

文章编号:1000-0615(2007)03-0329-06

真鲷维持氮需要量的研究

钱国英, 朱秋华, 高有领, 汪财生

(浙江万里学院生物与环境学院, 浙江 宁波 315100)

摘要:采用氮平衡试验和无氮日粮法研究了体重为 50、100、150、200 和 250 g 左右真鲷幼鱼,在饲喂粗蛋白质含量为 38%~46% 饲料条件下的维持氮需要量(N_m)。氮平衡试验结果表明:在总摄入氮中,氮沉积量的变化为 $0.15 \sim 0.30 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, 占总摄入氮 12.1%~20.3%;粪氮排泄量为 $0.20 \sim 0.32 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, 占总摄入氮 16.4%~21.6%;而内源氮排泄量是总摄入氮中主要的氮消耗部分,为 $0.80 \sim 0.96 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, 占总摄入氮的 62.8%~67.7%。维持氮需要量与体重呈正相关,体重越大, N_m 越大;但单位体重的 N_m 与体重呈负相关,个体越小,单位体重的 N_m 越大。在试验的体重范围内,单位代谢体重的 N_m' ,各生长阶段中没有显著差异($P > 0.05$),平均为 $0.498 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 。无氮日粮法的结果表明: N_m' 与无氮日粮的采食量呈负相关;随着真鲷采食量下降, N_m' 增加;当无氮日粮的采食量为零(绝食)时, N_m' 值为 $0.510 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, 与 150 g 体重的氮平衡试验 $0.508 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 结果相接近。考虑到试验鱼的应激反应和结果的稳定性,建议在维持氮测定时采用氮平衡试验方法。本试验还给出了不同生长期维持鱼体蛋白质所需要的饲料蛋白质含量。

关键词:真鲷;维持氮;氮平衡法;无氮日粮法

中图分类号:S 971 **文献标识码:**A

Nitrogen requirement for maintain of *Pagrosomus major*

QIAN Guo-ying, ZHU Qiu-hua, GAO You-ling, WANG Cai-sheng

(College of Biological and Environmental Sciences, Zhejiang Wanli University, Ningbo 315100, China)

Abstract: The nitrogen balance method and nitrogen-free diet were used in present study to determine nitrogen requirement for maintenance (N_m) and nitrogen requirement for maintenance per unit metabolism body weight (N_m') of red sea bream (*Pagrosomus major*). Fishes with body weights of 50, 100, 150, 200 and 250 g were fed by the diets containing a gradient protein level from 38% to 46%. The results from nitrogen balance experiment show that the amount of nitrogen deposition varied from 0.15 to 0.30 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, accounting for total ingested nitrogen from 12.1% to 20.3%. The amount of faecal nitrogen excretion varied from 0.20 to 0.32 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, accounting for total ingested nitrogen from 16.4% to 21.6%. The endogenous nitrogen excretion, a main part of total ingested nitrogen consumption, varied from 0.80 to 0.96 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, accounting for total ingested nitrogen from 62.8% to 67.7%. A positive correlation was observed between N_m and body weight, while a negative correlation was observed between N_m of unit body weight and growth duration. There is no significant

收稿日期:2006-05-29

资助项目:宁波市重大攻关项目(2004C100059)

作者简介:钱国英(1961-),女,浙江宁波人,教授,主要从事水产动物营养与免疫学研究。E-mail:qiangy@zwu.edu.cn

difference ($P > 0.05$) among N_m' obtained from different growth stages. The average of N_m' was $0.498 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$. The results from nitrogen-free diet experiment show a negative correlation between nitrogen requirement for maintenance and feed intake of nitrogen-free diet; With the decrease of feed intake of fish, the nitrogen requirement for maintenance was increased; The average of N_m' was $0.510 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ with fasting of fishes. This value is close to $0.508 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ obtained from fishes with 150 g body weight in nitrogen balance experiment. The nitrogen balance method is recommended to be a right method for determining nitrogen requirement for maintenance in consideration of fish stress and result stability. This study also supplied a calculated result about the protein content levels in diets, which are necessary for maintaining fish body protein at different growth stages. The calculation is based on the amount of nitrogen necessary for maintaining body protein per kg fish weight.

