有机铬对奥尼罗非鱼生长和糖利用的影响

潘 庆 毕英佐 颜惜玲 蒲英远 郑 诚
(华南农业大学动物科学学院, 广州 510642)

摘要: 研究了葡萄糖饲料和淀粉饲料中添加 2mg/ kg 有机铬对初始体重约 1. 4g 的奥尼罗非鱼鱼种生长和糖利用的影响。经过 8 周饲养, 添加烟酸铬和吡啶羧酸铬的葡萄糖组罗非鱼特定生长率显著高于对照组($P< 0.05$) 。饲料效率在添加烟酸铬和吡啶羧酸铬的葡萄糖组和淀粉组均显著高于对照组($P< 0.05$) 。全鱼营养成分分析表明, 添加吡啶羧酸铬、乙酸铬的葡萄糖组罗非鱼水分含量显著低于相应的淀粉组, 而粗脂肪含量显著高于相应的淀粉组($P< 0.05$) 。添加吡啶羧酸铬的葡萄糖组肝脏果糖二磷酸酶活力显著低于相应的淀粉组, 而背肌磷酸果糖激酶活力显著高于相应的淀粉组($P< 0.05$) 。结果说明, 有机铬能显著促进罗非鱼对葡萄糖的利用; 罗非鱼对葡萄糖和淀粉的利用能力无显著差异, 但饲料糖源对体成分有显著影响。

关键词: 罗非鱼; 生长; 糖; 有机铬
中图分类号: S965. 125 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2002)04-0393-07

微量元素铬(Cr) 促进糖代谢的作用在人类和畜禽研究中已得到证实, 铬参与组成被称为葡萄糖耐量因子的活性物质, 提高大鼠和小鼠的生长和存活[1]。有关铬对鱼类糖利用的影响研究结果表明, 饲料中添加三氧化二铬(Cr_2O_3) 等铬化合物显著增加罗非鱼对葡萄糖饲料的摄食量、提高增重率、蛋白质积累、能量积累和肝糖原含量[2], 三氯化铬($CrCl_3$) 能改善鲤对葡萄糖的利用[3]。有机铬的吸收率较无机铬高, 其对鱼类的生长、饲料利用和糖代谢等的影响未见有研究报道。深入研究饲料有机铬的添加效果及其影响鱼类糖利用的机制, 不仅能丰富鱼类营养学有关理论, 在鱼饲料配合生产中也具有指导意义。本实验在以往研究的基础上, 观察四种有机铬对奥尼罗非鱼生长、饲料利用、体成分和组织糖原含量以及糖代谢酶活力的影响, 为进一步探讨铬对鱼类糖利用的影响及其作用机制奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验饲料 配制以葡萄糖和淀粉为糖源的两种纯化饲料(干酪素: 上海伯奥生物科技公司; 葡萄糖: 广东西陇化工厂; 马铃薯淀粉: 北京化学试剂公司; 微晶纤维素: 湖洲食品化工联合公司; 预混无机盐: 采用分析纯试剂自配; 预混维生素: 采用市售单体维生素自

收稿日期: 2001-07-18; 修订日期: 2002-03-01
基金项目: 国家自然科学基金资助(批准号: 39800104)
作者简介: 潘庆(1969—) , 女, 新疆库尔勒人; 博士, 副教授; 研究方向: 鱼类营养学

配),每种饲料分别设不添加铬、添加 2mgCr/kg 烟酸铬(Cr-Nic,瑞士龙沙公司)、吡啶羧酸吡啶羧酸铬(Cr-Pic,浙江黄岩化工厂)、蛋氨酸铬(Cr-Met,美国金宝公司)、乙酸铬(Cr-Ac,北京红星化工厂)共 10 组试验饲料。饲料制粒直径 1.2mm。饲料配方及成分分析见表 1。水分、粗蛋白、粗脂肪、灰分、钙和磷含量的测定依据原实验方法[4],铬含量的测定采用石墨炉原子吸收光谱法(HITACHI Z-830)。

表 1 试验饲料配方和成分分析

Tab. 1 Formulation and chemical composition of the experimental diets added with different chromium sorces

