

不同蛋白水平对犊牛消化代谢及血清生化指标的影响

李 辉, 刁其玉, 张乃锋, 屠 焰, 王吉峰

(中国农业科学院饲料研究所, 北京 100081)

摘要: 【目的】研究蛋白水平对犊牛生长发育、营养物质消化吸收及血清生化代谢的影响。【方法】选取 9 头新生荷斯坦公犊牛, 分为 A、B、C 3 组, 分别饲喂等能值粗蛋白含量为 18%、22%及 26%的 3 种代乳品。分别在犊牛 12~20 日龄、22~30 日龄、32~40 日龄、42~50 日龄和 52~60 日龄期间进行五期消化代谢试验。【结果】3 组犊牛 11~61 日龄内各生长指标变化曲线相似, 22%组犊牛增重速度比 18%、26%组分别高 9.75%、24.19%。随日龄增长犊牛对 DM 的消化率逐渐下降, 对 EE 的消化率略有上升, 对日粮氮的消化率有上升趋势; 3 组犊牛对日粮氮的平均消化率分别为 69.39%、75.36%及 74.55%。日粮钙磷的消化率和存留率全期内趋于稳定, 26%组犊牛对日粮磷的平均消化率为 63.83%, 显著低于 18%组的 70.40%及 22%组的 69.73%。22%组血清 TP、ALB、GLOB 含量均显著高于其它两组; 血清 GLU 含量以 22%组为最高, 试验结束时 22%组为 $5.38 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, 显著高于 18%组的 $3.71 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 及 26%组的 $4.09 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。【结论】蛋白质水平和不同生理阶段影响犊牛生长性能、消化代谢及血清生化指标, 22%蛋白含量组犊牛的相关性能优于其它两组。

关键词: 犊牛; 蛋白水平; 代乳品; 表观消化率; 存留率

Effect of Different Protein Levels on Nutrient Digestion Metabolism and Serum Biochemical Indexes in Calves

LI Hui, DIAO Qi-yu, ZHANG Nai-feng, TU Yan, WANG Ji-feng

(Feed Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract: 【Objective】The current study was performed to examine the effects of different protein levels on growth, nutriment digestion and absorption as well as blood serum biochemical parameters in calves. 【Method】Nine healthy new born calves were selected, randomly divided into 3 groups (labeled as groups A, B and C) and fed with three kinds of milk replacers that contain 18%, 22% or 26% of protein, respectively. Five period-digestion-metabolism trials were taken between 12-20 days, 22-30 days, 32-40 days, 42-50 days and 52-60 days after birth. 【Result】All three groups showed similar growth curve during 11 to 61 days of experiment, however, the growth rate of group B was 8.89% higher than that of group A and 19.48% higher than that of group C, respectively. As age increased, the apparent digestibility of DM declined gradually and the apparent digestibility of EE rose slightly, whereas the apparent digestibility and retention of N showed a trend of increase. Compared with groups B and C, calves in group A had a poor performance in the apparent digestibility of DM, EE and N. The average apparent digestibilities of N in the tested groups were 69.39%, 75.36% and 74.55%, respectively. Both the apparent digestibility and retention of Ca, P went steadily throughout the whole trials, but the average apparent digestibility of P in group C was only 63.83% which was markedly lower than that of group A (70.40%) and group B (69.73%). In addition, the blood serum levels of TP, ALB and GLOB of group B were greater than those in groups A and C. The serum urea content in group A, on the other hand, was significantly lower than that in the other two groups. The highest Glu concentration was found in group B ($5.38 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) as compared to groups A ($3.71 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) and C ($4.09 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) at the end of the trials. 【Conclusion】The protein levels in the milk replacer affected the digestion metabolism of nutrition and the serum biochemical parameters of calves at different physiological phases. Calves fed with 22% CP milk replacer had a better growth performance than the other groups.

收稿日期: 2006-11-22; 接受日期: 2007-02-14

基金项目: 科技部新产品研究计划 (2005EC000007)

作者简介: 李 辉 (1982-), 男, 山东聊城人, 博士研究生, 研究方向为反刍动物生理营养。E-mail: lihui8228@163.com。通讯作者刁其玉 (1958-), 男, 山东文登人, 研究员, 研究方向为反刍动物营养生理、幼畜生理营养。Tel: 010-68975843; E-mail: diaoqiyou@mail.caas.net.cn

Key words: Calves; Protein levels; Milk replacer; Apparent digestibility; Retention

