

饲料中 Vc 水平对中华鳖幼鳖生长及其组织中含量的影响

邵庆均 张莉红 刘建新 戴贤君 许梓荣

(浙江大学动物科学学院, 杭州 310029)

摘要: 以中华鳖幼鳖为研究对象, 以高稳定性维生素 C 磷酸酯为 Vc 源, 研究饲料添加 Vc 对中华鳖生长及其 Vc 在组织中含量的影响。试验分别投喂基础配方相同而分别添加 Vc 0、50、100、200、400、800mg/kg 的饲料, 在水温 $31 \pm 2^\circ\text{C}$ 条件下养殖于结构相同、面积分别为 10.5m^2 的 18 口水泥池中, 进行为期 105d 的养殖试验。结果表明: (1) 饲料添加 Vc 可提高中华鳖幼鳖增重率, 其中添加 200mg/kg 组效果最佳, 与未添加组间差异显著 ($P < 0.05$); 饲料添加 Vc 能提高蛋白质转化效率, 添加 Vc 200、400、800mg/kg 组与不添加的对照组之间差异均显著 ($P < 0.05$); 而且, 饲料添加 Vc 能降低饵料系数, 但未达到显著差异 ($P > 0.05$); 未添加的对照组和低剂量组未见有 Vc 缺乏症产生。(2) 基于试验幼鳖增重率折线法分析, 中华鳖幼鳖获得最佳生长时的饲料 Vc 最低需求量为 184mg/kg; (3) 肝脏中 Vc 含量随着饲料 Vc 添加水平上升而增加, 相关系数达 0.9542, 各添加组与未添加组间有显著差异 ($P < 0.05$); 肝脏 Vc 含量的回归分析表明, 获得维持肝脏组织 Vc 储存最佳的饲料 Vc 添加水平为 192mg/kg。(4) 饲料添加 Vc 可显著地降低鳖体水分含量 ($P < 0.01$), 并略能增加体脂沉积 ($P > 0.05$)。

关键词: 中华鳖; 饲料 Vc; 生长; 组织 Vc

中图分类号: S963.16 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2004)03-2269-06

中华鳖是我国目前进行人工水产养殖的主要品种之一。我国对中华鳖的研究始于实用技术, 目前对三大营养物质蛋白质、脂肪和碳水化合物的需要量研究报道较多^[1-3], 而对维生素和微量元素等微量营养物质的需求量研究甚少。Vc 作为水生动物重要的维生素, 直接参与体内的氧化还原反应, 参与叶酸、钙等的代谢及类激素的合成^[4,5], 具有解毒、保护活性巯基(—SH)、促进铁吸收和造血等功能^[6], 从而促进水生动物生长, 提高饲料转化率和蛋白质利用率。在防病抗应激方面, Vc 可促使水生动物适应胁迫的养殖环境, 提高对疾病和水域某些化学污染的抵抗力^[7,8], 并促进伤口愈合, 增强对细菌感染的抵抗力^[9-12]。

许多陆生动物可通过体内的葡萄糖经一系列生化过程转变成 L-古洛糖酸内酯, 并在古洛糖酸内酯氧化酶催化作用下自身合成 Vc。但由于大多数水生动物体内古洛糖酸内酯氧化酶缺乏或不足, 自身没有合成 Vc 的能力或体内合成的 Vc 不能满足其生

长、抗逆和抗病的需要^[13,14]。因此, 研究高密度养殖条件下中华鳖饲料 Vc 添加水平, 对保证中华鳖健康快速生长, 具有一定的学术意义和实用价值。

1 材料与方法

1.1 动物和试验设计 试验用中华鳖为杭州市下沙水产养殖公司相同种质来源、同一放养批次、大小均匀、健康无病、初始体重为 $55.26 \pm 0.17\text{g}$ 的中华鳖幼鳖 3600 只。试验鳖随机分为 6 组, 每组 3 重复, 每重复 200 只, 养殖于 18 口条件相同的控温室水泥池中, 试验各组间鳖体重差异不显著 ($P > 0.05$)。试验鳖分别饲喂添加 0、50、100、200、400、800mg/kg Vc 的中华鳖幼鳖专用饲料, Vc 源为高稳定性的维生素 C 磷酸酯。适应期 21d, 在此期间用 50mg/L 生石灰进行池体消毒, 并按常规养殖投喂不添加 Vc 的基础饲料。试验期 105d, 按体重的 2% 左右分别于上午 08:00 (日投喂的 40%) 和下午 16:00 (日投喂的 60%) 投喂试验料于水下的石棉瓦

