



不同形式铁对南美白对虾生长和体沉积的影响

■ 广州海因特生物技术有限公司 / 彭志东
中山大学生命科学学院 / 张 波

摘 要 南美白对虾配合饲料中添加 20mg/kg、40mg/kg、60mg/kg、100mg/kg 的硫酸铁、柠檬酸铁和甘氨酸铁。饲养 8 周，在 4 周末、8 周末的时候称重并采集对虾肝胰脏和肌肉，测定肝胰脏和肌肉中的铁含量。试验结果表明：铁源和各添加水平对生长、成活无显著影响，铁源和铁水平对饲料系数和蛋白质效率有影响，甘氨酸铁有提高饲料效率的作用，柠檬酸铁能提高蛋白质效率；肌肉中铁含量不受铁源和铁水平的影响。肝胰脏中铁水平表现为随添加量的增加而显著升高的趋势，以甘氨酸铁组升高幅度最大，铁源间差异显著。

关键词 硫酸铁；甘氨酸铁；柠檬酸铁；生长；沉积

铁作为药物用于人类疾病的治疗已有数百年的历史。铁是细胞色素氧化酶、过氧化物酶及过氧化氢酶的组成成分，并与乙酰辅酶 A、琥珀酸脱氢酶、黄嘌呤氧化酶、细胞色素还原酶的活性有密切关系。三羧酸循环中有一半以上的酶含铁或在铁存在时发挥作用，铁与能量代谢密切相关，并影响动物的蛋白质合成和免疫功能。

铁的添加形式有 3 种：无机铁、简单有机酸铁和氨基酸螯合铁。众多的有关家禽、猪、反刍动物的试验表明，有机铁的吸收利用效果要优于无机铁。

本试验以南美白对虾为研究对象，对比甘氨酸螯合铁、柠檬酸铁和硫酸铁对南美白对虾生长和组织铁含量的影响。旨在探讨不同形式微量元素对虾类的营养效果，为水产饲料中有微量元素添加形式的确定提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验采用 3×4 因子试验设计，加上基础日粮组共 13 个处理组，每处理 3 重复。

具体设计见表 1。

表 1 试验设计

铁源	添加水平 (mg/kg)				
七水硫酸铁 FeSO ₄ ·7H ₂ O (SF)	0	20	40	60	100
甘氨酸铁 Fe-Gly (GF)	0	20	40	60	100
柠檬酸铁 Fe-citric acid (CF)	0	20	40	60	100

1.2 基础日粮组成

基础日粮组成见表 2。各种原料粉碎后过 60 目筛，微量添加成分采取逐级扩大法混合均匀，混合制粒，颗粒饲料 90℃ 烘 30min 后，风干冷冻备用。

表 2 试验基础日粮组成

日粮成分	含量 (%)	日粮成分	含量 (%)
鱼粉	35.00	卵磷脂	1.50
豆粕	12.00	优质海鱼油	2.00
花生粕	9.00	对虾矿物	4.00
啤酒酵母	4.00	对虾维生素	0.30
虾壳粉	5.00	胆碱 (50%)	0.20
鱿鱼内脏粉	5.00	VC 聚磷酸酯	0.03
高筋面粉	21.97		

注：4% 矿物元素配方如下：常量元素 (g/kg)：磷酸二氢钙 23.5，氯化钠 1，磷酸二氢钾 10，7 水硫酸镁 4；微量元素 (mg/kg)：5 水硫酸铜 138.9，1 水硫酸锰 62.1，7 水硫酸锌 442，碘化钾 (1%) 100，亚硒酸钠 (1%) 100，氯化钴 22.3，根据设计量添加铁。

1.3 试验动物及饲养管理

试验用南美白对虾为进口虾苗，育苗 6 周后，根据试验设计，随机分为 7 个处理，每处理 3 重复，每重复 30 尾虾。

对虾饲养在 0.3m³ 的圆台形玻璃钢桶中，每天按 8% ~ 10% 体重投饵，分 4 次投喂。全天充气，自然光照，水温 28℃ ~ 32℃。每天观察对虾蜕壳、生长情况，每 5d ~ 7d 随机抽取 3 个玻璃钢桶称重，作为调整投饵量的

