

# 代乳粉的饲喂水平对犊牛消化代谢及血清生化指标的影响

许先查<sup>1,2</sup> 王建红<sup>1</sup> 刁其玉<sup>1\*</sup> 屠焰<sup>1</sup> 张乃锋<sup>1</sup> 杨开伦<sup>2</sup>

(1. 中国农业科学院饲料研究所,农业部饲料生物技术重点实验室,北京 100081;2. 新疆农业大学动物科学学院,乌鲁木齐 830052)

**摘要:** 本试验旨在研究代乳粉的饲喂水平对犊牛生长、增重、营养物质消化吸收及血清生化指标的影响。选择体重相近的新生犊牛24头,随机分成3个处理,每个处理8个重复,每个重复1头牛,单笼饲养。代乳粉的饲喂水平依次为犊牛体重的1.188% (L组)、1.375% (M组)和1.563% (H组),分别在第0、2、4、6、8周称重、采血,于第3~4周和第5~6周进行代谢试验。结果表明,M组和H组犊牛的周增重在3~4周龄阶段显著高于L组( $P < 0.05$ ),在其他阶段,代乳粉的饲喂水平对犊牛周增重有一定的影响,但差异不显著( $P > 0.05$ )。在3~4周龄阶段,L组犊牛的干物质和有机物的消化率显著高于H组( $P < 0.05$ ),M组犊牛的粗蛋白质消化率显著高于H组( $P < 0.05$ ),但3个处理犊牛的粗脂肪、钙和总磷消化率无显著性差异( $P > 0.05$ );在5~6周龄阶段,M组犊牛的干物质、有机物和钙消化率显著高于H组( $P < 0.05$ ),3个处理犊牛的粗蛋白质、粗脂肪和总磷消化率差异不显著( $P > 0.05$ )。血清生化指标受周龄影响较大,在2周龄阶段,L组和M组犊牛的血清白蛋白浓度显著高于H组( $P < 0.05$ ),H组犊牛的血清甘油三酯浓度显著高于L组( $P < 0.05$ ),M组犊牛的血清尿素氮浓度显著高于L组( $P < 0.05$ ),其他周龄阶段饲喂水平对其没有显著影响( $P > 0.05$ )。由此可见,代乳粉的饲喂水平对犊牛周增重、营养物质的消化代谢及血清生化指标均有不同程度的影响,代乳粉的适宜饲喂水平为犊牛体重的1.375%。

**关键词:** 代乳粉;饲喂水平;消化代谢;血清生化指标;犊牛

**中图分类号:** S823

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-267X(2011)04-0654-08

应用代乳粉饲喂犊牛是发达国家奶牛养殖的成功经验,我国奶牛养殖发展速度快,犊牛代乳粉的应用逐渐得到示范和推广,并产生了显著的效果。代乳粉是犊牛早期断奶不可缺少的物质,代乳粉的饲喂水平直接关系到犊牛的生长发育和机体健康,犊牛阶段的体增重和对营养物质的利用也关系到成年牛的生产性能。适宜的代乳粉供给量可以节省成本,有效促进犊牛的消化代谢和消化器官的发育,对犊牛及早进食常规饲料有重要作用。我国代乳粉的使用比较晚,关于代乳粉饲

喂水平的研究报道较少,因此,研究代乳粉的适宜饲喂水平既对生产实际有指导作用,同时对研究早期断奶犊牛的营养生理也有理论价值。目前,对犊牛代乳粉的研究主要侧重于营养水平,比如蛋白质来源及水平<sup>[1-5]</sup>、能量来源及水平<sup>[6-7]</sup>、早期断奶技术<sup>[4]</sup>和代乳粉中脂肪含量<sup>[6-8]</sup>等方面。国外学者对肉用犊牛的代乳粉饲喂水平和饲喂频率有过报道<sup>[9-10]</sup>,van den Borne等<sup>[9]</sup>提出对未反刍犊牛来说,与低代乳粉饲喂水平相比,高饲喂水平对其影响更大。国内关于代乳粉不同饲喂水平

收稿日期:2010-10-11

基金项目:“十一五”科技支撑计划“犊牛及后备牛营养物质代谢规律研究及代乳粉示范”(2006BAD04A0-03)

作者简介:许先查(1985—),男,福建厦门人,硕士研究生,从事反刍动物生理营养研究。E-mail: xuxiancha@163.com

\* 通讯作者:刁其玉,研究员,博士生导师,E-mail: diaoqiuyu@mail.caas.net.cn

对犊牛消化营养物质、血清生化指标影响方面的研究刚刚起步,就犊牛代乳粉饲喂水平的研究尚缺科学依据。由于国内外代乳粉在原料来源和营养成分上存在较大的区别<sup>[11]</sup>,适宜的饲喂水平有待进一步研究。本试验以中国荷斯坦犊牛为试验动物,分别饲喂3个水平的代乳粉,旨在研究代乳粉饲喂水平对早期断奶犊牛营养物质消化吸收和血清生化指标的影响,为实际生产中代乳粉的适宜饲喂水平提供试验依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验动物、饲粮及饲养管理