	葡萄糖饲料 Glucose diet					淀粉饲料 Starch diet				
	无添加铬组 G-Contr.	烟酸铬组 G-Cr-Nic	吡啶羧酸铬组 G-Cr-Pic	蛋氨酸铬组 G-Cr-Met	乙酸铬组 G-Cr-Ac	无添加铬组 S-Contr.	烟酸铬组 S-Cr-Nic	吡啶羧酸铬组 S-Cr-Pic	蛋氨酸铬组 S-Cr-Met	乙酸铬组 S-Cr-Ac
原料组成(%)										
预混物[1.2.3]	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
葡萄糖	45	45	45	45	45	—	—	—	—	—
马铃薯淀粉	—	—	—	—	—	45	45	45	45	45
烟酸铬(mg/kg)	—	2.0	—	—	—	—	2.0	—	—	—
吡啶羧酸铬(mg/kg)	—	—	2.0	—	—	—	—	2.0	—	—
蛋氨酸铬(mg/kg)	—	—	—		2.0	—	—	—	2.0	—
乙酸铬(mg/kg)	—	—	—	—	2.0	—	—	—	—	2.0
化学组成(湿重%)										
水分	5.8	5.3	3.8	4.4	5.1	9.0	8.2	8.1	8.5	8.7
粗蛋白	30.6	30.0	30.8	30.9	30.6	28.9	29.5	29.7	29.5	29.1
粗脂肪	4.5	3.8	4.5	5.2	5.2	4.0	3.8	3.8	3.9	4.0
无氮浸出物	53.8	52.0	55.6	54.0	54.1	53.1	53.4	53.2	52.8	53.0
灰分	5.3	4.9	5.3	5.5	5.0	5.0	5.1	5.2	5.3	5.2
钙	0.38	0.40	0.40	0.43	0.34	0.33	0.35	0.40	0.41	0.34
磷	1.27	1.17	1.24	1.26	1.21	1.19	1.23	1.22	1.24	1.20
铬(mg/kg)	0.577	2.481	2.699	2.658	2.834	0.736	2.320	2.848	2.171	2.136

注:1. 预混物组成(%):干酪素:35;玉米油:5;羧甲基纤维素钠:2;微晶纤维素:6;矿物质预混物:5;维生素预混物:2;

2. 维生素预混物组成(%):硫胺素:0.25;核黄素:0.25;尼克酸:1.0;泛酸钙:1.25;叶酸:0.075;生物素:0.03;盐酸吡哆醇:0.2;钴胺素:0.0005;C:5;K_3:0.2;肌醇:10;E:2;A:0.2(500IU/mg);胆碱:20;小麦粉:20.81;

3. 矿物质预混物组成(%):NaCl:1.0;$MgSO_4 \cdot 7H_2O$:15;$NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$:25;KH_2PO_4:32;$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$:20;$FeSO_4$:2.5;乳酸钙:3.5;$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$:0.353;$MnSO_4 \cdot 4H_2O$:0.162;$CuSO_4 \cdot 5H_2O$:0.031;$CoCl_2 \cdot 6H_2O$:0.01;KIO_3:0.003;纤维素:0.45

1.2 试验过程 平均初始体重约1.4g的奥尼罗非鱼在实验室水族箱中暂养 2 周后,随机分配在 30 个水族箱中,每箱 18 尾,称初始体重。采用静水饲养以避免各箱之间水的交换。每天上下午各清除一次粪便,并补充经过滤曝气的自来水到原水位,每次换水量约1/5。每一饲料组设三个平行,投喂率在饲养的前 4 周为 8%,后 4 周为 6%。饲料分作四等份于每天 8:00,11:30,14:30,17:30 投喂。每两周称一次体重。光照为自然光源。饲养期间不控温,平均水温 26.6±1.7℃,pH7.0,NH_4^+-N< 0.01mg/L,溶解氧> 4.0mg/L,每天上下午各测定水温一次,每周测定水质一次。饲养周期 8 周。生长实验结束后,称终末体重。禁食 24h 后从每一水族箱中随意取 3 尾鱼混样后测定体成分。摄食后 1h 每箱取 6

