

文章编号 : 1004 - 7271(2004) 01 - 0041 - 06

添加不同构型肉碱对对虾 生长和体成分含量的影响

周歧存¹, 郑石轩²

(1. 湛江海洋大学水产学院, 广东 湛江 524025 ;
2. 湛江市水产动物饲料工程技术研究开发中心, 广东 湛江 524002)

摘 要 : 研究了在饲料中添加不同构型肉碱对斑节对虾和凡纳对虾生长、饲料利用以及虾体组成成分的影响。在斑节对虾基础饲料(对照组)中分别添加 L-肉碱(100、200、300mg/kg)、DL-肉碱(100、200、300mg/kg) ; 在凡纳对虾基础饲料(对照组)中添加 L-肉碱, 添加量分别为 50mg/kg、100mg/kg、200mg/kg 和 300mg/kg。实验用斑节对虾和凡纳对虾体重平均为 0.85g, 每个处理设 3 个重复, 每个养殖单元放养对虾 40 尾, 实验为期 1 个月。试验结果表明, 在饲料中添加 L-肉碱或 DL-肉碱, 对斑节对虾和凡纳对虾的生长以及饲料利用均无显著影响 ($P > 0.05$) ; 在斑节对虾的试验中添加 300mg/kg 的 L-肉碱或 DL-肉碱使虾体脂肪含量由 4.69%(对照组)降低为 3.47% 和 3.55% ($P < 0.05$)。在凡纳对虾的试验中, 添加 L-肉碱 200mg/kg、300mg/kg 组, 虾体脂肪含量由 7.09%(对照组)降低到 6.04% 和 5.72% ($P < 0.05$)。

关键词 : 肉碱 ; 对虾 ; 生长 ; 体脂肪含量

中图分类号 : S963.1 文献标识码 : A

Effects of different carnitine isomers on growth , feed utilization and body composition of shrimp

ZHOU Qi-cun¹, ZHENG Shi-xuan²

(1. Fisheries College , Zhanjiang Ocean University , Zhanjiang 524025 , China ;
2. Aqua Feed Technology Center of Zhanjiang , Zhanjiang 524002 , China)

Abstract : Two growth trials were conducted to investigate the effects of DL-carnitine and L-carnitine on the growth , feed utilization and body composition of shrimp *Penaeus monodon* and *Penaeus vannamei*. DL-carnitine and L-carnitine were added with different supplement doses (0 , 100mg/kg , 200mg/kg , 300mg/kg diet) in the shrimp *Penaeus monodon* and L-carnitine with different supplement doses (0 , 50mg/kg , 100mg/kg , 200mg/kg , 300mg/kg diet) in the diet of shrimp of *Penaeus vannamei*. Triplicate groups of 40 shrimp (initial body weight of 0.85g) were fed by hand with experimental diets , the growth trial lasted one month. The results showed that the supplementation of L-carnitine or DL-carnitine can not increase the growth rate and improve feed utilization of *Penaeus monodon* and *Penaeus vannamei* ($P > 0.05$). In the trial of *Penaeus monodon* , the lipid content of whole body decreased significantly from 4.69% (control group) to 3.47% and 3.55% respectively with supplementation of 300mg/kg DL-carnitine or L-carnitine ($P < 0.05$). In the experiment of *Penaeus vannamei* , with the

supplementation of 200mg/kg and 300mg/kg of L-carnitine, the lipid contents of whole body were decreased significantly from 7.09% (control group) to 6.04% and 5.72% respectively ($P < 0.05$).

