

饲料蛋白对翘嘴鮊氮排泄的影响

王桂芹¹, 周洪琪², 陈建明³, 叶金云³, 赵朝阳², 周辉², 闫大伟²

(1 吉林农业大学 动物科技学院, 吉林 长春 130118; 2 上海水产大学 生命科学与技术学院,
上海 200090; 3 浙江省淡水水产研究所, 浙江 湖州 313001)

摘要:选择健康的翘嘴鮊为试验鱼,以褐鱼粉为蛋白源,配制5个蛋白水平的等能、等必需氨基酸平衡关联度(EAA)的半精制饲料;又以豆粕替代鱼粉、大豆蛋白替代鱼粉蛋白,配制5个关联度的等蛋白、等能的半精制饲料,探讨饲料蛋白水平和大豆蛋白替代鱼粉蛋白对翘嘴鮊氮排泄的影响。结果表明,饲料蛋白水平对翘嘴鮊氮排泄具有显著性影响($P < 0.05$),翘嘴鮊每日氨氮和尿素氮平均排泄率和排泄峰值随饲料蛋白含量的增加而增加。每日氨氮排泄率和饲料蛋白水平呈正相关。当大豆蛋白替代鱼粉蛋白超过40.5%时,氨氮排泄量显著增加($P < 0.05$),内源氮不受饲料蛋白水平和大豆蛋白替代的影响($P > 0.05$)。

关键词:翘嘴鮊; 饲料蛋白水平; 大豆蛋白; 氮排泄

中图分类号:S963

文献标识码:A

文章编号:1001-411X(2008)01-0092-05

The Effect of Dietary Protein on Nitrogen Excretion in *Culter alburnus* Juveniles

WANG Gui-qin¹, ZHOU Hong-qi², CHEN Jian-ming³,
YE Jin-yun³, ZHAO Chao-yan², ZHOU Hui², YAN Da-wei²

(1 College of Animal Science and Technology, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China;

2 College of Aqua-Life Science and Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China;

3 Zhejiang Institute of Freshwater Fisheries, Huzhou 313001, China)

Abstract: Trials were conducted to examine the effect of protein levels and protein sources on nitrogen excretion in *Culter alburnus* juveniles. Tested fish were fed 5 isoenergetic semi-purified diets with same relativity of essential amino acid balance and graded levels of protein. And tested fish were fed another five isonitrogenous and isoenergetic semi-purified diets with various relativity of essential amino acid balance formulated by soybean replacing of fish meal protein. The results showed that nitrogen excretion were significantly affected by dietary protein levels ($P < 0.05$), the amount of postprandial ammonia and urea excreted by fish increased linearly and significantly with the protein level of the diet ($P < 0.05$). Mean 24 h postprandial accumulated mean ammonia and urea excretory ratios and excretion peak increased with the increasing of dietary soybean protein level ($P < 0.05$). The ammonia excretion became significantly high when the fish were fed a diet with soybean protein replacing 40.5% of fish meal protein ($P < 0.05$). The excretion rates of endogenous nitrogen of fish had no significant difference among treatments.

Key words: *Culter alburnus*; dietary protein level; soybean meal; nitrogen excretion

现代渔业生产中,人们主要关注饲料对生长的 影响及各种营养物质的吸收利用情况,而很少考虑

收稿日期:2007-09-10

作者简介:王桂芹(1968—),女,副教授,博士; 通讯作者:周洪琪(1942—),女,教授,E-mail:hqzhou@shfu.edu.cn

基金项目:浙江省重大科技攻关项目(2002C12016);浙江省湖州市科技重点项目(2003GN04)

鱼对饲料中营养物质排泄量的多少。鱼类氮排泄与蛋白质的代谢紧密相关,氮排泄的变化可以反映鱼体动用蛋白质的情况^[1-2],但有关蛋白质的质量和数量对鱼类氮排泄的影响的研究罕有系统报道。因此,本文以我国主要肉食性鱼类翘嘴鮊 *Culter alburnus* 幼鱼为研究对象,对其氮排泄与饲料蛋白水平和豆粕替代鱼粉的关系进行研究,为优化翘嘴鮊饲料配方、保护养殖环境提供科学的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验饲料、试验鱼与饲养管理按文献[3]。