本试验于2009年9月至2009年11月在北京沧达福良种奶牛繁育中心进行。试验选择体重相

近的新生犊牛24头,公母各占1/2,随机分成3个处理,每个处理8个重复,每个重复1头牛,单笼饲养。犊牛出生后2 h内饲喂初乳,之后连续饲喂初乳3 d,犊牛在7日龄后开始更换为代乳粉乳液,预试期为1周,正试期为8周。试验期内犊牛牛舍每日清晨清扫1次,每周消毒1次。代乳粉的饲喂方法:将代乳粉用50℃左右的水溶解,调整比例约为1:7(代乳粉:水),混匀,在温度降至38℃左右时饲喂给犊牛,每日饲喂3次,分别于08:00、15:00和21:00饲喂。自由饮水,第4周龄开始补饲开食料,第5周龄开始补饲羊草,分别放入桶中让犊牛自由采食。代乳粉、开食料及羊草的营养水平见表1。

表1 代乳粉、开食料及羊草的营养水平(干物质基础)

Table 1 Nutrient levels of milk replacer, starter concentrate and Chinese wildrye (DM basis)

%

项目 Items	代乳粉 Milk replacer	开食料 Starter concentrate	羊草 Chinese wildrye
干物质 DM	95.89	87.64	92.56
粗蛋白质 CP	21.03	20.34	3.49
粗脂肪 EE	14.90	3.23	2.38
灰分 Ash	6.85	7.46	4.35
钙 Ca	1.08	1.17	0.29
总磷 TP	0.53	0.75	0.07
总能 GE/(MJ/kg)	20.34	18.01	18.91

营养水平均为实测值。Nutrient levels are determined values.

### 1.2 试验设计

试验采用单因子设计,选择的饲喂水平根据代乳粉配方和实际生产中的效果确定,代乳粉(风干物)的饲喂水平分别为犊牛体重的1.188%(L组)、1.375%(M组)和1.563%(H组)。分别在犊牛第0、2、4、6、8周龄当天晨饲前称量空腹体重、采血。代谢试验分2期进行,分别在3~4周龄及5~6周龄用专用代谢笼进行试验,其中预试期为4 d,正试期为3 d。

### 1.3 样品采集及分析

#### 1.3.1 样品采集

饲料样品:在试验过程中,每周采集1次饲料样,最后混合均匀,用粉碎机粉碎后再次混匀,取样。

代谢试验样品:采用全收粪尿法。详细记录代谢试验期间每头犊牛每日的排粪量及排尿量。采集粪样总量的10%作为混合样品,然后每100 g

鲜粪加入10 mL 10%的稀盐酸固氮,-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,立即冷冻保存,备用。

血清样品:犊牛于晨饲前由颈静脉抽血约10 mL,放置至析出血清后,3 000 r/min离心10 min,收集血清于小管中,-20℃冷冻保存,待测。

#### 1.3.2 样品分析

测定饲料样品及粪样中的干物质(DM)、粗蛋白质(CP)、粗脂肪(EE)、钙(Ca)和总磷(TP)的含量,以及尿氮、尿钙、尿磷含量。干物质用风干法测定,饲料粗蛋白质、粪氮、尿氮按GB/T 6432—94测定,粗脂肪按GB/T 6433—2006测定,饲料、粪和尿钙按GB/T 6436—2002测定,饲料总磷、粪磷和尿磷按GB/T 6437—2002测定。

血清样品用奥林巴斯Au-600全自动生化分

析仪进行测定。尿素氮 (UN) 采用尿素酶法测定, 葡萄糖 (GLU)、甘油三酯 (TG) 采用酶连续法 (GOD-PAP 法) 测定, 总蛋白 (TP) 采用双缩脲法测定, 白蛋白 (ALB) 采用溴甲酚绿法测定, 球蛋白 (GLOB) 采用总蛋白和白蛋白差减法测定。

#### 1.4 数据分析

应用 SAS 8.0 统计包中的 ANOVA 程序进行单因素方差分析, 差异显著性用 Duncan 氏法进行多重比较, 以  $P < 0.05$  作为差异显著性判断标准。数据以“平均值  $\pm$  标准差”来表示。

