

草鱼对营养盐钙磷及饲料钙磷镁铁的利用率*

黄耀桐 刘永坚

(中山大学鱼类研究室, 广州)

提 要

用氧化铬指示剂法测定了草鱼对营养盐钙、磷的表观利用率。钙利用率: 乳酸钙 81.3%, 碳酸钙 26.4%, 磷酸二氢钙 69.7%, 磷酸氢钙 39.9%, 磷酸钙 0.0; 磷利用率: 磷酸二氢钠 90.3%, 磷酸二氢钙 90.3%, 磷酸氢钙 60.3%, 磷酸钙 2.8%。钙、磷利用率随着营养盐溶解度的增大而增高。

对于鳃鱼粉、豆麸粉、花生麸粉、玉米粉和麦麸粉的钙、磷、镁、铁表观利用率研究结果表明: 草鱼能有效地利用天然饲料中的镁和磷, 但是几乎不能利用铁和钙。因此, 为了满足草鱼生长对无机盐的需要, 则必须在人工饲料中添加钙和铁。

关键词 草鱼, 饲料, 利用率

在鱼类营养研究中常使用磷酸二氢钙、乳酸钙和磷酸二氢钠等营养盐作为钙、磷营养源。对于这些营养盐钙、磷的吸收利用, 不同种类的鱼各不相同。因此, 某种鱼对于钙、磷的真实需要量测定, 除了进行营养盐钙、磷需要量饲养试验之外, 还必须进行该种鱼对这些营养盐钙、磷吸收利用率的实验测定。Lovell (1978)^[1]对斑点叉尾鲟的磷利用和 Ogino 等 (1979)^[2]对鲤和虹鳟的磷利用都已做了较系统的研究。Nakamura 等 (1980)^[3]对鲤的钙吸收利用也作了报道。作者等曾进行了草鱼无机盐需要量研究^[3], 但还没有做利用率实验测定, 也没有查阅到有关该方面的报道。

生产中常使用鱼粉、豆麸、花生麸、玉米和麦麸等天然饲料作为养鱼人工配合饲料的主要组分。关于斑点叉尾鲟、鲤和虹鳟对这些饲料中磷的利用率, Lovell (1978)^[1]、Wilson 等 (1982)^[4]和 Ogino 等 (1979)^[2]分别作了报道。但是, 草鱼类对于这些饲料中钙、镁、磷和铁的吸收利用率, 则尚未查阅到有关资料。鉴于钙、磷、镁、铁在草鱼营养和养殖中有重要作用, 因此, 有必要对草鱼的营养盐钙、磷利用率和饲料中钙、磷、镁、铁的进行测定研究。

材 料 和 方 法

实验在 70 × 45 × 50 厘米的水族箱中定容 85 升水, 水温 22—25℃ 下进行。实验草

* 承蒙廖翔华教授指导并斧正文稿, 致谢。

1987年11月17日收到。

鱼体重 63—118 克, 全长 19—22.5 厘米。实验前在条件相同的其它水族箱中驯养一周, 然后饥饿一天^[9], 再转到实验水族箱正式饲养实验。水族箱各放养 1 尾草鱼。每种试验饲料用 6—8 尾草鱼进行平行饲养实验测定。

表观吸收利用率测定采用氧化铬指示剂间接法^[5-7,9-12]。营养盐钙、磷利用率实验饲料, 一律由 37% 酪蛋白、37% 糊精、17% 纤维素、2% 花生油和 1% 氧化铬粉末组成基础饲料。对基础饲料的钙、磷利用率也进行测定, 以估计基础饲料所含钙、磷对营养盐钙、磷利用率的影响。参照已完成的草鱼无机盐需要量资料^[3], 各种营养盐钙、磷利用率实验饲料由上述基础饲料分别加进 5.79% 乳酸钙、5.13% 磷酸二氢钙、3.10% 磷酸氢钙、2.50% 磷酸钙、2.57% 磷酸二氢钠、1.91% 碳酸钙, 并分别充分混合均匀组成。饲料百分组成不足 100%, 加进少量纤维素使之达成 100%。基础饲料和各种营养盐饲料的实测钙、磷、铬含量见表 1。