至 8 尾鱼取背肌和肝胰脏, 烘干备测铬含量, 另取两尾鱼尾静脉抽血制备血清, 备测血清葡萄糖含量(葡萄糖氧化酶法, 试剂盒由上海长征医学科学有限公司生产), 另取两尾鱼取背肌和肝胰脏, 备测糖原含量和糖代谢酶活力。糖原含量[4]、酶液蛋白质含量[5]、磷酸果糖激酶(PFK)活力[6]、果糖-1, 6-二磷酸酶(FDPase)活力[7]和酶液的制备[8]分别根据相应的方法测定和制备。

1.3　数据的统计学分析　对数据作二向方差分析, 若糖源组间差异显著, 则做 t 检验; 若铬源组间差异显著, 则做 Duncan's 多重比较, 显著水平采用 0.05。

2　结果

2.1　有机铬对奥尼罗非鱼生长和饲料利用的影响

各饲料组罗非鱼的初始平均体重、特定生长率和饲料效率见表 2。G-Cr-Nic 和 G-Cr-Pic 组罗非鱼的特定生长率显著高于 G-Contr. 组, G-Cr-Pic 组的特定生长率也显著高于 G-Cr-Met 和 G-Cr-Ac 组。添加烟酸铬和吡啶羧酸铬的葡萄糖和淀粉饲料组的饲料效率显著高于不添加铬的对照组($P< 0.05$)。葡萄糖组和淀粉组罗非鱼的特定生长率和饲料效率差异不显著($P> 0.05$)。

表 2　摄食添加不同有机铬饲料的罗非鱼生长和饲料效率(均值±标准差)

Tab. 2　The growth rate and feed efficiency in tilapia fed diets with different chromium additions (Mean±S.D.)[1]

饲料 Diet	初始平均体重(g) IABW	特定生长率(%/d) SGR[2]	饲料效率(%) FE[3]
G-Contr.	1.44±0.03	4.52±0.22^{c}	96.02±5.27^{b}
G-Cr-Nic	1.44±0.03	5.07±0.27^{ab}	117.76±12.40^{a}
G-Cr-Pic	1.44±0.03	5.29±0.01^{a}	124.07±7.53^{a}
G-Cr-Met	1.45±0.04	4.77±0.06^{bc}	113.62±9.92^{ab}
G-Cr-Ac	1.44±0.02	4.80±0.27^{bc}	111.30±14.78^{ab}
S-Contr.	1.46±0.03	4.58±0.44	102.74±6.53^{b}
S-Cr-Nic	1.43±0.02	5.06±0.38	124.61±18.11^{a}
S-Cr-Pic	1.44±0.04	4.90±0.06	114.43±4.65^{a}
S-Cr-Met	1.46±0.02	4.74±0.42	103.12±12.04^{ab}
S-Cr-Ac	1.44±0.02	4.87±0.16	114.03±4.04^{ab}
ANOVA F(P)			
糖源	0.66(0.43)	0.37(0.55)	0.04(0.84)
铬源	0.47(0.75)	4.21(0.012)	4.19(0.013)
糖源×铬源	0.22(0.92)	0.73(0.58)	1.01(0.42)

注: 1. 均值后 abc 字母不相同的表示相同的糖源组内添加不同的有机铬组间差异显著($P< 0.05$);

2. 特定生长率(SGR, %/d) = (ln 终末平均体重 − ln 初始平均体重)/饲养天数×100;

3. 饲养效率(FE, %) = 总体重增加量/总饲料投喂量×100

2.2　有机铬对奥尼罗非鱼全鱼和组织营养成分的影响

各饲料组罗非鱼体水分、粗蛋白、粗脂肪、灰分、背肌和肝脏糖原含量及铬含量以及血

清葡萄糖含量的分析结果见表 3。G-Contr.、G-Cr-Nic、G-Cr-Pic 及 G-Cr-Ac 组罗非鱼体水分含量极显著低于相应的淀粉组($P< 0.01$),G-Cr-Pic、G-Cr-Met 和 G-Cr-Ac 组体粗脂肪含量极显著高于相应的淀粉组($P< 0.01$)。体粗蛋白、灰分、背肌和肝脏糖原含量及铬含量以及血清葡萄糖含量在组间差异不显著($P> 0.05$)。

表 3 摄食添加不同有机铬饲料的罗非鱼全鱼、背肌、肝脏营养成分(湿重%)和血清葡萄糖含量(mg/100mL)

Tab. 3 The composition of whole body, dorsal muscle, liver(% in wet weight) and serum glucose (mg/100mL) in tilapia fed diets with different chromium additions(Mean±S.D.)

