

盐度对南美白对虾的生长及生化成分的影响

黄 凯¹, 王 武², 卢 洁³, 代小伟¹, 周家能¹

(1. 广西大学 动物科技学院 广西 南宁 530005 2. 上海水产大学 渔业学院, 上海 200090 3. 广西大学 生物技术实验中心, 广西 南宁 530005)

摘要: 在室内不同盐度条件下进行了南美白对虾 (*Penaeus vannamei*) 幼虾饲养试验, 就盐度对南美白对虾生长、成活率及生化成分的影响进行了研究。结果表明, 盐度对南美白对虾体重增长、成活率、饲料系数有显著影响 ($P < 0.05$); 在盐度为 20 时, 南美白对虾生长最好, 不同盐度条件下, 南美白对虾体内的蛋白质、水分、氨基酸、脂肪酸生化成分也有所变化。

关键词: 南美白对虾; 盐度; 生长; 生化成分

中图分类号: S968.22 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2004)09-0020-06

水体环境盐度对南美白对虾 (*Penaeus vannamei*) 生长的影响, 国内外迄今为止, 还没有进行系统的、全面的研究。中国是南美白对虾低盐度及淡水水域驯化养殖的大国, 为了更好地了解作为养殖环境生态因子之一的盐度对南美白对虾的生长及机体生化成分的影响, 作者在室内不同盐度的条件下进行了南美白对虾幼虾饲养试验, 并且对其体内氨基酸、脂肪酸组成等进行了分析研究, 旨在为养殖生产者及饲料生产企业提供科学理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验南美白对虾与饲料

南美白对虾幼虾取自南宁青山对虾育苗场, 育苗场幼虾出池水盐度为 10。试验前暂养期间, 将各组暂养水体的盐度逐级淡化或升高到试验设计的盐度水平后, 用随机抽样法挑选健壮无疾病, 平均体长 1.10 cm, 平均体质量为 0.019 g 的虾苗, 放入 18 个水槽中进行试验, 每个水槽中放养幼虾 30 尾。试验饲料原料由干酪素、明胶、虾粉、糊精、鱼油、胆固醇、磷脂、复合维生素以及无机盐等组成。试验饲料用绞肉机制成颗粒饲料, 粒径为 1~2 mm, 饲料在 55℃ 恒温干燥箱经 4.5 h 烘干, 水分含量低于 11%, 并制成 1 mm 和 2 mm 长的颗粒, 密封后放入冰箱冷藏保存。

1.2 试验水体盐度梯度设计

试验在广西大学水产养殖试验基地进行, 时间

为 2001 年 6 月 12 日至 7 月 22 日, 共 40 d, 整个试验期间水温为 26~31.2℃, 平均水温 28.6℃, DO 为 4 mg/L 以上, pH 7.8~8.6。试验水槽规格为 0.50 cm × 0.40 cm × 0.35 cm, 试验盐度设计为 0、1、5、10、20、30 6 个组, 即 1#~6# 六个试验组, 每组 3 个重复。实验用水由过滤净化后的浓缩海水与曝气自来水配制而成。

1.3 日常饲养管理

每个试验组投喂相同的饲料, 每天投喂 4 次; 时间为 8:00, 12:00, 17:00 和 22:00, 投喂率根据摄食情况而定, 以饱食为准。平均体长在 1~2 cm 时日投饲量为 48%~30%; 3~4 cm 时日投饲量为 30%~15%; 5 cm 以上时, 日投饲率逐步减少到 15%~5% 左右, 每次投喂前清除粪便。整个试验期间采用微循环水养殖, 每个水槽内放入网片, 塑料管作为隐蔽物。每天换水 1 次, 换水量 1/3, 始终保持水质清新。整个养殖期间, 24 h 观察虾

收稿日期: 2003-03-12; 收回日期: 2003-05-20

基金项目: 广西大学青年科研基金资助项目

作者简介: 黄凯 (1963-), 男, 副教授, 上海水产大学博士生, 研究方向: 集约化水产养殖和水产动物营养学, 电话: 0771-3238409, E-mail: hkai110@163.com; 王武 (1941-), 通讯作者, 电话: 021-65710522, E-mail: wwang@sh-fu.edu.cn