依据, 养殖 8 周。

4 周末、8 周末称重并采集肝胰脏和肌肉。

1.4 测定项目

1.4.1 测定项目

根据体重记录, 计算各桶的增重率、饲料系数、蛋白质效率和成活率等。

肝胰脏、肌肉中铁含量。

1.4.2 计算和测定方法

成活率(%)=(试验初始每桶尾数-试验期末每桶尾数)/试验初始每桶尾数×100

增重率(%)=(试验末期体重-试验初始体重)/试验初始体重×100

特定生长率(%)=(LN 试验末期体重/试验初始体重)/饲养天数×100

饲料系数=总投饵量/(试验末期体重-试验初始体重)

蛋白质效率(%)=(末期重-初期重)/(投饵量×饲料蛋白质含量)×100

肝胰脏、肌肉 105℃ 烘干后, 取适量, 用高氯酸、硝酸消化, 用原子吸收分光光度法测定铁含量。

1.5 数据整理和统计分析

试验所得数据用 SAS 软件中的 GLM 过程进行方差分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 日粮铁源和铁水平对南美白对虾生长指标的影响

对虾生长指标的试验结果见表 3、4、5, 初重各组无显著差异。

4 周时, 硫酸铁和甘氨酸铁各组的体重与对照组无显著差异 ($P>0.05$), 40mg/kg 的柠檬酸铁组体重高于对照组, 其余各组与对照组差异不显著。从数值上看, 以 60mg/kg 硫酸铁组体重最高。添加量为 40mg/kg 时,

铁源之间体重差异显著 ($P<0.05$), 硫酸铁、柠檬酸铁组体重高于甘氨酸铁组。

铁源和铁水平对 0~4 周增重率无显著影响。添加量为 40mg/kg 时, 铁源之间增重率差异显著, 硫酸铁、柠檬酸铁组高于甘氨酸铁组 ($P<0.05$)。

8 周时, 硫酸铁和甘氨酸铁各组的体重变化趋势与四周相同, 60mg/kg 柠檬酸铁组体重显著低于其他各组, 其余各组体重与对照组无显著差异。铁源对体重无显著影响。

从以上数值可以看出, 铁源和铁水平对生长无显著影响。

4 周时, 3 种铁源的各水平组的特定生长率与对照组无显著差异 ($P>0.05$), 添加量为 40mg/kg 时, 铁源间差异显著, 硫酸铁和柠檬酸铁显著高于甘氨酸铁。

8 周时, 硫酸铁和甘氨酸铁各组的特定生长率与对照组差异不显著。60mg/kg 柠檬酸铁组的特定生长率显著低于其他水平组和对照组, 其他水平组和对照组间差异不显著。添加量为 20mg/kg 时, 铁源间特定生长率差异显著, 甘氨酸铁组显著高于硫酸铁组 ($P<0.05$), 但与柠檬酸铁组差异不显著。

铁源和各添加水平对各期成活率无显著影响。

4 周时, 60mg/kg 硫酸铁组的饲料系数显著好于对照组和其他各水平组, 其余各组差异不显著。甘氨酸铁各组的饲料系数和对照组相比差异不显著。40mg/kg 柠檬酸铁组饲料效率最佳, 显著优于对照组和其他各组。添加量 20mg/kg、40mg/kg 时, 铁源间差异显著, 甘氨