Key words: *Pagrosomus major*; nitrogen requirement for maintain; nitrogen balance; nitrogen-free diet

蛋白质的营养价是饲料配合和评价饲料品质主要指标。蛋白质效率(PER)、蛋白质生物价(BV)、蛋白质净利用率(NPU)都可用于确定最大生长时的必需饲料的蛋白质含量。由于蛋白质代谢过程与作为蛋白质结构中主要元素的氮收支密切相关,因而 BV、NPU 都是基于对体内保留氮测定的基础上加以评价的,而保留氮的大小又与维持氮的消耗和生长积累的氮直接相关。

鱼类维持氮的消耗包括代谢性粪氮和内源性氮等。代谢粪氮主要是唾液、消化酶及消化道脱落的细胞所含的氮;内源氮主要是以由体蛋白质降解的尿素和氨。在维持状态下,皮肤更新需要蛋白质极少,一般可略去不计,所以维持氮需要量可概略确定为内源尿氮和代谢粪氮之和。目前测定维持氮需要的方法有氮平衡试验法、无氮日粮法和绝食代谢法。

国内外曾有对鱼类氮收支的研究^[1-15],及对花尾胡椒鲷(*Pleclorhynchus cinctus*)幼鱼和褐牙鲆(*Paralichthy olivaceus*)内源性氮排泄率的研究^[16-17],但在真鲷仅对氮收支作了初步研究^[18-19],其维持氮需要的研究尚未见报道。本试验的目的旨在通过氮平衡试验和无氮日粮法测定真鲷幼鱼的实际氮维持需要量,为科学合理地进行饲料配合提供依据,同时比较两种研究方法的结果差异,以寻找适宜的鱼类维持氮需要量的研究途径。

1 材料与方 法

1.1 氮平衡试验

试验于 2005 年 5-6 月期间实施。试验鱼取自象山黄避岙海水养殖场。试验根据起始体重不

同分为 5 个生长阶段,各生长阶段选择 180~360 尾试验鱼,空腹称重,平均体重分别为 50、100、150、200 和 250 g 左右。各阶段根据饲喂饲料蛋白质水平不同分为 A、B、C 3 组(表 1),每组设 3 个重复。每个试验单元 20~40 尾,50 g 体重 40 尾,100 g 体重 30 尾,其余各为 20 尾,放于 120 cm × 80 cm 的水族箱中进行饲养。

试验全程 28 d。前 20 d 为适应期,然后预试期 7 d,第 28 天为取样测定期。预试期与取样期喂给相应时期蛋白质(CP)不同水平的等代谢能(ME)日粮,主要蛋白质原料为红鱼粉,试验日粮中加入 0.5% Cr_2O_3 作为指示剂。每天投喂 2 次,日投喂量为鱼体重的 2% 左右,饱食为度。水温控制在 $(19 \pm 1)^\circ\text{C}$,每天虹吸排污,换水 1/3,冲气增氧,每天详细记录实际投喂量。

表 1 试验日粮的蛋白质含量

Tab.1 Protein content levels in diets of red sea bream

体重(g) BW	日粮消化能($\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$) ME	%		
		A 组 A group	B 组 B group	C 组 C group
50	15.41	46.0	42.0	38.0
100	15.41	46.0	42.0	38.0
150	15.41	46.0	42.0	38.0
200	15.41	46.0	42.0	38.0
250	15.41	46.0	42.0	38.0

试验结束取样时,每组试验鱼分别放入浓度为 $60 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 MS222 麻醉液中麻醉 1~2 min,然后用软布轻擦去麻醉液,用挤压法从肛门取粪,将取出的粪样装入样品袋中,冷冻保存,待测。