饲料 Diet	全鱼 Whole body				背肌 Dorsal muscle		肝脏 Liver		血清 Serum
	水分 Moisture	粗蛋白 CP	粗脂肪 EE	灰分 Ash	糖原 Glycogen	铬(mg/kg) Cr	糖原 Glycogen	铬(mg/kg) Cr	葡萄糖 Glucose
G-Contr.	72.4±1.4^{y}	14.8±0.7	5.6±1.8	4.5±0.2	0.45±0.19	0.047±0.028	7.41±0.72	0.185±0.12	94.4
G-Cr-Nic	72.2±0.5^{y}	15.8±1.0	6.0±1.2	4.5±0.2	0.29±0.08	0.072±0.031	7.23±2.14	0.137±0.07	83.6±61.2
G-Cr-Pic	71.1±1.6^{y}	15.4±0.2	8.2±1.7^{x}	4.4±0.2	0.44±0.06	0.065±0.012	7.26±0.76	0.209?0.14	99.6?34.3
G2Cr2Met	72.3?0.8	15.3?0.2	6.6?0.6^{x}	4.3?0.3	0.45?0.07	0.090?0.035	5.89?0.42	0.262?0.17	71.4?3.8
G2Cr2Ac	72.7?1.22^{y}	15.4?0.4	6.7?1.6^{x}	4.3?0.2	0.50?0.04	0.102?0.073	6.18?0.32	0.275?0.13	75.1?18.1
S2Contr.	75.7?0.6^{x}	14.9?0.3	4.7?0.9	4.0?0.5	0.38?0.14	0.082?0.009	7.18?2.84	0.259?0.09	52.6?8.9
S2Cr2Nic	73.9?0.9^{x}	15.0?1.1	5.7?1.5	4.2?0.3	0.43?0.18	0.071?0.024	7.48?1.81	0.353?0.07	57.0?18.0
S2Cr2Pic	75.2?0.3^{x}	15.5?0.4	4.4?1.1^{y}	4.4?0.4	0.37?0.10	0.121?0.055	6.79?0.95	0.239?0.06	47.2?4.9
S2Cr2Met	75.5?2.4	15.3?0.6	5.1?0.6^{y}	4.4?0.4	0.47?0.14	0.078?0.030	6.13?1.22	0.232?0.04	44.4?9.5
S2Cr2Ac	76.0?1.2^{x}	15.4?0.3	3.6?0.7^{y}	4.2?0.5	0.45?0.08	0.088?0.028	5.87?0.33	0.316?0.05	53.3?22.0
ANOVA F(P)									
糖原	46.31 (<0.01)	0.27(0.62)	18.67 (<0.01)	1.79(0.20)	0.01(0.91)	0.89(0.35)	0.03(0.87)	3.12(0.09)	6.49(0.03)
铬源	1.34(0.29)	1.08(0.39)	0.95(0.45)	0.18(0.94)	0.65(0.63)	0.75(0.56)	0.92(0.49)	4.27(0.05)	0.21(0.93)
糖源@铬源	0.71(0.60)	0.61(0.66)	2.25(0.10)	0.95(0.46)	0.61(0.66)	1.04(0.41)	0.06(0.99)	0.50(0.74)	0.19(0.93)

注:均值后 xy 字母不相同的表示相同的铬源组内葡萄糖组和淀粉组间差异显著($P< 0.05$)

2.3 有机铬对奥尼罗非鱼肝脏和背肌糖代谢酶活力的影响

各饲料组罗非鱼肝脏和背肌糖代谢酶活力测定结果见表 4。肝脏果糖二磷酸酶活力在 G2Cr2Pic 组显著低于 S2Cr2Pic 组,背肌磷酸果糖激酶活力在 G2Cr2Pic 组显著高于 S2Cr2Pic 组($P< 0.05$)。有机铬对肝脏 PFK 和背肌 FDP 酶活力没有显著影响($P> 0.05$)。