0 引言

【研究意义】培育犊牛的传统方式是让出生后的犊牛吃母乳直至 60~90 日龄断奶, 在一个哺乳期内犊牛会消耗近 400 kg 鲜奶。对犊牛实施早期断奶, 饲喂代乳品是节约鲜奶、降低培育成本、促进犊牛发育的有效方法。代乳品中蛋白质水平是一个重要因素, 涉及到幼畜的生长发育、营养物质利用和机体免疫等多种性能与指标。【前人研究进展】目前, 对犊牛代乳品的研究主要侧重于应用效果^[1,2]、蛋白来源^[3-11]、早期断奶^[12-14]等方面, 而在犊牛哺乳期对营养物质的消化代谢规律方面的研究少有报道。【本研究切入点】中国哺乳期犊牛的营养需要量多为推荐量或估计值, 由于在遗传潜力、饲养水平和环境条件等各方面均与国外存在较大差异, 因此, 有必要在中国的环境条件下研究犊牛的生长发育及营养物质消化代谢规律。【拟解决的关键问题】本试验以中国荷斯坦犊牛为试验动物, 分别饲喂 3 种蛋白水平的代乳品, 旨在研究犊牛哺乳期营养物质消化特点和不同蛋白质水平对血清学指标的影响, 为犊牛营养需要量和物质消化规律的建立提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物与日粮

选 9 头新生荷斯坦公犊牛, 按体重和出生时间一致原则分成 3 组, 每组 3 头, 分别饲喂等能值蛋白含量为 18%、22% 及 26% 的 3 种犊牛代乳品, 记为 A、B 和 C 组。试验日粮营养成分分析见表 1。

1.2 饲养管理

3 组犊牛分圈饲养, 每头犊牛占地约 3 m², 保证

表 1 代乳品营养成分表

Table 1 Nutrient level of milk replacers

项目 Items	营养水平 Nutrient level		
	A	B	C
能量 ME (MJ·kg ⁻¹)	17.84	17.82	17.79
粗蛋白 CP(%)	18.00	22.05	25.98
粗脂肪 EE(%)	15.55	15.51	15.54
钙 Ca(%)	1.54	1.52	1.48
总磷 P(%)	0.67	0.68	0.68

能量为计算值

ME data were calculated

牛舍的卫生。试验犊牛出生后 5 日龄内饲喂初乳, 日饲喂量为初生重的 8%。自 6 日龄始饲喂相应代乳品日粮, 过渡至 11 日龄只喂代乳品。每日分 3 次饲喂(08:30、14:00、20:30), 代乳品用煮沸后冷却到 40~50℃ 的热水按干物质占 12.5% 的比例冲泡, 使之成为乳液饲喂犊牛, 饲喂后补充饮水。日饲喂量为犊牛体重的 10%, 并随犊牛体重增长及时调整。

1.3 试验设计

试验采用单因子设计。代谢试验共分 5 期进行, 具体时间为:

第 1 期: 12~20 日龄;

第 2 期: 22~30 日龄;

第 3 期: 32~40 日龄;

第 4 期: 42~50 日龄;

第 5 期: 52~60 日龄。

每期 8 d, 前 5 d 为预饲期, 后 3 d 为正式期。

1.4 样品采集

采用全收粪尿法。详细记录每头犊牛每日实际排粪量, 采集总量的 10% 作为混合样品, 然后每 100 g 鲜粪加入 10% 的稀盐酸 10 ml 固氮, -20℃ 冷冻保存, 待测。每头犊牛每日排尿全部收集混匀后, 按每日总量的 1% 取样, 倒入尿样瓶中, 用 10% 的稀盐酸调整尿样 pH≤3 后, 立即冷冻保存, 备用。

颈静脉取血。犊牛 21、31、41、51、61 日龄时采集血样, 在早晨第 1 次饲喂前, 由颈静脉抽血约 10 ml, 倾斜放置至析出血清后, 3 000 r/min 离心 10 min, 收集血清于试管中, 低温冷藏, 待测。

1.5 测定指标与方法

生长性能指标: 分别称量犊牛初生重、11、21、31、41、51 及 61 日龄的体重, 同时测量犊牛的体长、斜长、体高、胸围和管围。

样品分析: 分析测定饲料样品、粪样中的干物质(DM)、粗蛋白(CP)、粗脂肪(EE)、钙(Ca)、总磷(P)的含量, 及尿氮(N)、尿钙、尿磷含量。DM: 用风干法测定; 饲料 CP、粪 N、尿 N: 参考 GB/T 6432-94 测定^[15]; 粗脂肪: 参考 GB/T 6433-2006 测定^[16]; 饲料钙、粪钙、尿钙: 参考 GB/T 6436-2002 测定^[17]; 饲料总磷、粪磷、尿磷: 参考 GB/T 6437-2002 测定^[18]。

血清指标: 血清样品在北京市海淀区医院检验科生化室使用奥林巴斯 Au-600 全自动生化分析仪进行下

列指标的测定: 血清尿素氮 (BUN) 采用尿素酶法; 血糖 (GLU) 采用酶连续测定法 (GOD-PAP 法); 总蛋白 (TP) 采用双缩脲法; 白蛋白 (ALB) 采用溴甲酚绿法; 球蛋白 (GLOB) 采用总蛋白和白蛋白差减法。

1.6 统计方法

试验数据应用 SPSS11.5 统计处理软件 ANOVA 和 GLM 进程进行方差分析, 差异显著性则用 DUNCAN 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 生长性能