表 2 代乳粉的饲喂水平对犊牛周增重的影响

Table 2 Effects of feeding levels of milk replacer on weekly weight gain in calves

kg

处理 Treatments	周龄 Weeks of age				
	0~2	3~4	5~6	7~8	0~8
L 组 Group L	1.34 $\pm$ 0.10	1.75 $\pm$ 0.31 <sup>b</sup>	4.37 $\pm$ 1.56	6.33 $\pm$ 0.93	3.94 $\pm$ 0.69
M 组 Group M	1.52 $\pm$ 0.21	2.51 $\pm$ 0.26 <sup>a</sup>	5.00 $\pm$ 0.64	6.44 $\pm$ 1.34	4.42 $\pm$ 0.43
H 组 Group H	1.47 $\pm$ 0.18	2.45 $\pm$ 0.69 <sup>a</sup>	4.98 $\pm$ 1.49	6.65 $\pm$ 1.13	4.44 $\pm$ 0.87

同列数据肩标不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

In the same column, values with different small letter superscripts differ significantly ( $P < 0.05$ ).

#### 2.2 代乳粉的饲喂水平对犊牛营养物质消化代谢的影响

从表 3 中的消化代谢试验数据可以看出, 在 3~4 周龄阶段, 3 组犊牛的干物质、有机物和粗脂肪的摄入量均存在显著差异 ( $P < 0.05$ ), M 组和 H 组犊牛的粗蛋白质、钙和总磷摄入量差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 但均与 L 组有显著差异 ( $P < 0.05$ ); 而不同处理之间, 干物质消化率与有机物消化率变化趋势相同, 均随着饲喂水平的增加而降低, 且 L 组与 H 组的干物质消化率差异显著 ( $P < 0.05$ ); 3 组之间的有机物消化率差异显著 ( $P < 0.05$ ); 粗蛋白质的消化率以 M 组最高, 并与 H 组差异显著 ( $P < 0.05$ ); 但是不同处理的粗脂肪消化率以及钙和总磷的消化率差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

在 5~6 周龄阶段, 不同处理之间, 干物质的总摄入量、有机物、粗蛋白质以及钙和总磷的摄入量均差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 粗脂肪摄入量差异显著 ( $P < 0.05$ ), 且 H 组最高。就消化率而言, M 组犊牛干物质消化率显著高于 H 组 ( $P < 0.05$ ), 而 L 组与 M 组和 H 组均差异不显著 ( $P > 0.05$ ); M 组和 L 组的有机物消化率显著高于 H 组 ( $P < 0.05$ ), 但二者之间差异不显著 ( $P > 0.05$ ); M 组的钙消化率与

## 2 结果

### 2.1 代乳粉的饲喂水平对犊牛周增重的影响

试验犊牛的周增重见表 2, 在 3~4 周龄阶段, M 组和 H 组犊牛周增重显著高于 L 组 ( $P < 0.05$ ), 其余时间段, 3 组犊牛的周增重均没有显著性差异 ( $P > 0.05$ )。在整个试验过程中, M 组和 H 组的犊牛周增重非常相近, 而 L 组犊牛的增重效果则较差, 分别低于 M 组和 H 组 480 和 500 g/周。

L 组差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 但显著高于 H 组 ( $P < 0.05$ ); 不同处理之间, 粗蛋白质、粗脂肪和总磷的消化率差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

表 4 为犊牛在代谢试验期间采食饲料情况。结果表明, 3 组犊牛代乳粉的干物质采食量差异显著 ( $P < 0.05$ ), 在 5~6 周龄阶段, 可以看出一个明显的趋势, 即犊牛进食的代乳粉越多, 其开食料和羊草的进食量就越多。

### 2.3 代乳粉的饲喂水平对犊牛血清生化指标的影响

从表 5 可以看出, 仅在 2 周龄阶段, L 组和 M 组犊牛的白蛋白浓度显著高于 H 组 ( $P < 0.05$ ), H 组犊牛的甘油三酯浓度显著高于 L 组 ( $P < 0.05$ ), M 组犊牛的尿素氮浓度显著高于 L 组 ( $P < 0.05$ ), 3 组犊牛的总蛋白、球蛋白、葡萄糖浓度及白/球比 (A/G) 的差异均不显著 ( $P > 0.05$ )。试验犊牛的血清生化指标变化的总体趋势是, 犊牛血清总蛋白、白蛋白和球蛋白浓度都随年龄的增长而增加, 代乳粉饲喂水平对处理间的影响不明显 ( $P > 0.05$ )。白/球比随日龄的增加呈下降趋势; 葡萄糖、甘油三酯和尿素氮浓度呈较稳定的趋势, 并且受代乳粉饲喂水平的影响不显著 ( $P > 0.05$ )。

表 3 代乳粉的饲喂水平对犊牛营养物质消化代谢的影响(干物质基础)

Table 3 Effects of feeding levels of milk replacer on digestion and metabolism of nutrients in calves (DM basis)