收稿日期: 2003-05-28; 修订日期: 2003-7-16

基金项目: 国家科技部重大项目(98-015-01-010-03); 国家 948 项目(120010067)资助

作者简介: 邵庆均(1962—), 男, 浙江省兰溪市人; 副教授; 主要从事水生动物营养与饲料领域的研究。E-mail: qjshao@zju.edu.cn。本文得到了中国科学院水生生物研究所解绶启博士的修改, 谨此致谢!

料台。基础饲料参照石文雷^[15]的饲料配方, 配方及营养成分见表 1。经检测, 基础饵料中 Vc 含量为 15. 2mg/kg。试验用饲料每 10kg 干粉加水 4kg, 玉米油 160g, 用绞肉机制成 ϕ 4. 5mm 的软颗粒料。每隔

三周制作一次饲料, 并保存于- 20℃的冰柜中, 在饲喂的前 24h 将饲料拿出置于 4℃的冰箱中解冻、备用。每次制作饲料后均留样, 以供基础饲料营养成分分析。

表 1 基础饲料配方及营养成分
Tab. 1 Formulation and chemical composition of basal diet (dry matter)

原料 Ingredient (%)		化学成分 Chemical composition (%)	
白鱼粉 Alaska White fishmeal	62	水分 Water content	5. 25
α 淀粉 α starch	22	粗蛋白 Crude protein	45. 37
肝脏粉 Liver powder	5	粗脂肪 Crude lipid	12. 41
膨化大豆 Expanded soybean meal	7	粗纤维 Crude fiber	2. 52
维生素复合物 ^a Vitamin premix free of V _c	2	粗灰分 Ash	16. 81
		钙 Calcium	3. 65
微量元素预混料 ^b Mineral premix	2	总磷 Total phosphorus	2. 10

注: a 含 V_A 醋酸酯 2, 000, 000IU, V_{D3} 400, 000IU, V_{K3} 4g, α 生育酚醋酸酯 40g, 盐酸酯硫胺素 5g, 核黄素 5g, DL- 泛酸钙 10g, 烟酸 20g, 生物素 0. 6g, 盐酸吡哆醇 4g, 叶酸 1. 5g, V_{B12} 0. 01g, 肌醇 200g, 氯化胆碱 400g。b 含硫酸镁 137g, 磷酸二氢钙 130. 6g, 磷酸二氢钠 87. 2g, 磷酸二氢钾 239. 8g, 乳酸钙 327g, 柠檬酸亚铁 29. 7g, 硫酸铜 0. 15g, 一水硫酸锰 0. 8g, 六水硫酸锌 3g, 六水氯化铝 0. 15g, 六水氯化钴 1g, 碘化钾 0. 15g, 亚硒酸钠 0. 08g。

Notes: a Vitamin premix free of V_c: contained 2, 000, 000 IU V_{B12} acetate, 400, 000IU V_{D3}, 4gV_{K3}, 40g α -tocopherol acetate, 5g thiamin HCl, 5g riboflavin, 10g DL- calcium pantothenate, 20g niacin, 0. 6g biotin, 4g pyridoxine HCl, 1. 5g folic acid, 0. 01gV_{B12}, 200g inositol, 400g choline chloride. b Mineral premix: contained 137g magnesium sulfate, 130. 6g calcium phosphate dibasic, 87. 2g sodium phosphate dibasic, 239. 8g potassium phosphate dibasic, 327g calcium lactate, 29. 7g ferric citrate, 0. 15g cupric sulfate, 0. 8g manganese sulfate monohydrate, 3g zinc sulfate hexahydrate, 0. 15g aluminium chloride hexahydrate, 1g cobalt hexahydrate, 0. 15g potassium iodine, 0. 08g sodium selenite.

