

饲料能量和维生素 B₆ 对乌鳢生长和蛋白质代谢酶活性的影响*

王桂芹¹, 李子平¹, 牛小天¹, 芦洪梅¹, 韩宇田¹, 赵朝阳²

(1. 吉林农业大学动物科技学院, 吉林 长春 130118;

2. 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心//

农业部淡水鱼类遗传育种与养殖生物学重点开放实验室, 江苏 无锡 214081)

摘要: 选择体质量 (10.92 ± 0.42) g 的健康乌鳢 *Channa argus* 为试验鱼。试验一设计 3 个蛋白质水平和三个能量水平的 9 种试验饲料; 试验二设计 3 个蛋白质水平和 3 个维生素 B₆ 水平的 9 种试验饲料, 探讨饲料能量和维生素 B₆ 分别与蛋白质的交互作用对乌鳢生长和蛋白质代谢酶活性的影响。结果表明: 试验 1: 在相同饲料能量水平下, 鱼体增重随能量水平升高而升高, 各器官蛋白酶比活力亦显著提高 ($P < 0.05$)。在相同饲料蛋白质水平下, 鱼体增重先随饲料能量水平从 14.5 MJ/kg 上升到 16 MJ/kg 而升高, 随能量水平再升高而降低。饲料蛋白质水平和能量水平都极显著地影响肝脏中 GPT 的活力 ($P < 0.01$), 饲料能量水平显著影响肝脏中 LDH 的活力以及肌肉中 LDH 和 GPT 的活力 ($P < 0.05$)。蛋能比极显著影响肝脏中 GPT 的活力 ($P < 0.01$)。试验 2: 乌鳢的生长随着饲料蛋白质水平的增加呈先升高后稳定的趋势, 胃、肠和肝脏蛋白酶比活力和肝脏和肌肉中 GPT 的活力都受到显著地影响 ($P < 0.05$), 肝脏和肌肉中 LDH 的活力受到极显著地影响 ($P < 0.01$)。随着维生素 B₆ 的添加, 生长显著增加 ($P < 0.05$), 胃和肝脏蛋白酶比活力极显著增加 ($P < 0.01$)。在同一维生素 B₆ 水平下, 各器官蛋白酶比活力随着饲料蛋白质水平的升高而显著提高 ($P < 0.05$), 肝脏和肌肉中 GPT 和肌肉中 LDH 的活力亦受到极显著地影响 ($P < 0.01$), 肝脏 LDH 的活力亦受到显著地影响 ($P < 0.05$)。在该试验条件下, 适宜蛋能比 (23.3 g/MJ) 能够提高乌鳢对蛋白代谢酶活力, 促进蛋白质代谢, 进而促进生长; 随着饲料蛋白质含量的增加, 适量添加维生素 B₆ (18 ~ 30 mg/kg) 可促进乌鳢对饲料的利用率, 增强蛋白代谢酶的活力, 促进蛋白质代谢, 进而促进生长。

关键词: 乌鳢; 能量; 维生素 B₆; 生长; 蛋白质代谢

中图分类号: S963 **文献标志码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2011) 04-0096-05

Effect of Dietary Energy and Vitamin B₆ on Growth and Enzyme of Protein Metabolism in *Channa argus*

WANG Guiqin¹, NIU Xiaotian¹, LU Hongmei¹, LI Zhiping¹, HAN Yutian¹, ZHAO Chaoyang²

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

2. Key Laboratory of Genetic Breeding and Aquaculture Biology of Freshwater Fishes,

Ministry of Agriculture, Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of

Fishery Sciences, Wuxi 214081, China)

Abstract: Two trails were conducted to investigate the effects of interaction of protein and energy levels and that of protein and vitamin B₆ on growth and enzyme of protein metabolism of snakehead *Channa argus* (initial body weight (10.92 ± 0.42) g). Results of trail 1 indicated that weight gain of the fish increased with the increase of dietary protein level at same dietary energy level, protease specific activity in determined organs also did ($P < 0.05$). Weight gain of the fish increased with the increase of energy

* 收稿日期: 2010-08-17

基金项目: 吉林省重大科技攻关资助项目 (200600215)

