

不同水钙磷浓度条件下草鱼 对水和饲料中钙磷的吸收利用

刘永坚 林 鼎 毛永庆

(广州中山大学鱼类研究室, 广州)

摘要 本研究结果表明:草鱼对饲料钙磷的消化吸收受水中钙磷浓度的影响.草鱼能直接从水中吸收利用钙磷.鱼体存积的大部分来自于水.而磷则大部分从饲料中获得.草鱼钙磷的利用按 $\text{Ca}/\text{P} \approx 1.6$ 的比值进行。

关键词 草鱼 水 钙磷 吸收利用

我们已报道草鱼无机盐需要量和草鱼对无机盐磷及饲料钙、磷、镁、铁消化的研究^[1,2],研究结果还不能定量说明草鱼在生长中获得的钙磷的来源.据报道海水鱼能直接从水中吸收利用钙磷^[8,10,13],草鱼是否也有这种能力?在不同浓度钙磷的水中,草鱼对饲料和水中的钙磷吸收利用各有多少?饲料中不添加钙或磷的情况下,草鱼对水中钙磷的吸收利用又如何?本文就这些问题进行了三期试验,以期查明不同条件下草鱼对水中和饲料中的钙磷的吸收利用,为草鱼饲料的生产提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验鱼

试验鱼来自对实验场当年或隔年培养的健康草鱼.草鱼消毒后放入水族箱驯养一周。

1.2 试验饲料

饲料配制参照林鼎和黄耀桐等试验饲料改订(表 1)^[1,2,3].1 号料不添加无机钙,2 号饲料不添加无机磷,3 号饲料添加无机钙磷,用纤维素调配不添加钙磷的差值.试验所用酪蛋白和马铃薯淀粉为生化试剂,纤维素和 α -淀粉为食品级,脂肪用市售兽用鱼肝油和食用粟米油,维生素是鱼用复合维生素。

1.3 饲养条件

试验进行了三期,试验鱼饲养在水族箱(70×45×50cm)中,水源为曝气自来水.每期试验用水钙或磷浓度都设计三个梯度,低浓度钙在自来水基础上用去离子调节,高浓度钙通过加氯化钙调节.低浓度磷也用去离子水调节,高浓度磷通过加磷酸二氢钠调节.各水族箱的水每天全部换一次,并调节钙磷浓度.试验期间溶解氧为 3.62—6.02mg/L。

收稿日期 1992-01-27

表1 试验饲料组成及其钙磷含量(% ,干重)

组 分	饲料号		
	1	2	3
酪蛋白	32	32	32
马铃薯淀粉	20	20	20
纤维素	17.3	15.0	12.8
α -淀粉	20	20	20
复合维生素	2	2	2
油	3	3	3
复合无机盐	5.7	8.0	10.2
钙	0.051	0.629	0.640
磷	0.685	0.295	0.655

表2 试验的基本情况

期 天	数 数	水温(℃) (平均值)	试验前鱼			试验后鱼		
			体长 (cm)	体重 (g)	尾	体长 (cm)	体重 (g)	尾
1	22	27.6—31.0 (29.7)	10.5	22.8	15	11.0	25.8	15
2	21	28.4—31.5 (29.1)	6.5	6.3	25	6.7	6.9	25
3	20	26.0—29.8 (27.8)	7.1	7.2	20	7.5	9.2	20

1.4 生长试验

试验鱼经分组称总重,个体重和测量体长后进行饲养试验。饲料为软颗粒,每天上午10时,下午5时投喂,饱食为止并记录每天投喂量。试验结束。各箱试验鱼称总重,个体重和测量体长,最后取50%的鱼进行化学成分分析。试验基本情况列表2。