测定试验鱼体重,每单元抽取 5 尾测定鱼体

含氮量。测定各期试验日粮、粪样的含氮量和 Cr_2O_3 含量。

1.2 无氮日粮法

取 150 g 左右真鲷幼鱼 100 尾,随机分成 I、II、III、IV、V 5 组,每组 20 尾,分养在水族箱中。按表 2 所示安排试验。适应期 7 d,饲以相同的商品饲料,蛋白质含量为 42.3%;试验期 6 d,喂给无氮日粮,饲料中添加非氨基酸类引诱剂。各组设计不同的投饲量, I ~ V 组依此递减(每尾 $2.8 \sim 0 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$),其中 V 组试验期不喂料。I、II、III、IV 组在试验结束后,用挤压法从肛门取粪,冷冻保存,待测;V 组在试验期开始 48 h 后取样。测定试验初、末鱼体重及鱼体含氮量,计算单位体重维持需要氮(N_m)和单位代谢体重维持需要氮(N_m')。试验期间平均水温为 $18 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

表 2 无氮日粮试验

Tab.2 The experiment of nitrogen-free diet

组别 groups		A	B	C	D	E
适应期 adapt period	天数 days	7	7	7	7	7
	日粮($\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$) dietary	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	饲料 feed	正常	正常	正常	正常	正常
试验期 trial period	天数 days	6	6	6	6	6
	日粮($\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$) dietary	2.8	2.1	1.4	0.7	0
	饲料 feed	无 N	无 N	无 N	无 N	无 N

1.3 测定指标与方法

饲料、粪和鱼体中氮含量采用凯氏半微量定氮法测定。 Cr_2O_3 含量根据文献[20]中介绍的方法测定。

氮摄入量($N_I, \text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) = [日平均摄食量(mg) × 日粮中蛋白质%] / $6.25 \times$ 平均体重(g)

氮沉积量($N_G, \text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) = [试验末均重(mg) × 鱼体氮含量% - 试验初均重(mg) × 鱼体氮含量%] / 试验期均重(g) × 试验期(d)

粪氮排泄量($N_F, \text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) = [每尾鱼日平均排粪量(mg) × 粪中氮含量%] / 每尾鱼平均体重(g)

其中:排粪量 = 摄食量 × 日粮中 Cr_2O_3 含量% / 粪中 Cr_2O_3 含量%

氮平衡: $N_I = N_G + N_F + N_U$

式中: N_I 为摄入氮, N_G 为生长沉积氮, N_F 为粪氮, N_U 为内源氮排泄量。

维持需要氮量($N_m, \text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) = $N_F + N_U$ ($N_I = 0$ 时), 单位代谢体重的维持需要氮量(N_m') = $N_m / \text{BW}^{0.75}$

式中, BW 为自然体重。

1.4 数据分析

实验结果数据经 ANOVA 方差分析和显著性检验。

2 结果与讨论

2.1 真鲷摄入氮的消耗

真鲷不同生长期、采食不同 CP 水平日粮时的氮摄入量 N_I ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$)、氮沉积量 N_G ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$)、粪氮排泄量 N_F ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) 和内源氮排泄量 N_U ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) 情况见表 3。由表中可见, 在实验设计的 38% ~ 46% 的饲料粗蛋白质含量的范围内, 在总摄入氮中, 氮沉积量的变化从 $0.15 \sim 0.30 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, 占总摄入氮的 12.1% 到 20.3%; 粪氮排泄量在 $0.20 \sim 0.32 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, 占总摄入氮的 16.4% 到 21.6%; 而内源氮排泄量是总摄入氮中主要的氮消耗部分, 为 $0.80 \sim 0.96 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, 占总摄入氮的 62.8% ~ 67.7%。这一结果与李军等^[18]在 13 g 左右真鲷氮收支试验的 N_G/N_I 为 12.84% 的结果相近。

2.2 氮存留率与日粮蛋白质水平、生长期的关系

从试验的结果看, 单位体重的氮存留量(N_G) 随日粮蛋白质水平的下降而有所下降; 氮存留率(N_G/N_I) 也受日粮蛋白质水平影响, 蛋白质水平越高, 氮存留率越低, 但这种影响不显著, 同一生长阶段 3 组间差异不显著 ($P > 0.05$)。