项目 Items	指标 Indices	3~4 周龄 3 to 4 weeks of age			5~6 周龄 5 to 6 weeks of age		
		L 组	M 组	H 组	L 组	M 组	H 组
		Group L	Group M	Group H	Group L	Group M	Group H
干物质 DM	摄入量 Intake/(g/d)	524.09 ±14.01 <sup>c</sup>	614.08 ±28.28 <sup>b</sup>	679.54 ±63.31 <sup>a</sup>	1 565.71 ±129.55	1 609.19 ±35.79	1 624.84 ±63.27
	消化率 Digestibility/%	84.16 ±2.07 <sup>a</sup>	82.27 ±1.40 <sup>ab</sup>	80.69 ±1.57 <sup>b</sup>	86.14 ±0.67 <sup>ab</sup>	87.11 ±0.75 <sup>a</sup>	85.40 ±0.53 <sup>b</sup>
有机物 OM	摄入量 Intake/(g/d)	488.15 ±12.69 <sup>c</sup>	571.99 ±26.47 <sup>b</sup>	633.29 ±59.62 <sup>a</sup>	1 462.41 ±119.64	1 503.91 ±34.04	1 518.10 ±58.25
	消化率 Digestibility/%	86.55 ±0.82 <sup>a</sup>	84.21 ±1.51 <sup>b</sup>	82.02 ±0.28 <sup>c</sup>	87.93 ±0.93 <sup>a</sup>	88.07 ±0.59 <sup>a</sup>	86.70 ±0.47 <sup>b</sup>
粗蛋白质 CP	摄入量 Intake/(g/d)	110.27 ±3.64 <sup>b</sup>	129.15 ±4.81 <sup>a</sup>	142.82 ±15.00 <sup>a</sup>	269.02 ±25.79	274.31 ±5.93	285.74 ±13.26
	消化率 Digestibility/%	67.10 ±2.03 <sup>ab</sup>	68.65 ±4.62 <sup>a</sup>	61.51 ±3.52 <sup>b</sup>	78.94 ±2.81	80.53 ±2.29	79.46 ±2.98
粗脂肪 EE	摄入量 Intake/(g/d)	78.07 ±1.49 <sup>c</sup>	91.52 ±4.98 <sup>b</sup>	101.58 ±8.88 <sup>a</sup>	116.38 ±8.83 <sup>c</sup>	129.05 ±4.29 <sup>b</sup>	149.23 ±5.93 <sup>a</sup>
	消化率 Digestibility/%	93.47 ±4.04	92.64 ±2.85	93.24 ±0.69	95.16 ±1.22	94.24 ±1.56	94.22 ±0.69
钙 Ca	摄入量 Intake/(g/d)	5.68 ±0.35 <sup>b</sup>	6.65 ±0.35 <sup>a</sup>	7.24 ±0.49 <sup>a</sup>	15.48 ±1.08	15.25 ±0.30	15.66 ±1.00
	消化率 Digestibility/%	44.25 ±8.46	40.85 ±6.79	35.52 ±6.35	64.49 ±6.15 <sup>ab</sup>	67.75 ±4.05 <sup>a</sup>	58.04 ±3.66 <sup>b</sup>
总磷 TP	摄入量 Intake/(g/d)	2.77 ±0.15 <sup>b</sup>	3.25 ±0.10 <sup>a</sup>	3.55 ±0.37 <sup>a</sup>	8.36 ±0.93	8.28 ±0.20	8.31 ±0.52
	消化率 Digestibility/%	63.63 ±3.14	66.57 ±3.74	62.00 ±8.76	66.56 ±1.91	74.00 ±8.89	72.28 ±6.00

同行同一周龄阶段数据肩标不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。表 4 同。

In the same row, values with different small letter superscripts within the same age differ significantly ( $P < 0.05$ ). The same as Table 4.

表 4 犊牛采食饲料情况(干物质基础)

Table 4 Feed intake of calves (DM basis)

g/d

周龄 Weeks of age	指标 Indices	处理 Treatments		
		L 组 Group L	M 组 Group M	H 组 Group H
3~4 周龄 3 to 4 weeks of age	代乳粉 Milk replacer	524.09 ± 14.01 <sup>c</sup>	614.08 ± 28.28 <sup>b</sup>	679.54 ± 63.31 <sup>a</sup>
5~6 周龄 5 to 6 weeks of age	代乳粉 Milk replacer	582.88 ± 32.47 <sup>c</sup>	685.12 ± 22.41 <sup>b</sup>	850.65 ± 28.71 <sup>a</sup>
	开食料 Starter concentrate	655.81 ± 93.37 <sup>a</sup>	581.60 ± 22.90 <sup>a</sup>	473.67 ± 42.37 <sup>b</sup>
	羊草 Chinese wildrye	320.84 ± 3.61 <sup>ab</sup>	342.47 ± 14.71 <sup>a</sup>	300.52 ± 14.29 <sup>b</sup>