作者简介: 王桂芹 (1968 年生), 女, 副教授; E-mail: wgqjlau@yahoo.com.cn

from 14.5 MJ/kg to 16.0 MJ/kg, and then declined with the continuous increase of energy level up to 17.5 MJ/kg at same dietary protein level. Dietary protein and energy level significantly influenced glutamate-pyruvate transaminase (GPT) activity in liver ($P < 0.01$). Protease specific activity in determined organs was positively related with the increasing dietary protein level at the same dietary energy level. Dietary energy level significantly influenced protease specific activity in stomach and liver ($P < 0.01$). Dietary protein level significantly influenced lactate-dehydrogenase (LDH) activity in liver and muscle ($P < 0.01$), dietary energy level significantly influenced glutamate-pyruvate transaminase (GPT) activity in liver ($P < 0.01$) moreover significantly influenced lactate-dehydrogenase (LDH) activity in liver ($P < 0.05$) and LDH, GPT activity in the muscle of snakehead. Dietary energy level significantly influenced lactate-dehydrogenase (LDH) activity in liver and LDH and GPT in muscle ($P < 0.01$). Dietary protein to energy ratio had significant effect on GPT activity in liver ($P < 0.01$). Results of trail 2 indicated that dietary protein levels had significantly improved growth performance then remained stable and significantly influenced on protease specific activity in stomach, Vitamin B₆ had significantly influenced growth rate ($P < 0.05$), protease specific activity in stomach and liver ($P < 0.01$). Protease specific activity in determined organs had significantly improved with the increasing dietary protein levels in same B₆ level ($P < 0.05$), GPT in liver and muscle and LDH activity in muscle did ($P < 0.01$), LDH activity in liver ($P < 0.05$). In the current experient, the optimal protein to energy radio was 23.3 g/MJ and feeds with adequate vitamin B₆ supplementation (18 ~ 30 mg/kg) in proper protein level (34.5% ~ 42.0%) could improve growth performance and enzyme about protein metabolism for *Channa argus*.

Key words: *Channa argus*; energy; vitamin B₆; growth; protien metabolism

蛋白质是鱼类饲料营养物质中的重要组成部分,其代谢和利用是生长的前提和基础,有关对蛋白质代谢的影响因素很多,如罗莉等^[1]研究饲料蛋白质水平对草鱼、邱金海等^[2]研究饲料蛋能对美洲黑石斑幼鱼、罗莉等^[3]研究日粮必需氨基酸模式对草鱼、邢克智等^[4]研究不同维生素组合对点带石斑鱼的影响。鱼类对蛋白质的代谢和利用过程包括消化、吸收、运输、分解、合成和排泄等复杂环节,受到酶、激素和基因的调控,其中蛋白质代谢酶在其消化和吸收等过程中发挥了重要的作用,韩勃等^[5]对黑鲷、吴莉芳等^[6]对埃及胡子鲶、张家国等^[7]对草鱼等研究结果都表明,饲料对鱼消化酶和代谢酶有调控作用,但有关饲料能量和维生素 B₆ 对鱼类蛋白质代谢酶活性的影响报道较少^[8]。本试验选取淡水名特优新品种乌鳢为试验对象,选取饲料能量和维生素 B₆ 两个重要的蛋白质代谢的调控因素,探讨饲料中不同能量水平和不同维生素 B₆ 水平分别与不同蛋白质水平的交互作用对乌鳢生长和蛋白质代谢酶的影响,为揭示鱼类蛋白质代谢的营养调控规律以及在生产上优化配方,节本增效提供科学的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验饲料

不同能量水平和不同蛋白质水平的饲料配方、营养组成及饲料加工检测见文献 [9],不同维生素 B₆ 水平和不同蛋白质水平的饲料配方、营养组成及饲料加工检测见文献 [10]。

1.2 饲养管理

参见文献 [9-10]。

1.3 测定指标

消化酶样品的收集和测定参见文献 [11-12],肝脏和背侧白肌的谷丙转氨酶 (GPT) 和乳酸脱氢酶 (LDH) 的活性测定参见文献 [13]。

1.4 数据处理

采用 SPSS (16.0) 软件进行双因素方差分析,用 Duncan' 多重比较分析组间差异显著性程度。试验数据均以平均值 ± 标准差 (Mean ± SD) 表示。