Key words :carnitine ;shrimp ;growth ;lipid content of whole body

肉碱(也称肉毒碱)是一种类维生素化合物,有两种旋光异构体,即 L-肉碱和 D-肉碱。在动物体内 L-肉碱具有生理活性,D-肉碱对肉碱乙酰转移酶和肉碱脂肪酰转移酶有竞争性抑制作用,不利于生物体代谢及 L-肉碱生物功能的发挥。肉碱最早在 1905 年由俄国科学家 Krimberg 与 Guleuitsch 从肌肉抽提物上发现,到 1927 年 Tomita 和 Sendju 确定其分子结构和分子量,1948 年 Fraenkel 发现 L-肉碱是大黄粉虫幼虫生长所必需的一种营养素,并将其命名为维生素 BT,但后来的研究认为它不是维生素,1952 年 Carter 从动物肝脏中获得肉碱晶体,并定名为 Carnitine,1959 年后,人们逐渐发现了 L-肉碱在脂肪代谢中发挥着重要作用,世界各国研究人员对肉碱的生理、生化、营养和临床等方面进行了广泛而深入的研究,并作了大量报道。近年来,国内外学者就肉碱对水产动物生长的影响进行了探讨,这些研究结果表明,肉碱在鱼类能量提供方面起着重要的作用,对一些水生动物有明显的促生长作用,并能降低饲料系数,增强抗病能力^[1-2]。但是也有报道认为肉碱对鲈鱼^[3]、虹鳟^[4]、大西洋鲑^[5]、真鲷^[6]、草鱼^[7]和杂交罗非鱼^[8]、条纹石鲷^[9,10]、罗非鱼^[11]的生长没有影响。迄今为止尚未有肉碱在海水对虾类饲料中的研究报道,为此本实验以我国南方养殖对虾的主要品种凡纳对虾和斑节对虾作为实验对象,研究 L-肉碱和 DL-肉碱对对虾生长、饲料利用以及体组成成分的影响,探讨肉碱在对虾饲料中使用的可行性及适宜添加量,为对虾的健康养殖提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

本实验于 2001-07-25 ~ 08-25 日在湛江市水产动物饲料工程技术研究中心东海岛试验基地进行。实验挑选外观正常,体质健壮,尾均体重 0.85g 的对虾苗作为实验用虾。实验饲料基本组成见表 1。

1.2 实验分组及管理

在斑节对虾饲料中添加 L-肉碱和 DL-肉碱的浓度分别为 0、100、200 和 300mg/kg;在凡纳对虾饲料中添加 L-肉碱的浓度为 0、50、100、200 和 300mg/kg(饲料配方同表 1)。实验对虾养殖于容积为 0.3m³ 的玻璃钢桶中,每个处理设 3 个重复,每个玻璃钢桶放养对虾 40 尾。将斑节对虾和凡纳对虾分别暂养一周后分组,每天按体重 8% ~ 10% 的投饲量进行投喂,并根据摄食情况调整投饲量。投饲频率为 5 次/d,时间分别为 6:00、10:00、15:00、19:00、23:00,早晚的投饲量占总投饲量的 60%。每周根据对虾生长状况相应增加投饲量。实验共进行 30d,称终末体重前 24h 停止投喂。实验全过程不间断充气增氧,实验期间水温 27.0 ± 1.5℃,海水比重 1.018 ± 0.002。

1.3 样品采集及分析

实验结束时,称重计数,分析全虾体成分,水分含量用 105℃ 常压干燥法,总灰分含量用 550℃ 高温炉灼烧法,粗脂肪含量用索氏抽提法测定,粗蛋白的测定方法用微量凯氏定氮法。消化率测定采用间接试验法,指标物质为三氧化二铬(添加量为 0.1%),在投饲 1h 后用 200 目筛绢虹吸法收集对虾粪便,滤纸沥干粪便水分放入冰箱中,待收集样品满足分析所需后再烘干粪便样品。

增重率(%) = (终末体重 - 初始体重) × 100 / 初始体重

成活率(%) = 实验结束时虾尾数 × 100 / 实验开始时放虾尾数

饲料系数(FC) = 摄食量 / (终末体重 + 死亡个体重量 - 初始体重)

蛋白质效率(PER, %) = (终末体重 + 死亡个体重量 - 初始体重) / (饲料摄入量 × 蛋白含量)