在同一蛋白质水平的饲料条件下, 氮存留率与生长期之间表现为显著的相关性 ($r = 0.9087 - 0.9506$, $P < 0.05$, 图 1)。生长前期的蛋白质利用率高于后期, 随着个体生长, N_G/N_I 的值反而有所下降。这一结果与 Gerking^[21] 在对 *Lepomis macrochirus* 的研究中发现随着鱼体从 14 g 生长至 85 g, 蛋白质转化率从 39% 下降到 10% 的现象相类似。这可能是由于前期生长速度快于后期, 蛋白质积累加速的缘故。

表3 真鲷各阶段氮平衡状态

Tab.3 The experiment results of nitrogen balance of in growth stages of red sea bream

体重 (g) BW	级别 groups	日粮粗蛋白质 (%) diet CP	氮摄入量 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) N_I	氮沉积量 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) N_G	粪氮排泄量 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) N_F	内源氮排泄量 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) N_U	N_G/N_I (%)	N_F/N_I (%)	N_U/N_I (%)
50	A	46.2	1.48 ± 0.08	0.30 ± 0.02	0.25 ± 0.05	0.93 ± 0.02	20.3	16.9	62.8
	B	42.0	1.33 ± 0.07	0.26 ± 0.03	0.22 ± 0.04	0.85 ± 0.06	19.5	16.5	64.0
	C	38.1	1.22 ± 0.03	0.22 ± 0.03	0.20 ± 0.02	0.80 ± 0.02	18.0	16.4	65.6
100	A	46.2	1.46 ± 0.05	0.27 ± 0.04	0.27 ± 0.03	0.92 ± 0.03	18.5	18.5	63.6
	B	42.0	1.34 ± 0.04	0.23 ± 0.02	0.25 ± 0.01	0.86 ± 0.04	17.1	18.6	64.3
	C	38.1	1.20 ± 0.04	0.20 ± 0.03	0.21 ± 0.01	0.79 ± 0.03	16.7	17.5	65.8
150	A	46.2	1.50 ± 0.05	0.24 ± 0.01	0.29 ± 0.02	0.97 ± 0.02	16.0	19.3	64.7
	B	42.0	1.36 ± 0.07	0.20 ± 0.02	0.26 ± 0.03	0.90 ± 0.03	14.7	19.1	66.2
	C	38.1	1.25 ± 0.02	0.17 ± 0.02	0.23 ± 0.01	0.85 ± 0.06	13.6	18.4	68.0
200	A	46.2	1.50 ± 0.09	0.22 ± 0.01	0.31 ± 0.01	0.97 ± 0.05	14.7	20.7	64.6
	B	42.0	1.35 ± 0.03	0.19 ± 0.02	0.27 ± 0.01	0.89 ± 0.02	14.1	20.0	65.9
	C	38.1	1.24 ± 0.05	0.16 ± 0.03	0.25 ± 0.05	0.83 ± 0.01	12.9	20.2	66.9
250	A	46.2	1.48 ± 0.06	0.20 ± 0.01	0.32 ± 0.04	0.96 ± 0.03	13.5	21.6	64.9
	B	42.0	1.36 ± 0.04	0.18 ± 0.01	0.28 ± 0.04	0.90 ± 0.05	13.2	20.6	66.2
	C	38.1	1.24 ± 0.03	0.15 ± 0.03	0.25 ± 0.02	0.84 ± 0.04	12.1	20.2	67.7

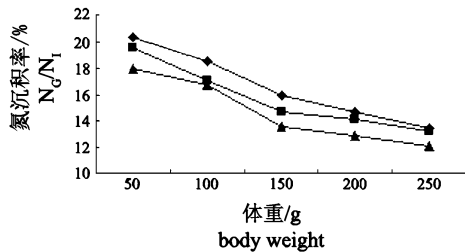


图1 不同体重真鲷在不同日粮蛋白质水平下的氮沉积率

Fig.1 Nitrogen retention rate of red sea bream fed the diets with different protein contents