表 1 营养盐试验饲料钙、磷、铬的含量

Tab. 1 Contents of Ca, P, Cr in test diets containing nutritive salts

饲料 Diet	Ca (%) On dry basis	P (%) On dry basis	Cr (%) On dry basis
基础 Basic	0.03	0.31	0.33
乳酸钙 Ca-lactate	0.66	0.29	0.62
磷酸二氢钙 Ca(H ₂ PO ₄) ₂	0.68	1.41	0.55
磷酸氢钙 CaHPO ₄	0.80	0.88	0.49
磷酸钙 Ca ₃ (PO ₄) ₂	0.80	0.77	0.58
碳酸钙 CaCO ₃	0.58	0.32	0.57
磷酸二氢钠 NaH ₂ PO ₄	0.03	0.67	0.56

常用天然饲料的实验饲料由 1% 氧化铬粉末分别与 99% 的豆麸粉或花生麸粉或玉米粉或麦麸粉充分混合均匀组成。鱼粉实验饲料由 1% 氧化铬与 98% 秘鲁鳀鱼粉和 1% 羧甲基纤维素充分混合均匀组成。各实验饲料钙、磷、镁、铁、铬实测含量见表 2。

各种实验饲料均加工成直径 2 毫米的颗粒, 置 65℃ 烘干, 再置 105℃ 烤 20 分钟备用。

饲养实验开始, 按实验鱼体重 3% 每天投饵 1 次, 投饵后 3 小时用吸管吸尽残饵。

粪便的收集, 在正式实验后的第 3、4 和 5 天进行。粪便采集器用 50 毫升移液管切去尖部改制, 以洗耳球配合使用。所得鱼粪置 65℃ 烘干, 再以 105℃ 烤 20 分钟。上述实验全部重复 1 次, 每尾鱼所得干燥粪便充分混合均匀备用。

为了估算饲料和鱼粪中钙、磷可能溶失到水里的数量, 以及草鱼可能从水里吸收钙、磷的数量对于钙、磷利用率测定的影响, 在实验开始和鱼粪收集后均采集水样测定钙、磷含量。

表 2 单一天然饲料制成的各种试验饲料的钙、磷、镁、铁、铬含量

Tab. 2 Contents of Ca, P, Mg, Fe and Cr in test diet made of a single natural feedstuff

试验饲料 Test diet	Ca(%)*	P(%)	Mg(%)	Fe(%)	Cr(%)
鳀鱼粉 Anchovy fish meal	2.09	1.68	0.15	0.036	0.37
豆麸粉 Soybean meal	0.28	0.59	0.21	0.075	0.41
花生麸粉 Peanut meal	0.21	0.59	0.29	0.084	0.32
玉米粉 Corn ground	0.02	0.23	0.09	0.022	0.38
麦麸粉 Wheat middlings	0.07	1.00	0.40	0.016	0.39

* 以干重计算 On dry basis

基础饲料、营养盐实验饲料、天然饲料的实验饲料,以及相应的鱼粪,均干燥后磨成粉末,混合均匀取样,以浓硝酸、高氯酸湿消化,然后用等离子光谱仪测定其钙、磷、铬或钙、磷、镁、铁和铬的含量。

水样的分析测定,基础饲料组和磷酸二氢钙饲料组,是用等离子光谱仪测定其钙、磷含量。乳酸钙、磷酸二氢钠饲料组,是用络合容量法测定钙、磷钼蓝分光光度法测定磷^[1]。

钙、磷、镁和铁的表现利用率百分比以下列公式计算表示^[5-7,9-12]:

$$\text{利用率}(\%) = 100 - \left[100 \times \frac{(\%) \text{饲料中氧化铬}}{(\%) \text{粪便中氧化铬}} \times \frac{(\%) \text{粪便中营养元素}}{(\%) \text{饲料中营养元素}} \right]$$

利用率测定结果按下列公式统计表示^[2]:

$$\text{利用率平均值 } \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\text{利用率测定标准差 } s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}$$

式中 n 为各元素利用率测定的样品数

x_i 为各元素利用率测定值(%)