的活动情况,并作记录。若有死虾及时拣出,量体长,称体质量,并观察有否病变。

1.4 样品测定

1.4.1 氨基酸的测定

先称取一定量的全虾试样,烘干后,加入 6 mol/L 盐酸和 0.5% 巯基乙醇,抽真空充氮气封管,在 110 ± 1℃ 下水解 22 h,在日立 835-50 型氨基酸分析仪上测定虾体的氨基酸含量。

1.4.2 脂肪酸的测定

先将捣碎的虾肌肉的鲜样分别用 0.5 mol 的 KOH-CH₃OH 溶液皂化后,再用 BF₃ 催化法制取脂肪酸甲酯混合液。然后在日本岛津 GC-9A 型气相色谱仪上分析,色谱条件:色谱柱为 BPX70 的毛细管柱(40 m × 0.25 mmID);检测器为氢火焰离子化检测器(FID);H₂ 流量 50 mL/min-1;Air 流量 50 mL/min;以 N₂ 为载气,线速为 50 mL/min,柱温由 190℃ 开始以 1℃/min 升温至 215℃ 后,再以 3℃/min 升至 245℃。进样温度为 190℃。采用美国 Sigma 公司标准脂肪酸甲酯定性,峰面积归一定量。

1.4.3 粗蛋白质、水分含量的测定

粗蛋白质的测定采用凯氏定氮法;水分测定为大气压下,测试样品在 105℃ ± 2℃ 恒温下烘干至恒重,其逸失的重量为水分含量。

1.5 数据分析

数据回归分析及 Duncan 法检验采用 STATISTICAL 软件处理。

2 结果

2.1 盐度对南美白对虾生长、成活率及饲料系数的影响

试验 1[#]组(盐度 0)设计在不添加任何海水和盐离子的纯淡水中养殖,淡化的方法是将幼虾由盐度 1 的暂养水体直接移于到纯淡水中,5 d 后正式试验。由于幼虾不适应纯淡水的养殖环境,试验后 1 星期内对虾几乎不摄食或少量摄食,并相继地全部死亡。其他各组生长和成活情况等列入表 1。

2.1.1 盐度对南美白对虾体质量增长率的影响

从表 1 可看出,在盐度 1~30 的范围内,盐度对

表 1 盐度对南美白对虾生长、成活率及饲料系数的影响

Tab.1 Effects of salinity on the gain weight, survival rate and the food conversion ratio of *Penaeus vannamei*

组别	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]
盐度	0	1	5	10	20	30
放虾数(尾)	90	90	90	90	90	90
初始体质量(g)	0.017 ± 0.003	0.021 ± 0.003	0.018 ± 0.004	0.020 ± 0.009	0.017 ± 0.002	0.017 ± 0.004
存活数(尾)	0	32	56	65	70	81
末体质量(g)	-	1.020 ± 0.132	1.103 ± 0.214	1.266 ± 0.031	1.320 ± 0.098	1.136 ± 0.103
特定增长率	-	0.097 ± 0.003c	0.103 ± 0.002b	0.104 ± 0.001b	0.109 ± 0.001a	0.105 ± 0.001b
存活率(%)	0	35.6 ± 3.2c	68.2 ± 4.5b	72.2 ± 5.3b	77.8 ± 4.8b	90.0 ± 7.4a
饲料系数	-	1.93 ± 0.07b	1.86 ± 0.12b	1.78 ± 0.17b	1.45 ± 0.08a	1.47 ± 0.12a

注:sup表示同一行中具不同上标小写字母的平均值数据之间差异显著(P < 0.05),上标大写字母与小写字母的平均值数据之间差异极显著(P < 0.01)特定增长率=[L_t(末体质量)-L_t(初始体质量)]/养殖时间(d)

南美白对虾体质量增长率的影响极显著(P < 0.01)。其中 5[#]组(盐度 20)特定增长率最大(0.109),与 3[#]组(盐度 5)、4[#]组(盐度 10)和 6[#]组(盐度 30)比较,存在显著差异(P < 0.05),3[#]组(盐度 5)、4[#]组(盐度 10)和 6[#]组(盐度 30)之间无差异显著(P > 0.05),2[#]组(盐度 1)特定增长率最小(0.097),明显小于其他组(P < 0.01)。

