙磷营养需要的研究,日益引起各国学者的关注。

国外学者对斑点叉尾鮰^[1]、鲤^[2]、虹鳟^[3]等钙、磷需要量已分别进行了研究,尽管结论不尽相同,但一致认为钙、磷是鱼类营养的重要元素,且二者的适宜比例对鱼类的健康、生长以及饵料的利用率产生重要影响。国内已对鲤^[4]、草鱼^[5,6]、团头鲂^[7]等鱼类进行了这方面的研究。本文以草鱼为饲养对象,以探讨其对钙磷的需要量及适宜钙磷比,目的是为研制草鱼配合饵料提供依据。

1 材料和方法

1.1 试验饵料制备

基础饵料组成见表1,无机盐配方见表2。试验饵料以乳酸钙及磷酸二氢钾分别调至所需要的钙、磷含量。

第I期试验是以基础饵料中的钙磷为基点,调整钙、磷比自1.0.5至1.4,共分6组,由于添加的钙磷量不等,各组饵料中的钙磷总量也不相等;第II期试验钙磷比设置与I期试验相同,将各组试验饵料中的钙磷总量调至相同;第III期试验是根据第II期试验的结果(钙磷比为1.2时,草鱼生长最快),将钙磷比固定为1.2不变,而将钙磷总量调整为不同梯度,并以钙磷比1.1作为对照。各期试验分组见表3。

表1 基础饵料原料及营养成分

Tab.1 Raw material and nutrition composition of base diet

原料 raw material	含量(%) level	营养成分 nutrition	含量(%) level
鱼粉 fish meal	4	粗蛋白 protein	26.41
饲料酵母 yeast	4	粗脂肪 fat	6.42
豆饼 soybean cake	20	粗灰分 ash	10.37
棉仁饼 cotton seed	20	水分 moisture	10.83
玉米面 corn	15	钙 Calcium	0.473
麸皮 bran	35	磷 Phosphorus	0.553
无机盐 minerals	2	钙磷总量 Ca + P	1.026
复合维生素* vitamins	0.2	钙磷比 Ca/P	1.1.17*

* 在 Halver 配方中,加入适量维生素 A,维生素 D₃。

* mean adding Vitamin A and D₃ in Halver's component

表2 无机盐配方

Tab.2 Minerals

原料 raw material	含量(%) level	原料 raw material	含量(%) level
硫酸镁 MgSO ₄	0.500	硫酸亚铁 FeSO ₄	0.150
氯化铝 AlCl ₃	0.015	碘化钾 KI	0.015
硫酸锌 ZnSO ₄	0.300	氯化钴 CoCl ₂	0.100
氯化铜 CuCl ₂	0.010	氯化钠 NaCl	98.830
硫酸锰 MnSO ₄	0.080	合计 total	100.000

表3 各期试验饵料中的钙磷含量及钙磷比

Tab.3 Level and ratio of Calcium to Phosphorus in all phases experimental diet

期别 phase	组别 group	1	2	3	4	5	6
第I期 phase I	Ca (%)	1.106	0.553	0.473	0.473	0.473	0.473
	P (%)	0.553	0.553	0.553	0.946	1.419	1.892
	Ca + P (%)	1.659	1.106	1.026	1.419	1.892	2.365
	Ca/P	1.0.5	1.1	1.1.17	1.2	1.3	1.4
第II期 phase II	Ca (%)	1.577	1.1825	1.089	0.788	0.592	0.473
	P (%)	0.788	1.1825	1.276	1.577	1.773	1.892
	Ca + P (%)	2.365	2.365	2.365	2.365	2.365	2.365
	Ca/P	1.0.5	1.1	1.1.17	1.2	1.3	1.4
第III期 phase III	Ca (%)	0.600	0.500	0.700	0.900	1.100	1.300
	P (%)	0.600	1.000	1.400	1.800	2.200	2.600
	Ca + P (%)	1.200	1.500	2.100	2.700	3.300	3.900
	Ca/P	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