实 验 结 果

(一) 草鱼对常用营养盐钙、磷的利用率

经饲养试验测得草鱼对营养盐钙、磷和对基础饲料钙、磷的吸收利用率如表 3。

表 3 显示,在各种营养盐中,草鱼对乳酸钙的钙利用率最高,平均值为 81.3%,最高值达 89.1%,最低值也达 68.7%。其次为磷酸二氢钙,平均值近 70%,最高值达 78.3%,最低值为 55.9%。在家畜家禽人工配合饲料中常用的磷酸氢钙,钙利用率平均值只是接近 40%,最高值不到 50%,而最低值仅 25.1%。对碳酸钙的钙利用率相当低,平均值仅 26.4%,最高值也只是 38.3%。磷酸钙的钙,草鱼完全不能利用。

草鱼对上述钙盐的利用率说明,缺少胃液分泌的草鱼不能利用酸溶性的和很难利用

表 3 草鱼对基础饲料及营养盐饲料钙、磷利用率

Tab. 3 Apparent availabilities of Ca and P in basic diet and in nutritive salt diets

试验饲料 Test diet	Ca(%)				P(%)			
	1	2	3	4	1	2	3	4*
基 础 Basic	0.0				72.6	12.1	89.5	57.3
乳 酸 钙 Ca-lactate	81.3	7.5	89.1	68.7				
磷酸二氢钙 Ca(H ₂ PO ₄) ₂	69.7	9.4	78.3	55.9	90.3	8.5	95.1	73.4
磷酸氢钙 CaHPO ₄	39.9	9.4	49.1	25.1	60.3	8.6	69.1	44.4
磷 酸 钙 Ca ₃ (PO ₄) ₂	0.0				2.84	—	19.9	0.0
碳 酸 钙 CaCO ₃	26.4	7.3	38.3	19.7				
磷酸二氢钠 NaH ₂ PO ₄					90.3	5.4	95.9	80.6

* 1 平均值 Mean; 2 标准差 Standard deviation; 3 最高值 Max. 4 最低值 Min.

水溶性很低的钙盐,但却能有效地利用水溶性良好的钙盐。这点与 Nakamura 等(1980)^[6]所做鲤的研究结果及其观点是类似的。

由于基础饲料含钙很少(表 1),而且草鱼不能利用它,因而基础饲料的钙不会影响营养盐钙利用率的测定结果。

表 3 表明,在几种磷酸盐中,草鱼对磷酸二氢钙和磷酸二氢钠中磷的吸收利用率最高,平均值都在 90% 以上。对磷酸二氢钠最高磷利用率达 95.9%,最低值也在 80% 以上。磷酸二氢钙最高磷利用率在 95% 以上,最低值为 73.4%。草鱼对磷酸氢钙的磷利用率不低,平均值达 60% 以上,最高值为 69.1%,最低值 44.4%。对于磷酸钙,7 尾鱼反复测定,只有 1 尾鱼测到平均磷利用率为 19.9%,其它 6 尾均不吸收利用。这样,总平均值为 2.8%。以上结果与上述草鱼钙利用类似,水溶解度高的营养盐,易被草鱼吸收,反之,不能吸收或吸收很少。

基础饲料含磷 0.31%,利用率为 72.6%,估计对营养盐磷利用率的测定会产生一定的影响,可能对本来高的利用率拉低,而对低的则提高。但影响到底多大,是否成比例,未能确定,这问题有待深入研究。例如,磷酸钙试验饲料,含磷 0.77%(包括基础饲料磷),可是在 6 尾鱼反复测定中,磷利用率均为零。

水样钙、磷含量的测定结果表明(表 4),在实验开始与采集鱼粪后,水中磷含量都很低,而且变化也小。钙含量虽不低,但除了磷酸二氢钙饲料组的变化稍大之外,其它 3 组变化不大。由此看来,在本实验条件下,投饵和鱼排粪便的溶失钙、磷,以及鱼从水中吸收钙、磷,对于钙、磷利用率的测定是影响不大的。

综上所述,草鱼对营养盐钙、磷的利用率是随营养盐溶解度而变化,溶解度大,利用率高,反之,就低。乳酸钙、磷酸二氢钙和磷酸二氢钠适于进行草鱼营养试验和饲料钙、磷补

表 4 实验前后水中钙、磷含量变化

Tab. 4 Variations in Ca and P contents in the rearing water before and after the test