1. 2 养殖环境和日常管理 试验中华鳖养殖于锅炉加热控温全封式温室中, 养殖水池 3. 5m $\times$ 3. 0m $\times$ 0. 75m, 水深 45cm, 用罗次鼓风机配合散气石向池水中充气增氧。水源为钱塘江清洁水, 经砂滤、沉淀和净化后备用。养殖温室水温 31 $\pm$ 2℃、气温 33 $\pm$ 2℃, 水 pH 值 7. 0—8. 5、溶解氧 $\geq$ 4. 5mg/L、氨氮 < 2mg/L、透明度 15cm 左右; 鳖池底质为 10cm 厚的细沙, 水下 5cm 处平置一石棉瓦为饵料台。每池上方装 100W 灯泡一只用于投饵期间的照明, 每次约 30min。

试验期间每日记录耗料和鳖的健康状况, 每隔 10d 测定水质一次。每 3 周采样一次, 每池随机采试验鳖 50 只称重, 采样后用 10mg/L 高锰酸钾进行全池消毒。养殖过程每 3 周泼洒生石灰一次, 保持在池水中浓度 25g/m³, 并每隔 10d 换水约 50%, 保持中华鳖良好的生活环境。试验结束后放干池水, 将试验鳖按池称重。

1. 3 检测指标 试验结束后每池采集大小相近的雄鳖 2 只, 称重后装入密封的样品袋中, 保存于 - 20℃冰箱中, 以供鳖体组成分析。全鳖干物质、粗

蛋白、粗脂肪测定方法参见文献[16]。每池各采集雄鳖 8 只, 放置于 4℃冰箱中, 其中 4 只用于心脏采血, 制备血浆混样, 液氮快速冷冻样品, 并保存于 - 20℃冰箱中, 以备分析; 再另取剩下的雄鳖 4 只, 分别取腿肌、肝脏, 制作肌肉、肝脏样品, 液氮快速冷冻样品后, 保存于 - 20℃冰箱中, 以备分析。血浆、肌肉和肝脏中 Vc 含量采用 2, 4 二硝基苯肼比色法测定^[17]。

1. 4 数据分析 用 Spss8. 0 统计分析软件进行数据分析; 用 Duncan 氏多重比较法进行组间差异显著性分析; 根据增长率和饲料中 Vc 含量采用折线法^[18]确定中华鳖幼鳖最佳生长时饲料 Vc 最低需要量。

2 结果

2. 1 饲料中 Vc 水平对幼鳖生长影响(表 2)

从表 2 可知, 添加 Vc 50、100、200、400、800mg/kg 组比不添加的对照组增重率分别提高 5. 75%、18. 41%、26. 72%、23. 03%、21. 38%。200mg/kg 组效果最佳, 与未添加组间差异显著($P < 0. 05$)。以 Vc 添加水平与增重率作回归直线, 可得 $y = 0. 2381x + 173. 52$ ($R^2 = 0. 9505$) 和 $y = - 0. 0146x + 220. 04$ (R^2

表 2 饲料添加不同水平 Vc 对中华鳖幼鳖生长影响
Tab. 2 Effects of dietary Vc level on growth of juvenile soft shell turtle(means±SD) (n= 3)

饲料 Vc 添加 量 Dietary additive Vc(mg/ kg)	0	50	100	200	400	800
始重 (g)	55.24±1.37	55.27±1.42	55.02±1.61	55.53±1.13	55.30±2.80	55.15±1.57
Initial body weight						
终重 (g)	150.41±1.54 ^b	167.10±4.17 ^a	168.66±3.91 ^a	176.82±2.99 ^a	172.21±6.58 ^a	170.43±6.75 ^a
Final body weight						
成活率 (%)	99.33±0.58	99.67±0.29	98.83±0.29	100.00±0.00	99.50±0.5	98.83±0.29
Survival rate						
增重率 (%)	172.42±	182.34±	204.17±	218.49±	212.12±	209.03±
Weight gain	16.11 ^b	20.25 ^{ab}	24.13 ^{ab}	4.85 ^a	18.91 ^{ab}	12.62 ^{ab}
FCR	2.26±0.51	1.78±0.32	1.58±0.08	1.45±0.03	1.43±0.06	1.46±0.07
PER	0.58±0.02 ^a	0.62±0.11 ^{ab}	0.67±0.04 ^{ab}	0.73±0.01 ^b	0.74±0.04 ^b	0.73±0.04 ^b