2.1.2 盐度对南美白对虾饲料系数的影响

饲料系数以 5[#]组(盐度 20)为最低,仅 1.45,6[#]组(盐度 30)次之,2[#]组(盐度 1)饲料系数为最高,达到 1.93。经统计分析,盐度对饲料系数有显著差异(P < 0.05),且随着盐度的增加,饲料系数有降低的趋势,高盐度的 5[#]、6[#]组饲料系数与低盐度的 2[#]、3[#]及 4[#]组存在有显著的差异(P < 0.05),而高盐度的 5[#]、6[#]组之间及低盐度的 2[#]、3[#]和 4[#]组之间无显著差异(P > 0.05)。

2.1.3 盐度对南美白对虾成活率的影响

表 1 显示,除 1#组外,以 2#组(盐度 1)成活率为最低,仅为 35.6%。需要说明的是,当试验进行至第 20 天时,陆续发现 2#组(盐度 1)约有 30%的虾甲壳(包括头胸甲、附肢和腹甲)表面有黑色或者黑褐色的斑点状溃疡,造成病虾脱壳困难,并且引起对虾的死亡现象,造成该组成活率偏低。2#~6#组虾的成活率随水体盐度的增加而依次增加。对 2#~6#组成活率统计分析,各组的成活率有显著差异 ($P < 0.05$)。以 6#组(盐度 30)存活率为最高,达到 90%,明显高于其他组 ($P < 0.05$),3#、4#及 5#组之间的成活率差异不显著 ($P < 0.05$),2#组(盐度 1)存活率最低,与其他组相比差异极显著 ($P < 0.01$)。

2.2 盐度对南美白对虾体生化成分的影响

2.2.1 盐度对南美白对虾体粗蛋白质及水分的影响

表 2 表明,南美白对虾体水分随盐度上升而下降,6#组(盐度 30)虾体水分为 78.1%,2#(盐度 1)的对虾肌肉的水分为 83.63%。经过回归相关分析得到 $Y = 83.587 - 0.1855X$, $r = 0.9728$, $P < 0.05$,说明

表 2 盐度对南美白对虾肌肉的水分、粗蛋白质的影响

Tab.2 Effects of salinity on the moisture and crude protein in muscle of *Penaeus vannamei*

组别	2#	3#	4#	5#	6#
试验盐度	1	5	10	20	30
粗蛋白质(%)	16.37	18.45	18.76	19.40	22.25
水分(%)	83.63	83.03	80.82	80.11	78.10

盐度与虾体水分呈显著的负相关(图 1)。从图 2 可知,经过回归相关分析, $Y = 16.793 + 0.17066X$,

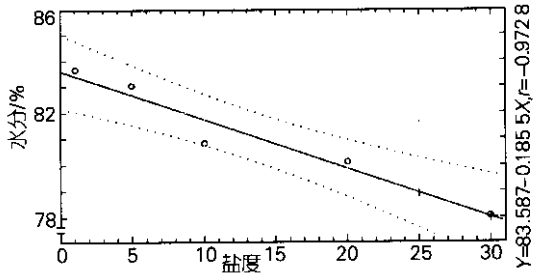


图 1 盐度与南美白对虾体水分关系

Fig.1 Relationship of salinity and moisture of *P. vannamei* body

表 3 不同盐度下南美白对虾氨基酸的含量(%)

Tab.3 Amino acids composition of *Penaeus vannamei* body at different salinity level(%)

组别	6#	5#	4#	3#	2#
盐度	30	20	10	5	1
亮氨酸 Leu	1.63	1.35	1.30	1.32	1.16
缬氨酸 Val	1.12	0.89	0.91	0.90	0.75
苏氨酸 Thr	0.89	0.75	0.74	0.72	0.65
苯丙氨酸 Phe	1.12	0.85	0.93	0.89	0.75
赖氨酸 Lys	1.51	1.33	1.29	1.23	1.15
蛋氨酸 Met	0.71	0.55	0.57	0.58	0.47
异亮氨酸 Ile	1.30	1.00	0.81	1.06	0.89
精氨酸 Arg	1.69	1.48	1.47	1.38	1.26
组氨酸 His	0.50	0.40	0.41	0.40	0.36
必需氨基酸总量 EAA	10.47	8.60	8.43	8.48	7.44
甘氨酸* Gly	1.46	1.17	1.06	1.10	0.99
丙氨酸* Ala	1.50	1.34	1.29	1.24	1.12
谷氨酸* Glu	3.23	2.79	2.69	2.59	2.34
天门冬氨酸* Asp	2.13	1.80	1.81	1.71	1.54
脯氨酸* Pro	1.63	1.53	1.40	1.12	1.04
丝氨酸* Ser	0.86	0.70	0.68	0.68	0.63
胱氨酸 Cys	0.42	0.24	0.30	0.29	0.22
酪氨酸 Tyr	0.92	0.75	0.74	0.72	0.63
非必需氨基酸总量	14.34	12.2	11.84	11.41	10.13
鲜味氨基酸	10.81	9.33	8.92	8.44	7.66
氨基酸总量	22.62	18.92	18.39	17.93	15.95