实验饲料 Test diet	实验开始 At the beginning				收集粪便后 After feces collection			
	Ca		P		Ca		P	
	平均值① PPm.	标准差②	平均值 PPm.	标准差	平均值 PPm.	标准差	平均值 PPm.	标准差
基 础 Basic	60.4	0.45	0.06	0.012	60.5	0.52	0.06	0.014
Ca(H ₂ PO ₄) ₂	58.5	0.35	0.06	0.012	56.2	0.60	0.06	0.013
Ca-Lactate	47.6	0.46	0.012	0.001	48.1	0.48	0.01	0.002
NaH ₂ PO ₄	46.4	0.43	0.01	0.001	45.8	0.49	0.013	0.002

① Mean; ② Standard deviation

表 5 草鱼对天然饲料钙、磷、镁、铁的利用率

Tab. 5 Apparent availabilities of Ca, P, Mg and Fe in natural feeds for grass carp

饲 料 Diet	Ca(%)		P(%)		Mg(%)		Fe(%)	
	1	2	1	2	1	2	1	2*
	3	4	3	4	3	4	3	4
鳀鱼粉 Anchovy fish meal	3.38	—	33.2	8.6	69.3	5.5	0.0	
	14.0	0.0	44.8	22.3	78.5	62.1		
豆麸粉 Soybean meal	0.0		66.7	7.7	80.0	3.5	0.0	
			80.8	56.9	87.0	76.4		
花生麸粉 Peanut meal	0.0		69.8	8.1	83.3	4.6	0.0	
			81.8	60.8	89.9	77.2		
玉米粉 Corn ground	0.0		70.6	9.2	88.2	3.9	0.0	
			81.2	56.0	91.9	79.8		
麦麸粉 Wheat middlings	0.0		53.7	7.5	68.0	9.4	0.0	
			66.6	44.7	79.3	52.4		

* ① 平均值 Mean; ② 标准差 Standard deviation; ③ 最高值 Max.; ④ 最低值 Min.

充。尤其是磷酸二氢钙,草鱼对其钙、磷利用率都高。磷酸氢钙,草鱼对其磷利用不低,虽然钙利用低些,但生产上仍可考虑作为饲料钙、磷补充。至于磷酸钙,不宜用于草鱼。生产上常用的骨粉,由于主要成分是磷酸钙和碳酸钙,因此也不适用于草鱼。

(二) 草鱼对常用饲料中钙、磷、镁、铁的利用率

草鱼对 5 种常用天然饲料的钙、磷、镁、铁利用率实验测定结果见表 5。表 5 表明,草鱼几乎不能利用秘鲁鳀鱼粉中的钙,钙平均利用率仅 3.38%(在 8 尾草鱼的两次平行实验测定中,仅有两尾分别测得钙利用率为 13.0%和 14.0%,其余 6 尾均为零)。鱼粉的磷,草鱼平均利用率为 33.2%,最高利用率为 44.8%,最低在 22% 以上。虽然磷利用率不高,但因为鱼粉含磷丰富,高达 1.68%(表 2),所以有意义。草鱼能较好地利用鱼粉中的镁,平

均利用率达 69.3%,最高值达 78.5%,最低值也在 62% 以上。然而草鱼不能利用鱼粉的铁,反复测定 8 尾鱼均为零。

草鱼不能利用豆麸的钙和铁,反复测定 8 尾鱼均为零。但是,草鱼能有效地利用豆麸的磷和镁,平均利用率分别达 66.7% 和 80% 以上,最高值分别为 80.8% 和 87.0%,最低值也在 56% 和 76% 以上。

草鱼也不能利用花生麸的铁和钙,反复测定 8 尾鱼都是零。然而,草鱼能有效地利用花生麸的磷和镁,平均利用率分别达 69.8% 和 83.3%,最高值分别约为 82% 和 90%,最低值为 60.8% 和 77.2%。与豆麸比较,花生麸的磷和镁更容易为草鱼所吸收利用,而两者的磷、镁含量是大致相等的。

草鱼同样地不能利用玉米粉的钙和铁,测定 8 尾草均为零。但是,草鱼能有效地利用玉米的磷和镁,平均利用率分别为 70.6% 和 88.2%,最高值达 81.2% 和 91.9%,最低值为 56% 和 79.8%。比起花生麸和豆麸,草鱼更能利用玉米粉中的磷和镁,不过,玉米粉含磷镁比较少,实际作用不太大。