1.2 氮排泄试验

从饲养 8 周后的各组中随机取健康鱼 20 尾进行氮排泄试验,代谢瓶(20 L 的圆形塑料桶)盛适量的去氯自来水,给每个代谢瓶连续充气并调节气流一致,以确保试验过程中代谢瓶的溶氧不低于 5 mg · L⁻¹,每组随机抽取 10 尾鱼(体质量见表 1),每 2 条鱼放入一代谢瓶内,即每组 5 个代谢瓶,另设一空白对照瓶。待鱼适应 30 min 后开始试验,试验前投饵,投喂按体质量的 2% ~ 3%,清理残饵,分 2 次投喂(上午 9:00,下午 16:00),无残饵,试验过程中根据水中氨氮的浓度,用新水更换代谢瓶内的水,随时吸取瓶中的粪便以排出干扰。水温控制在 (24 ± 1) °C 左右,溶氧为 0.5 mg · L⁻¹ 以上,每 2 h 测定 1 次,监测 24 h,计算每小时每千克体质量鱼的氨氮和尿素氮的排泄量。监测 24 h 后,对代谢瓶中

的鱼给予连续饥饿,第 5 d 测定代谢瓶中的氨氮和尿素氮浓度作为内源氮排泄。

1.3 测定分析方法

用 Berthlot 脲酶法(上海生物制品研究所试剂盒,中国上海)测定水样中氨氮和尿素氮的浓度,氨氮和尿素氮的计算公式为:

$$U = V \cdot [(\rho_2 - \rho_2^0) - (\rho_1 - \rho_1^0)] / (t \cdot m),$$

式中 U 为排泄率 [mg · (kg)⁻¹ · (h)⁻¹], V 为代谢瓶中水的体积(L), ρ_2 、 ρ_1 分别为终末水样和初始水样的氨氮(尿素氮)的质量浓度 (mg · L⁻¹), ρ_2^0 、 ρ_1^0 分别为终末和初始时空白对照瓶水样的氨氮(尿素氮)的质量浓度 (mg · L⁻¹), m 为鱼体质量(kg), t 为终末水样和初始水样的间隔时间(h)。

1.4 统计分析方法

采用 SPSS(10.0) 软件进行单因素方差分析,用 Duncan's 多重比较分析组间差异显著性程度,饲料蛋白水平和氮排泄率间进行线性相关分析。

2 结果

2.1 饲料蛋白水平对翘嘴鮊氮排泄的影响

饥饿 5 d 后,各组翘嘴鮊日平均氨氮排泄率没有统计学上的显著性差异 ($P > 0.05$)。但摄食鱼 24 h 累计氨氮和尿素氮平均排泄率随饲料蛋白含量的增加而增加 ($P < 0.05$), 尿素氮的排泄亦遵循相似的规律(表 1)。饲料蛋白水平和翘嘴鮊摄食后 24 h 累计的氨氮排泄率线性正相关, $y = 0.6179x - 1.5431$, $R^2 = 0.9283$ (y 为氨氮排泄率, x 为蛋白水平)。

表 1 饲料蛋白水平对翘嘴鮊 24 h 累计氮排泄和内源氮排泄的影响¹⁾

Tab. 1 Effect of dietary protein levels on daily nitrogen excretion rates and endogenous nitrogen in *Culter alburnus*

$w_{\text{饲料蛋白}}$ $w_{\text{dietary protein}}/\%$	体质量 body mass/kg	氨氮 NH ₃ -N /[mg · (kg · h) ⁻¹]	尿素氮 Urea-N /[mg · (kg · h) ⁻¹]	内源氨氮 endogenous NH ₃ -N/[mg · (kg · h) ⁻¹]
31.04	33.70 ± 1.34	18.67 ± 1.57Cc	4.66 ± 0.48Bc	6.12 ± 0.66a
35.51	35.60 ± 2.13	20.25 ± 1.42BCc	5.10 ± 0.70Bc	5.98 ± 0.34a
40.89	39.15 ± 0.86	22.30 ± 4.09BCbc	5.45 ± 0.43Bc	6.45 ± 0.34a
46.62	38.84 ± 1.34	26.47 ± 2.53ABb	7.08 ± 0.71Ab	5.83 ± 0.36a
50.33	37.56 ± 0.63	31.25 ± 3.81Aa	7.97 ± 0.80Aa	6.22 ± 0.33a