注: 同一行数字的右上方不同的字母表示存在显著差异 ($P < 0.05$); 增重率= (终重- 始重) × 100× 始重⁻¹; FCR= 耗料量 × (终重- 始重)⁻¹; PER= 总增重 × (摄食量 × 饲料蛋白质含量)⁻¹。

Notes: With the same row, values with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$); percentage of weight increase= (final wt- initial wt) × 100× initial body weight⁻¹; FCR= feed intake × (final wt- initial wt)⁻¹; PER= total weight gain × (feed intake × feed protein content)⁻¹。

= 0.8571), 通过折线法求得这两条直线相交点值, 即幼鳖获得最佳生长效果时饲料中 Vc 最低添加量为 184 mg/kg (图 1)。

饵料系数 (FCR) 有随着饲料中 Vc 添加水平的增加而下降的趋势, 尽管未添加组高达 2.26, 但与添加的各组之间无显著差异 ($P > 0.05$)。

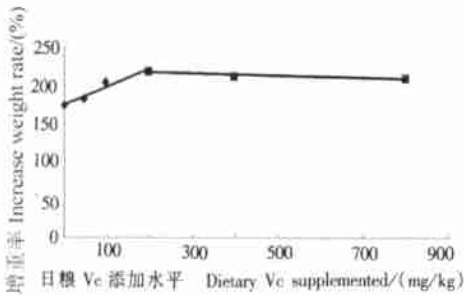


图 1 试验各组的增重率回归分析

Fig. 1 Regression analysis of body weight increase per centage of juvenile turtles in different treatments

随着 Vc 添加量的增加, 蛋白质效率有改善的趋势。添加 50 和 100mg/kg 组分别比未添加组提高了 6.90% 和 15.52%, 但未达到显著性差异 ($P >$

0.05); 200、400、800mg/kg 组的蛋白质效率分别比对照组提高 25.86%、27.59%、25.86%, 且存在显著性差异 ($P < 0.05$)。尽管高剂量组比低剂量组的蛋白质效率更佳, 但各添加组间未达到显著性差异 ($P > 0.05$)。

2.2 饲料中 Vc 水平对幼鳖体组成的影响

试验各组全鳖水分、粗蛋白、粗脂肪含量见表 3。从表 3 可知, 不添加 Vc 组含水量最高, 与添加 Vc 组之间存在极显著差异 ($P < 0.01$)。各组之间蛋白含量变化不大 ($P > 0.05$): 不添加 Vc 组粗脂肪含量比其他组略低, 但各组之间差异不显著 ($P > 0.05$)。

2.3 饲料 Vc 添加水平对幼鳖组织 Vc 含量的影响

从表 4 可见, 各组肌肉中 Vc 含量虽有差异, 但没有达到显著水平 ($P > 0.05$)。各组血浆中 Vc 含量均很低, 表现出不规则的变化, 而且不同组别之间存在显著差异 ($P < 0.05$)。肝脏中 Vc 含量随着饲料添加量的增加而升高, 相关系数 0.9542, 且各添加组与未添加组间有极显著差异 ($P < 0.01$)。若以肝脏 Vc 储存量为饲料添加 Vc 标准, 通过回归分析可得出饲料适宜的 Vc 添加水平为 192mg/kg。

表3 饲料中添加不同水平 Vc 对幼鳖体组成的影响

Tab. 3 Effect of dietary Vc level on body compositions of juvenile soft shell turtle(means±SD)