试验犊牛体重、体尺等生长性能变化见表 2。3 组犊牛全期增重分别为 14.97、16.43 及 13.23 kg, 其中 22% 蛋白组犊牛增重速度比 18% 组高 9.75%, 比 26% 组高 24.19%, 表明蛋白质水平对犊牛生长发育有显著影响。体长的变化规律与体重相似, 随日龄的增

长呈线性上升, 而且 22% 蛋白组优于 26%、18% 蛋白两组。各组犊牛的体高在 31 日龄以前均表现为快速增长, 31 日龄后趋于平稳, 试验结束时各组无显著性差异 ($P>0.05$)。管围的变化规律与体高相似, 呈曲线增长。胸围的变化规律与体高、管围相反, 在 31 日龄以前增长较小, 但 31 日龄以后, 各组犊牛的胸围值均快速增加。在试验结束时各组犊牛胸围值分别达到 93.00、94.67 及 93.33 cm。

2.2 营养物质消化代谢

表 3 为犊牛不同生长阶段对营养物质的消化代谢。试验犊牛对日粮 N 的消化率随日龄增长而呈上升趋势。从试验全程来看, 22% 蛋白组变化较为平稳, 整个试验期内无显著差异 ($P<0.05$)。12~20 日龄期间 22% 蛋白组 N 的消化率为 76.34%, 显著高于 18% 组的 64.32% 和 26% 组的 65.32% ($P<0.05$)。在全期内不同蛋白质水平日粮 N 的消化率差异不显著 ($P>0.05$)。

表 2 不同蛋白水平对犊牛生长性能的影响

Table 2 Effects of different CP levels on growth performance of calves

项目 Items	处理组 Treatments	日龄 Days						
		1	11	21	31	41	51	61
体重 Body weight	A	42.50±7.00	44.83±6.33	46.57±6.21	47.37±6.02	52.57±6.74	54.17±6.00	57.47±7.62
	B	44.50±4.36	48.50±3.46	49.40±2.52	52.10±2.69	55.63±6.09	58.77±5.61	60.93±5.60
	C	45.40±1.39	48.37±1.45	46.57±2.52	49.43±2.57	51.03±2.54	56.03±3.91	58.63±4.50
体长 Body aclinic length	A	61.67±1.16	63.67±1.16a	64.67±1.53	65.00±1.00b	67.33±1.53	68.00±3.61	71.33±2.52
	B	61.67±2.52	61.33±0.58b	64.33±0.58	68.00±1.00a	68.33±2.89	73.00±1.00	74.00±1.00
	C	60.33±1.16	62.67±0.58	63.67±0.58	65.67±0.58b	65.00±2.65	70.33±2.08	73.67±1.53
斜长 Body length	A	67.33±2.52	69.33±2.52	70.33±1.53	70.67±1.16	74.00±1.00	73.33±3.06	76.67±2.52
	B	67.33±3.06	66.33±2.31	70.00±2.00	73.67±2.08	73.67±2.31	76.00±1.00	78.33±2.52
	C	64.33±0.58	67.67±0.58	69.67±1.16	71.00±1.00	71.33±3.79	75.00±1.73	77.67±1.53
体高 Body height	A	72.33±1.53	76.00±2.65	79.00±2.65	80.67±2.08	82.00±3.00	82.67±3.06	83.00±2.65
	B	72.67±0.58	77.33±1.16a	79.67±0.58	82.00±1.00	80.67±1.53	83.33±1.53	83.33±1.53
	C	73.00±0.00	73.67±0.58b	80.67±1.53	82.00±0.00	82.67±0.58	82.67±0.58	82.67±0.58
胸围 Heart girth	A	82.67±4.73	83.00±5.29	84.00±4.58	86.00±3.61	89.67±3.06	90.33±2.52	93.00±2.00
	B	82.33±3.79	85.00±2.65	86.00±2.00	86.00±4.58	89.00±4.59	92.00±4.00	94.67±4.16
	C	83.67±1.53	85.67±1.53	84.33±0.58	83.33±1.53	88.67±3.51	91.00±3.00	93.33±2.52
管围 Cannon born girth	A	12.00±0.50	12.50±0.50	12.50±0.50	12.33±0.29	12.33±0.29	12.57±0.49	12.67±0.58
	B	11.83±0.76	12.50±0.50	12.67±0.58	12.67±0.58	12.67±0.58	12.67±0.58	12.67±0.58
	C	11.83±0.29	12.33±0.29	12.50±0.00	12.50±0.00	12.80±0.00	12.80±0.00	12.93±0.12

平均数±标准差。小写字母相同表示同一列数字间差异不显著, 大写字母相同表示同一行数字间差异不显著。下同

Data are expressed as mean±SD. The value with different lowercase letters in the same column are statistically different ($P<0.05$). The value with different uppercase letters in the same row of each criteria are significantly different ($P<0.05$). The same as below