注:*为鲜味氨基酸。

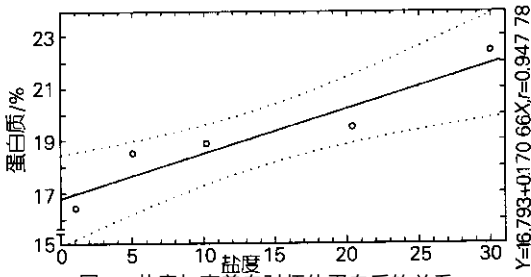


图2 盐度与南美白对虾体蛋白质的关系

Fig.2 Relationship of salinity and protein of *P. vanamei* body

$r = 0.9478, P < 0.05$, 说明虾体蛋白质与盐度有显著的线性关系, 说明虾体蛋白质含量随着盐度升高而增加, 趋势明显。

2.2.2 盐度对南美白对虾体氨基酸组成的影响

不同盐度南美白对虾肌肉的及其氨基酸组成含量如表3中所示。必需氨基酸含量、非必需氨基酸及氨基酸总量均随着盐度递增呈现出增加趋势。丙氨酸、谷氨酸、脯氨酸、丝氨酸、天门冬氨酸等鲜味氨基酸^[1]的含量也随着盐度递增呈现出增加趋势(图3), 经过回归分析, $r = 0.9752, P < 0.05$, 说明盐度与虾体鲜味氨基酸有显著的线性关系, 回归方程为: $Y = 7.7508 + 0.09706X$ 。

2.2.3 盐度对南美白对虾肌肉脂脂肪酸组成的影响

表4显示, 11种脂脂肪酸及必需脂脂肪酸中, 豆蔻

酸、软脂酸、硬脂酸、亚油酸、亚麻酸、二十二碳五烯酸的含量随着盐度的降低呈现出上升趋势。硬脂酸、二十二碳六烯酸(DHA)及二十碳五烯酸(EPA)的含量随着盐度的降低而呈现出下降趋势。另外, 随着盐度的降低(盐度30~1), $n-3/n-6$ 从7.23依次降低到5.80。

3 讨论

试验1#组(盐度0)设计在不添加任何海水和盐离子的纯淡水中养殖, 目的是为了考察南美白对虾是否能真正在淡水中生活。本试验开始不久, 试验1#组(盐度0)由于不适应纯淡水的养殖环境, 体内生理调节机能受到破坏, 对虾在1周内不摄食或少量摄食,

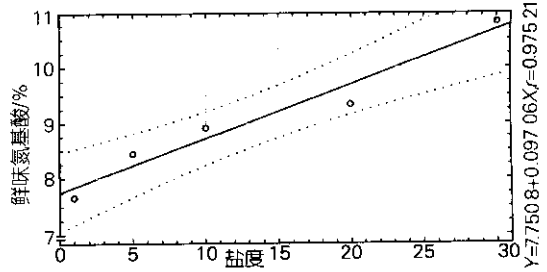


图3 盐度与南美白对虾体鲜味氨基酸的关系

Fig.3 Relationship of salinity and taste amino acids of *P. vanamei* body

表4 试验结束时南美白对虾肌肉脂脂肪酸组成

Tab.4 The muscle fatty acid composition of shrimp after the feeding trial at different salinities