饲料 Vc 添加量 Dietary additive Vc (mg/kg)	初始样品	0	50	100	200	400	800
水分(%)	35. 32±	39. 57±	31. 92±	32. 14±	32. 62±	31. 80±	31. 53±
Moisture	0. 68 ^{ab}	0. 71 ^a	0. 46 ^b	0. 28 ^b	0. 94 ^b	0. 55 ^b	0. 24 ^b
粗蛋白 (% DM)	52. 37±0. 46	53. 82±1. 94	54. 31±0. 64	53. 98±0. 80	55. 63±1. 00	52. 48±0. 75	53. 58±0. 26
Crude protein							
粗脂肪 (% DM)	21. 45±0. 58	20. 66±1. 43	23. 11±0. 63	23. 10±0. 38	23. 24±1. 24	23. 61±1. 02	23. 72±1. 68
Crude fat							

注: 同一行不同字母表示差异极显著($P < 0. 01$); With the same row, values with different superscripts are very significantly different($P < 0. 01$).

表4 饲料 Vc 添加水平对幼鳖组织 Vc 含量的影响

Tab. 4 Effect of dietary Vc level on tissue ascorbic acid concentration in juvenile turtle(means±SD)

饲料 Vc 添加量 Dietary additive Vc(mg/kg)	0	50	100	200	400	800
肌肉(μg/ g DM)						
Muscle	76. 59±1. 82	78. 89±0. 40	82. 56±0. 40	81. 25±5. 93	69. 45±5. 55	70. 40±4. 40
肝脏(μg/ g)						
Liver	76. 81±8. 92 ^f	148. 58±14. 97 ^{de}	160. 93±7. 79 ^d	240. 65±4. 52 ^{bc}	249. 96±5. 54 ^b	287. 85±0. 68 ^a
血浆(μg/ mL)						
Plasma	0. 77±0. 15 ^{ef}	1. 33±0. 08 ^e	5. 33±0. 33 ^b	8. 27±0. 62 ^a	4. 33±0. 33 ^{bc}	3. 67±0. 88 ^{bed}

注: 同一行数字后字母不同者表示差异显著($P < 0. 05$); With the same row, values with different superscripts are significantly different ($P < 0. 05$).

3 讨论

养殖试验表明, 饲料添加 Vc 对中华鳖幼鳖增重率、日增重、饵料系数和蛋白质转化率均有改善作用, 并且对各项指标影响的变化趋势基本一致, 超过

200mg/ kg 的高剂量 Vc 添加对中华鳖幼鳖生产性能并无显著影响, 这与 Wang 等^[11]在鱼类研究报道相一致。研究表明, Vc 添加量达到 200mg/ kg 及以上水平时生长表现均较好; 未添加的对照组和低剂量组均未见有中华鳖 Vc 缺乏症产生, 这可能与中华

鳖在长期进化过程中对外界应激具有较好的适应性, 该试验研究养殖时间还不足以影响其临床症状出现的体组成改变有关。根据幼鳖增重率回归分析, 幼鳖获得最佳生长效果时饲料中 V_C 最低添加量为 184mg/kg。

试验结果显示, 饲料添加 V_C 对体蛋白、粗脂肪含量没有明显的变化, 但使粗脂肪含量略有增加, 这与 Soliman 等^[7] 在罗非鱼和文华等^[12] 在草鱼上的研究报道基本相一致。不添加 V_C 的对照组体组织水分含量极显著地高于各添加组, 这可能与试验鳖在密度加温条件下养殖有关。当动物养殖在高温、高密度条件下, 常常会处于应激状态而使肌肉组织含水量明显增加, 并严重影响动物的肉质。该研究因未检测能衡量肉品质的关键指标, 所以还缺乏有力的证据。高温高密度养殖条件是否会引起中华鳖应激反应, 以及在应激条件下是否会出现中华鳖肉质成分的显著改变等问题, 还有待进一步深入研究。试验鳖粗脂肪含量随饲料 V_C 添加水平上升而略有增加, 这与文华等^[12] 对草鱼、Soliman 等对罗非鱼的研究结果相一致。有报道指出, 缺乏 V_C 使动物胰岛素样促生长因子的分泌减少, 该因子促进体内脂肪的合成而抑制分解, 因此当 V_C 缺乏时鱼体内的脂肪减少^[13]。此外, V_C 可引起肉碱合成减少, 以致脂肪的 β -氧化减少, 这也可能是引起试验鳖粗脂肪含量上升的原因之一。