### 3 讨论

#### 3.1 代乳粉的饲喂水平对犊牛周增重的影响

本试验中,犊牛的周增重均随周龄的增加而

增长,且在 4 周龄之前增长较慢,4 周龄之后增长较快,可见随着犊牛周龄的增加,其消化机能逐渐增强,符合幼畜的生长发育规律。有报告表明:在断奶前,犊牛的饲养水平高会提高其日增重<sup>[7-12]</sup>,

本试验中代乳粉饲喂水平较高的 M 组和 H 组的犊牛均增重较快。Hill 等<sup>[13]</sup> 试验得出,犊牛在 5 周龄内分别进食蛋白质含量为 23%、25% 和 27% 的代乳粉,对其生长性能没有显著差异。Brown 等<sup>[7]</sup> 的研究结果表明,在犊牛消耗的代乳粉中增加能量和蛋白质摄入可以促进体重增长和体高增加的速率,犊牛断奶前通过提高能量和蛋白质的

摄入(非过多摄入)可以有效提高机体的生长速度,加快实现育成牛和初产牛的培育<sup>[7]</sup>。这与本试验的结果相似,本试验中高代乳粉饲喂水平组犊牛与中饲喂水平组犊牛在生长性能方面的差异较小,综合考虑,代乳粉的饲喂水平控制在体重的 1.375% 较为适合。

表 5 代乳粉的饲喂水平对犊牛血清生化指标的影响

Table 5 Effects of feeding levels of milk replacer on serum biochemical indices in calves

项目 Items	处理 Treatments	周龄 Weeks of age				
		0	2	4	6	8
总蛋白 TP/(g/L)	L 组 Group L	50.71 ± 5.22	51.57 ± 4.54	53.57 ± 3.10	58.86 ± 3.93	62.57 ± 6.05
	M 组 Group M	49.88 ± 4.39	51.63 ± 3.34	54.25 ± 3.85	56.50 ± 5.63	61.38 ± 6.57
	H 组 Group H	51.00 ± 6.63	51.00 ± 6.28	54.60 ± 5.13	57.80 ± 4.55	59.80 ± 4.55
白蛋白 ALB/(g/L)	L 组 Group L	30.57 ± 1.40	31.49 ± 1.27 <sup>a</sup>	31.14 ± 1.68	32.29 ± 2.50	33.29 ± 2.06
	M 组 Group M	30.75 ± 2.19	31.38 ± 1.06 <sup>a</sup>	32.13 ± 1.48	31.38 ± 1.69	33.00 ± 1.51
	H 组 Group H	29.60 ± 2.30	29.40 ± 1.82 <sup>b</sup>	29.80 ± 2.95	30.40 ± 2.61	31.20 ± 2.49
球蛋白 GLOB/(g/L)	L 组 Group L	20.14 ± 4.34	20.14 ± 3.76	22.43 ± 3.99	26.57 ± 4.79	29.29 ± 7.99
	M 组 Group M	19.13 ± 3.18	20.25 ± 3.41	22.13 ± 4.22	25.13 ± 5.46	28.38 ± 6.65
	H 组 Group H	21.40 ± 7.67	21.60 ± 5.77	24.80 ± 6.94	27.40 ± 6.35	28.60 ± 5.77
白/球比 A/G	L 组 Group L	1.57 ± 0.33	1.60 ± 0.26	1.44 ± 0.32	1.26 ± 0.29	1.21 ± 0.34
	M 组 Group M	1.65 ± 0.29	1.60 ± 0.24	1.51 ± 0.31	1.30 ± 0.33	1.25 ± 0.31
	H 组 Group H	1.56 ± 0.63	1.46 ± 0.39	1.28 ± 0.36	1.18 ± 0.33	1.14 ± 0.26
葡萄糖 GLU/(mmol/L)	L 组 Group L	5.23 ± 0.53	4.29 ± 0.53	4.33 ± 0.52	4.56 ± 0.64	5.50 ± 0.48
	M 组 Group M	4.51 ± 0.75	4.76 ± 0.51	4.09 ± 0.61	4.63 ± 0.47	5.63 ± 0.64
	H 组 Group H	4.72 ± 0.75	4.20 ± 0.87	4.47 ± 0.40	4.43 ± 0.38	5.79 ± 0.49
甘油三酯 TG/(mmol/L)	L 组 Group L	0.11 ± 0.03	0.07 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.08 ± 0.01	0.08 ± 0.03	0.11 ± 0.03
	M 组 Group M	0.11 ± 0.03	0.09 ± 0.03 <sup>ab</sup>	0.08 ± 0.02	0.09 ± 0.02	0.14 ± 0.04
	H 组 Group H	0.13 ± 0.04	0.11 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.10 ± 0.03	0.09 ± 0.03	0.13 ± 0.03
尿素氮 UN/(mmol/L)	L 组 Group L	2.79 ± 0.31	2.59 ± 0.21 <sup>b</sup>	2.67 ± 0.66	2.84 ± 0.31	3.04 ± 0.91
	M 组 Group M	3.21 ± 0.53	3.43 ± 0.73 <sup>a</sup>	2.95 ± 0.71	2.99 ± 0.81	3.54 ± 0.57
	H 组 Group H	2.86 ± 0.28	3.02 ± 0.47 <sup>ab</sup>	2.49 ± 0.72	2.81 ± 0.38	2.86 ± 0.45