1) 表中数据为平均数 ± 标准误,同列数据后不同大写字母表示差异极显著 ($P < 0.01$), 不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), Duncan's 法。

本试验监测摄食后每 2 h 鱼的氮排泄规律。在不同饲料蛋白水平组,上午(9:00)投喂后,各组氨氮排泄均在 6 h 左右同时达到高峰,下午(16:00)投喂后,6 ~ 10 h 达到高峰,且各组都是第 2 峰高于

第 1 峰,随饲料蛋白水平的升高,其达到峰值的时间逐渐延长,各组的峰值也随饲料中蛋白含量的增加而升高。尿素氮也有峰值出现,但无明显规律(表 2)。

表2 饲料蛋白水平对摄食后不同时间翘嘴鮊氨氮和尿素氮排泄的影响¹⁾Tab. 2 Effect of dietary protein levels on postprandial ammonia and urea excretion rates in *Culter alburnus* at different times

<i>w</i> _{饲料蛋白} /%	摄食后不同时间氨氮的排泄率 the postprandial ammonia excretion rates in different time/[mg · (kg · h) ⁻¹]											
	2 h	4 h	6 h	8 h	10 h	12 h	14 h	16 h	18 h	20 h	22 h	24 h
31.04	14.62 ± 1.89de	18.44 ± 5.57bed	19.61 ± 3.12bed [†]	17.33 ± 3.44bcde	19.21 ± 2.01bed	25.4 ± 3.43a ^{††}	22.19 ± 6.51ab	21.82 ± 2.97ab	19.13 ± 2.34bed	15.37 ± 1.56cde	18.17 ± 2.67bc	12.7 ± 4.86e
	15.36 ± 3.10d	19.46 ± 5.11bed	20.3 ± 4.2bed [†]	17.62 ± 2.46cd	19.78 ± 3.67bed	26.57 ± 3.71a ^{††}	23.60 ± 6.65ab	21.61 ± 1.99abc	21.43 ± 2.51abc	23.16 ± 2.67abc	18.58 ± 2.82bcd	15.47 ± 4.44d
40.89	16.99 ± 2.11c	19.85 ± 5.19ab	23.94 ± 5.39ab [†]	19.47 ± 4.5b	19.00 ± 3.84b	21.87 ± 1.23b	29.91 ± 6.26a ^{††}	27.09 ± 3.12ab	27.36 ± 2.57ab	24.71 ± 2.44ab	20.92 ± 2.69b	16.5 ± 5.87b
	18.18 ± 2.37d	23.42 ± 4.1cb	29.6 ± 3.59abc [†]	27.6 ± 3.42cb	26.87 ± 3.18bed	30.21 ± 8.0ab	38.29 ± 6.49a ^{††}	32.15 ± 2.61ab	27.38 ± 3.0bed	24.99 ± 9.32bed	20.92 ± 3.8ed	18.08 ± 8.25d
50.33	19.31 ± 2.5d	25.36 ± 2.46cd	35.62 ± 6.39abc [†]	31.79 ± 5.01bc	31.57 ± 3.14bc	35.07 ± 3.02abc	39.37 ± 6.85ab	43.48 ± 3.85a ^{††}	38.75 ± 4.83ab	29.04 ± 9.97bed	25.56 ± 2.56ed	20.08 ± 11.2d
<i>w</i> _{饲料蛋白} /%	摄食后不同时间尿素氮的排泄率 the postprandial urea excretion rates in different time/[mg · (kg · h) ⁻¹]											
	2 h	4 h	6 h	8 h	10 h	12 h	14 h	16 h	18 h	20 h	22 h	24 h
31.04	2.80 ± 1.66c	4.95 ± 2.85bed	3.91 ± 0.27bed	3.87 ± 0.14bed	3.97 ± 2.11bed	7.00 ± 0.34b	5.52 ± 1.52bed	5.76 ± 1.81bc	6.12 ± 2.59b	4.82 ± 2.14a	4.64 ± 0.10bed	2.52 ± 1.51d
	4.51 ± 1.23bc	4.10 ± 2.25bc	4.31 ± 1.54bc	3.54 ± 2.29c	6.56 ± 1.63bc	7.11 ± 2.52bc	4.82 ± 2.55bc	6.05 ± 2.70a	4.70 ± 2.57bc	5.42 ± 1.47bc	5.83 ± 3.11bc	4.23 ± 3.35bc
40.89	4.32 ± 2.28a	5.20 ± 1.48b	4.94 ± 2.47b	4.88 ± 1.57b	5.03 ± 2.61b	5.16 ± 2.8b	7.16 ± 3.93b	5.89 ± 3.51b	6.19 ± 3.32b	5.73 ± 4.34b	6.81 ± 3.92b	4.09 ± 2.26b
	4.65 ± 1.56c	5.42 ± 2.22bc	9.07 ± 2.66abc	5.56 ± 3.22bc	6.29 ± 3.83bc	9.56 ± 3.50abc	11.96 ± 3.23a	8.38 ± 2.49abc	4.67 ± 3.16c	7.91 ± 4.94abc	5.50 ± 2.89bc	6.01 ± 2.18bc
50.33	5.03 ± 3.91b	3.44 ± 2.12b	9.89 ± 5.54b	8.85 ± 2.60b	6.25 ± 5.0b	8.41 ± 1.63b	13.09 ± 4.96b	9.42 ± 1.53b	10.57 ± 0.36b	8.25 ± 3.03b	7.81 ± 1.88a	4.61 ± 1.47b