1.2 试验用鱼及分组

试验用鱼由本所养殖场提供,试验前先在水泥流水池中暂养1周,择其体质健壮、规格整齐、无病无伤的个体作为试验用鱼,然后随机取鱼,称重分组。试验分3期进行,第I期鱼种规格为(26.23 ± 0.28)

g。第 II 期为(28.18 ±0.14)g,第 III 期为(18.78 ±0.49)g。每期试验皆分为 6 组,每组设两个平行组,每平行组放鱼 20 尾(表 4、表 5、表 6)。

1.3 试验条件及方法

试验鱼放养于体积为 1m³ 的聚乙烯网箱内,网箱设置在容量为 80m³ 的水泥流水槽中。水源为地下水,每升水中钙含量为 7.14mg,磷为 0.022mg。各期饲养试验均进行 30d,试验水温为 26~29℃。鱼种放养后即进行投饵,日投饵量为鱼体重的 2%~4%,日投饵 4 次:8:00、11:00、14:00、17:00,投饵前测水温,投饵量根据水温、天气、食欲等情况灵活掌握。隔日换水 1/5,每 10 天检查 1 次鱼生长情况,并及时调整投饵量。

1.4 试验结果评定

饲养效果以鱼体的增重率、饵料转换率二项生物学指标为评定依据。

2 结果与分析

2.1 对草鱼增重率的影响

增重率最高的是钙磷比为 1:3 的 5 组,达 35.49%,以下顺序依次为 6 组(1:4) > 4 组(1:2) > 3 组(1:1.17) > 2 组(1:1) > 1 组(1:0.5)(表 4)。这一结果表明,饵料中钙、磷的添加与否,严重影响着草鱼的生长。本试验基础饵料的钙磷总含量为 1.026%,钙磷比为 1:1.17,在此基础上,添加磷的 4 组、5 组及 6 组,鱼的生长明显加快,增重率显著地高于前三组,钙磷比为 1:3 时(5 组),增重率达到最高值,随着磷的增加或减少,鱼体增重率皆随之减少,且减少幅度含磷量低者尤甚,可见含磷量低所引起的钙磷不平衡严重的影响着鱼体的增长。而 1 组(1:0.5)和 2 组(1:1)的含磷量与 3 组(1:1.17)相等,但由于添加了钙,并且随着钙的增加,鱼的增重率呈递减趋势,表明由于钙的增加,干扰了对磷的吸收,而影响了鱼的正常生长。这说明在饵料中不宜添加钙盐,添加磷酸盐有利于促进鱼体增长。统计分析表明,组间差异极显著($P < 0.01$),5 组的增重率显著高于其他试验组,统计结果与上述直观分析相一致,即钙含量为 0.473%、磷为 1.419%、钙磷比为 1:3 的 5 组最好。

表 4 试验 投喂钙磷总量不同、钙磷比不同的饵料对草鱼生长的影响

Tab.4 Effect of feeding diets with different level and ratio of Calcium to Phosphorus on the growth of grass carp in the first experiment

组别 group	钙磷总量 (%) Ca + P	钙磷比 Ca : P	放养尾数 stocking number	放养重量 (g) stocking weight	净增重 (g) net gain	增重率 (%) gain rate		成活率 (%) survival rate	饵料转换率 (%) feed conversion rate	
						单箱 single cage	均值 average		单箱 single cage	均值 average
1	1.659	1:0.5	20	520.36	61.61	11.84	14.20	100	24.94	29.92
			20	524.44	86.85	16.56	100	34.90		
2	1.106	1:1	20	524.13	82.55	15.75	14.91	100	33.23	31.45
			20	522.27	73.48	14.07	100	29.67		
3	1.026	1:1.17	20	521.05	81.28	15.60	15.08	100	33.70	32.57
			20	518.91	75.56	14.56	100	31.44		
4	1.419	1:2	20	522.58	129.50	24.78	25.67	100	52.30	54.19
			20	524.61	139.34	26.56	100	56.08		
5	1.892	1:3	20	538.95	189.28	35.12	35.49	100	78.42	79.25
			20	533.05	191.15	35.86	100	80.08		
6	2.365	1:4	20	523.37	168.05	32.11	30.95	100	67.74	65.24
			20	522.23	155.36	29.75	100	62.74		