组别	6#	5#	4#	3#	2#
盐度	30	20	10	5	1
豆蔻酸 C14 0	0.97	0.84	0.98	1.23	1.12
软脂酸 C16 0	19.9	18.94	20.3	21.6	21.8
棕榈酸 C18 0	4.75	4.70	4.93	4.36	4.44
硬脂酸 C16 :1n7	8.15	8.17	8.69	9.84	8.82
油酸 C18 :1n	20.70	19.95	18.70	17.58	22.75
亚油酸 C18 :2n6	2.06	2.09	2.21	2.85	3.20
亚麻酸 C18 :3n3	0.75	0.77	0.74	1.67	1.04
花生四烯酸 C20 :4n6	1.26	1.39	1.42	1.33	1.28
二十碳五烯酸 C20 :5n3	12.50	12.70	13.70	11.90	11.45
二十二碳五烯酸 C22 :5n3	0.39	1.36	0.40	2.25	3.75
二十二碳六烯酸 C22 :6n3	10.35	10.05	10.40	8.93	9.76
n-3族	23.99	24.88	24.5	24.75	26.00
n-6族	3.32	3.48	3.63	4.18	4.48
n-3/n-6	7.23	7.15	6.75	5.92	5.80

并相继地全部死亡。国内内陆地区南美白对虾的淡化养殖生产中,从盐度 1 的水体逐渐加淡水淡化至盐度 0,一般需要 15 d 左右的时间。目前,还未见有南美白对虾在纯淡水中养殖成功的报道,因此必须注意,在淡化养殖生产中不能将虾从有咸度的水体直接移入到纯淡水之中。

盐度对南美白对虾生长的影响主要与渗透压的调节有关。环境与体液的渗透压差异易造成南美白对虾生长的变化,因为在非等渗环境下,对虾必须对环境盐度作出反应,按照渗透压调节原理,对虾在等渗点时,因盐度差而额外付出的代谢能最少,用于生长及其它生理过程的转换率最高。Dalla^[2],臧维玲等^[3]指出生活在低盐度水域的虾消耗能量高,随着盐度的降低,耗氧速率相应增加,生长也逐渐减缓,本试验 2#组结果充分地说明了这一点。本试验中随着盐度递增,虾体质量增长率呈现出上升趋势,尤其是 5#组(盐度 20),特定体质量增长率最高,的饲料系数最低。这说明盐度为 20,最适宜南美白对虾生长。并加快了虾体内营养物质的积累,生长最快。Edwards^[4,5,6]曾对在墨西哥地区研究调查发现,南美白对虾仔幼虾多栖息于盐度较低河口及与港湾半咸水水域。本试验结果与之相吻合。盐度对南美白对虾生长的影响,不仅仅是因为渗透压,而且高盐度水体还为虾提供了丰富的矿物质营养。陈立侨等^[7]研究表明,水中添加钙以后,蟹体的钙含量、饲料转化率、蛋白质利用率都得以提高。

在本试验中,盐度对南美白对虾的成活率有显著影响($P < 0.05$),成活率随着盐度的升高而增加。试验中观察到,南美白对虾在高盐度水体中,自相残食现象少见,此现象大多发生在蜕壳阶段,软壳虾恢复到能够游动所需的时间越长,就越容易受到其他虾攻击。高盐度水体的高成活率,很可能与软壳虾的钙化恢复能力有关。陈政强等^[8]报道,中国龙虾的存活率因盐度不同而有一定的差异。试验 2#组(盐度 1)由于感染病菌以致成活率低,而 4#组(盐度 10)极少数有斑点状溃疡症状,这是因为细菌的存活和繁殖也有一定的环境条件。中国是南美白对虾低盐度和淡水驯化养殖大国^[9],在有条件的情况下,虾苗的前期培育最好在盐度 10 以上的水体中进行,有利于斑点状溃疡症状类细菌性疾病的防治。

本试验养殖水体盐度越高,虾体的水分含量也就越低,相反,盐度越低,水分含量也就越高。这是因为

在盐度较高的水体环境里,对虾为了维持体内渗透压的平衡,就需要失去一部分水分来保证,因而,其体内的水分含量也就越低。相反,在低盐度环境里,对虾也必须要吸收较多的水分来适应外界的水体环境,维持其体内的稳定状态。

不同盐度水体,各组虾体脂肪酸组成不相同,软脂肪酸、二十二碳五烯酸、亚油酸的含量随着盐度的降低呈现出上升趋势;而油酸、硬脂酸、二十二碳六烯酸(DHA)及二十碳五烯酸(EPA)的含量随着盐度的降低而呈现出下降趋势,棕榈酸、花生四烯酸变化不是很明显。Ota 等^[10]报道,香鱼从淡水中洄游到海水,体内 $n-3/n-6$ 变小。Castell^[11]指出海水鱼与淡水鱼 $n-3$ 和 $n-6$ 族脂肪酸含量差别较大, $n-3/n-6$ 在海水鱼中是 6.26,淡水鱼是 2.7。本试验采用相同的饲料,随着盐度的降低, $n-3/n-6$ 从 7.23 降低到 5.80,两者有共同的相似之处,也说明虾体脂肪酸组成的影响因素不单是饵料,盐度对于虾体内脂肪酸的组成变化也有影响,脂肪酸的组成随盐度的变化而变化,这可能是对环境生理适应的特别要求有关。