1) 表中数据为平均数±标准误,同列数据后不同小写字母示差异显著($P < 0.05$),Duncan'法;在上午投喂后,测定的是2、4、6 h的氮排泄,下午投喂后,测定的是8~24 h的氮排泄,表中上标[†]表示氮排泄的第一峰,^{††}表示第二峰。

2.2 饲料中豆粕替代鱼粉对翘嘴鮊氮排泄的影响

饥饿5 d后,各组翘嘴鮊的日平均氨氮的排泄率没有统计学上的显著性差异($P > 0.05$)。但摄食鱼24 h累积氨氮和尿素氮平均排泄率随饲料大豆蛋白含量的增加而增加,当大豆蛋白水平升高到54.0%时,氨氮的排泄显著高于13.5%和对照组($P < 0.05$),尿素氮没有受到大豆蛋白替代的影响($P >$

0.05)(表3)。

在不同的大豆蛋白替代组中,上午(9:00)投喂后,氨氮排泄6~10 h达到高峰,下午(16:00)投喂后,8~10 h达到高峰,第2峰低于第1峰,且达到峰值的时间随大豆蛋白替代水平的升高而延长,尿素氮亦有峰值,但无明显规律(表4)。

表3 饲料中豆粕替代鱼粉对翘嘴鮊氮排泄的影响¹⁾Tab. 3 Effect of replacement of fish meal by soybean cake on postprandial ammonia and urea excretion rates in *Culter alburnus*

大豆蛋白替代水平 SM replacement level/%	体质量 body mass/kg	氨氮 NH ₃ - N /[mg · (kg · h) ⁻¹]	尿素氮 Urea - N /[mg · (kg · h) ⁻¹]	内源氨氮 endogenous NH ₃ - N/[mg · (kg · h) ⁻¹]
0	39.15 ± 0.86	22.30 ± 4.09b	5.61 ± 0.43a	6.45 ± 0.34a
13.5	40.70 ± 2.93	21.48 ± 2.16b	5.54 ± 0.44a	6.34 ± 0.34a
27.0	39.56 ± 1.97	23.09 ± 2.06ab	5.98 ± 0.38a	6.07 ± 0.34a
40.5	38.17 ± 1.45	24.09 ± 1.92ab	5.68 ± 0.59a	6.21 ± 0.33a
54.0	34.91 ± 1.52	26.37 ± 1.66a	5.88 ± 0.94a	6.76 ± 0.46a

1) 表中数据为平均数±标准误,同列数据后不同小写字母示差异显著($P < 0.05$),Duncan's法。

表4 饲料中豆粕替代鱼粉对摄食后不同时间翘嘴鮊氨氮和尿素氮排泄的影响¹⁾Tab. 4 Effect of replacement of fish meal by soybean cake on postprandial ammonia and urea excretion rates in *Culter alburnus* at different times