表 3 不同蛋白水平对犊牛营养物质消化代谢的影响

Table 3 Effects of different CP levels on nutrient metabolism of calves

项目 Items	处理组 Treatments	日龄 Days					总平均 Average
		12~20	22~30	32~40	42~50	52~60	
干物质表观消化率 DM apparent digestibility	A	74.50±5.04A	69.23±4.89	62.71±3.93B	65.28±5.39bB	52.88±4.73C	64.92±8.51b
	B	78.60±5.52A	68.67±4.07	64.37±10.40BC	71.93±0.78aAB	59.86±3.18C	68.69±8.23
	C	74.52±6.52	75.93±2.73A	67.88±2.33	62.43±1.25bB	67.03±12.52	69.56±7.57a
粗脂肪表观消化率 EE apparent digestibility	A	67.94±10.46B	73.41±6.63	71.30±4.74B	84.30±4.41A	84.01±3.73	76.19±8.86b
	B	81.75±7.07	76.92±8.24	81.71±4.60	87.66±2.06	80.74±4.30	81.76±5.99a
	C	79.86±8.65	87.41±5.94	78.26±7.30	82.26±8.84	87.95±2.10	83.15±7.18a
氮表观消化率 N apparent digestibility	A	64.32±5.98B	67.38±3.43	71.48±2.79	73.43±4.59A	70.34±1.56b	69.39±4.72b
	B	76.34±4.94	67.83±8.55	76.17±9.04	78.02±4.69	78.42±2.82a	75.36±6.77a
	C	65.32±13.54B	75.46±5.66	73.27±2.65	77.82±7.34	80.88±4.58aA	74.55±8.49a
钙表观消化率 Ca apparent digestibility	A	53.98±12.91	59.02±6.64	57.96±5.69	61.67±3.13	48.44±3.06	56.21±7.76
	B	69.18±7.89A	48.54±6.25B	66.90±3.98aA	52.79±8.93B	44.84±9.52B	56.45±12.02
	C	57.50±12.01	53.12±8.81	54.01±4.59b	45.41±13.00	46.40±10.80	51.29±9.93
钙存留率 Ca retention	A	44.32±9.46	50.82±6.25	54.56±2.92	54.44±10.73	42.87±5.62	49.04±8.31
	B	61.70±7.12A	39.56±2.95B	58.62±2.34aA	40.25±15.05B	31.53±12.08B	46.31±14.50
	C	46.62±9.86	44.46±9.11	47.07±4.67b	40.23±14.15	33.65±5.73	42.56±8.95
磷表观消化率 P apparent digestibility	A	65.76±5.74	72.62±6.31	73.83±2.86a	75.70±5.42A	64.12±7.22B	70.40±6.77a
	B	69.73±7.28	60.51±5.25C	79.81±5.06aA	73.30±7.14AB	65.29±3.91BC	69.73±8.46a
	C	61.37±11.28	65.09±9.62	64.09±1.29b	60.49±14.26	68.14±0.46	63.83±8.29b
磷存留率 P retention	A	41.72±4.82	52.56±5.25	55.27±14.08	60.36±5.59	56.74±15.11	54.16±10.56
	B	52.45±15.34BC	47.65±7.32C	74.12±10.03aA	66.85±2.70aAB	59.36±7.75	60.09±12.77a
	C	45.79±4.88	49.10±4.64	44.50±8.48b	48.53±10.86b	57.07±9.10	49.23±8.50b

随犊牛日龄的增长, DM 的消化率缓慢下降, 其中 18%、22% 蛋白组 32~40 日龄期间 DM 消化率显著低于 12~20 日龄时 ($P<0.05$); 26% 蛋白组在 12~30 日龄段内基本保持平衡, 但 30 日龄以后消化率快速下降。12~20 日龄内 22% 组犊牛对日粮 DM 的消化率为 78.60%, 略高于 18% 组的 74.50% 和 26% 组的 74.52%, 但统计分析差异不显著 ($P>0.05$); 42~50 日龄时 22% 组显著高于其它两组 ($P<0.05$), 为 71.93%。

和 DM 的消化规律相反, 日粮 EE 的消化率在整个试验期内均表现上升趋势。总体分析 18% 蛋白组在各日龄段均低于其它两组, 但统计分析差异不显著 ($P>0.05$)。

在 40 日龄以前, 试验犊牛对日粮钙的消化率趋于稳定, 22% 蛋白组在 32~40 日龄段内显著高于 26% 蛋白组 ($P<0.05$)。40 日龄以后, 各组犊牛对日粮钙的消化率均逐渐下降, 试验结束时 3 组之间无显著差异 ($P>0.05$)。