1.5 测定项目及方法

$$\text{特定生长率} = \frac{\log W_2 - \log W_1}{T} \times 100^{(4)}$$

W1:试验前鱼总重(g) W2:试验后鱼总重(g) T:试验天数(日)

$$\text{饲料转化率}(\%) = \frac{\text{总增重量(g)}}{\text{总投饲料量(g)}} \times 100^{(4)}$$

消化率测定:用虹吸方法收集粪便,然后挑选胞膜完整的粪便,于60℃烘干并置于冰箱保存备用。用内源性物质作为指示物^[9]。

水中钙磷含量测定:分别用EDTA-2Na络合滴定法,磷钼蓝分光光度法^[6]。

鱼体钙磷含量测定:分别用湿消化高锰酸钾滴定法,湿消化磷钼蓝分光光度法^[5]。

饲料和粪便钙磷含量测定:用等离子体直读光谱仪(Jarrel Ash;9000型)测定。

鱼体的水分,蛋白质,脂肪和灰分含量测定用常规分析方法^[4]。

试验结果的数据,应用多重比较进行分析处理^[7]。

2 试验结果

2.1 草鱼对不添加无机钙饲料和水中钙磷的吸收利用

第一期试验用不添加无机钙1号饲料(Ca:0.051%,P:0.685%),水中磷浓度维持恒定(0.1mg/L),而改变水中钙浓度(11,22,42mg/L),每种钙浓度设二个重复,共六试验箱。试验结果列于表3。特定生长率和饲料转换率的趋势:随水中钙浓度的加大而升高。但三试验组之间没有显著差异($P>0.05$)。表明水中钙浓度在11—42mg/L水平下,对用不添加钙的饲料饲养草鱼的生长没有明显的影响,这符合鱼类生长的一般规律,因为影响鱼生长的主要因素是蛋白质。试验中饲料

钙的消化率趋于零,而磷的消化率则高达 76%—82%。

试验后全鱼灰分及钙磷含量(表 4)随水中钙浓度的增大而稍有升高。但三试验组之间没有明显差别($P>0.05$)。鱼体的钙/磷比值为 1.62—1.66。

试验后鱼体钙磷存积(表 5)有随水中钙磷浓度增大而升高的趋势,三试验组之间没有显著差异。试验后鱼体存积的钙磷,其比值也为 1.62—1.66。

第一期试验中,饲料钙消化率趋于零,说明草鱼不能利用饲料中的结合钙,这表明鱼体存积的钙绝大部分来自于水中。饲料提供的磷大于鱼体磷的存积,说明鱼体消化吸收饲料磷后不是全部用来积累。

2.2 草鱼对不添加无机磷饲料和水中钙磷的吸收利用

第二期试验用不添加无机磷的 2 号饲料(Ca: 0.629%, P: 0.295%),水中钙浓度维持恒定(Ca: 22mg/L),而磷浓度改变(P: 0.032, 0.044, 0.11mg/L)。每种磷浓度设两个重复,共六试验箱。特定生长率,饲料转换率,鱼体钙磷含量和鱼体钙磷存积及每 100g 鱼的钙磷日存积量(表 6.7)与第一期试验结果有相似的规律($P>0.05$)。

饲料中钙和磷的消化率随水磷浓度的增大而升高,但绝对值不高,饲料钙消化率最高 30%,而饲料磷消化率最高 59%,表明草鱼对饲料中结合磷也不容易充分消化吸收。

饲料提供的钙磷(表 8)都小于鱼体的钙磷的存积,鱼体钙存积量的 62%—92%,磷存积量的 42%—60%是来自于水中。这期试验表明饲料中不添加无机磷而只添加无机钙,饲料钙和磷的消化率都较低。

2.3 草鱼对添加无机钙磷饲料和水中钙磷的吸收利用

表 3 第一期试验结果

水中钙 (mg/L)	水中磷 (mg/L)	试验鱼总重(g)		特定生长率 (%)	饲料转换率 (%)	饲料消化率(%)	
		前	后			钙	磷
11	0.1	352.2	383.5	0.44(0.08)*	37.74(4.8)	0	76.46
22	0.1	352.3	395.1	0.48(0.08)	42.24(7.9)	0	82.84
42	0.1	349.4	394.8	0.51(0.11)	45.24(10.24)	0	82.88

* 括号内数字为两重复组试验的偏差,下同。

表 4 第一期试验全鱼化学成分(% ,鲜重)