大豆蛋白替代水平		摄食后不同时间氨氮的排泄率 the postprandial ammonia excretion rates in different time/[mg · (kg · h) ⁻¹]										
SM replacement level/%	2 h	4 h	6 h	8 h	10 h	12 h	14 h	16 h	18 h	20 h	22 h	24 h
0	16.99 ± 2.11c	19.85 ± 5.19ab	23.94 ± 5.39ab [†]	19.47 ± 4.5b	19.00 ± 3.84b	21.87 ± 1.23b	29.91 ± 6.26a ^{††}	27.09 ± 3.12ab	27.36 ± 2.57ab	24.71 ± 2.44ab	20.92 ± 2.69b	16.5 ± 5.87b
	16.58 ± 5.11cd	20.17 ± 3.82bed	25.15 ± 9.0abc	29.2 ± 2.98a [†]	27.35 ± 4.24ab	19.82 ± 3.15bed	24.01 ± 9.0abcd ^{††}	21.84 ± 3.54abcd	19.61 ± 3.3bcd	21.18 ± 2.56bed	15.83 ± 4.80d	16.98 ± 8.8ed
13.5	16.11 ± 5.1e	22.75 ± 6.36bcde	24.99 ± 8.14abc	32.34 ± 3.93a [†]	29.91 ± 3.46ab	24.36 ± 3.08bed	25.48 ± 8.02abc ^{††}	23.05 ± 3.01bcde	21.13 ± 2.89cde	22.11 ± 2.67cde	17.20 ± 3.18de	17.7 ± 8.73de
	15.26 ± 4.32e	21.87 ± 4.26cde	24.75 ± 8.06bed	27.36 ± 2.36abc	34.39 ± 2.38a [†]	29.46 ± 3.26ab	25.47 ± 7.79bed	27.69 ± 2.83abc ^{††}	23.53 ± 4.03bed	22.47 ± 3.46bcde	18.40 ± 2.34de	18.40 ± 9.39de
27.0	17.10 ± 5.92d	22.09 ± 4.41cd	26.15 ± 4.55bc	32.27 ± 3.63ab	36.18 ± 4.76a [†]	30.22 ± 4.82ab	27.84 ± 6.36bc	28.97 ± 3.15abc ^{††}	23.69 ± 2.62cd	23.52 ± 5.88cd	25.54 ± 4.30cd	22.82 ± 8.55cd
	17.10 ± 5.92d	22.09 ± 4.41cd	26.15 ± 4.55bc	32.27 ± 3.63ab	36.18 ± 4.76a [†]	30.22 ± 4.82ab	27.84 ± 6.36bc	28.97 ± 3.15abc ^{††}	23.69 ± 2.62cd	23.52 ± 5.88cd	25.54 ± 4.30cd	22.82 ± 8.55cd
大豆蛋白替代水平		摄食后不同时间尿素氮的排泄率 the postprandial urea excretion rates in different time/[mg · (kg · h) ⁻¹]										
SM replacement level/%	2 h	4 h	6 h	8 h	10 h	12 h	14 h	16 h	18 h	20 h	22 h	24 h
0	4.32 ± 2.28a	5.20 ± 1.48b	4.94 ± 2.47b	4.88 ± 1.57b	5.03 ± 2.61b	5.16 ± 2.8b	7.16 ± 3.93b	5.89 ± 3.51b	6.19 ± 3.32b	5.73 ± 4.34b	6.81 ± 3.92b	4.09 ± 2.26b
	5.56 ± 1.09abcd	3.19 ± 0.05d	7.27 ± 1.53a	7.52 ± 1.48a	6.10 ± 2.16abc	6.45 ± 3.59abcd	5.83 ± 1.95abcd	5.24 ± 1.35abcd	5.07 ± 1.13abcd	6.25 ± 2.4abc	3.60 ± 1.98cd	4.45 ± 1.23bcd
13.5	5.42 ± 2.06abc	4.88 ± 1.52bc	9.70 ± 4.73a	7.06 ± 1.65abc	3.45 ± 3.58c	7.52 ± 2.64ab	7.02 ± 2.47abc	5.77 ± 1.35abc	3.58 ± 2.26c	7.42 ± 2.15ab	4.24 ± 3.11bc	5.66 ± 3.65abc
	3.86 ± 0.78bc	5.71 ± 0.95abc	2.83 ± 1.35c	6.69 ± 3.58ab	6.31 ± 1.08ab	8.34 ± 1.73a	7.22 ± 1.55a	6.34 ± 1.13ab	6.58 ± 3.11ab	5.90 ± 2.41abe	3.17 ± 1.21c	5.16 ± 1.98abc
27.0	2.9 ± 2.82e	3.44 ± 2.45e	5.19 ± 3.78cde	3.82 ± 0.13de	12.05 ± 1.47a	8.63 ± 1.44b	6.23 ± 3.22bcde	8.1 ± 1.52bc	4.09 ± 2.05de	7.24 ± 2.86bed	3.85 ± 1.79de	5.01 ± 2.63cde
	2.9 ± 2.82e	3.44 ± 2.45e	5.19 ± 3.78cde	3.82 ± 0.13de	12.05 ± 1.47a	8.63 ± 1.44b	6.23 ± 3.22bcde	8.1 ± 1.52bc	4.09 ± 2.05de	7.24 ± 2.86bed	3.85 ± 1.79de	5.01 ± 2.63cde