2.3 血清生化代谢

试验犊牛的血清代谢指标见表 4。可以看出, 犊牛血清 TP 含量随年龄增长而升高, 到 60 日龄时, 22% 组血清 TP 含量为 $53.33 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, 高于 18% 组的 $52.33 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 及 26% 组的 $50.67 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。试验犊牛血清 ALB 含量在整个试验期内差异不显著 ($P>0.05$), 18%、22% 蛋白两组变化曲线与 TP 极为相似, 但 26% 蛋白组随犊牛年龄增长而逐渐下降, 试验结束时 26% 蛋白组显著低于 18%、22% 两组 ($P<0.05$), 仅为 $28.33 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。白/球蛋白比值 (A/G) 18%、22% 蛋白两组在整个试验期内均无显著差异 ($P>0.05$), 且变化平稳, 在 1.50~1.67 之间; 26% 组随犊牛日龄增长而显著降低, 试验结束时仅为 1.27。

在整个试验期内 3 组犊牛血清 BUN 含量的变化曲线相似, 均随犊牛日龄的增长而逐渐降低。其中, 18% 蛋白组犊牛血清 BUN 含量显著低于 22%、26% 两组 ($P<0.05$), 平均仅 $2.60 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$; 22%、26% 蛋白两组之间虽无显著性差异 ($P>0.05$), 而以 22% 蛋白

表 4 不同蛋白水平对犊牛部分血清生化指标的影响

Table 4 Effects of different CP levels on several blood biochemical indexes in calves

项目 Items	处理组 Treatments	日龄 Days					总平均 Average
		21	31	41	51	61	
尿素氮 BUN	A	-	2.96±0.31bA	2.80±0.33	2.45±0.39	2.21±0.25bB	2.60±0.41b
	B	4.46±1.02	5.01±1.29aA	3.01±0.61B	2.75±0.59B	3.13±0.71aB	3.67±1.19a
	C	5.07±0.15A	4.11±0.95	3.74±0.67	3.01±1.07B	3.46±0.20aB	3.94±0.90a
血糖 GLU	A	-	4.86±0.11bA	5.02±0.25A	4.69±0.43aA	3.71±0.31bB	4.57±0.11b
	B	5.32±0.12	5.46±0.22aA	4.75±0.46B	5.08±0.23a	5.38±0.38aA	5.20±0.37a
	C	4.55±0.50A	4.57±0.37bA	4.33±0.42A	3.47±0.10bB	4.09±0.43b	4.26±0.51c
总蛋白 TP	A	-	50.00±5.57	50.67±4.73	48.67±2.52b	52.33±5.86	50.42±4.36b
	B	51.00±1.73B	52.67±1.53	56.00±2.65aA	53.67±1.53a	53.33±2.08	53.33±2.35a
	C	47.67±5.13	47.00±3.61	44.33±4.04b	52.00±1.41	50.67±2.52	48.07±4.14b
白蛋白 ALB	A	-	29.67±0.58b	30.33±0.58	29.00±1.73b	31.00±1.00a	30.00±1.21b
	B	32.00±1.00	32.67±0.58a	33.67±1.53a	32.67±0.58a	33.00±1.00a	32.80±1.01a
	C	31.33±0.58	30.67±2.08	29.67±2.08b	30.00±1.41	28.33±1.53b	30.00±1.75b
球蛋白 GLOB	A	-	20.33±6.11	20.33±4.16	19.67±1.53	21.33±5.13	20.42±3.94
	B	19.00±1.00B	20.00±1.00	22.33±2.52aA	21.00±1.00	20.33±1.53	20.53±1.73
	C	16.33±4.73	16.33±2.08	14.67±2.08bB	22.00±2.83A	22.33±2.31A	18.07±4.10
白/球蛋白比 A/G	A	-	1.57±0.45	1.53±0.31b	1.50±0.17	1.50±0.30	1.53±0.28
	B	1.67±0.06	1.67±0.06	1.57±0.21b	1.57±0.06	1.63±0.12	1.62±0.11
	C	2.03±0.67A	1.90±0.20	2.03±0.15aA	1.40±0.28	1.27±0.15B	1.75±0.45

框中“-”表示数据缺失 “-” means data were missed

组为低。

在 31 日龄以前, 试验犊牛 GLU 含量基本保持恒定; 而整个试验期内, 22%、26% 两组均表现出先降低而后升高的趋势, 18% 蛋白组则表现持续下降。试验初期, 各组犊牛血清 GLU 浓度差异不显著, 但 61 日龄试验结束时 22% 组 GLU 含量为 5.38 mmol·L⁻¹, 显著高于 18% 组的 3.71 mmol·L⁻¹ 及 26% 组的 4.09 mmol·L⁻¹ ($P<0.05$)。

3 讨论

3.1 生长性能

试验初期, 各组试验犊牛体重增长速度均较慢, 可能是犊牛对代乳品的饲喂存在逐步适应的过程, 因而影响了增重; 21 日龄以后, 犊牛对代乳品的适应能力增强, 体重也快速上升。本试验中 3 组犊牛 60 d 内增重低于高占峰^[1]报道的 36.65 kg 及刁其玉^[2]报道的 47.55 kg, 可能是因为代谢试验的进行影响了犊牛体重的增长。本试验中 22% 蛋白组犊牛体重始终高于 18%、26% 两组, 原因是 18% 蛋白水平满足不了犊牛生长发育的需要, 也影响日粮营养素的利用, 使之生长速度