同列同一指标数据肩标不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

In the same column, values with different small letter superscripts of the same index differ significantly ( $P < 0.05$ ).

### 3.2 代乳粉的饲喂水平对犊牛营养物质消化代谢的影响

本次试验分别在犊牛 3~4 周龄阶段和 5~6 周龄阶段进行了 2 期消化代谢试验。试验犊牛在 3~4 周龄阶段以代乳粉为主要营养来源,这期间 M 组和 H 组犊牛的干物质进食量高,故其相应的增重效果较好;在 5~6 周龄阶段试验犊牛可以自由采食开食料和羊草,当代乳粉的营养价值不能满足犊牛生长的需要时,犊牛会采食相对多的开食料或者羊草,以致干物质的总摄入量差异不显著。在 5~6 周龄

阶段,M 组犊牛营养物质表观消化率较高,吸收的营养物质较多,使得增重效果优势仍然较好。Vicari 等<sup>[14]</sup> 在系列肉用犊牛试验研究的基础上,指出增加肉用犊牛的饲喂水平会影响周增重、氮沉积率、总能摄入和能量沉积,同时 van den Borne 等<sup>[9]</sup> 认为较高的饲喂水平可以提高脂肪和蛋白质在体内的沉积。在犊牛哺乳期,当某种营养物质浓度低,特别是低于需要量时,它的消化与吸收会较高<sup>[6]</sup>。李辉等<sup>[4]</sup> 的试验表明代乳粉中蛋白质水平为 22% 时,氮的消化率高于 26%,在本试验中,3~4 周龄阶段低代乳粉

饲喂水平组犊牛表现出较高的表观消化率,与李辉等<sup>[4]</sup>的试验结论一致。Longenbach 等<sup>[1]</sup>指出犊牛在 1 月龄时消化酶的分泌是有限的,这就限制碳水化合物、脂肪和蛋白质的消化。饲喂水平的高低对 1 月龄犊牛的影响是:高饲喂水平可能会造成营养物质的摄入量超过犊牛生长的需要,使犊牛产生相应的营养性代谢障碍,低饲喂水平会使犊牛摄入的营养物质无法满足自身的需求<sup>[9,14]</sup>。随着犊牛的生长,消化机能逐渐增强,犊牛对开食料的采食量增加,其瘤胃逐渐发育,微生物不断繁衍,瘤胃发酵产生的挥发性脂肪酸和微生物蛋白质等为犊牛的生长提供物质基础,同时饲粮种类和各种营养成分含量对消化酶的分泌有促进作用,粗饲料能够促进小肠和大肠的发育,促进消化酶的分泌<sup>[15]</sup>。本试验中 5~6 周龄阶段犊牛的表现消化率差异趋于减小,与犊牛消化器官发育与功能提高有关。Hill 等<sup>[8]</sup>研究指出在犊牛断奶前,饲喂的代乳粉中脂肪含量从 14% 增加至 23% 时,干物质、有机物、粗脂肪、非纤维碳水化合物、钙、磷的表观消化率和血清淀粉酶的浓度都呈线性递减趋势,并且含有植物源性脂肪的代乳粉中钙也会影响脂肪的吸收,钙在消化道中易形成磷酸钙复合物,不形成脂肪酸钙,增加粪便胆汁排出量,降低脂肪的消化吸收<sup>[16-18]</sup>。在 5~6 周龄阶段,犊牛可以自由采食开食料及羊草,此时当代乳粉的饲喂水平较低时,犊牛通过采食较多的开食料及羊草来满足快速生长的需要,当代乳粉的饲喂水平较高时,犊牛自身调节采食开食料及羊草的量,使营养物质不至于过量造成代谢障碍。