水中钙 (mg/L)	水分	蛋白质	脂肪	灰分	钙	磷	钙/磷
11	80.63(0.68)	13.88(1.28)	1.02(0.11)	3.34(0.04)	0.887(0.001)	0.542(0.009)	1.64
22	79.20(1.16)	14.74(1.72)	0.65(0.24)	3.84(0.29)	0.993(0.08)	0.614(0.049)	1.62
42	80.94(0.39)	13.66(0.22)	0.92(0.20)	3.84(0.32)	1.018(0.08)	0.613(0.042)	1.66

表 5 第一期试验鱼体钙磷存积(g)

水中钙 (mg/L)	净增重	钙存积	磷存积	钙/磷	饲料提供		每日每 100g 鱼存积	
					钙	磷	钙	磷
11	36.2	0.322(0.07)	0.196(0.04)	1.64	0	0.514	0.040	0.025
22	42.8	0.422(0.06)	0.260(0.04)	1.62	0	0.579	0.046	0.028
42	45.3	0.458(0.05)	0.276(0.03)	1.66	0	0.572	0.046	0.028

第三期试验用添加无机钙磷的3号饲料,水中钙磷浓度设计两种条件,其一是磷浓度维持恒定($P: 0.130\text{mg/L}$),而变动钙浓度($Ca: 16, 32.54\text{mg/L}$),每种钙浓度设两重复,共六试验箱。其二是钙浓度维持恒定($Ca: 32\text{mg/L}$),而变动磷浓度($P: 0.054, 0.081, 0.132\text{mg/L}$),每种磷浓度也设两重复,共六试验箱。试验结果(表9)表明,两种条件下草鱼的特定生长率、饲料转换率、饲料钙磷的消化率和鱼体钙磷存积及每100g鱼钙磷的日存积量与第一、二期试验结果基本一致($P>0.05$)。

从表10鱼体化学成分可见,水中磷浓度一定(条件一),鱼体钙磷含量随水中钙浓度的增大而减少。这是不是水中钙浓度过高(54mg/L)的原故?有待进一步的研究。水中钙浓度一定(条件二),鱼体钙磷含量随水中磷浓度的增大而增高,但试验组之间差异都不显著($P>0.05$)。

两种条件下,鱼体钙的存积43%—62%来自于水,而磷绝大部分由饲料供给(表11)。

3 讨论与小结

3.1 草鱼对饲料和水中钙磷的消化和吸收

黄耀桐和刘永坚(1990)报道^[2],草鱼对用酪蛋白,糊精,纤维素等(不添加无机钙)配制成的饲料中的结合钙不易消化吸收,而磷的消化率则达72%,与本试验第一期的结果类似。比较三期试验消化率测定结果,钙的消化率都较低。第二期和第三期的条件二相似,试验饲料中都添加钙,不同的是第二期试验饲料没有添加磷,两期试验钙的消化率都较低,作者认为饲料磷的含量对钙的消化率有一定的影响。第一,三期试验磷的消化率都较高,就是第二期不添加磷的试验组稍差,作者认为,饲料钙含量对饲料磷的消化率的影响不明显。

据 McCay(1936)等报道^[10],用钙含量很低的牛肝脏饲养美洲红点鲑三个月之久,鱼体在这期间增加的钙约82%是从水中吸收的。Phillips 和 Berg 都指出^[11,12],金鱼能从水中获得大部分的钙,

表6 第二期试验结果

水中磷 (mg/L)	水中钙 (mg/L)	试验鱼总重(g)		特定生长率 (%)	饲料转换率(%)	饲料消化率(%)	
		前	后			钙	磷
0.032	22	177.1	187.4	0.27(0.06)	44.04(9.4)	5.03	32.21
0.044	22	162.5	171.6	0.26(0.05)	43.33(8.4)	9.71	45.32
0.11	22	164.0	177.6	0.37(0.08)	59.00(9.1)	30.51	59.07

表7 第二期试验全鱼化学成分(% ,鲜重)