在钙磷总量相等的条件下,钙磷比不同所得结果与试验 I 有所不同,增重率最高的是钙磷比 1:2 的 4 组,为 40.25%,以下顺序依次为 3 组(1:1.17)、2 组(1:1)、5 组(1:3)、1 组(1:0.5)和 6 组(1:4)(表 5)。

以钙磷比 1 2 为界限,钙磷比中的磷大于 2 或小于 2,鱼体增重率皆随磷的增加或减少而递减,但明显不同于试验 I 的是由于磷的减少所递减的幅度小于磷增加所递减的幅度。这可能是由于饵料中增加了磷,尽管钙磷仍处于不平衡状态,但比不增加磷的饵料(如试验 I 的 1~3 组)含磷量要高些,致使因磷缺乏所引起的生长阻滞得以缓解。统计分析显示,组间差异极显著 ($P < 0.01$),4 组与 3 组差异不显著,与 2 组差异显著,与 5 组、1 组和 6 组差异极显著;但 3 组与 2 组差异不显著,因此 4 组最好。

表 5 试验 II 投喂钙磷总量相同、钙磷比不同的饵料对草鱼生长的影响

Tab.5 Effect of feeding diets with same total level but different ratio of Calcium to Phosphorus on the growth of grass carp in the second experiment

组别 group	钙磷总量 (%) Ca + P	钙磷比 Ca P	放养尾数 stocking number	放养重量(g) stocking weight	净增重(g) net gain	增重率 (%) gain rate		饵料转化率 (%) feed conversion rate	
						单箱 single cage	均值 average	单箱 single cage	均值 average
1	2.365	1 0.5	20	565.31	155.63	27.53	28.73	55.64	58.07
			20	566.69	169.61	29.93	60.50		
2	2.365	1 1	20	562.32	207.05	36.82	34.90	73.82	70.00
			20	560.88	184.98	32.98	66.18		
3	2.365	1 1.17	20	563.15	197.22	35.02	36.03	70.53	72.57
			20	564.85	209.22	37.04	74.61		
4	2.365	1 2	20	561.93	216.79	38.58	40.25	77.57	80.92
			20	564.07	236.46	41.92	84.27		
5	2.365	1 3	20	566.18	179.25	31.66	30.62	64.11	62.00
			20	567.82	167.96	29.58	59.89		
6	2.365	1 4	20	561.07	157.55	28.08	28.39	56.34	56.79
			20	558.93	160.41	28.70	57.24		

在钙磷比(1 2)相同的条件下,钙磷总量为 2.700% 的 4 组鱼的生长最好;其次是 2.100% 的 3 组,以下顺序是 2 组(1.500%)、5 组(3.300%)、6 组(3.900%)、1 组(1.200%) (表 6)。钙磷总量大于 1.200% 者,其增重率都大于钙磷比为 1 1 的 1 组。统计分析表明,组间差异极显著 ($P < 0.01$),4 组与 3 组差异显著,与其他试验组差异均极显著,即钙磷总量为 2.700% 的 4 组的增重率显著高于其他各试验组。

表 6 试验 投喂钙磷总量不同、钙磷比相同的饵料对草鱼生长的影响

Tab.6 Effect of feeding diets with different level but same ratio of Calcium to Phosphorus on the growth of grass carp in the third experiment