3 讨论

G2Cr2Nic 组和 G2Cr2Pic 组罗非鱼的特定生长率显著高于 G2Contr. 组,说明饲料中添加 Cr2Nic 和 Cr2Pic 提高了罗非鱼对葡萄糖的利用,这一结果与 Shiau 等的基本一致[2,9]。有报道表明 $CrCl_3$ 可延迟葡萄糖吸收高峰的到来,促进糖原和脂肪合成,提高罗非鱼对葡萄糖的利用[9],也通过抑制葡萄糖异生促进鲤对葡萄糖的利用[3],Cr_2O_3 可能通过提高罗非鱼糖酵解途径的 PFK 活力,降低葡萄糖异生途径的 G6P 酶活力,促进罗非鱼对葡萄糖的转化[2]。在本试验中没有发现添加有机铬对肝脏和背肌磷酸果糖激酶和果糖21,62二磷

酸酶活力和摄食后血清葡萄糖含量有显著影响。G2Cr2Pic 组罗非鱼 PFK 活性极显著高于 S2Cr2Pic 组, 而 FDP 酶活性极显著地低, 部分反映了罗非鱼摄食葡萄糖饲料后糖酵解能力提高, 葡萄糖异生降低, 说明饲喂葡萄糖使罗非鱼对糖的利用能力增强。葡萄糖组罗非鱼体粗脂肪含量也显著高于淀粉组, 可能吸收的葡萄糖更多地被利用转化为脂肪。有研究表明, 饲喂葡萄糖饲料的高首鲟肠脂肪合成酶活力显著高于饲淀粉组的[10]。添加有机铬的淀粉组罗非鱼生长和饲料效率与对照组差异不显著, 这一结果与此前实验一致[4], 可能说明铬对罗非鱼利用淀粉没有促进作用。

表 4　摄食添加不同有机铬饲料的罗非鱼肝脏和背肌糖代谢酶活力(单位)[1]

Tab. 4　Activities of carbohydrate metabolic enzymes in liver and dorsal muscle in tilapia fed diets with different chromium additions (units) (Mean? S. D.)

饲料 Diet	肝脏 liver		背肌 Doral muscle	
	磷酸果糖激酶 PFK[2]	果糖21, 62二磷酸酶 FDPase[3]	磷酸果糖激酶 PFK	果糖21, 62二磷酸酶 FDPase
G2Contr.	13312? 301 8	16317? 1717	81610? 4213	6119? 512
G2Cr2Nic	13714? 3012	15815? 1313	78810? 8218	7213? 1312
G2Cr2Pic	11411? 2216	15118? 516[y]	89116? 5211[x]	7419? 511
G2Cr2Met	10815? 2317	16414? 4518	72618? 7412	8012? 1411
G2Cr2Ac	13718? 1210	18618? 2219	83818? 7317	7717? 113
S2Contr.	11017? 2416	18715? 414	77211? 2210	8411? 816
S2Cr2Nic	11314? 1216	18814? 2912	73112? 5212	7718? 1314
S2Cr2Pic	13312? 1916	22317? 2013[x]	76913? 5019[y]	8910? 1019
S2Cr2Met	10919? 2118	23117? 1112	73016? 6312	7017? 2316
S2Cr2Ac	12119? 1115	22214? 3712	73519? 7816	8416? 919
ANOVA F(P)				
糖源	1109(0131)	2614(< 0101)	8113(< 0101)	3119(0109)
铬源	0175(0157)	1188(0115)	2129(0110)	0166(0163)
糖源@铬源	1105(0141)	1125(0132)	0198(0144)	1142(0127)

注: 11 均值后 *xy* 字母不相同的表示相同的铬源组内葡萄糖组和淀粉组间差异显著(P< 0105)