尽管各组肌肉中 V_C 含量变化不大, 但未添加的对照组肌肉中仍然含有较高的 V_C 含量。肝脏中 V_C 含量与饲料 V_C 含量具有较强的相关性, 表明中华鳖肝脏具有一定的储存 V_C 能力, 这与 Boonyratpalin 等^[14] 在鲈鱼, Lall 等^[15] 在大西洋鲑, Shiau 等^[16] 在尼罗罗非鱼的研究结果相一致。

研究结果显示, 未添加的对照组无论在肌肉组织中, 还是在肝脏组织中都含有较高的 V_C 含量, 这与基础饲料含较低 V_C 不相符合。笔者认为中华鳖体内可能存在有常规鱼类所缺乏的合成 V_C 所必需的 L-古洛糖酸内酯氧化酶, 而具有能合成一定量的 V_C 有关。尽管 Moreau 等^[17] 报道, 某些远古鱼类和爬虫类能在肾脏或肝脏微粒体中合成机体需要的部分 V_C, 但中华鳖体内是否具有 L-古洛糖酸内酯氧化酶活性而能进行合成 V_C 能力, 目前还未见有文献报道。此外, 尽管饲料中添加 V_C 变化幅度较大, 但试验各组血浆中 V_C 含量均很低, 这是否与 V_C 具有较强的还原性和抗应激特性有关, 还有待进一步探讨。

参考文献:

- [1] Wang D Z, Tang Z R, Tan Y J. Biochemical compositions of Chinese soft shelled turtle (*Trionyx sinensis*) [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1997, **21**(4): 299—305. [王道尊, 汤峥嵘, 谭玉钧. 中华鳖生化组成的分析(I). 水生生物学报, 1997, **21**(4): 299—305]
- [2] Bao J S, Liu C, Gao X L, et al. The daily requirements of nutrients and optimum calorie protein ratio in the diet for juvenile turtle(*Trionyx sinensis*) [J]. *Journal of Fisheries of China*, 1992, **16**(4): 365—371. [包吉墅等. 稚鳖的营养素需要量及饲料最适能量蛋白比. 水产学报, 1992, **16**(4): 365—371]
- [3] Ren Z L. A review on nutrient requirement and complementary feed for soft shell turtle (*Trionyx sinensis*) [J]. *China Feed*, 1995, **13**: 16—18. [任泽林. 甲鱼营养需要及配合饲料研究进展. 中国饲料, 1995, **13**: 16—18]
- [4] Committee on Animal Nutrition. Nutrient requirements of fish [M]. Washington, National Academy Press. 1993, 31—32
- [5] Xu Z R. Vitamin nutrition in animals [M]. Hangzhou: Zhejiang University Press, 1998, 165—166. [许梓荣主编. 动物维生素营养. 杭州: 浙江大学出版社, 1998, 165—166]
- [6] Dabrowski K, Matusiewica M, Blom J H. Hydrolysis, absorption and bioavailability of ascorbic acid esters in fish [J]. *Aquaculture*, 1994, **124**: 169—192
- [7] Soliman A K, Jauncey K, Roberts R J. Water soluble vitamin requirements of tilapia: ascorbic acid requirement of Nile Tilapia [J]. *Aquaculture and Fisheries Management*, 1994, **25**: 269—278
- [8] Amoudi M M, Nakkadi A M N, Nouman B M. Evaluation of optimum dietary requirement of vitamin C for their growth of *Oreochromis Spilurus* fingerlings in water from the Red Sea [J]. *Aquaculture*, 1992, **105**(2): 165—173
- [9] Naggar E, Lovell R T. L-ascorbyl monophosphate has equal antiscorbutic activity as L-ascorbic acid but L-ascorbyl 2 sulfate is inferior to L-ascorbic acid for channel catfish [J]. *Journal of Nutrition*, 1990, **121**(10): 1622—1632
- [10] Shi W L. Nutrition and feed for soft shell turtle(*Trionyx sinensis*) [J]. *Scientific Fish Farming*, 1998, **4**: 39—41. [石文雷. 中华鳖的营养与饲料. 科学养鱼, 1998, **4**: 39—41]
- [11] Wang X J, Kim K W, Bai S C, et al. Effects of the different levels of dietary vitamin C on growth and tissue ascorbic acid changes in parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*) [J]. *Aquaculture*, 2003, **215**: 203—211
- [12] Wen H, Liao C X. Grass carp growth by using polyphosphorylated L-ascorbic acid as dietary V_C sources [J]. *Freshwater Fisheries*, 1996, **26**(3): 11—13. [文华、廖朝兴. V_C 聚磷酸酯作为草鱼 V_C 来源的饲养效果. 淡水渔业, 1996, **26**(3): 11—13]
- [13] Chen H Y, Jenn J S. Combined effects of dietary phosphatidylcholine and cholesterol on the growth, survival and body lipid composition of marine shrimp, *Penaeus penicillatus* [J]. *Aquaculture*. 1991, **96**: 167—178
- [14] Boonyratpalin M, Unprasert N, Buranapanidit J. Optimal supplementary vitamin C level in seabass fingerling diet [C]. Proc. Third Intl. Symp. On Feeding and Nutri, in Fish. Toba. 1989. 149—157
- [15] Lall S P, Oliver G, Weenakoon E M, et al. The effect of vitamin C