减缓; 而日粮 26% 蛋白水平过高造成了对其它营养素的平衡, 影响犊牛的增重。

在体长方面, 22% 组犊牛在 11~31 日龄段内增长迅速, 而同一时期 18%、26% 两组犊牛增长均较为平缓; 在体高、胸围方面, 22% 蛋白组犊牛表现亦优于低、高两组, 因此日粮蛋白含量过低或过高均不利于动物体尺生长。另外, 从表 3 可以看出, 30 日龄内的犊牛体尺主要表现为纵向生长, 以骨骼生长为主; 30 日龄以后, 犊牛瘤胃开始快速发育, 胸围则得到迅速扩充。

Gaudreau 等报道将干物质含量 20% 以上的犊牛粪视为正常粪便, 在 12%~20% 之间的视为软粪, 12% 以下视为腹泻^[19]。本试验期内 3 组犊牛腹泻主要发生在 20 日龄以前, 此期出现腹泻可能是由于犊牛对代乳品的不适应所造成的应激引起, 20 日龄后犊牛对代乳品逐渐适应, 腹泻现象消失。孙进对断奶羔羊实施人工哺乳时也出现类似的现象^[11]。

3.2 消化代谢

董国忠等^[20]研究认为, 随着饲料 CP 水平的升高, CP 表观消化率增加, 但 CP 真消化率保持不变; 而

Henry 等报道提高日粮的蛋白水平, 不会影响日粮 N 的消化率, 但可改善猪对日粮 N 的利用效率, 从而提高日增重^[21]。本试验中 18% 蛋白水平满足不了犊牛对日粮蛋白质的利用, 进而造成犊牛对其它营养素的消化率也降低; 26% 蛋白水平有增加日粮干物质、粗脂肪消化率和 N 利用率的趋势, 但其改变并不随蛋白含量的升高而线性上升。罗献梅等^[22]研究认为进一步提高理想蛋白水平, N 的利用率反而降低。其原因可能是当蛋白质满足动物最大氮沉积需要时, 再提高蛋白水平, 则会因 CP 过剩而导致 N 的排泄增加, 进而降低 N 利用率^[23]。从本试验结果来看, 蛋白水平过高可能会抑制犊牛对日粮钙磷的消化, 降低对钙磷的利用率, 这与梁福广等^[24]利用断奶仔猪的试验结果, 认为 3 种蛋白水平日粮对磷的代谢利用率无显著差异的结果不一致。本试验中, 22% 蛋白组犊牛对代乳品中营养物质的消化利用最佳。

3.3 血清生化代谢

血清 ALB 具有作为营养物质的载体、维持血浆渗透压、提供机体蛋白质等功能。血清 GLOB 是反映动物机体免疫能力的重要指标。ALB 与 GLOB 之和即为 TP。蛋白质摄入不足或吸收障碍, 可引起血清 ALB 数量降低, 幼龄动物对蛋白质不足的反应更为敏感。本试验中, 18% 组上述血清蛋白指标曲线均与 22% 组相似, 但数值上均低于后者, 这是因为前者所采食的代乳品中蛋白含量较低, 导致蛋白质长期摄入不足, 肝脏合成降低, 血清 ALB、TP 含量偏低, 进而造成犊牛生长发育迟缓、体重减轻。在 41 日龄以前 26% 组犊牛 ALB 含量与 22% 组犊牛相近, 但 GLOB 含量明显低于 22% 组, 所以造成 TP 含量偏低, A/G 比偏高。且试验前期 26% 组犊牛 GLOB 含量明显低于 22% 组, 这可能是造成犊牛免疫能力下降, 前期体重增长缓慢、易引发腹泻的原因之一。本试验中 A/G 比值与人的 A/G 比范围 1.5~2.5 较为相近, 但明显低于张宏福等报道仔猪的 3.3~12.6^[25]。

本试验中 3 组犊牛血清 BUN 变化曲线相似, 均随犊牛日龄的增长而逐渐降低, 这与 Holombe 报道早期断奶羔羊血清 BUN 随日龄而下降的结果一致^[26], 但不同于张宏福等^[25]报道自然断奶仔猪 BUN 随日龄而增加的结果。BUN 含量受日粮蛋白质的影响很大, 本试验中, 26% 组犊牛采食高蛋白代乳品, 造成蛋白质摄入过多, 肠道产氨增多, 增加了肝肾负担, 最终导致了血氨和 BUN 升高; 18% 组促使 BUN 含量降低。董国忠等^[20]利用早期断奶仔猪证明提高日粮蛋白质