21 活力单位定义为: 30e 时每毫克蛋白每分钟生成的 NADPH 的纳摩尔数。1 unit= 1 nmol NADPH/min#mg protein

3130e 时每毫克蛋白每分钟生成磷酸根(PO_4^{3-})的纳摩尔数。1 unit= 1 nmol phosphate/min#mg protein

本试验中, 无论添加或不添加有机铬的葡萄糖组和淀粉组间罗非鱼的特定生长率和饲料效率差异均不显著, 这一结果与其他研究者的不同[2,11]。Shiau 等研究表明[2], 除了 Cr_2O_3 组外, 添加其他铬化合物的葡萄糖组罗非鱼增重率显著低于淀粉组。两个实验结果的差异可能主要在于投喂频率(本实验为 4 次/d, Shiau 等为 2 次/d[2]) 和铬化合物(本实验为有机铬, Shiau 等为无机铬[2]) 不同。当投喂频率由 2 次/d 提高到 6 次/d 时, 罗非鱼对葡萄糖的利用能力增强, 与对淀粉的利用差异消除[12], 没有资料显示投喂频率由 2 次/d 提高到 4 次/d 时, 罗非鱼对葡萄糖和淀粉的利用情况。草鱼在投喂频率由 4 次/d 提高到 6 次/d 时, 对葡萄糖的利用能力才显著增强[13]。每天投喂 2 次及连续 24h 投喂, 淀粉

组罗非鱼生长率均高于葡萄糖组[11], 两实验结果的差异可能与饲料营养水平不同有关。有机铬的吸收率一般高于无机铬[14], 可能本实验中鱼体吸收了更多的铬, 铬更有效地促进了糖代谢, 消除了罗非鱼对葡萄糖和淀粉的利用差异。投喂频率和铬哪一个因素对罗非鱼利用葡萄糖的影响更大或两者之间是否有协同作用, 值得进一步研究。

从试验中还发现 Cr2Nic 和 Cr2Pic 能显著提高奥尼罗非鱼对葡萄糖的利用, Cr2Met 和 Cr2Ac 的作用不显著, 这一结果提示不同的铬化合物在罗非鱼的代谢过程可能不同。有关鱼类对不同的铬化合物的吸收、积累、排泄情况以及不同结构的糖对铬的代谢的影响研究较少。Cr_2O_3 作为测定消化率的指标物质, 在理论上不被鱼体吸收, 但有试验结果表明 Cr_2O_3 能够促进罗非鱼对葡萄糖的利用[15,16], 说明 Cr_2O_3 可以被鱼体吸收。本试验中罗非鱼肝脏和背肌铬含量在葡萄糖组和淀粉组间差异不显著, 提示组织中铬含量不受饲料糖源的影响。在小鼠的研究中发现, 经过 26d 的饲养, 饲淀粉的肥胖和对照小鼠与饲葡萄糖、果糖和蔗糖的小鼠比较, 对 $^{51}CrCl_3$ 的吸收增加[17]; 人类进食高含量单糖膳食时, 尿铬的排泄量增加[14]。因此, 更多地了解鱼类中铬的代谢情况以及糖类对铬代谢的影响, 将有助于揭示鱼类对糖的利用能力低的原因。

参考文献:

[1] Mertz W. Chromium occurrence and function in biological systems[J]. *Physiol. Rev.*, 1969, **49**: 163) 239

[2] Shiau S Y, Chen M J. Carbohydrate utilization by tilapia (*Oreochoromis niloticus* @ *O. aureus*) as influenced by different Chromium sources[J]. *J. Nutr.*, 1993a, **123**: 1747) 1753

[3] Hertz Y, Zecharia M, *et al*. Glucose metabolism in the common carp (*cyprinus carpio* L.): the effect of Cobalt and Chrom2 um[J]. *Aquaculture*, 1989, **76**: 255) 267

[4] 潘 庆, 刘 胜, 郑 诚, 等. 烟酸铬对奥尼罗非鱼生长及组织营养成分的影响[J]. 水生生物学报, 2002, **26**(2): 115) 119

[5] 贵阳医学院等生物化学教研室合编. 生物化学实验[M]. 贵阳: 贵州人民出版社, 1988, 50) 51, 102) 104

[6] Bergmeyer H U, Bergmeyer J, Grassal M. Methods of enzymatic analysis[M]. New York: Academic Press. 1983, 185) 187

[7] McGilvery R W. Frutose21, 62diphosphatase from liver[J]. *Methals Enzymol.*, 1955, **2**: 543) 546