不同盐度下南美白对虾体内氨基酸含量分析的结果表明,氨基酸总量随着盐度上升呈增加趋势。其中甘氨酸、丙氨酸、谷氨酸、天门冬氨酸、脯氨酸、丝氨酸鲜味氨基酸含量也随着盐度上升而增加,这些鲜味氨基酸将赋予对虾浓郁的海鲜风味。在高盐度时,对虾机体为了调节渗透压,体内保留较多的游离鲜味氨基酸,这就是高盐度水体养殖的南美白对虾味道较鲜美的原因。因此,我们不妨可以在成虾上市的前期,采用较高盐度水体养殖一段时间,通过增加虾体鲜味氨基酸的含量来提高产品的质量和风味。

参考文献:

- [1] 武彦文,欧阳杰. 氨基酸和肽在食品中的味作用[J]. 中国调味品, 2001, 10: 20-22.
- [2] Dalla Via G J. Salinity responses of the juvenile P. Shrimp *P. japonicus* [J]. *Aquaculture*, 1986, 55: 297-306.
- [3] 臧维玲,戴习林,江敏,等. 盐度对日本对虾生长与瞬时耗氧率的影响[J]. 上海水产大学学报, 2002, 2: 114-117.
- [4] Edwards R R C. Field experiments on growth and mortality of *Penaeus vannamei* in a Mexican coastal lagoon system [J]. *Estuarine and Coastal Marine Science*, 1977, 5: 107-121.

- [5] Edwards R R C. Ecolog of a coastal lagoon complex in Mexco[J]. *Estuarine and Coastal Marine Science*, 1978a, 6: 75 – 92.
- [6] Edwards R R C. The fishery and fisheries biology of pen – acid shrimp on the pacific coast of Mexico[J]. *Oceanography and Marine Biology*, 1978b, 16: 145 – 180.
- [7] 陈立侨, 堵南山, 赖伟. 水体和配合饲料中钙、磷含量对河蟹生长的影响[J]. *淡水渔业*, 1994, 24: 3 – 15
- [8] 陈政强, 陈昌生, 吴仲文. 盐度对中国龙虾存活生长的影响[J]. *集美大学学报*, 2000, 5(1): 32 – 37.
- [9] 黄凯, 王武. 南美白对虾国外养殖发展概况及我国养殖现状存在的问题与对策[J]. *内陆水域*, 2002, 8: 41 – 43.
- [10] Ota T, Takagi T. A comparative study on the lipid class composition and fatty acid composition of sweet smelt *Plecoglossus altivelis*, from marine and freshwater habitat [J]. *Bull Fac Fish Hokkaido Univ*, 1977, 28(1): 47 – 56.
- [11] Castell J D. Review of lipid requirements of finfish nutrition and fish feed technology[J]. *Schriften BFF Hamburg/Gemany*, 1979, 14/15(2): 59 – 84.

Salinity effects on growth and biochemical composition of *Penaeus vannamei*

HUANG Kai¹, WANG Wu², LU Jie³, DAI Xiao – wei¹, ZHOU Jia – neng¹

(1. College of Animal Science and Technology, Guangxi University, Nanning 530005, China; 2. Fisheries College, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China; 3. Botechnology Research Center, Guangxi University, Nanning 530005, China)

Received: Feb., 19, 2003

Key words: *Penaeus vannamei*; salinity; growth; biochemical composition

Abstract: A feeding trial was conducted in different salinity levels in laboratory, effects of salinity on growth, survival rate and body composition of *Penaeus vannamei* juveniles were examined. Experimental result showed that gain weight, survival rate and food conversion ratio were significantly ($P < 0.05$) affected by salinity levels, and the highest growth rate was found in 20‰ salinity group. In different salinity levels biochemical composition of the body of *Penaeus vannamei* including moisture, protein, amino acids and fatty acids changed differently.

(本文编辑 张培新)