组别 group	钙磷总量 (%) Ca + P	钙磷比 Ca P	放养尾数 stocking number	放养重量(g) stocking weight	净增重(g) net gain	增重率 (%) gain rate		饵料转化率 (%) feed conversion rate	
						单箱 single cage	均值 average	单箱 single cage	均值 average
1	1.200	1 1	20	353.53	84.31	23.82	22.46	49.56	46.73
			20	350.07	73.86	21.10	43.90		
2	1.500	1 2	20	366.18	84.44	23.06	24.00	46.85	48.75
			20	375.42	93.63	24.94	50.65		
3	2.100	1 2	20	369.89	102.90	27.84	27.91	58.12	58.30
			20	365.31	102.29	28.00	58.48		
4	2.700	1 2	20	363.12	116.23	32.01	31.11	65.53	63.69
			20	356.88	107.81	30.21	61.85		
5	3.300	1 2	20	370.88	86.49	23.32	23.78	47.16	48.08
			20	374.32	90.74	24.24	49.00		
6	3.900	1 2	20	372.65	87.20	23.40	22.48	49.80	47.84
			20	376.55	81.18	21.56	45.88		

2.2 对饵料转换率的影响

由表 4 可见,对饵料转换率优劣的影响与增重率呈现相同的变化规律。饵料转换率以 5 组(1 3)最高,达 79.25%,以下依次为 6 组(1 4)、4 组(1 2)、3 组(1 1.17)、2 组(1 1)、1 组(1 0.5)。1 组最差,仅为 29.92%。统计分析结果表明,组间差异极显著($P < 0.01$),5 组与其他各试验组差异均极显著,即钙含量为 0.473%、磷为 1.419%、钙磷比为 1 3 的 5 组的饵料转换率均显著好于其他试验组。同时发现,随着钙磷比中的磷的升高,饵料转换率逐渐提高,至钙磷比为 1 3 时,饵料转换率达最高,钙磷比中的磷大于 3 时,饵料转换率则下降。这充分表明,饵料中添加适量的磷酸盐,可以明显提高饵料转换率。

从表 5 可以看出,饵料转换率以钙磷比为 1 2 的 4 组最高,达到 80.92%,钙磷比大于或小于 1 2,饵料转换率均有所递减,且钙磷比中的磷大于 2 者较小于 2 者其递减幅度大。这与试验 I 的结果不同。统计分析表明,组间差异极显著($P < 0.01$),4 组与 3 组无显著性差异,与 2 组差异显著,与 5 组、1 组和 6 组差异极显著;而 3 组与 2 组无显著性差异。因此钙含量为 0.788%、磷为 1.577%、钙磷比为 1 2 的 4 组最好,与增重率的结果相一致。

由表 6 可知,饵料转换率以钙磷总量为 2.700% (4 组)最高,达 63.69%。其次是 2.100% 的 3 组为 58.30%,以下顺序是 1.500% (2 组)、3.300% (5 组)、3.900% (6 组),最低者为 1.200% 的 1 组。统计分析表明,组间差异极显著($P < 0.01$),4 组与 3 组无显著性差异,但该两组与其它各试验组均存在极显著性差异。因此适宜的钙磷总量范围应为 2.100% ~ 2.700% 之间。

综合上述各期试验结果,可以得出:在本试验条件下,草鱼种对钙的需要量为 0.473% ~ 0.788%,对磷的需要量为 1.419% ~ 1.577%,对钙磷的总需要在 2.100% ~ 2.700% 之间。饵料中钙磷总量较低(1.892%)时,草鱼种的适宜钙磷比为 1 3,随着钙磷总量的增高(至 2.365%),其适宜钙磷比降为 1 2。饵料中添加适量的磷酸盐,可促进草鱼种的生长,利于饵料转换率的提高。