2 结果

2.1 饲料中不同能量水平和不同蛋白质水平对乌鳢生长和蛋白质代谢酶的影响

饲料中不同能量水平与不同蛋白质水平对乌鳢生长和蛋白酶活力的影响见表 1。在相同饲料可消化能 (DE) 水平下,鱼体增质量随可消化蛋白

(DP) 水平的升高而升高; 在相同饲料 DP 水平下, 鱼体增质量先随饲料 DE 水平从 14.5 MJ/kg 上升到 16 MJ/kg 而升高, 随后随 DE 水平升高而降低。胃、肠和肝脏蛋白酶比活力受到饲料蛋白质水平的极显著地影响 ($P < 0.01$), 在同一能量水平下, 胃、肠道和肝脏蛋白酶比活力随着饲料蛋白质水平的提高而显著提高。饲料能量水平极显著地影响胃和肝脏蛋白酶比活力 ($P < 0.01$), 在中高蛋白组, 胃蛋白酶的活力随着能量的增加而逐渐降低, 但差异不显著 ($P > 0.05$)。肠道蛋白酶比活力没有显著的规律变化, 能量对其影响不显著 ($P > 0.05$), 胃、肠和肝脏蛋白酶比活力没有受到饲料能量和蛋白质交互作用的显著影响 ($P > 0.05$)。

饲料中不同能量水平和不同蛋白质水平对乌鳢肝和肌肉中氨基酸代谢酶的影响见表 1。饲料蛋白质水平极显著地影响肝脏和肌肉中 LDH 的活力 ($P < 0.01$)。随着蛋白质水平的提高, 胃、肠和肝脏 LDH 和 GPT 的活力都显著提高。饲料能量水平极显著地影响肝脏中 GPT 的活力 ($P < 0.01$), 显著地影响肝脏中 LDH 的活力以及肌肉中 LDH 和 GPT 的活力 ($P < 0.05$)。蛋能比极显著地影响肝脏中 GPT 的活力 ($P < 0.01$), 对肝脏中 LDH 的活力以及肌肉中 LDH 和 GPT 的活力均无显著影响 ($P > 0.05$)。

2.2 饲料中不同维生素 B₆ 水平和不同蛋白质水平对乌鳢生长和蛋白质代谢酶的影响

饲料中不同维生素 B₆ 水平与不同蛋白质水平的交互作用对乌鳢生长和蛋白酶活力的影响见表 2。乌鳢的生长随着饲料蛋白质水平的增加呈先升高后稳定的趋势。生长亦随着维生素 B₆ 的添加而显著增加 ($P < 0.05$)。胃、肠和肝脏蛋白酶比活力极显著地受到饲料蛋白质水平的影响 ($P < 0.05$), 在同一维生素 B₆ 水平下, 胃、肠和肝脏蛋白酶比活力随蛋白质水平的提高而显著增加。饲料中维生素 B₆ 极显著地影响胃和肝脏蛋白酶比活力 ($P < 0.01$), 但对肠道蛋白酶比活力没有显著影响 ($P > 0.05$), 胃、肠和肝脏蛋白酶比活力亦没有受到饲料蛋白质和维生素 B₆ 的交互作用的显著影响 ($P > 0.05$)。

饲料中不同维生素 B₆ 水平与不同蛋白质水平的交互作用对乌鳢肝和肌肉中氨基酸代谢酶的影响见表 2。肝脏和肌肉中 LDH 的活力受到饲料蛋白质水平的极显著影响 ($P < 0.01$), 肝脏和肌肉中 GPT 的活力受到其显著影响 ($P < 0.05$), 在同一维生素 B₆ 水平下, 胃、肠和肝脏 LDH 和 GPT 的活力随着饲料蛋白质水平的提高而显著提高 ($P < 0.05$)。肝脏和肌肉中 GPT 的活力和肌肉中 LDH 的活力均受到饲料中维生素 B₆ 水平的极显著影响 ($P < 0.01$), 肝脏 LDH 的活力受到其显著影响 ($P < 0.05$)。胃、肠和肝脏 LDH 和 GPT 的活力没有受到饲料蛋白质和维生素 B₆ 的交互作用的显著影响 ($P > 0.05$)。

表 1 饲料能量和蛋白质对乌鳢生长和蛋白质代谢酶活力的影响¹⁾

Table 1 Effect of dietary protein and energy level on growth and enzyme of protein metabolism of *Channa argus*