水平可导致血中含氮代谢产物增多, 罗献梅等^[22]利用配制不同理想蛋白水平的日粮亦取得了相似结果。

单胃动物在正常情况下, 血糖浓度总是保持一定的恒定范围之内, 这对于维持机体各组织细胞的能耗和功能具有重要作用。本试验中 31 日龄以前, 3 组犊牛血糖浓度均保持恒定, 此时犊牛瘤胃尚未发育, 对葡萄糖的代谢类似于单胃动物, 犊牛血清中血糖来源主要还是从肠道吸收, 而 41 日龄以后, 犊牛瘤胃已开始发育, 瘤胃发酵作用增强, 日粮中糖类在小肠中分解为葡萄糖并进入肝脏合成糖原的可能性大大降低, 故而造成血糖含量降低。但随着犊牛糖异生作用增强, 试验结束时血糖浓度有所回升。18% 组犊牛由于采食的日粮营养水平较低, 犊牛对营养物质的消化吸收能力较差, 难以供给足够的葡萄糖, 在 41 日龄时可能动用了肝脏的糖原储备, 进而导致试验后期血糖浓度快速下降。这对于造成 18% 组犊牛体型消瘦、增重较差有一定影响。

4 结 论

4.1 哺乳期犊牛对代乳品 CP 和 EE 的消化率随日龄增长而呈上升趋势; 对日粮 DM 的消化率缓慢下降; 对日粮 Ca、P 的消化率在犊牛 40 日龄前趋于稳定, 之后逐渐降低。

4.2 代乳品的蛋白质水平对 DM、CP 的消化率影响不大, 不同蛋白质水平全期日粮 N 的消化率差异不显著。

4.3 犊牛血清中 BUN 和 GLU 受犊牛日龄的影响显著; BUN、GLU、TP、ALB、GLOB 和 A/G 受蛋白质含量的影响, 日粮高蛋白质水平可导致犊牛血清 BUN 含量升高。

4.4 本试验中 22% 蛋白组犊牛增重速度比 18% 组高 9.75%, 比 26% 组高 24.19%; 22% 组犊牛在生长性能、消化代谢及健康状况方面均表现最优。

References

- [1] 高占峰, 王红云, 王丽英, 付 才, 张新同. 代乳粉对犊牛生产性能的影响. 饲料广角, 2003, (20): 32-34.
Gao Z F, Wang H Y, Wang L Y, Fu C, Zhang X T. Effect of milk replacer on growth performance of calves. *Feed China*, 2003, (20): 32-34. (in Chinese)
- [2] 刁其玉, 张乃锋, 刘文忠, 祖致富, 袁耀明. 代乳粉用于早期断奶犊牛的效果研究. 乳业科学与技术, 2004, 107(2): 70-72.
Diao Q Y, Zhang N F, Liu W Z, Zu Z F, Yuan Y M. A study of using