表 3 日粮铁源和铁水平对对虾体重和增重率的影响指标

指标 分组	初重(g)	4周末体重(g)	8周末体重(g)	0~4周增重率(%)	0~8周增重率(%)
SF-0	0.134±0.0017	1.582±0.023	7.850±0.189	1083.93±19.77	5776.72±190.39
SF-20	0.134±0.0007	1.645±0.037	7.377±0.182	1130.69±22.62	5418.22±110.21
SF-40	0.133±0.0001	1.631±0.032	7.758±0.090	1129.04±23.84	5747.31±67.79
SF-60	0.133±0.0005	1.710±0.085	7.689±0.164	1188.47±67.31	5691.74±136.21
SF-100	0.135±0.0006	1.621±0.026	7.179±0.353	1099.96±22.25	5214.83±276.04
GF-0	0.134±0.0017	1.582±0.023	7.850±0.189	1083.93±19.77	5776.72±190.39
GF-20	0.133±0.0004	1.621±0.031	8.244±0.393	1115.52±21.06	6082.54±282.48
GF-40	0.133±0.0002	1.544±0.021	7.647±0.115	1057.91±16.83	5634.93±87.67
GF-60	0.136±0.0003	1.593±0.063	7.376±0.479	1074.98±48.07	5341.41±356.37
GF-100	0.135±0.0007	1.569±0.026	7.894±0.667	1065.25±24.72	5767.22±521.32
CF-0	0.134±0.0017	1.582 ^b ±0.023	7.850 ^a ±0.189	1083.93±19.77	5776.72 ^a ±190.39
CF-20	0.133±0.0012	1.634 ^{ab} ±0.028	7.659 ^a ±0.069	1124.96±30.36	5639.44 ^a ±12.43
CF-40	0.133±0.0001	1.690 ^a ±0.021	7.917 ^a ±0.170	1167.33±15.66	5837.62 ^a ±127.36
CF-60	0.133±0.0003	1.610 ^{ab} ±0.038	6.933 ^b ±0.365	1106.57±28.77	5094.81 ^b ±268.33
CF-100	0.134±0.0008	1.632 ^{ab} ±0.037	8.025 ^a ±0.119	1116.76±32.45	5884.42 ^a ±94.56
铁源显著性	NS	40mg/kg CF ^a SF ^a GF ^b	NS	40mg/kg CF ^a SF ^a GF ^b	20mg/kg GF ^a CF ^{ab} SF ^b

注: 肩标为同一铁源, 不同水平间的比较, 小写字母表示差异显著 ($P=0.05$), 大写字母表示差异极显著 ($P=0.01$), 无肩标, 差异不显著。铁源显著性为同一水平, 不同铁源间的比较, * 差异显著 ($P=0.05$), ** 差异极显著 ($P=0.01$), NS 差异不显著。下同。



酸铁组显著高于柠檬酸铁组和硫酸铁组。8 周时，铁源和铁水平不影响饲料系数。各期蛋白质效率变化趋势与饲料系数相似。

2.2 日粮铁源和铁水平对南美白对虾组织铁含量的影响

测定结果见表 6，3 种铁源各组肌肉中铁含量和对照组无显著差异 ($P>0.05$)。3 种铁源都表现为随添加量的增加肝胰脏中铁含量的显著升高 ($P<0.05$)，甘氨酸铁组升高的幅度最大，同水平下都高于其他两种铁源，40mg/kg、60mg/kg、100mg/kg 组甘氨酸铁组肝胰脏中铁含量显著高于硫酸铁组和柠檬酸铁组 ($P<0.05$)。

3 讨论

由于自然水体中可溶性铁含量少，所以饲料铁被认为是鱼类铁的主要来源。鲇鱼 (Gatlin 1986)、大西洋鲑 (Lall 1987) 缺铁时可产生典型的小红细胞性贫血，但对生长无影响。陈冬梅 (2003) 报道，铁、铜、锰、锌的添加量分别为 141.7mg/kg、23.5mg/kg、31.8mg/kg、89mg/kg 时，鲤鱼的生产成绩最好。Chhorn (1996) 的研究表明，5mg/kg 的蛋氨酸铁就可以满足斑点叉尾鲷生长的需要，但要维持血液指标的正常则需 20mg/kg，硫酸铁和蛋氨酸铁在防止缺铁性贫血方面效价相同。Allen (1992) 的试验表明，南美白对虾纯合日粮中添加 12mg/kg 的铁时没有表现出铁的缺乏症，添加量达到 80mg/kg 时，也没有表现出毒性。本试验中 40mg/kg 的柠檬酸铁提高了 4 周体