组别	特定增长率/ (% · d ⁻¹)	胃蛋白酶/ (U · mg ⁻¹)	肠道蛋白酶/ (U · mg ⁻¹)	肝脏蛋白酶/ (U · mg ⁻¹)	肝脏		肌肉	
					GPT/(U · g ⁻¹)	LDH/(U · g ⁻¹)	GPT/(U · g ⁻¹)	LDH/(U · g ⁻¹)
L ₁	2.18 ± 0.06 ^{ab}	114.45 ± 5.52 ^{bc}	168.39 ± 11.41 ^a	54.62 ± 3.65 ^a	188.48 ± 23.23 ^b	82.36 ± 9.9 ^a	63.17 ± 16.18 ^a	158.62 ± 13.6 ^{ab}
L ₂	2.28 ± 0.06 ^{bc}	110.06 ± 5.71 ^{ab}	163.26 ± 11.62 ^a	56.83 ± 4.09 ^{ab}	224.19 ± 30.54 ^{bc}	92.13 ± 5.6 ^{ab}	77.62 ± 12.21 ^{abc}	170.63 ± 20.84 ^{abc}
L ₃	2.06 ± 0.14 ^a	103.88 ± 2.7 ^a	170.06 ± 7.58 ^a	63.17 ± 3.54 ^b	132.43 ± 12.94 ^{ab}	78.62 ± 7.71 ^a	54.68 ± 7.48 ^a	141.42 ± 10.23 ^a
M ₁	2.21 ± 0.08 ^{ab}	125.36 ± 2.59 ^d	194.61 ± 8.3 ^b	72.44 ± 2.28 ^c	194.61 ± 25.56 ^b	88.33 ± 8.60 ^{ab}	68.54 ± 14.73 ^{ab}	167.98 ± 13.53 ^{abc}
M ₂	2.46 ± 0.07 ^d	124.64 ± 2.61 ^{cd}	200.65 ± 15.58 ^{bc}	79.62 ± 4.65 ^{cde}	256.73 ± 33.9 ^c	99.35 ± 7.00 ^b	98.77 ± 15.41 ^{cd}	194.23 ± 17.27 ^c
M ₃	2.27 ± 0.07 ^{bc}	121.39 ± 6.28 ^{cd}	195.78 ± 12.38 ^b	74.58 ± 3.81 ^{cd}	229.74 ± 15.46 ^{bc}	90.16 ± 6.92 ^{ab}	88.96 ± 15.15 ^{bcd}	181.78 ± 10.82 ^{bc}
H ₁	2.24 ± 0.09 ^{bc}	141.51 ± 5.6 ^e	221.51 ± 4.25 ^d	81.62 ± 3.97 ^{de}	203.27 ± 20.09 ^b	92.47 ± 5.15 ^{ab}	72.36 ± 13.19 ^{ab}	173.62 ± 10.65 ^{bc}
H ₂	2.39 ± 0.09 ^{cd}	137.22 ± 12.09 ^e	217.36 ± 12.08 ^{cd}	85.88 ± 5.65 ^e	226.34 ± 23.04 ^{bc}	100.21 ± 6.98 ^b	90.43 ± 13.04 ^{bcd}	198.57 ± 19.29 ^c
H ₃	2.30 ± 0.10 ^{bcd}	132.18 ± 2.38 ^{de}	216.52 ± 6.94 ^{cd}	86.11 ± 5.38 ^e	257.32 ± 21.29 ^{bc}	96.83 ± 8.54 ^b	104.75 ± 10.88 ^d	189.37 ± 28.04 ^{bc}
统计分析(P 值)								
蛋白质的影响	0.004	0.000	0.000	0.000	0.001	0.009	0.003	0.003
能量的影响	0.001	0.031	0.976	0.039	0.006	0.027	0.011	0.039
二者交互作用	0.275	0.889	0.812	0.282	0.002	0.803	0.087	0.484

1) 同列数据后标不同小写字母者表示差异显著 ($P < 0.05$)

3 讨论

3.1 饲料能量和蛋白质水平与乌鳢生长及蛋白质代谢酶的活性

一般而言, 鱼类蛋白质消化酶和代谢酶活性越高, 其对营养物质的消化吸收和利用的能力越强, 从而提高其生长发育的速度, 本试验乌鳢蛋白消化酶、GPT 和 LDH 活力与其生长有相同的趋势亦表