3 讨论

饵料中添加适量的磷可促进草鱼生长,提高饵料转换率,草鱼种对磷的适宜需要量为 1.419% ~ 1.577%。该结果低于鲤对磷的需要量 1.678% ~ 2.378%^[4]、而高于草鱼对磷的需要量 0.49%^[5]或 0.95% ~ 1.10%^[6]、团头鲂对磷的需要量 0.38% ~ 0.72%^[7]、异育银鲫对磷的需要量 0.92% ~ 1.22%、青鱼对磷的需要量 0.42% ~ 0.62%^[8]。这些结论的差异,可能是由于试验鱼的种类、规格、年龄、水质、水温等条件以及饵料的组成、试验方法等不同所致。本研究中,草鱼种对磷的适宜需要量,比试验基础饵料中 0.553% 的磷含量高 0.866% ~ 1.024%,表明草鱼种饵料中添加磷较为必要和重要,而且对草鱼生长和饵料转换率的影响均较大。因此草鱼对饲料中的磷有很大的依赖性,这主要与养殖水体中磷含量低而且草鱼对水体中磷的吸收率低有关系。

草鱼种对钙的需要量为 0.437% ~ 0.788%,这一结果与草鱼对钙需要量 0.725%^[5]、团头鲂对钙需要量 0.31% ~ 1.07%^[7]、异育银鲫对钙需要量 0.48% ~ 0.68%、青鱼对钙需要量 0.58% ~ 0.78%^[8]的结果基本一致,而低于鲤对钙需要量 0.839% ~ 1.189%^[4]。本研究中基础饵料的钙含量为 0.437%,与其需要量下限值相同,表明草鱼饵料中可以不必添加外源钙。这主要是与鱼可通过鳃、皮肤等直接吸收大量水体中的钙有关。而且可以看出:钙对草鱼生长的影响相对不如磷大。这与黄耀桐^[5]得出的钙对草鱼生长影响大,磷对草鱼生长的影响相对不那么大的结论不同。这可能是由于试验鱼种的规格、试验方法、环境条件及饲料组成等因素的差异而引起的。

饵料中钙磷总量较低(1.892%)时,草鱼生长的适宜钙磷比为 1 3,随着钙磷总量增至 2.365%,其适宜钙磷比降为 1 2。与鲤适宜钙磷比为 1 2^[4]、红海鲷为 1 2^[9]、日本鳗为 1 1^[10]的结论不尽相同。本研究表明,适宜的钙磷比与钙磷总量有密切的关系。试验 的 6 组(1 4)和试验 的 5 组(1 3)、6 组(1 4)尽管钙磷总量均在 2.100% ~ 2.700% 的范围内,但由于其钙磷比不适宜,因此试验 的 6 组效果不如 5 组(1 3),试验 的 5 组(1 3)和 6 组(1 4)效果不如 4 组(1 2)。所以适宜的钙磷比,可以提高其

吸收利用率,促进草鱼生长。

食物有效磷的含量对于鱼的生长、骨骼外形和鱼体化学成分有极大的影响^[11]。投喂低磷饵料,鲤鱼鱼体和内脏的水份低,粗脂肪高。投喂要求磷量一半的饵料为投喂含磷量大的含脂量的二倍。投喂低磷饵料的非极脂的油酸量比投喂高磷饵料多^[12]。不同含磷饵料对鲤鱼肝胰腺酶活性亦有影响,缺磷能引起鲤鱼的营养不良(伴随在肌肉和内脏中聚集类脂物)、肝胰腺酶(CCEGIDH)和葡糖再生酶(FDP酶和PEPCK)的活性增强,丙酮酸酯(PK)的活性明显降低^[13]。对草鱼^[6]、鲤^[14]、斑点叉尾鲴^[15]、奥利亚罗非鱼^[16]的研究表明:只有当饲料中钙磷严重缺乏时,鱼体中的钙磷含量、灰分、钙磷比才会受影响。青鱼与异育银鲫在磷需要量的试验中整个鱼体与脊骨中钙磷含量、灰分、钙磷比只有未添加磷组有显著不同,其余五组间无显著差异;在钙需要量试验中则全无显著差异。可见组织中钙磷的蓄积只能反映鱼虾维持其机体钙磷平衡所需的饲料钙磷的最低含量,不能反映出最适需要量^[8]。而本研究仅分析了钙磷需要量及其比值对草鱼生长和饵料转换率的影响,而对草鱼骨骼和鱼体生化成分的影响,尚需进一步研究。