表 1 基础饲料组成和营养成分分析

Tab.1 Ingredients and proximate composition of the experimental diets

原料(%)	实验编号						
	1	2	3	4	5	6	7
鱼粉	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
鲢鱼内脏粉	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
啤酒酵母	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
豆粕	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
花生粕	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
面粉	23.07	23.06	23.05	23.04	23.06	23.05	23.04
虾壳粉	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
卵磷脂	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
鱼油	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
矿物元素混合物	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
维生素混合物	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
氯化胆碱	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
维生素 C-2-磷酸酯	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
磷酸二氢钙	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
三氧化二铬	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
L-肉碱	0	0.01	0.02	0.03	-	-	-
DL-肉碱	-	-	-	-	0.01	0.02	0.03
营养指标(分析值)							
蛋白质	43.37	43.67	43.12	43.78	43.85	43.74	43.62
灰分	9.54	9.74	9.36	9.25	9.62	8.81	9.86
脂肪	6.63	6.66	6.42	6.43	6.63	6.34	6.66

注(1)对虾维生素和矿物质配方参照周歧存等^[2];

(2)维生素混合物(mg/kg 饲料): A, 12000IU; D, 6000IU; E, 44; K, 3.6; B₁, 6; B₂ 20; B₅, 40; B₆, 14; B₁₂, 0.002; 泛酸钙, 10; 生物素, 0.04; 叶酸, 1.0; 肌醇, 400;

(3)矿物元素混合物(mg/kg 饲料): Cu, 53; Fe, 60; Zn, 100; Mn, 60; Se, 0.44; Co, 50; I, 30。

1.4 实验数据的统计分析

采用'Excel for Windows'软件对数据进行统计学分析,先对数据作单因素方差分析(ANOVA),处理间若有显著差异,再作Duncan's多重比较, $P < 0.05$ 表示差异显著, $P < 0.01$ 表示差异极显著。

2 结果

2.1 肉碱对对虾生长及饲料利用的影响

2.1.1 L-肉碱和 DL-肉碱对斑节对虾生长及饲料利用的影响

由表 2 可见,在斑节对虾饲料中添加 L-肉碱或 DL-肉碱对斑节对虾的生长均没有促进作用,对照组的增重率和成活率与添加 L-肉碱或是 DL-肉碱组均无显著差异($P > 0.05$)。但饲料中添加肉碱在数值上提高了蛋白质效率,降低了饲料系数。

2.1.2 L-肉碱对凡纳对虾生长及饲料利用的影响

从表 3 看出,在饲料中添加 L-肉碱对凡纳对虾增重率、存活率均无显著影响($P > 0.05$)。但饲料系数略有降低,蛋白质效率在数值上有所提高。

2.2 肉碱对对虾干物质消化率和体组成成份的影响

2.2.1 L-肉碱和 DL-肉碱对斑节对虾干物质消化率和体组成成份的影响

由表 4 可见,饲料中添加 L-肉碱或 DL-肉碱对斑节对虾干物质表观消化率、虾体蛋白质含量均无显著影响($P > 0.05$)。但添加 L-肉碱或 DL-肉碱有提高对虾体水分和灰分含量的趋势,随饲料中肉碱添加浓度的提高,虾体粗脂肪含量显著降低,其中添加 L-肉碱 300mg/kg 组和 DL-肉碱 300mg/kg 组的虾体粗

脂肪含量极显著低于对照组 ($P < 0.01$)。

表 2 L-肉碱和 DL-肉碱对斑节对虾生长及饲料利用的影响

Tab.2 Effect of L-carnitine and DL-carnitine on growth and feed utilization of *Penaeus monodon*

肉碱添加量 (mg/kg)	初重 (g)	增重率 (%)	存活率 (%)	饲料系数	蛋白质效率
0	0.840 ± 0.021	332.49 ± 29.44	87.50 ± 2.50	1.328 ± 0.115	1.908 ± 0.166
L-肉碱 100	0.825 ± 0.015	358.20 ± 28.40	82.50 ± 2.50	1.285 ± 0.08	2.075 ± 0.069
L-肉碱 200	0.852 ± 0.032	342.79 ± 2.55	90.00 ± 5.00	1.305 ± 0.082	1.929 ± 0.075
L-肉碱 300	0.813 ± 0.012	365.62 ± 18.84	87.50 ± 7.50	1.298 ± 0.029	2.016 ± 0.157
DL-肉碱 100	0.848 ± 0.034	327.58 ± 8.78	85.00 ± 5.00	1.314 ± 0.106	1.974 ± 0.187
DL-肉碱 200	0.826 ± 0.014	368.35 ± 4.65	80.00 ± 5.00	1.289 ± 0.098	2.043 ± 0.135
DL-肉碱 300	0.833 ± 0.041	327.83 ± 22.61	82.50 ± 2.50	1.313 ± 0.121	1.976 ± 0.092
ANOVA					
<i>F</i>		2.509	1.750	0.067	0.470
<i>P</i>		0.073	0.182	0.998	0.820