明这一点。同时当饲料成分发生变化时, 鱼类能通过相应的反应来调控生长。对埃及胡子鲶^[6]和草鱼^[7]等研究都表明, 在一定范围内, 随着饲料蛋白质水平的提高, 鱼类蛋白消化酶亦随之升高, 然后随其再升高而呈稳定趋势, 表明鱼类消化酶活性与摄食饲料性质相适应, 饲料蛋白质可在一定程度上诱导蛋白质消化酶和代谢酶的产生, 从而促进蛋白质的代谢、利用乃至生长。本试验也得到了类似的结果。日粮中的蛋白质降解成氨基酸后主要通过转

氨基和脱氨基进一步在体内代谢和转化。鱼类主要是通过联合脱氨基作用满足机体脱氨基的需要。氨基酸代谢时, GPT 和 LDH 是其代谢的两个关键酶, 它们的活力大小反映了氨基酸代谢强度的大小。本试验结果表明无论是 GPT 还是 LDH 活力都随着饲料蛋白质水平的提高而提高, 且在适宜蛋能比时最大, 表明适宜蛋能比促进氨基酸的代谢和蛋白质的合成, 周兴华^[14]对齐口裂腹鱼的研究亦证实这一点。

表2 饲料中维生素 B₆ 和蛋白质水平对乌鳢生长和蛋白质代谢酶的影响¹⁾

Table 2 Effect of dietary protein level and vitamin B₆ on growth and protease enzyme of protein metabolism of *Channa argus*

组别	特定增长率 /(%·d ⁻¹)	胃蛋白酶 /(U·mg ⁻¹)	肠道蛋白酶 /(U·mg ⁻¹)	肝脏蛋白酶 /(U·mg ⁻¹)	肝脏		肌肉		
					GPT/(U·g ⁻¹)	LDH/(U·g ⁻¹)	GPT/(U·g ⁻¹)	LDH/(U·g ⁻¹)	
L ₁	2.10 ± 0.06 ^a	108.22 ± 4.49 ^a	166.49 ± 6.90 ^a	52.15 ± 4.53 ^a	111.97 ± 7.65 ^a	82.16 ± 7.93 ^{ab}	50.59 ± 5.35 ^a	151.80 ± 13.20 ^{bc}	
L ₂	2.18 ± 0.10 ^{ab}	112.36 ± 9.58 ^a	172.86 ± 14.74 ^a	56.57 ± 3.09 ^{ab}	180.53 ± 26.52 ^{bc}	74.16 ± 6.81 ^a	70.06 ± 2.36 ^{bc}	140.81 ± 8.75 ^{ab}	
L ₃	2.31 ± 0.08 ^{bc}	116.16 ± 7.70 ^{ab}	178.71 ± 11.84 ^a	60.65 ± 2.93 ^b	242.35 ± 35.26 ^{de}	71.03 ± 8.64 ^a	99.82 ± 10.17 ^d	131.39 ± 9.60 ^a	
M ₁	2.37 ± 0.07 ^{cd}	124.40 ± 6.96 ^{bc}	201.38 ± 10.70 ^b	68.89 ± 2.89 ^c	131.49 ± 17.85 ^{ab}	83.56 ± 4.93 ^{abc}	61.02 ± 5.17 ^{ab}	166.65 ± 5.20 ^c	
M ₂	2.46 ± 0.10 ^{de}	131.22 ± 1.95 ^c	205.55 ± 5.78 ^{bc}	72.75 ± 5.10 ^{cd}	148.79 ± 42.51 ^{ab}	78.11 ± 6.78 ^{ab}	85.48 ± 9.90 ^c	153.52 ± 9.26 ^{bc}	
M ₃	2.52 ± 0.06 ^e	132.51 ± 5.63 ^{cd}	208.87 ± 9.04 ^{bc}	75.93 ± 2.44 ^{de}	240.48 ± 36.20 ^{de}	71.26 ± 6.55 ^a	105.28 ± 10.08 ^d	143.13 ± 7.58 ^{ab}	
H ₁	2.47 ± 0.07 ^{de}	142.92 ± 6.30 ^{de}	221.21 ± 9.17 ^c	80.97 ± 4.70 ^{ef}	140.27 ± 18.98 ^{ab}	101.56 ± 8.44 ^d	59.51 ± 9.59 ^{ab}	202.77 ± 6.91 ^d	
H ₂	2.53 ± 0.07 ^e	144.95 ± 5.31 ^e	223.00 ± 8.17 ^c	84.21 ± 5.37 ^f	203.18 ± 22.14 ^{cd}	96.12 ± 7.07 ^{cd}	80.96 ± 5.08 ^c	195.14 ± 10.40 ^d	
H ₃	2.58 ± 0.03 ^e	145.28 ± 5.81 ^e	223.50 ± 8.93 ^c	86.49 ± 2.88 ^f	273.34 ± 14.73 ^e	90.32 ± 7.32 ^{bcd}	112.83 ± 9.41 ^d	188.89 ± 10.48 ^d	
统计分析(P 值)									
蛋白质的影响	0.000	0.000	0.000	0.000	0.044	0.000	0.027	0.000	
维生素 B ₆ 的影响	0.002	0.008	0.306	0.004	0.000	0.012	0.000	0.001	
二者交互作用	0.739	0.967	0.939	0.976	0.523	0.993	0.757	0.929	