参考文献

- [1] Lovell R T. Dietary phosphorus requirement of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) [J]. Trans Am Fish Soc, 1978, 107:617 - 621.
- [2] Ogino C, Takeda H. Mineral requirements in fish. Calcium and phosphorus requirements of carp [J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1976, 42:793 - 799.
- [3] Ogino C, Takeda H. Requirements of rainbow trout for dietary calcium and phosphorus [J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1978, 44:1019 - 1022.
- [4] Sun H T, Li A J, Liu H H, et al. Studies on the requirements and optimum ratio of calcium and phosphorus in the compound diets of common carp [J]. Shandong Fisheries, 1992, 41(Suppl): 66 - 70. [孙鹤田, 李爱杰, 刘汉华, 等. 鲤鱼对配饵中钙磷的需要量及适宜钙磷比的研究 [J]. 齐鲁渔业, 1992, 41(增刊): 66 - 70.]
- [5] Huang Y T, Liu Y J. Studies on the mineral in juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idellus* C. and V.) [J]. Acta Hydrobiol Sin, 1989, 13(2): 134 - 150. [黄耀桐, 刘永坚. 草鱼种无机盐需要量之研究 [J]. 水生生物学报, 1989, 13(2): 134 - 150.]
- [6] You W Z, Huang Z Z, Liao C X, et al. Requirement of phosphorus in dietary of grass carp [J]. J Fish China, 1987, 11(4): 285 - 292. [游文章, 黄忠志, 廖朝兴等. 草鱼对饲料中磷需要量的研究 [J]. 水产学报. 1987, 11(4): 285 - 292.]
- [7] Shi W L, Liu M Z, Lu M Y, et al. Studies on requirement of *Megalobrama amblycephala* for several main inorganic salts [J]. J Fish China, 1997, 21(4): 458 - 461. [石文雷, 刘梅珍, 陆茂英, 等. 团头鲂对几种主要无机盐需要量的研究 [J]. 水产学报, 1997, 21(4): 458 - 461.]
- [8] Tang Z R, Wang D Z. Dietary calcium and phosphorus requirements of black carp and allogenic crucian carp [J]. J Shanghai Fish Univ, 1998, 7(Suppl): 140 - 147. [汤峥嵘, 王道尊. 异育银鲫及青鱼对饲料中钙、磷需要量的研究 [J]. 上海水产大学学报, 1998, 7(增刊): 140 - 147.]
- [9] Sakamoto S, Yone Y. Effect of dietary calcium/phosphorus ratio upon growth, feed efficiency, and blood serum calcium and phosphorus level in red sea bream [J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1973, 39(4): 343 - 348.
- [10] Nose T, Arai S. Recent advances in studies on mineral nutrition of fish in Japan [A]. FAD conf on aquacult, Kyoto [C], 1976. FIR: AQ/ Conf. / 76. / E. 25.
- [11] Ogino C, Takenchi L, Takeda H. Availability of dietary phosphorus in carp and rainbow trout [J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1979, 45(12): 1527 - 1532.
- [12] Takeuchi M, Nakazoe J. Effect of dietary phosphorus on lipid content and its composition in carp [J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1981, 47(3): 347 - 352.
- [13] Onishi T, Suzuki M, Takeuchi M. Change in carp hepatopancreatic enzyme activities with dietary phosphorus levels [J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1981, 47(3): 353 - 357.
- [14] Hpher B, Sandbank S. The effect of phosphorus supplementation to common carp diets on fish growth [J]. Aquac, 1984, 36: 323 - 332.
- [15] Nakamura Y, Yamada J. Effect of dietary calcium levels, Ca/P ratios and calcium components on the calcium absorption rate in carp [J]. Bull Fac Fish Hokkaido Univ, 1980, 31(40): 277 - 282.
- [16] Edwin H, David L. Dietary calcium and phosphorus requirements of *Oreochromis aureus* reared in calcium-free water [J]. Aquac, 1987, 6441: 267 - 276.