注:表中的值为平均数 ± 标准差 ($n = 3$) ,同一列中具不同字母标记的值表示差异显著 (Duncan 多重比较, $P < 0.05$)

表 3 L-肉碱对凡纳对虾生长及饲料利用的影响

Tab.3 Effects of L-carnitine on growth and feed utilization of *Penaeus vannamei*

L-肉碱添加量 (mg/kg)	初重 (g)	增重率 (%)	存活率 (%)	饲料系数	蛋白质效率
0	0.835 ± 0.007	384.93 ± 34.51	98.67 ± 2.31	1.200 ± 0.139	2.101 ± 0.230
50	0.840 ± 0.001	378.17 ± 7.00	100.00 ± 0.00	1.185 ± 0.022	2.110 ± 0.039
100	0.865 ± 0.023	383.65 ± 17.20	100.00 ± 0.00	1.135 ± 0.022	2.202 ± 0.044
200	0.850 ± 0.012	397.11 ± 2.00	98.67 ± 2.31	1.135 ± 0.025	2.189 ± 0.050
300	0.843 ± 0.004	398.22 ± 22.60	98.67 ± 2.31	1.143 ± 0.038	2.189 ± 0.072
ANOVA					
<i>F</i>	2.722	0.570	0.500	0.639	0.613
<i>P</i>	0.901	0.691	0.737	0.646	0.663

注:表中的值为平均数 ± 标准差 ($n = 3$) ,同一列中具不同字母标记的值表示差异显著 (Duncan 多重比较, $P < 0.05$)

表 4 L-肉碱和 DL-肉碱对斑节对虾干物质消化率和体组成成分的影响

Tab.4 Effect of L-carnitine and DL-carnitine on dry matter digestibility and composition of body of *Penaeus monodon*

肉碱添加量 (mg/kg)	干物质消化率 (%)	水分 (%)	灰分 (%)	粗蛋白 (%)	粗脂肪 (%)
0	77.17 ± 3.54	75.25 ± 1.03	14.20 ± 0.16	67.11 ± 0.46	4.69 ± 0.16 ^a
L-肉碱 100	78.98 ± 5.67	76.20 ± 0.39	14.52 ± 0.52	67.90 ± 1.19	4.36 ± 0.02 ^a
L-肉碱 200	79.32 ± 6.62	76.54 ± 0.26	15.21 ± 0.13	68.63 ± 0.51	4.17 ± 0.09 ^{ab}
L-肉碱 300	78.65 ± 4.83	76.53 ± 0.74	14.75 ± 0.60	69.02 ± 0.25	3.47 ± 0.35 ^b
DL-肉碱 100	78.96 ± 4.85	77.21 ± 0.25	14.52 ± 0.30	68.56 ± 0.37	4.62 ± 0.21 ^a
DL-肉碱 200	79.06 ± 5.34	77.72 ± 0.13	15.67 ± 0.31	66.41 ± 0.23	4.14 ± 0.31 ^{ab}
DL-肉碱 300	77.79 ± 5.29	77.34 ± 1.26	15.66 ± 0.46	66.57 ± 0.59	3.55 ± 0.08 ^b
ANOVA					
<i>F</i>	0.084	2.646	0.965	0.797	17.601
<i>P</i>	0.997	0.097	0.468	0.553	0.000

注:表中的值为平均数 ± 标准差 ($n = 3$) ,同一列中具不同字母标记的值表示差异显著 (Duncan 多重比较, $P < 0.05$)

2.2.2 L-肉碱对凡纳对虾干物质消化率和体组成成分的影响

从表 5 看出,饲料中添加 L-肉碱对凡纳对虾干物质表观消化率无显著影响,添加肉碱对虾体粗脂肪含量的影响极为显著 ($P < 0.01$) ,其中添加 200mg/kg 和 300mg/kg 肉碱组的脂肪含量显著低于对照组。虾体灰分、水分、粗蛋白含量不受饲料中添加肉碱的影响 ($P > 0.05$) 。