deficiency and excess on immune response in Atlantic salmon [C].
Proc. Third Intl. Symp. on Feeding and Nutri. in Fish. Toba.
427—441

ascorbic acid, L-ascorbyl-2-sulfate or L-ascorbyl-2-monophosphate
[J]. *Fisheries Science*, 1995, **61**(6): 1043—1044

[16] Shiau S Y, Hsu T S. Tissue storage of ascorbic acid in Tilapia fed L-

[17] Moreau R, Dabrowski K. Biosynthesis of ascorbic acid by extant
actinopterygians [J]. *Journal of Fish Biology*, 2000, **57**: 733—745

EFFECT OF DIETARY Vc SUPPLEMENTATION ON GROWTH AND TISSUE Vc CONTENT IN JUVENILE SOFT-SHELL TURTLE *TRIONYX* *SINENSIS*

SHAO Qing-Jun, ZHANG Li-Hong, LIU Jia-Xin, DAI Xian-Jun and XU Zi-Rong

(College of Animal Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029)

Abstract: A 105-day growth trial was conducted to investigate the effect of dietary vitamin C supplementation on growth, body composition, tissue Vc concentration in juvenile soft-shell turtle *Trionyx sinensis*. White fish-meal basal diet was formulated and Vc were added at the levels of 0, 50, 100, 200, 400, 800mg L-ascorbic acid per kg diets on ascorbic acid equivalent basis in the form of phosphorylated L-ascorbic acid. The experiment was conducted in triplicates at $31 \pm 2^\circ\text{C}$ and the turtles were cultured in 18 same construction concrete tanks with area 10.5m^2 per each. The results showed that: 1) The supplementary dietary Vc could improve percentage of body weight increase, and there is a significant difference between the treatment with adding Vc 200mg/kg and the control ($P < 0.05$); improve protein efficiency ratio, and there is a significant difference between the treatments with adding Vc 200, 400, 800mg/kg and the control ($P < 0.05$); and reduce feed conversion ratio, but there is no significant difference between the treatments and the control ($P > 0.05$). In addition, there was no any deficiency symptom observed in experimental turtles fed diet without or with low dietary Vc supplementation. 2) Based on broken-line analysis, the minimum dietary Vc supplementation for maximum growth of juvenile soft-shell turtle is 184mg/kg. 3) The Vc concentration in liver linearly increased with dietary Vc supplementation ($R^2 = 0.9542$). There is a significant difference on Vc concentration in liver between the control and the treatments ($P < 0.05$). In order to get the optimum Vc concentration in liver, the Vc added in diet is 192mg/kg based on the regression analysis of liver Vc concentrations. 4) The dietary Vc supplementation could significantly reduce water content ($P < 0.01$) and slightly increase fat content ($P > 0.05$) in turtle whole body composition.

Key words: Soft-shell turtle (*Trionyx sinensis*); Dietary Vc; Growth performance; Tissue Vc concentration