- milk replacers for dairy calves. *Journal of Dairy Science and Technology*, 2004, 107(2): 70-72. (in Chinese)
- [3] 黄锡霞, 雒秋江, 孟庆龄, 李建华, 邓代君, 李慧全. 犊牛对乳和处理大豆粉消化性的比较研究. 新疆农业大学学报, 1997, 20(2): 9-15.
Huang X X, Luo Q G, Meng Q L, Li J H, Deng D J, Li H Q. Digestibility of milk and treated soybean substitute by 10-25 day calves. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 1997, 20(2): 9-15. (in Chinese)
- [4] 邓代君, 黄锡霞, 米热古丽, 李建华, 雒秋江. 8-25 日龄犊牛对牛乳和处理大豆粉消化性的研究. 动物营养学报, 2000, 12(1): 53-56.
Deng D J, Huang X X, Mi R G L, Li J H, Luo Q G. Digestibility of milk and treated-soybean substitute by 8-25 day calve. *Acta Zoonutrimenta Sinica*, 2000, 12(1): 53-56. (in Chinese)
- [5] Quigley J D III, Bernard J K. Milk replacers with or without animal plasma for dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 1996, 79: 1881-1884.
- [6] Quigley J D III, Wolfe T M. Effects of spray-dried animal plasma in calf milk replacer on health and growth of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 2003, 86: 586-592.
- [7] Quigley J D III. Effects of spray-dried whole egg and biotin in calf milk replacer. *Journal of Dairy Science*, 2002, 85: 198-203.
- [8] Quigley J D III., Kost C J, Wolfe T A. Effects of spray-dried animal plasma in milk replacers or additives containing serum and oligosaccharides on growth and health of calves. *Journal of Dairy Science*, 2002, 85: 413-421.
- [9] Quigley J D III, Jaynes C A, Miller M L, Schanus E, Chester-Jones H, Marx G D, Allen D M. Effects of hydrolyzed spray dried red blood cells in milk replacer on calf intake, body weight gain, and efficiency. *Journal of Dairy Science*, 2000, 83: 788-794.
- [10] Quigley J D III. Influence of weaning method on growth, intake, and selected blood metabolites in jersey calves. *Journal of Dairy Science*, 1996, 79: 2255-2260.
- [11] 孙 进, 张 力, 周学辉, 蒋学琴, 郑雁铃, 王忠民, 龚伟宏, 苗小林, 熊双丽. 不同处理大豆蛋白源代乳料哺育早期断奶羔羊的效果. 动物营养学报, 2004, 16(3): 33-39.
Sun J, Zhang L, Zhou X H, Jiang X Q, Zheng Y L, Wang Z M, Gong H W, Miao X L, Xiong S L. Effect of feeding early-weaned lambs by milk replacer containing different processed soybean. *Acta Zoonutrimenta Sinica*, 2004, 16(3): 33-39. (in Chinese)
- [12] 李 辉, 刁其玉. 断奶日龄对早期断奶犊牛生长性能的影响. 畜牧兽医学报, 2006, 33(3): 14-17.
Li H, Diao Q Y. Effect of weaning ages on growth performance of early weaned calves. *China Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2006, 33(3): 14-17. (in Chinese)
- [13] 高艳霞, 叶纪梅, 张 祥, 王加启. 断奶应激对犊牛血液中代谢物和激素的影响. 中国畜牧兽医, 2006, 33(9): 3-5.
Gao Y X, Ye J M, Zhang X, Wang J Q. Effects of weaning on the blood metabolites and hormones of the dairy calves. *China Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2006, 33(9): 3-5. (in Chinese)
- [14] Kocak O, Gunes H. The Growth and survival characteristics of Holstein female calves weaned at various ages. *Turkey Journal Veterinary Animal Science*, 2005, 29: 511-516.
- [15] 中华人民共和国国家标准. GB/T 6432-94 饲料中粗蛋白测定方法. National Standard of the People's Republic of China. GB/T 6432-94 Method for the determination of crude protein in feedstuff. (in Chinese)
- [16] 中华人民共和国国家标准. GB/T 6433-2006 饲料中粗脂肪的测定. National Standard of the People's Republic of China. GB/T 6433-2006 determination of crude fat in feeds. (in Chinese)
- [17] 中华人民共和国国家标准. GB/T 6436-2002 饲料中钙的测定. National Standard of the People's Republic of China. GB/T 6436-2002 determination of calcium in feed. (in Chinese)
- [18] 中华人民共和国国家标准. GB/T 6437-2002 饲料中总磷的测定分光光度法. National Standard of the People's Republic of China. GB/T 6437-2002 determination of phosphorus in feed-Spectphotometry. (in Chinese)
- [19] Gaudreau J M, Brisson G J. Abomasum emptying in dairy calves fed milk replacers with varying fat and sources of protein. *Journal of Dairy Sciences*, 1980, 63: 426-440.
- [20] 董国忠, 周安国, 杨 凤, 陈可容. 饲料蛋白质水平对早期断奶仔猪氮代谢的影响. 动物营养学报, 1997, 9(2): 19-24.
Dong G Z, Zhou A G, Yang F, Chen K R. Effect of dietary protein level on nitrogen of early weaned piglet. *Acta Zoonutrimenta Sinica*, 1997, 9(2): 19-24. (in Chinese)
- [21] Henry Y, Seve B. Feed intake and dietary amino acid balance in growing pigs with special reference to lysine, tryptophan and threonine. *Pig News and Information*, 1993, 14(1): 35-43.
- [22] 罗献梅, 陈代文, 张克英. 不同理想蛋白质水平对生长猪氮代谢的影响. 养猪, 2000, (4): 6-8.
Luo X M, Chen D W, Zhang K Y. Effect of dietary ideal protein level on nitrogen of growing pigs. *Swine Production*, 2000, (4): 6-8. (in Chinese)
- [23] 张金枝, 王 津, 翁经强, 马庆祯. 杜洛克生长猪理想氨基酸平衡的研究. 浙江农业大学学报, 1996, 22(1): 85-88.

- Zhang J Z, Wang J, Wong J Q, Ma Q Z. The study of balanced amino acids on Duroc growing pigs. *Journal of Zhejiang Agricultural University*, 1996, 22(1): 85-88. (in Chinese)
- [24] 梁福广, 何欣, 马秋刚, 宋春玲, 计成. 不同蛋白质水平条件下氨基酸平衡日粮对生长猪氮、磷及能量代谢的影响. *中国畜牧杂志*, 2006, 42(13): 23-26.
- Liang F G, He X, Ma Q G, Song C L, Ji C. Effect of different dietary protein level on metabolism of nitrogen, phosphorus and energy in growing pigs fed amino acid balance diets. *Chinese Journal of Animal Science*, 2006, 42(13): 23-26. (in Chinese)
- [25] 张宏福, 顾宪红. 仔猪营养生理与饲料配配制技术研究. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2001: 234-239.
- Zhang H F, Gu X H. *Nutrition Physiology and Diet Formulation Technology of Piglet*. Beijing: China Agricultural Sciencetech Press, 2001: 234-239. (in Chinese)
- [26] Holcombe D W, Hanks D R, Krysl L J, Judkins M B, Niksic G M, Hallford D M. Effect of age at weaning on intake, insulin-like growth factor I, thyroxine, triiodothyronine and metabolite profiles and growth performance in young lambs. *Sheep Research Journal*, 1994, 10(1): 25-34.

(责任编辑 高雨)