表 5 L-肉碱对凡纳对虾干物质消化率和体组成成分的影响

Tab.5 Effects of L-carnitine on digestibility and composition of *Penaeus vannamei*

L-肉碱添加量(mg/kg)	干物质消化率%	水分%	灰分%	粗蛋白%	粗脂肪%
0	76.03 ± 6.86	72.73 ± 0.25	10.87 ± 0.69	68.26 ± 0.43	7.09 ± 0.23 ^a
50	78.83 ± 4.49	74.44 ± 0.46	10.65 ± 0.84	68.55 ± 0.75	6.63 ± 0.21 ^{ab}
100	79.00 ± 2.62	75.44 ± 0.46	11.40 ± 0.81	69.16 ± 0.75	6.65 ± 0.19 ^{ab}
200	78.40 ± 3.65	74.80 ± 2.04	11.47 ± 0.32	68.66 ± 0.21	6.04 ± 0.32 ^b
300	77.80 ± 1.80	74.74 ± 0.57	10.81 ± 0.42	69.43 ± 1.69	5.72 ± 0.08 ^b
ANOVA					
<i>F</i>	0.238	2.646	0.965	0.797	17.601
<i>P</i>	0.910	0.097	0.468	0.553	0.000

注：表中的值为平均数 ± 标准差($n = 3$)，同一列中具不同字母标记的值表示差异显著(Duncan 多重比较, $P < 0.05$)

3 讨论

肉碱参与机体的能量代谢，在脂肪酸的氧化过程中发挥着重要作用，肉碱的主要功能是作为载体转运长链脂肪酸到线粒体内膜，维持线粒体内乙酰辅酶 A 与辅酶 A 的正常比率^[13]；促进 ATP 转运出线粒体内膜，调节糖原异生和生酮过程^[14-16]；并且通过终产物的反馈抑制作用而节约体内的赖氨酸和蛋氨酸^[5]。国内的一些研究表明在鱼类 DL-肉碱具有与 L-肉碱相同的生理功能^[7,11]。本实验结果表明，在斑节对虾饲料中添加 DL-肉碱或 L-肉碱对生长、饲料利用和体组成成分等方面并无显著影响，说明在添加浓度相同的情况下，饲料中添加 DL-肉碱和 L-肉碱并无显著差异。

从本实验的结果来看，在饲料中添加 DL-肉碱或 L-肉碱既不能促进斑节对虾和凡纳对虾的生长，又不能改善对虾消化吸收和饲料利用状况，这一结果同曹俊明等^[7]对草鱼以及杜震宇等^[11]对罗非鱼的实验结果相同。然而钱国英和朱国华^[1]认为肉碱能够显著促进幼鳖的生长，提高幼鳖血清中 GH 和 IGF-1 的浓度。林仕梅等^[17]研究了肉碱对草鱼代谢强度的影响，指出草鱼的代谢强度与肉碱的构型有关，作用效果为 L-型 > D-型 > DL-型。众多的研究表明，影响肉碱添加效果的因素是多方面的。饲料中赖氨酸和蛋氨酸的水平，肉碱添加量的高低，实验的水温以及饲料中脂肪含量及脂肪酸的组成等因素均可能影响肉碱的功能^[6]。

当前在鱼类养殖过程中，由于投喂营养不均衡的饲料而造成的脂肪在肝脏和肠系膜中的积累，从而造成养殖鱼类厌食，并引起脂肪肝等生理病变而导致大量死亡，肉碱能够显著降低尖吻鲈^[2]、条纹石鲈^[9]和罗非鱼^[11]肝脂含量。本实验中添加肉碱能够显著降低斑节对虾和凡纳对虾的虾体脂肪含量，对对虾体水分、蛋白质和灰分含量影响不显著($P > 0.05$)，这与 Santulli 等^[3]在尖吻鲈，Gaylord 和 Gatlin^[9]在条纹石鲈，曹俊明等^[7]在草鱼，钱国英和朱秋华^[1]在幼鳖以及杜震宇等^[11]在罗非鱼的实验结果相同。对虾同鱼类不同，体脂肪含量的降低会影响对虾的饱满度，势必会影响对虾的风味等，降低了对虾的口感和营养价值。肉碱对对虾体脂肪代谢的影响有待于今后进一步研究。