麦麸的钙和铁,草鱼同样地不能利用。麦麸的磷,草鱼能中等程度利用,平均利用率为 53.7%,最高值 66.6%,最低值 44.7%。麦麸的镁,草鱼能相当有效地吸收,平均利用率为 68.0%,最高值达 79.3%,最低值 52.4%。虽然草鱼对麦麸的磷、镁吸收稍逊于对花生麸、豆麸和玉米,但因为麦麸的磷、镁含量高(表 2),所以其实际供磷、镁作用要比花生麸等还大。

综上所述,草鱼除了能够很小量地利用秘鲁鱼粉的钙之外,对于豆麸等植物性饲料的钙一律不能利用。对于铁,不管鱼粉还是植物性饲料,草鱼一概不能利用。所以,草鱼是几乎得不到饲料钙和铁的供给的。因此,必须给人工配合饲料补充钙和铁。至于磷,草鱼能有效地吸收玉米、花生麸和豆麸的磷,能部分地利用麦麸和鱼粉的磷。由于后两者含磷丰富,因此,实际上它们的供磷作用比花生麸和豆麸等还大。草鱼无论对植物性饲料或动物性饲料(鱼粉)的镁,都能有效地利用。据此,草鱼人工饲料要否补充磷和镁,必须衡量具体饲料配方然后决定。

讨 论

迄今,鱼类消化和吸收利用率的测定仍多半参照 Maynard 等(1969)^[4]的氧化铬指示剂间接法^[5-7,9-12]。本实验也是采用此法。从测定结果的平均值、标准差大小等判断,此法可行。但是,具有氧化铬的饲料不能较长期地饲养草鱼,时间一长就会导致草鱼不正常甚至死亡。如养草鱼,20 天左右鱼不大摄饵,约 30 天开始死鱼。

本试验试图通过测定投饵前到当天采集完鱼粪后水中钙、磷含量的变化,来估价饵料和粪便的钙、磷在水中的溶失,以及鱼吸收水中钙、磷对于钙、磷利用率测定的影响。结果表明,实验前后水中钙、磷含量变化不大,特别是磷。这可能是因为饲料和粪便停留水中时间短(分别约 3 小时和 0.1—1 小时),它们溶失到水中的钙、磷比较少,而实验时间短,草鱼从水中吸收钙、磷不多。个别测定,在实验后粪便收集完时,水中钙含量减少约 2 毫克/升,原因待查。总的来看,上述问题对钙、磷利用率的测定影响不大。

表 6 不同种类鱼类的磷酸盐磷的利用率

Tab. 6 Apparent availabilities of phosphorus in phosphates for different species of fish

磷酸盐 Phosphate	斑点叉尾鲶① P(%)	鲤② P(%)	虹鳟③ P(%)	草 鱼④ P(%)
$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	94	94	94	90.3
NaH_2PO_4	90	94	98	90.3
CaHPO_4	65	46	71	60.3
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	—	13	64	2.8

① Channel catfish^[4]; ② Common carp^[5]; ③ Rainbow trout^[1]; ④ Grass carp

实验获得的草鱼对磷酸盐磷的利用率与其他学者已报道的资料相比较(表 6), 草鱼明显地低于有胃的虹鳟, 低于斑点叉尾鲶(除了磷酸二氢钠基本相等外), 也低于同样无胃的鲤(除开磷酸二氢钙)。

草鱼能吸收 81.3% 乳酸钙的钙, 远比鲤的 58% 高^[6], 草鱼对碳酸钙的钙利用率为 26.4%, 与鲤的 27%^[6] 几乎相等, 但是草鱼不能利用磷酸钙的钙, 无法与鲤的 37% 的钙利用率^[6] 相比。

草鱼对鲢鱼鱼粉磷的利用率为 33.2%, 比鲤对白鱼粉、棕鱼粉磷利用率 18%、24%^[7] 高些(另一学者报道鲤的白鱼粉磷利用率为 0.0^[12]); 也比黑鲷 29.3%^[12] 略高; 但明显低于虹鳟 66%、74%^[7], 低于大马哈鱼 (*Oncorhynchus keta*) 和尼罗非鲫对白鱼粉磷的利用率(71% 和 65%)^[10,11], 也低于斑点叉尾鲶对鲢鱼粉和默罕敦鱼粉的磷利用率(分别为 40%、39%)^[5]。