1)表中数据为平均数±标准误,同列数据后不同小写字母示差异显著($P < 0.05$),Duncan's法;在上午投喂后,测定的是2、4、6 h的氮排泄,下午投喂后,测定的是8~24 h的氮排泄,表中[†]示氮排泄的第1峰,^{††}示氮排泄的第2峰。

3 讨论

3.1 饲料蛋白水平与氮排泄

鱼类蛋白质代谢过程中,用于呼吸代谢底物的氨基酸中的氨基不能被代谢掉,须经过脱氨和转氨被排泄。本试验氨氮排泄率占总氮70.1%~94.0%,即说明氨氮是鱼类氮排泄物的主要成分。一般内源氮排泄是指排泄物中的氮来源于组织蛋白代谢,代表鱼类对蛋白质需求的维持水平,多以短期饥饿后的氨氮排泄来表示。本文是用试验鱼饥饿5 d测得的氨氮排泄率来估计翘嘴鮊内源氮的排泄率,与65 g的鲤鱼 *Labeo rohita* 的内源氮相接近^[2],没有受到饲料蛋白水平的影响。

本试验摄食鱼的氮排泄随着饲料中蛋白质或氮含量的增加而增加。投喂较低蛋白饲料的鱼类氮排泄显著降低是因增加非蛋白消化能,降低氮的排泄,起到节省蛋白的作用,高蛋白水平时,吸收的蛋白质

多被分解,且以氮的形式排泄出去,使蛋白效率下降。这说明对于翘嘴鮊来说,在必须氨基酸模式相同情况下,有一个最佳的饲料蛋白质水平,过高蛋白摄入不能促进生长反而增加代谢负担,增加对养殖环境的压力。这一结论进一步验证了翘嘴鮊饲料的适宜蛋白水平为37.4%~41.0%^[3]。因此,鱼类的理想蛋白质需求应是提供最适的蛋白质沉积率和最小的氮排泄时的蛋白质摄入量。

3.2 饲料氨基酸平衡与氮排泄

鱼类的氮排泄在氮收支中所占的比例最大,是鱼类代谢活动的标志。氮排泄的高低除了因饲料蛋白水平和鱼的种类而异外,还与饲料中各组分的配比平衡有关。多数学者认为,鱼类的氮排泄率与氮摄取率之间的关系为一直线^[4],认为这与蛋白质的质量有关。在大豆蛋白替代鱼粉饲料中,补充赖氨酸可降低虹鳟 *Oncorhynchus mykiss* 氮的排泄但不降低生长^[5]。饲喂鱼粉的欧洲真鲈 *Dicentrarchus labrax* 的氮

排泄率显著低于饲喂 70% 鱼粉加 30% 面筋 (wheat gluten) 的氮排泄^[6]。真鲈饲料中谷物面筋蛋白替代鱼粉蛋白后氮排泄显著增加, 是因为谷物面筋蛋白中亮氨酸含量过高影响氨基酸平衡的结果^[7]。