重，铁源和铁水平对 8 周对虾的体重无影响。
对虾是以铜为要素合成血兰蛋白作为呼吸色素的，对铁的需要只是满足一般的细胞需要而非合成血红蛋白的特殊需要，因此对虾对铁的需要量比脊椎动物要低。由于商品日粮中的鱼粉、酵母等含有较高的铁，日量中铁的添加并没有明显的促生长的作用，这一结果与 Allen (1992) 的试验结果一致。
Found (1974) 指出，位于具有五员环或六员环螯合物中心的金属元素可以通过小肠绒毛的刷状缘，且所有螯合物都可能以氨基酸、肽的形式被吸收。Tippawan

表 4 日粮铁源和铁水平对南美白对虾特定生长率和成活率的影响 (%)

指标 分组	0~4周特定生长率 (%)	0~8周特定生长率 (%)	0~4周成活率 (%)	0~8周成活率 (%)
SF-0	8.823±0.060	9.697±0.077	98.89±1.11	93.33±3.33
SF-20	8.964±0.066	9.548±0.048	97.78±2.22	93.33±3.85
SF-40	8.959±0.069	9.687±0.027	100	96.67±1.92
SF-60	9.119±0.183	9.663±0.056	96.67±3.33	93.33±3.85
SF-100	8.873±0.066	9.454±0.121	100	96.67±3.33
GF-0	8.823±0.060	9.697±0.077	98.89±1.11	93.33±3.33
GF-20	8.920±0.062	9.815±0.111	95.56±2.22	85.56±2.94
GF-40	8.746±0.052	9.640±0.036	98.89±1.11	62.22±31.11
GF-60	8.793±0.147	9.506±0.156	95.56±4.44	95.00±1.67
GF-100	8.768±0.076	9.675±0.222	97.78±1.11	91.67±1.67
CF-0	8.823±0.060	9.697±0.077	98.89±1.11	93.33±3.33
CF-20	8.946±0.088	9.643±0.005	98.89±1.11	90.00±3.85
CF-40	9.069±0.044	9.723±0.051	100	86.67±5.77
CF-60	8.892±0.084	9.399±0.125	100	65.56±32.79
CF-100	8.922±0.094	9.974±0.037	100	97.78±1.11
铁源显著性	40mg/kg CF ^a SF ^a GF ^b	20mg/kg GF ^a CF ^{ab} SF ^b	NS	NS

表 5 日粮铁源和铁水平对南美白对虾饲料系数与蛋白质效率的影响

指标 分组	0~4周饲料系数	0~8周饲料系数	0~4周蛋白质效率 (%)	0~8周蛋白质效率 (%)
SF-0	0.843 ^a ±0.007	1.809±0.190	296.59 ^b ±2.535	141.18±14.27
SF-20	0.818 ^{ab} ±0.008	1.707±0.029	305.82 ^{ab} ±2.95	146.56±2.50
SF-40	0.807 ^{ab} ±0.017	1.563±0.020	310.25 ^{ab} ±6.55	160.05±2.09
SF-60	0.795 ^b ±0.018	1.637±0.053	314.73 ^a ±6.83	153.03±5.09
SF-100	0.813 ^{ab} ±0.014	1.705±0.119	307.79 ^{ab} ±5.48	148.12±10.68
GF-0	0.843±0.007	1.809±0.190	296.59±2.535	141.18±14.27
GF-20	0.850±0.006	1.996±0.280	294.13±2.12	151.18±11.78
GF-40	0.866±0.009	1.605±0.030	288.83±2.95	152.32±2.34
GF-60	0.878±0.081	1.865±0.092	289.432±4.84	134.66±6.57
GF-100	0.862±0.020	1.491±0.006	290.48±6.72	167.68±0.72
CF-0	0.843 ^a ±0.007	1.809±0.190	296.59 ^b ±2.535	141.18±14.27
CF-20	0.814 ^{ab} ±0.007	1.705±0.058	307.22a ^b ±2.45	147.01±4.96
CF-40	0.776 ^b ±0.011	1.726±0.137	322.38 ^a ±4.32	146.79±12.18
CF-60	0.818 ^{ab} ±0.021	1.722±0.092	305.85 ^{ab} ±7.88	137.18±16.03
CF-100	0.807 ^{ab} ±0.020	1.492±0.011	310.14 ^{ab} ±7.84	167.55±1.23
铁源显著性	20、40mg/kg GF ^a CF ^b SF ^b	NS	20、40mg/kg CF ^a SF ^a GF ^b	NS