1) 同列数据后标不同小写字母者表示差异显著 ($P < 0.05$)

3.2 饲料蛋白质与维生素 B₆ 水平与乌鳢生长及蛋白质代谢酶的活性

维生素 B₆ 是辅酶磷酸吡哆醛的前体物质, 参与转氨、脱氨和脱硫等代谢过程, 促进酪氨酸和含硫氨基酸的代谢, 从而增加氨基酸的吸收速度和吸收率, 提高饲料蛋白质的利用效率^[15]。动物体内维生素 B₆ 的营养状况可通过各种组织和器官中转氨酶的活力来间接反映, 饲料中缺乏维生素 B₆ 可降低肌肉中 GPT 的活力, 饲料中添加维生素 B₆ 能够加速氨基酸的代谢和蛋白质的合成^[16]。本试验在维生素 B₆ 适宜需求量的基础上继续添加, 结果乌鳢肝脏 GPT 活力随着饲料中蛋白质水平的升高而呈现上升趋势, 随着饲料中维生素 B₆ 水平的升高, 肝 GPT 活力亦呈上升趋势。王锦林等^[17]亦报道, 在异育银鲫幼鱼饲料中添加维生素 B₆, 其组织中氨基酸代谢酶的活力能够反映维生素 B₆ 的准确需要量。说明维生素 B₆ 作为转氨酶的辅酶, 氨基酸代谢酶活力的高低在一定程度上能反映机体蛋白质的营养状况。表明在本试验条件下, 在增加饲料蛋白质水平的基础上进一步添加维生素 B₆ 可促进乌鳢蛋白消化酶和氨基酸代谢酶的活性, 促进蛋

白质代谢, 从而促进生长。

参考文献:

- [1] 罗莉, 叶元土, 林仕梅. 相同 EAA 模式下不同日粮蛋白水平对草鱼肌肉、肝胰脏蛋白周转代谢的影响[J]. 动物营养学报, 2002, 14(3): 24-28.
- [2] 邱金海. 饲料蛋白水平和能蛋比对美洲黑石斑幼鱼生长的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2009, 44(4): 50-58.
- [3] 罗莉, 叶元土, 林仕梅, 等. 日粮必需氨基酸模式对草鱼生长及蛋白质周转的影响[J]. 水生生物学报, 2003, 27(3): 278-282.
- [4] 邢克智, 陈成勋, 白东清, 等. 不同维生素组合对点带石斑鱼生长性能的影响[J]. 中国饲料, 2009, 9: 32-36.
- [5] 韩勃, 宋丽平. 饲料淀粉水平对淡水黑鲟生长和消化酶活性的影响[J]. 上海海洋大学学报, 2010, 19(2): 207-213.
- [6] 吴莉芳, 秦贵信, 孙泽威, 等. 饲料中去皮豆粕替代鱼粉对埃及胡子鲶消化酶活力和肠道组织的影响[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2010, 49(4): 99-105.

(下转第 105 页)