草鱼对豆麸粉、玉米粉和麦麸粉的磷利用率为 66.7%、70.6% 和 53.7%, 分别高于斑点叉尾鲶的 54%、25%、28%^[5], 或 29%^[9](豆麸粉)。

上述似乎表明, 不同种类和食性的鱼类, 对不同种类的营养盐和饲料的磷利用率是各不相同的。草食性的草鱼比肉食性的鱼类较能利用植物性饲料的磷, 而肉食性的鱼类和有胃鱼类则比草鱼较能利用动物性饲料(如鱼粉)的磷。

饲料钙、镁、铁的利用率, 因资料较少, 未能比较讨论。Sakamoto 等(1979)^[8] 做了红海鲷对 3 种铁化合物的利用研究, 但没有提出具体利用率数据。至于其它微量元素的利用率, 有待于进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 中国医学科学院卫生研究所编著, 1974. 水质分析法. 人民卫生出版社。
- [2] 中国科学院数学研究所统计组编, 1979. 常用数理统计方法. 科学出版社。
- [3] 黄耀桐, 刘永坚, 1986. 草鱼种无机盐需要量之研究. 水生生物学报, 13(2): 134—151。
- [4] Maynard, L. A. & Loosli, J. K., 1969. Animal nutrition, 6th ed., McGraw-Hill. New York.
- [5] National R. C., 1983. Nutrient requirements of warmwater fishes and shellfishes. Washington, D. C.: National Academy Press. pp. 25—27.
- [6] Nakamura, Y. and Yamada, J., 1980. Effects of dietary calcium levels, Ca/P ratios, and calcium components on the calcium absorption rate in carp. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 31: 277—282.
- [7] Ogino, C., Takeuchi, L., Takeda, H. and Watanabe, T., 1979. Availability of dietary phosphorus in carp and rainbow trout. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 45(12): 1527—1532.
- [8] Sakamoto, S. and Yone, Y., 1979. Availabilities of three iron compounds as dietary iron sources for red sea bream. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 45: 231—235.

- [9] Wilson, R. P., Robinson, E. H., Gatlin III, D. M. and Poe, W. E., 1982. Dietary phosphorus requirement of channel catfish. *J. Nutr.*, 112: 1197—1202.
- [10] Watanabe, T., Murakami, A., Takeuchi, L., Nose, T. and Ogino, C., 1980. Requirement of chum salmon held in freshwater for dietary phosphorus. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 46: 361—367.
- [11] Watanabe, T., Takeuchi, T., Murakami, A. and Ogino, C., 1980. The availability to *Tilapia nilotica* of phosphorus in white fish meal. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 46: 897—899.
- [12] Yone, Y. and Toshima, N., 1979. The utilization of phosphorus in fish meal by carp and black sea bream. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 45: 753—756.

AVAILABILITIES OF Ca AND P IN NUTRITIVE SALTS AND OF Ca, P, Mg, Fe IN FEEDS FOR GRASS CARP *CTENOPHARYNGODON IDELLUS*

Huang Yaotong and Liu Yongjian

(The Ichthyology Laboratory, Zhongshan University, Guangzhou)

Abstract

Availabilities of calcium and phosphorus in nutritive salts for grass carp, as determined by the chromic oxide indicator method, were as follows: (1) availabilities of calcium: 81.3% in calcium lactate, 26.4% in calcium carbonate, 69.7% in monobasic calcium phosphate, 39.9% in dibasic calcium phosphate, and 0 in tribasic calcium phosphate; (2) availabilities of phosphorus: 90.3% in monobasic sodium phosphate, 90.3% in monobasic calcium phosphate, 60.3% in dibasic calcium phosphate, and 2.8% in tribasic calcium phosphate. The results of the experiment indicated that the availabilities of Ca and P were directly proportionate to the solubility of nutritive salts.

Availabilities of calcium, phosphorus, magnesium, and iron contained in anchovy fish meal, dehulled soybean meal, peanut meal, ground corn and wheat middlings were also studied. Results showed that magnesium and phosphorus in the natural feeds could be utilized effectively by grass carp, but iron and calcium could scarcely be absorbed. Thus, in order to satisfy the mineral needs for the growth of grass carp, calcium and iron should be added to the diet.

Key words Grass carp, Dietary, Availability