[8] Nagayama F, Ohshima H, *et al*. Effect of starvation on the activities of glucose metabolizing enzymes in fish[J]. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries.*, 1972, **38**(6): 594) 598

[9] Shiau S Y, Lin S F. Effect of supplemental dietary chromium and vanadium on the utilization of different carbohydrates in tilapia, *Oreochoromis niloticus* @ *O. aureus*[J]. *Aquaculture*, 1993b, **110**: 321) 330

[10] Hung S S O, Fynn2Aikins F K, Lutes P B, *et al*. Ability of juvenile white sturgeon *Acipenser transmontanus* to utilize differ2 ent carbohydrate sources[J]. *J. Nutr.*, 1989, **119**: 727) 733

[11] Lin J H, Cui Y B, Hung S S O, *et al*. Effect of feeding strategy and carbohydrate source on carbohydrate utilization by white sturgeon(*Acipenser transmontanus*) and hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* @ *O. aureus*)[J]. *Aquaculture*, 1997, **148**: 201) 211

[12] Tung P H, Shiau S Y. Effects of meal frequency on growth performance of hybrid tilapia. *Oreochromis niloticus* @ *O. aureus*, fed different carbohydrate diets[J]. *Aquaculture*, 1991, **92**: 343) 350

[13] 潘 庆, 刘 胜, 梁桂英, 等. 投喂频率对草鱼鱼种的生长、鱼体和组织营养成分的影响[J]. 上海水产大学学报, 1998, **7**(增刊): 186) 190

[14] Ziegler, Filer. 现代营养学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1998, 330) 338

[15] Shiau S Y, Liang H S. Carbohydrate utilization and digestibility by tilapia, *Oreochromis niloticus* @ *O. aureus*, are affected by chromic oxide inclusion in the diet[J]. *J. Nutr.*, 1995, **125**: 976) 982

[16] Shiau S Y, Shy S M. Dietary chromic oxide inclusion level required to maximize glucose utilization in hybrid tilapia, *Oreochoromis niloticus* @*O. aureus*[J]. *Aquaculture*, 1998, **161**: 357) 364

[17] Seaborn C D, Stoecker B J. Effect of starch, sucrose, fructose and glucose on chromium absorption and tissue concentrations in obese and lean mice[J]. *J Nutr.*, 1989, **119**: 1444) 1451

EFFECT OF ORGANIC CHROMIUM ON GROWTH AND CARBOHYRATE UTILIZATION IN HYBRID TILAPIA OREOCHROMIS NILOTICUS @O. AUREUS

PAN Qing, BI Ying2zuo, YAN Xi2ling, PU Ying2yuan and ZHENG Cheng

(School of Animal Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642)

Abstract: An 82week growth trial was conducted to investigate the effect of different forms of organic chromium on glucose and starch utilization in hybrid tilapia *Oreochromis niloticus* @*O. aureus*. The forms of Cr were chromium nicotinate acid(Cr2Nic), chromium picolinate acid(Cr2Pic), chromium methionine(Cr2Met) and chromium acetic acid(Cr2Ac). The inclusion level of Cr was 2mg/kg diet. Fishes of 114g were reared in a still water system and fed at 6%) 8% of body weight 4 meals/day. Significantly ($P< 0105$) higher specific growth rate were observed in fish fed the glucose diet with Cr2Nic and Cr2Pic, while no significant difference was observed in those fed the starch diet ($P> 0105$). Feed efficiencies in fish fed diets with Cr2Nic and Cr2Pic were significantly higher than those fed diets without Cr. The contents of body moisture in fish fed the glucose diet were signifi2 cantly lower than those fed the starch diet, while the contents of body lipid were significantly high2 er. Dorsal muscle phosphfructokinase activity in fish fed the glucose diet with Cr2Pic was significant2 ly higher than that fed the starch diet with Cr2Pic, whereas hepatic fructose21, 62phophatase activity was significantly lower. The results suggested that organic Cr could improve glucose utilization sig2 nificantly in hybrid tilapia under the present experimental condition. There was no significant differ2 ence between glucose and starch utilization in hybrid tilap, while dietary carbohydrate sources could affect the whole body composition.

Key words: Tilapia; Growth; Carbohydrate; Organic chromium