表 6 日粮铁源和铁水平对南美白对虾组织铁含量的影响

分组	指标	肌肉 (mg/kg DM)	肝胰脏 (mg/kg DM)
SF-0		52.12±3.18	114.06 ^d ±3.37
SF-20		52.44±6.66	144.24 ^c ±4.51
SF-40		57.03±1.85	172.64 ^b ±5.38
SF-60		46.26±2.86	200.63 ^a ±4.14
SF-100		54.21±5.73	212.98 ^a ±6.41
GF-0		52.12±3.18	114.06 ^d ±3.37
GF-20		54.74±5.21	162.42 ^d ±9.24
GF-40		55.38±8.64	203.55 ^c ±4.55
GF-60		54.92±3.52	244.78 ^b ±9.27
GF-100		62.85±4.51	276.21 ^a ±5.88
CF-0		52.12±3.18	114.06 ^d ±3.37
CF-20		52.58±4.27	146.45 ^c ±4.74
CF-40		50.18±1.33	179.05 ^b ±4.38
CF-60		52.57±6.05	203.91 ^a ±10.37
CF-100		53.79±3.47	223.60 ^a ±6.88
铁源显著性	NS		40、60、100mg/kg GF ^a SF ^b CF ^b

(1997)年的试验表明,斑点叉尾鲷对常规日粮中有机铁的真吸收率(net absorption)为83.6%,无机铁的真吸收率为51.3%;纯合日粮中有机铁和无机铁的吸收率分别为87.8%和65.3%,表明有机铁在吸收上存在优势。本试验中肝胰脏中铁含量随添加量的增加而提高,甘氨酸铁组提高的幅度最大,可能与其吸收上的优势有关。肌肉中的铁含量不受铁源和铁水平的影响,表明肌肉不是铁代谢主要组织,肝胰脏中铁含量的灵敏变化,表明该组织铁代谢活跃。

4 结论

铁源和铁水平不影响对虾的生长,商品日粮中可不添加铁。

肝胰脏是铁代谢活跃组织。

(参考文献略)



All for lives. Aegis

誠邀精英

全国经销商及区域销售经理

“自主创新,开发绿色新型饲料添加剂,生产绿色安全动物产品”是我们的宗旨,我们致力于为动物生产服务,帮助预混料厂、饲料生产商和集约化养殖企业提高他们的技术和生产水平,使其更具竞争力。我们的主导产品Aegis系列溶菌酶是第二代溶菌酶,依据各种动物的生理结构及特征,结合我们对溶菌酶的多年研究结果研究开发出来的新一代产品。保护人和动物的生命健康将是我们始终的责任,通过团队的努力,我们已经确立了在本行业领域的领先优势地位。

公司于国内率先推出的溶菌酶系列产品具有自主知识产权,已获得国家科技部创新基金立项。Aegis溶菌酶追求更稳定的品质,更高的性价比!



溶康™



溶克™



溶净™



溶泰™

联系电话: 0571-85622437
电子邮箱: market@aegisbio.com
详情请登陆: www.aegisbio.com
杭州康源饲料科技有限公司
杭州伊杰斯生物科技有限公司