综上所述，饲料中添加 L-肉碱或 DL-肉碱对斑节对虾和凡纳对虾均无显著促生长作用，对饲料利用、虾体蛋白质、灰分和水分含量均无显著影响。当饲料中肉碱添加量提高到 200mg/kg 以上时，虾体脂肪含量显著降低。

参考文献：

- [1] 钱国英, 朱秋华. 肉碱对幼鳖酮体组成的影响[J]. 饲料研究, 2000, 1: 7-10.
- [2] 刘万涵, 陈菊芳. 肉毒碱与鱼虾增重关系的研究[A]. 鱼虾类营养研究进展(第 II 集)[C]. 青岛海洋大学出版社, 1998. 144-151.
- [3] Santulli A, D'Amelio V. The effects of carnitine on growth of sea bass, *Dicentrarchus labrax* L fry[J]. Fish Biology, 1986, 28: 81-86.
- [4] Rodehutsord M. Effects of dietary supplemental dietary L-carnitine on growth and body composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed high fat diet[J]. J Anim Physiol Anim Nutr, 1995, 73: 276-279.

- [5] Ji H , Bradley T M , Tremblay C C. Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed L-carnitine exhibit altered intermediary metabolism and reduced tissue lipid , but no change in growth rate[J]. Journal Nutrition , 1996 , 126 :1937 - 1950.
- [6] Chatzifirtis S , Takeuchi T , Seikai T. The effect of dietary carnitine supplementation on growth of red sea bream (*Pagrus major*) fingerlings at two levels of dietary lysine[J]. Aquaculture , 1996 , 147 :235 - 248.
- [7] 曹俊明,刘永坚,梁桂英. 鱼虾4号对提高草鱼饲料蛋白质利用率及组织营养成分组成的影响[J]. 中国饲料, 1997, 19 :30 - 31.
- [8] Klaus B , Simone S , Chaim A , et al. Growth performance and feed utilization response of *Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aureus* hybrids to L-carnitine measured over a full fattening cycle under commercial conditions[J]. Aquaculture , 1999 , 174(3 - 4) :313 - 322.
- [9] Gaylord T G , Gatlin D M. Dietary lipid level but not L-carnitine affects growth performance of hybrid striped bass (*Morone chrysops* × *Morone saxatilis*) [J]. Aquaculture , 2000 , 190 :237 - 279.
- [10] Twibell R G , Brown P B. Effects of dietary carnitine on growth rates and body composition of hybrid striped bass (*Morone saxatilis* ♀ × *M. chrysops* ♂) [J]. Aquaculture , 2000 , 187 :153 - 161.
- [11] 杜震宇,刘永坚,田丽霞,等. 添加不同构型肉碱对于罗非鱼生长和鱼体营养成分组成的影响[J]. 水产学报, 2002, 26(3):259 - 264.
- [12] 周歧存,刘东超,叶富良,等. 中国对虾营养研究新进展[J]. 中山大学学报, 2000, 39(增刊):59 - 63.
- [13] Bremer J. Carnitine - metabolism and functions[M]. Physiological Reviews , 1983 , 63 :1421 - 1466.
- [14] Schuhmacher A , Gropp J M. Carnitine : a vitamine for rainbow trout[J]. Journal of Applied Ichthyology , 1998 , 14(1 - 2) :87 - 90.
- [15] 于小英,刘庆生(译). 甜菜碱和肉碱用于仔猪饲料效果的研究[J]. 国外畜牧科技, 1997, 24(4):5 - 7.
- [16] 李长忠(译). L-肉碱对仔猪的促生长作用[J]. 国外畜牧科技, 1997, 24(2):7 - 11.
- [17] 林仕梅,罗莉,叶元土,等. 肉碱对草鱼代谢强度的影响[J]. 西南农业大学学报, 2001, 23(4):343 - 346.