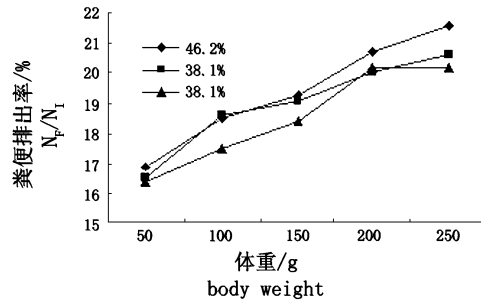


图2 不同体重真鲷在不同日粮蛋白质水平下的粪氮排出率

Fig.2 Faeces nitrogen excretion rates of red sea bream fed the diets with different protein contents

2.3 排泄氮与日粮蛋白质水平、生长期的关系

粪氮排泄量 N_F 和内源氮排泄量 N_U 随日粮蛋白质水平下降而下降,但内源氮排泄率正相反,在高日粮蛋白质水平(46.2%)时低于低日粮蛋白质水平(38.1%),可能是由于鱼体的代谢强度在一定范围内不受日粮蛋白质摄入量减少的影响。

随着鱼体生长,相同日粮蛋白质水平的粪氮排泄率和内源氮排泄率呈现上升的趋势(图2、图3)。相比较,粪氮排泄率的增长要大于内源氮排泄率,从16.4%增长到21.6%,相对增长率为31.7%;而内源氮排泄率仅从62.8%增长到68.0%,相对增长率为8.3%。

2.4 氮的维持需要量(N_m)

将表3中的氮沉积量对氮采食量进行回归,结果列于表4。式中, $N_G=0$ 时的N即为用于氮的维持需要量(N_m)。表中的 N_m 为每天用于维持的氮量, N_m' 是换算成单位代谢体重维持需要氮。

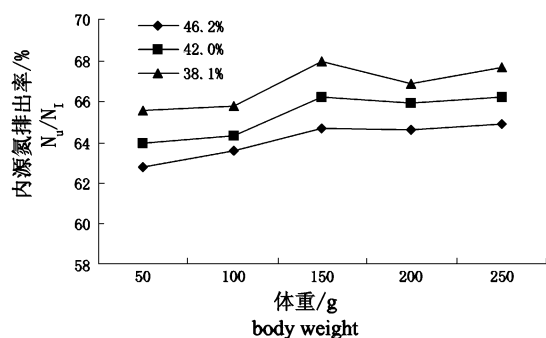


图3 不同体重真鲷在不同日粮蛋白质水平下的内源氮排出率

Fig.3 Endogenous nitrogen excretion rate of red sea bream fed the diets with different protein contents

无氮日粮试验结果见表5。随着真鲷对无氮日粮采食量的减少(由I~V组),粪尿等排泄氮增加,维持氮需要量增加; N_m 与无氮日粮采食量(D)呈显著的负相关:

$N_m = 0.5134 - 0.00986D$ ($|r| = 0.9758, P < 0.01$)

当无氮日粮采食量较少时(Ⅳ组), N_m 与绝食组(Ⅴ组)相近。 N_m 值为 $0.518 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, 与氮平衡试验结果相一致。

平均维持氮(N_m)为 $141.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ (表4)。这一结果与 Carter 等^[2]在鲤的每 100 g 体重每天 10~14 mg N 和 Sadasivam 等^[22]在虹鳟的每

100 g 体重每天 9.5 mg N 的结果相近,略高于与线薇薇等^[17]在梭鱼每 kg 体重每天 59 mg N 的结果;但大大低于 Gerking^[21]在体重 27.9 g 的蓝鳃太阳鱼需要 7.18 mg N,即每 kg 体重每天需 257.3 mg N 的试验结果。这些结果的差异一方面是受鱼种类不同对蛋白质需求的生理差异的影响,另一方面可能是由于受试鱼个体大小、试验温度等条件对维持氮量的影响。

表 4 各期的单位体重维持氮(N_m)及单位代谢体重维持氮(N_m')

Tab.4 The nitrogen requirement for maintenance (N_m) and nitrogen requirement for maintenance per unit metabolism body weight (N_m') of red sea bream