本试验条件下, 饲料中豆粕适量替代鱼粉对翘嘴鮊的生长及饲料利用没有负面影响, 但过量替代将抑制翘嘴鮊的生长及其对饲料的利用, 大豆蛋白对鱼粉蛋白的最大替代量为 40.5%^[3]。本试验表明在饲料等能、等氮的情况下, 饲料的氨基酸平衡越差, 氮排泄越多, 从而使高豆粕饲料的利用率差, 影响饲料蛋白质的利用。所以只有适量替代才能使饲料氨基酸的配比符合鱼的需求, 降低氮的排泄, 适合鱼的生长。

3.3 摄食后氨氮排泄峰值的时间和强度

鱼类摄食后氮排泄显著增加, 本试验与 Kikuchi 等^[8]对牙鲆 *Paralichthys olivaceus* 及 Carter 等^[9]对草鱼 *Vtenopharyngodon idella* 的研究结果相一致, 唯达到排泄峰值所需的时间因鱼的种类、氮的摄入、温度而异。本试验中大豆蛋白替代组摄食后到氨氮排泄峰值的时间要长于鱼粉蛋白组, 因与鱼粉相比, 来自大豆的非淀粉多糖可延长饲料在肠道中的排空时间^[10], 导致大豆蛋白在消化道中释放的速度可能慢于鱼粉。欧洲真鲈 1 d 饲喂 1 次后 5 h 达到高峰^[6]。排泄的峰值出现的强度与鱼的大小、水温和氮摄入量有关。上午和下午摄食后氨氮的排泄立即增加, 所有各组都有 2 个明显的峰值, 这与饲料的投喂次数有关, 是摄食后蛋白质分解、氨基酸氧化的结果。鱼粉组氨氮排泄的第 2 峰高于其第 1 峰, 鱼粉组第 1 峰出现在第 2 次饲喂前, 可能是蛋白分解和氨基酸氧化叠加的结果。豆粕替代组因大豆蛋白消化率低于鱼粉, 进入肠道吸收合成体蛋白的比例降低, 虽然氨基酸不平衡也导致氮排泄的增加, 但还是氨氮排泄的第 2 峰低于第 1 峰。

参考文献:

- [1] GELINEAU A, MEDALE F. Effect of feeding time on postprandial nitrogen excretion and energy expenditure in rainbow [J]. J Fish Biol, 1998, 52:655-654.
- [2] CHAKRABORTY S C, CHAKRABORTY S. Effect of dietary protein level on excretion of ammonia in Indian major carp, *Labeo rohita* fingerlings [J]. Aquac Nutri, 1998, 4:47-51.
- [3] 王桂芹, 周洪琪, 陈建明, 等. 翘嘴红鮊对饲料蛋白质的营养需求及豆粕对鱼粉的适宜替代量 [J]. 中国水产科学, 2006, 13(2):277-285.
- [4] BEAMISH F W H, THOMAS R. Effects of dietary protein and lipid on nitrogen losses in rainbow trout [J]. Aquac, 1984, 41:359-371.
- [5] ZONGJIA J C, RONALD W H, JAMES L U. Plant protein ingredients with lysine supplementation reduce dietary protein level in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets, and reduce ammonia nitrogen and soluble phosphorus excretion [J]. Aquac, 2003, 218:553-565.
- [6] ROBAINA L, CORRAZE G, AGUIRRE P D, et al. Digestibility, postprandial ammonia excretion and selected plasma metabolites in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed pelleted or extruded diets with or without wheat gluten [J]. Aquac, 1999, 179:45-56.
- [7] BALLESTRAZZI R, LANARI D. The effect of dietary protein level and source on growth, body composition, total ammonia and reactive phosphate excretion of growing sea bass [J]. Aquac, 1994, 127:197-206.
- [8] KIKUCHI K, TAKEDA H, NOGUCHI J H. Nitrogenous excretion of juvenile and young Japanese flounder [J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1993, 58:2329-2333.
- [9] CATYER C G, BRAFIELD A E. The bioenergetics of grass carp, *Vtenopharyngodon idella* the influence of body weight, ration and dietary composition on excretion [J]. J Fish Bull, 1992, 41:533-543.
- [10] STOREBAKKEN T, SHEARER K D, ROEM A J. Availability of protein, phosphorus and other elements in fish meal, soy-protein concentrate and phytase treated soy protein concentrate based diets to Atlantic salmon, *Salmo salar* [J]. Aquac, 1998, 161:365-379.

【责任编辑 柴 焰】