水中磷 (mg/L)	水分	蛋白质	脂肪	灰分	钙	磷	钙/磷
0.032	80.41(0.27)	14.26(0.06)	1.88(0.22)	3.25(0.16)	0.841(0.04)	0.526(0.02)	1.58
0.044	80.43(0.55)	14.60(0.46)	1.69(0.24)	3.25(0.03)	0.852(0.003)	0.532(0.006)	1.60
0.11	79.16(0.53)	15.06(0.37)	2.38(0.32)	3.17(0)	0.856(0.001)	0.536(0.008)	1.60

表8 第二期试验鱼体钙磷存积(g)

水中磷 (mg/L)	净增重	钙存积	磷存积	钙/磷	饲料提供		每日每100g鱼存积	
					钙	磷	钙	磷
0.022	10.3	0.086(0.02)	0.054(0.07)	1.61	0.007	0.022	0.040	0.025
0.044	9.1	0.078(0.01)	0.048(0.01)	1.60	0.013	0.028	0.040	0.025
0.11	12.6	0.108(0.02)	0.068(0.01)	1.60	0.041	0.037	0.041	0.025

表9 第三期试验结果

水中钙 (mg/L)	水中磷 (mg/L)	试验鱼总重(g)		特定生长率 (%)	饲料转化率 (%)	饲料消化率(%)	
		前	后			钙	磷
16	0.13	157.3	132.4	0.74(0.006)	52.60(1.26)	50.58	67.83
32	0.13	148.0	174.1	0.81(0.02)	55.06(0.58)	46.34	76.18
54	0.13	154.0	131.5	0.83(0.02)	58.74(0.58)	48.03	84.31
32	0.054	147.3	167.8	0.64(0.03)	42.42(0.76)	31.64	76.91
32	0.081	156.0	132.8	0.80(0.03)	55.54(3.20)	44.05	71.48
32	0.132	153.8	131.3	0.83(0.01)	57.18(1.80)	46.04	76.62

表10 第三期试验全鱼化学成分(%、鲜重)

水中钙磷 mg/L Ca P		水分	蛋白质	脂肪	灰分	钙	磷	钙/磷
16	0.13	78.42(0.57)	14.16(0.13)	2.52(0.19)	3.58(0.09)	0.985(0.01)	0.624(0.005)	1.50
32	0.13	77.40(0.13)	14.10(0.10)	2.94(0.08)	3.60(0.05)	0.966(0.004)	0.612(0.003)	1.58
54	0.13	78.22(0.16)	14.15(0.16)	2.78(0.11)	3.21(0.18)	0.937(0.001)	0.591(0.001)	1.58
32	0.054	78.22(0.16)	14.15(0.16)	2.80(0.17)	3.21(0.18)	0.916(0.006)	0.582(0.006)	1.58
32	0.081	78.95(0.38)	13.74(0.59)	2.20(0.39)	3.36(0.16)	0.932(0.005)	0.591(0)	1.58
32	0.132	78.66(0.46)	14.32(0.05)	1.96(0.05)	3.42(0.04)	0.944(0.02)	0.600(0.01)	1.58

表11 第三期试验鱼体钙磷存积(g)

水中钙磷 mg/L Ca P		净增重	钙存积	磷存积	钙/磷	饲料提供		每日每100g鱼存积	
						钙	磷	钙	磷
16	0.13	25.2	0.248(0.009)	0.156(0.005)	1.58	0.093	0.212	0.050	0.031
32	0.13	26.1	0.252(0.006)	0.160(0.004)	1.58	0.142	0.236	0.048	0.030
54	0.13	27.9	0.261(0.003)	0.165(0.001)	1.58	0.148	0.264	0.047	0.030
32	0.54	20.0	0.183(0.007)	0.116(0.004)	1.58	0.096	0.238	0.046	0.029
32	0.81	26.9	0.250(0.01)	0.159(0.007)	1.57	0.137	0.226	0.046	0.030
32	0.132	27.5	0.260(0.01)	0.165(0.007)	1.58	0.142	0.242	0.048	0.030