体重(g) BW	回归方程 regression equation	相关系数 R	维持氮需要量 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) N_m	体重(g) BW	代谢体重(g) $\text{BW}^{0.75}$	代谢体重维持氮 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) N_m'
50	$N_G = 0.3138N_T - 0.1698$	0.9998	0.1698	66.5	23.29	0.485
100	$N_G = 0.2566N_T - 0.1490$	0.9450	0.1490	123.0	36.93	0.496
150	$N_G = 0.2610N_T - 0.1383$	0.9639	0.1383	175.5	48.22	0.508
200	$N_G = 0.2346N_T - 0.1297$	0.9991	0.1297	232.5	59.54	0.507
250	$N_G = 0.2049N_T - 0.1189$	0.9642	0.1189	299.5	71.99	0.495
平均 mean			0.1411	179.4	47.99	0.498

表 5 无氮日粮试验结果

Tab.5 The experiment results of nitrogen-free diet

组别 groups	体重(g) BW	代谢体重(g) $\text{BW}^{0.75}$	日粮 ($\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$) dietary	氮沉积量 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) N_G	粪氮排泄量 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) N_F	内源氮排泄量 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) N_U	代谢体重维持氮 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) N_m'
I	150.8 ± 5.3	43.0	2.8	-0.138	0.005	0.133	0.484
II	152.3 ± 1.3	43.3	2.1	-0.140	0.005	0.135	0.492
III	149.2 ± 3.4	42.7	1.4	-0.144	0.004	0.140	0.503
IV	151.9 ± 6.3	43.2	0.7	-0.145	0.003	0.142	0.509
V	153.1 ± 6.9	43.5	0	-0.145	0.001	0.144	0.510

从 5 个阶段的 N_m 数值看,单位体重的 N_m 值与体重呈负相关关系。随生长体重的增加, N_m 值随之减少,这与能量的维持需要相类似,表现为小个体动物单位体重的维持需要比大个体动物单位体重维持需要量大。

氮平衡试验法所得氮的维持需要量结果与体重有一定关系,但换算为单位代谢体重,各生长期均没有显著差异($P > 0.05$)。真鲷单位代谢体重维持需要氮(N_m')平均每天为 $498 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

真鲷每公斤体重维持鱼体蛋白质时所必要的蛋白质的氮(N_m),在 50 g 时为 0.1698 g,或 1.061 g 蛋白质($\times 6.25$);在 100 g 时为 0.1490 g,或 0.931 g 蛋白质;在 150 g 时为 0.1383 g,或 0.864 g 蛋白质;在 200 g 时为 0.1297 g,或 0.811 g 蛋白质;在 250 g 时为 0.1189 g,或 0.743 g 蛋白质。于是,当投饲率变化时,不同生长期维持鱼体蛋白质

所需要的饲料蛋白质含量见表 6。

表 6 维持鱼体蛋白质的所需要饲料蛋白质含量

Tab.6 The protein content levels in diets for maintaining fish body protein

投饲率 diets/BW(%)	饲料粗蛋白质含量(%) feed CP				
	50 g	100 g	150 g	200 g	250 g
1.5	7.08	6.21	5.75	5.40	4.95
2.0	5.30	4.66	4.60	4.05	3.72
2.5	4.25	3.72	3.68	3.24	2.97
3.0	3.54	3.10	3.07	2.70	2.48
3.5	3.03	2.66	2.46	2.32	2.12
4.0	2.65	2.32	2.16	2.03	1.86

由于无氮日粮法所得结果与无氮日粮采食量呈显著的负相关,比较氮平衡试验与无氮日粮法两者结果,作者认为用氮平衡试验测定真鲷维持氮较可取,该方法对试验鱼造成的应激小,接近正

常饲养情况,结果稳定。

参考文献:

- [1] Austreng E. Digestibility determination in fish using chromic oxide marking and analysis of contents from different segments of gastrointestinal-tract[J]. *Aquaculture*, 1978, 13, 265 - 272.
- [2] Carter C G, Brafield A E. The bioenergetics of grass carp, *Ctrnopharyngodon idella*: the influence of body weight, ration and dietary composition on nitrogenous excretion[J]. *J Fish Biol*, 1992, 41: 533 - 543.
- [3] Kumpp D W, von Westernhagen H. Nitrogen balance in marine fish larvae: influence of developmental stage and prey density[J]. *Mar Biol*, 1986, 93: 189 - 199.
- [4] Rychly J. Nitrogen balance in trout, nitrogen excretion and retention after feeding diets with varying protein and carbohydrate levels[J]. *Aquaculture*, 1980, 20: 343 - 350.
- [5] Porter C B, Krom M D. Ammonia excretion and total N budget for gilthead sea bream and its effect on water quality conditions[J]. *Aquaculture*, 1987, 66: 287 - 297.
- [6] Chakraborty S C, Ross B. The effect of dietary protein level and ration level on excretion of ammonia in common carp, *Cyprinus carpio* [J]. *Comp Biochem Physiol*, 1992, 103A: 801 - 808.
- [7] Torres J J, Brightman R I, Donnelly J, et al. Energetics of larval red drum, *Sciaenops ocellatus*. Part I: oxygen consumption, specific dynamic action, and nitrogen excretion[J]. *Fish Bull*, 1996, 94: 756 - 765.
- [8] Watanabe T, Ohta M. Endogenous nitrogen excretion and non-fecal energy losses in carp and rainbow trout [J]. *Fish Sci*, 1984, 41: 359 - 371.
- [9] 齐振雄, 李德尚, 张曼平, 等. 对虾养殖池塘氮磷收支的实验研究[J]. *水产学报*, 1998, 22(2): 124 - 128.
- [10] 张兆琪, 张美昭, 李吉清, 等. 牙鲆鱼耗氧率、氮排泄率与体重及温度的关系[J]. *青岛海洋大学学报*, 1997, 27(4): 483 - 489.
- [11] 白志毅, 何学军, 李思发. 尼罗罗非鱼氮收支与饲料组成关系[J]. *上海水产大学学报*, 2003, 12(4): 298 - 302.
- [12] 雷思佳, 叶世洲, 胡先勤. 摄食水平对中华鳖稚鳖生长、氮排泄和能量收支的影响[J]. *水生生物学报*, 2005, 29(1): 43 - 49.
- [13] 李 军, 徐世宏, 薛玉平. 日粮水平对黑鲟幼鱼氮收支的影响[J]. *海洋与湖沼*, 1998, 21(5): 462 - 465.
- [14] 杨严鸣, 崔奕波, 熊邦喜, 等. 建鲤和异育银鲫摄食不同质量饲料时的氮收支和能量收支比较[J]. *水生生物学报*, 2003, 27(6): 572 - 579.
- [15] 孙 忠, 余方平, 姚海富, 等. 网箱养殖大黄鱼和美国红鱼的耗氧率与氮排泄率[J]. *浙江海洋学院学报(自然科学版)*, 2004 23(3): 207 - 217.
- [16] 王 瑁, 丘书院. 花尾胡椒鲷幼鱼内、外源性氮和总氮排泄率的研究[J]. *热带海洋学报*, 2001, 20(3): 87 - 92.
- [17] 线薇薇, 朱鑫华. 温度和体重对褐牙鲆氮收支的影响[J]. *海洋科学集刊*, 2002, 44: 199 - 205.
- [18] 李 军, 徐长安, 徐世宏, 等. 真鲷能量收支和氮与碳收支的初步研究[J]. *海洋科学*, 1998, 2: 46 - 48.
- [19] 于东祥, 韩阿寿, 柳学周, 等. 真鲷幼鱼能源物质的研究[J]. *中国水产科学*, 1998, 5(4): 108 - 110.
- [20] 北京农业大学. 家畜饲养学实验指导[M]. 北京: 农业出版社, 1979: 60 - 63.
- [21] Gerking S D. Influence of rate of feeding on body composition and protein metabolism of bluegill sunfish [J]. *Physiological Zoology*, 1955, 28: 267 - 282.
- [22] Sadasivam J K, Teles A O. Effect of digestible energy on nitrogen and energy balance in rainbow trout [J]. *Aquaculture*, 1985, 50: 89 - 101.