### 3.3 代乳粉的饲喂水平对犊牛血清生化指标的影响

血清中总蛋白、白蛋白、球蛋白及尿素氮的浓度变化能准确反映机体蛋白质代谢和饲料蛋白质的利用效率。血清总蛋白是白蛋白和球蛋白的总和,当饲粮中营养物质不平衡、适口性不好或消化不良时,犊牛采食量降低,能量摄入不足,会引起犊牛血清总蛋白浓度下降<sup>[15-17]</sup>。本试验中,所有试验犊牛的总蛋白浓度均随周龄的增加而上升,不同处理间差异较小,可见不同代乳粉饲喂水平对犊牛的总蛋白浓度的影响不显著。白蛋白有增加血容量和维持血浆胶体渗透压的作用,组织蛋白和血浆蛋白可互相转化,免疫球蛋白含量在一定的程度上能够反映犊牛的免疫能力<sup>[14]</sup>。3 个处理犊牛的白蛋白浓度变化稳定在一定范围内,球蛋白浓度则随着周龄的增长而增加,因此白/球比

不断地降低,符合犊牛的生长规律。

血液葡萄糖浓度对于犊牛各组织器官的生理功能是极其重要的,是能量的主要来源。同时,血液葡萄糖浓度的变化反映了机体所处的生理状态。血液葡萄糖浓度在一定程度上和生长速度成正相关<sup>[17]</sup>。血液葡萄糖的来源主要是饲料中的糖类物质被降解成单糖进入血液,并通过神经和激素的调节维持血糖浓度的恒定,以保证机体对葡萄糖的需要量<sup>[18]</sup>。在本试验中,3 组犊牛的血清葡萄糖浓度均比较稳定,可见代乳粉中的糖类可以满足犊牛的生长需要,并且在提供开食料和羊草后,犊牛的血清葡萄糖仍然稳定,这时犊牛自身调节能力的增强和对饲料的消化吸收也符合生长的需要。甘油三酯是被储藏起来的热量源,由 3 种脂肪酸与甘油结合而成,一般情况下会成为脂肪酸的贮藏库,根据身体所需会被分解。甘油三酯是脂肪代谢的产物,是反映脂肪消化吸收状态的直接指标<sup>[17-18]</sup>。本试验中,3 组犊牛的甘油三酯浓度均较低且稳定,其中低代乳粉饲喂水平组犊牛的浓度较低,这是由于代乳粉的饲喂水平较低引起的。

尿素氮是反映机体氮代谢的一个重要指标。通常,机体血清代谢库中尿素氮的浓度较稳定,它一般受进食氮的影响较大,当吸收进入血液的氨基酸过多或短时间吸收大量的氨基酸而没有及时用于合成体蛋白质时,就会被分解成为尿素氮<sup>[17-18]</sup>,同时也受机体内源氮分泌的影响,并且血清尿素氮浓度也反映动物蛋白质合成代谢的水平<sup>[15]</sup>。本试验中,3 组犊牛的尿素氮浓度均较低,可见代乳粉的氮源较容易被犊牛消化吸收,合成机体组织蛋白质。Blome 等<sup>[3]</sup>报道尿素氮浓度随着饲粮中粗蛋白质含量的增加而呈线性增加,高饲喂水平组的犊牛采食代乳粉的量较多,但其他的营养成分也同时增多,故并没有增加尿素氮的浓度。有报道称随着犊牛的生长,高蛋白质低能量组与低蛋白质高能量组的血糖、胆固醇和肌氨酸酐浓度均不断在下降,但尿素氮浓度却不断在上升<sup>[19]</sup>,可见如果不提供合适的能量蛋白质比,对犊牛的血清生化指标有较大的影响。Kaufhold 等<sup>[20]</sup>研究认为,在相同的饲喂水平下,增加饲喂频率可以改善血液葡萄糖的稳态,降低采食后胰岛素的水平和血浆尿素氮的浓度,这表明氮的利用率得到了提高。本试验的 3 组犊牛并未出现以上

情况,葡萄糖、尿素氮浓度稳定在一定范围内,说明代乳粉的饲喂水平对犊牛的血清生化指标没有明显的影响。

#### 4 结 论

① 代乳粉的饲喂水平对哺乳期犊牛的体重有一定的影响,综合考虑,犊牛的代乳粉饲喂水平以占体重的 1.375% 较为适宜。

② 代乳粉饲喂水平对营养物质的消化代谢有影响。在 3~4 周龄阶段,低代乳粉饲喂水平可以提高犊牛的干物质、有机物、粗脂肪和钙的消化率;在 5~6 周龄阶段,适宜的饲喂水平(占体重 1.375%)有利于提高犊牛对干物质、有机物、粗蛋白质、钙和总磷的消化。