而当饲料磷可满足鲢科鱼类的需要时,溶解性磷吸收就少。本研究指出,饲料钙含量0.051%(不添加无机钙),磷含量0.685%,水中钙浓度11—42mg/L,磷浓度0.1mg/L,草鱼获得的钙绝大部分来自于水,而磷很大部分由饲料供给。饲料钙含量0.629%,磷含量0.295%(不添加无机磷),水中钙浓度22mg/L,磷浓度0.032—0.11mg/L,草鱼获得的钙62%—92%从水中吸收,磷42%—60%从水中吸收。饲料钙含量0.640%,磷含量0.655%,水中钙浓度16—54mg/L,磷浓度0.059—0.13mg/L,草鱼获得的钙43%—62%来自水中,磷大部分可从饲料中获得。

从第一、三期试验中看到,饲料供给的磷大于鱼体存积的磷,说明鱼体吸收的磷不是全部利用。作者认为草鱼是从饲料中吸收磷后,按一定钙磷比利用磷,多余的磷通过尿或其它途径排出体外。

3.2 草鱼对饲料中和水中钙磷的利用

本研究中全鱼化学成分分析结果表明,三期试验结果全鱼的Ca/P约为1.6,鱼体生长中钙磷获得的量,其比值也是1.6左右,两者的比值较一致,是否可以这样认为,不管草鱼从饲料及水中吸收多少钙磷,但鱼体利用钙磷是按Ca/P≈1.6的比值进行,多余部分排出体外。

3.3 小结

草鱼和其它鱼类一样可以吸收利用水中钙磷,饲料中添加的无机钙磷和饲料中部分结合磷。磷的吸收大部分是通过消化道进行,而钙的吸收大部分是通过鳃、鳍和皮肤进行,吸收的量受饲料中钙磷含量及水中钙磷浓度的影响。草鱼对钙磷的利用则按 $\text{Ca}/\text{P} \approx 1.6$ 的比值进行。饲料不能提供足够磷的情况下,部分磷可从水中吸收。

当然,草鱼对饲料及水中钙磷的吸收利用也会受其它元素的影响,这有待今后进一步的研究。

参考文献

- 1 黄耀桐,刘永坚.水生生物学报,1989,13(2),134—151
- 2 黄耀桐,刘永坚.水生生物学报,1990,14(2),145—152
- 3 林鼎,毛永庆等.水生生物学集刊,1980,7(3),207—212
- 4 林鼎,毛永庆.鱼类营养和配合饲料,广州:中山大学出版社,1988
- 5 上海商品检验局主编.食品化学分析.上海:上海科学技术出版社,1979
- 6 中国医学科学院卫生研究所编著.水质分析.北京:人民卫生出版社,1974
- 7 中国科学院数学研究所统计组编.常用数理统计方法.北京:科学出版社,1974
- 8 Boroughs H S J et al. Limnol. Oceanogr., 1957, 2: 28—32
- 9 Cho C Y, et al. Finfish Nutrition in Asia: Methodological Approaches to Research and Development. Ottawa, ont, IDRC, 1985, 99—102
- 10 McCay C M, et al. J. Biol. Chem., 1936, 114, 259—263
- 11 National Research Council. Nutrient requirements of warmwater fishes and shellfishes. National Academy of sciences. Washington, D. C. USA, 1983, 23—29
- 12 National Research Council. Nutrient Requirements of Coldwater fishes. Washington, D. C.: National Academy press, 1981, 17—19
- 13 Rosenthal H L. Science, 1956, 124, 571—574

THE ABSORPTION AND UTILIZATION OF CAICIUM AND PHOSPHORUS FROM FEEDS AND WATER BY GRASS CARP AS THE DIFFERENT CONCENTRATION OF Ca AND P IN THE WATER

Liu Yongjian, Lin Ding and Mao Yongqing
(Ichthyology Laboratory, Zhongshan University, Guangzhou)

ABSTRACT

The results of the reseach showed that digestibility and absorption of dietary calcium and phosphorus by grass carp are influenced by the concentration of Ca and P in the water. Grass carp can absorb directly Ca and P from the water. Ca deposited in the body of grass carp mainly come from the water, and P mostly obtains from diet. Ca and P is utilized by grass carp on the ratio of Ca/P being 1.6.

Key words, Grass carp, Water, Calcium, phcsphorus, Utilization