- [5] 刘永,温有锋,席焕久西藏藏族 mtDNA CO II/tRNALys 基因间区9-bp 缺失多态性[J]. 武警医学,2007,18(2):100-103.
- [6] 许丽萍,徐玖瑾,朱苏玲,等. 中国10个人群中Y染色体Alu序列的多态分布[J]. 科学通报,1998,43(8):843-846.
- [7] 孙宏钰,黄艳梅,等. 中国6群体线粒体DNA Region V 缺失多态性研究[J]. 中山大学学报:医学科学版,2004,25(4):308-310.
- [8] 周瑞霞,安黎哲,伊琳,等. 甘肃3个特有少数民族回族和汉族DYS287/DYS19的遗传多态性研究[J]. 兰州大学学报,2006,42(2):38-42.
- [9] 柯越海,宿兵,李宏宇,等. 染色体遗传学证据支持现代中国人起源于非洲[J]. 科学通报,2001,5(02):40-41.
- [10] 钱亚屏,初正韬,卫灿东,等. 中国云南五个民族DYS287位点多态性的调查[J]. 中华医学遗传学杂志,1999,6(6):381-382.
- [11] YAO Y G, WATKINS W S, ZHANG Y P. Evolutionary history of the mtDNA 9-bp deletion in Chinese populations and its relevance to the peopling of east and south-east Asia[J]. Hum Genet, 2000, 107(5): 504-512.
- [12] CHU J Y, HUANG W, KUANG S Q, et al. Genetic relationship of populations in China[J]. PNAS, 1998, 95: 11763-11768.
- [13] YAO Y G. Gene admixture in the silk road of China-evidence from mtDNA and melanocortin 1 receptor polymorphism[J]. Genes Genet Synt, 2000, 75: 173.
- [14] THOMAS M C. Molecular instability in the mtDNA CO II/tRNA^{lys} intergenic region of the human mitochondrial genome: multiple origins of the 9-bp deletion and heteroplasmy for expanded repeats[J]. Phil Trans R Soc Lond B, 1988, 353: 955.
- [15] 李辉,潘方芳,张敏华,等. 滇西北8个民族群体面貌特征观察的聚类分析[J]. 复旦学报:自然科学版,2001,4(6):568-576.
- [16] PEREZ I A. Sex-specific migration patterns in central Asian populations, Revealed by Analysis of Y2 Chromosome Short Tandem Repeats and mtDNA[J]. Am J Hum Genet, 1999, 65: 208-219.
- [17] 陈阳. 从父系遗传角度进行中国西部少数民族源流研究[D]. 武汉:中国协和医科大学中国医学科学院硕士研究生学位论文,2005.
- [18] HAMMER M F. A recent insertion of an Alu element on the Y chromosome is a useful marker for human population studies[J]. Mol Bio Evol, 1994, 11(5):749-761.

(上接第99页)

- [7] 张家国,师哲,王义强. 不同蛋白、能量比饲料与草鱼消化酶的关系[J]. 上海水产大学学报,1997,6(1):54-56.
- [8] GIRI I N A, TESHIMA, KANAZAWA A. Effects of dietary pyridoxine and protein levels on growth, vitamin B₆ content, and free amino acid profile of juvenile *Penaeus japonicus* [J]. Aquac, 1997, 157: 263-275.
- [9] 朱兴华,王桂芹. 饲料能量和蛋白水平对乌鳢生长、饲料利用和体组成的影响[J]. 饲料工业,2011,32(2):14-18.
- [10] 王桂芹,李子平,闫先春,等. 饲料蛋白质与维生素B₆对乌鳢生长和体组成的影响[J]. 上海交通大学学报,2010,28(2):114-121.
- [11] 王桂芹,周洪琪,杨建光,等. 翘嘴红鲌消化酶特性的研究[J]. 吉林农业大学学报,2006,28(2):213-221.
- [12] 赵东海. 饲料蛋白水平对鳊鱼实验种群胃肠道消化酶活性的影响[J]. 河北渔业,2004,2:10-15.
- [13] 王桂芹,李子平,牛小天,等. 饲料中蛋白质与维生素B₆水平及其互作对乌鳢蛋白质代谢的影响[J]. 中国饲料,2010,1:33-36.
- [14] 周兴华,王友慧,郑曙明,等. 饲料蛋白质和能量水平对齐口裂腹鱼生长、体组成和蛋白质利用的影响[J]. 水生生物学报,2007,31(3):431-436.
- [15] ALBREKTSEN S, HAGVE T A, LIE Q. The effect of dietary vitamin B₆ on tissue fat contents and lipid composition in livers and gills of Atlantic salmon (*Salmo salar*) [J]. Comp Biochem Physiol A, 1994, 109(2):403-411.
- [16] 冯秀妮,张文兵,麦康森,等. 饲料中维生素B₆对皱纹盘鲍幼鲍蛋白质代谢的影响[J]. 海洋科学,2006,30(10):52-60.
- [17] 王锦林,朱晓鸣,雷武,等. 异育银鲫幼鱼对饲料中维生素B₆需求量的研究[J]. 水生生物学报,2011,35(1):98-104.