③ 犊牛的周龄对血清生化指标的影响明显,但代乳粉饲喂水平对其未产生明显的影响。

#### 参考文献:

- [ 1 ] LONGENBACH J I, HEINRICHS A J. A review of the importance and physiological role of curd formation in the abomasum of young calves[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 1998, 73:85-97.
- [ 2 ] XU C, WENSING T, VAN DER MEER R, et al. Mechanism explaining why dietary soya protein vs. skim-milk protein lowers fat digestion in veal calves[J]. *Livestock Production Science*, 1997, 52:219-237.
- [ 3 ] BLOME R M, DRACKLEY J K, MCKEITH F K, et al. Growth, nutrient utilization, and body composition of dairy calves fed milk replacers containing different amounts of protein[J]. *Journal of Animal Science*, 2003, 81:1641-1655.
- [ 4 ] 李辉,刁其玉,张乃锋,等.不同蛋白水平对犊牛消化代谢及血清生化指标的影响[J]. *中国农业科学*, 2008,41(4):1219-1226.
- [ 5 ] 李辉,刁其玉,张乃锋,等.不同蛋白质来源对早期断奶犊牛消化及血清生化指标的影响(一)[J]. *动物营养学报*, 2009,21(1):47-52.
- [ 6 ] 张蓉.能量水平及来源对早期断奶犊牛消化代谢的影响研究[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2008:23-38.
- [ 7 ] BROWN E G, VAN DE HAAR M J, DANIELS K M, et al. Effect of increasing energy and protein intake on body growth and carcass composition of heifer calves[J]. *Journal of Dairy Science*, 2005, 88:585-594.
- [ 8 ] HILL T M, BATEMAN H G, ALDRICH J M, et al. Effects of fat concentration of a high-protein milk replacer on calf performance[J]. *Journal of Dairy Science*, 2009, 92(10):5147-5153.
- [ 9 ] VAN DEN BORNE J J G C, VERSTEGEN M W A, ALFERINK S J J, et al. Effects of feeding frequency and feeding level on nutrient utilization in heavy pre-ruminant calves[J]. *Journal of Dairy Science*, 2006, 83:3578-3586.
- [ 10 ] STANLEY C C, WILLIAMS C C, JENNY B F, et al. Effects of feeding milk replacer once versus twice daily on glucose metabolism in holstein and jersey calves[J]. *Journal of Dairy Science*, 2002, 85:2335-2343.
- [ 11 ] 刁其玉,张乃锋,屠焰,等.犊牛代乳粉的研究进展[J]. *饲料工业*, 2003,24(8):6-8.
- [ 12 ] TERRE M, DEVANT M, BACH A. Performance and nitrogen metabolism of calves fed conventionally or following an enhanced-growth feeding program during the preweaning period[J]. *Livestock Science*, 2006, 105:109-119.
- [ 13 ] HILL T M, BATEMAN H G, ALDRICH J M, et al. Optimizing nutrient ratios in milk replacers for calves less than five weeks of age[J]. *Journal of Dairy Science*, 2009, 92(7):3281-3291.
- [ 14 ] VICARI T, VAN DEN BORNE J J G C, GERRITS W J J, et al. Postprandial blood hormone and metabolite concentrations influenced by feeding frequency and feeding level in veal calves[J]. *Domestic Animal Endocrinology*, 2008, 34:74-88.
- [ 15 ] 高艳霞.代乳粉中添加大豆蛋白对犊牛生长发育的影响[D].博士学位论文.北京:中国农业科学院,2006:11-53.
- [ 16 ] YUANGKLANG C, WENSING TH, VAN DEN BROEK L, et al. Fat digestion in veal calves fed milk replacers low or high in calcium and containing either casein or soy protein isolate[J]. *Journal of Dairy Science*, 2004, 87:1051-1056.
- [ 17 ] 叶纪梅.不同处理大豆粉在犊牛代乳粉中的应用研究[D].硕士学位论文.扬州:扬州大学,2006:18-21.
- [ 18 ] 张祥.不同乳铁蛋白含量的代乳粉对犊牛生长发育的影响[D].硕士学位论文.扬州:扬州大学,2007:22.
- [ 19 ] LEE H J, KHAN M A, LEE W S, et al. Growth, blood metabolites, and health of Holstein calves fed milk replacer containing different amounts of energy and protein[J]. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2008, 21:198-203.

[20] KAUFHOLD J N, HAMMON H M, BRUCKMAIER R M, et al. Postprandial metabolism and endocrine sta-

tus in veal calves fed at different feeding frequencies [J]. *Journal of Dairy Science*, 2000, 83:2480–2490.

## Effects of Feeding Levels of Milk Replacer on Digestion, Metabolism and Serum Biochemical Indices in Calves

XU Xiancha<sup>1,2</sup> WANG Jianhong<sup>1</sup> DIAO Qiyu<sup>1\*</sup> TU Yan<sup>1</sup> ZHANG Naifeng<sup>1</sup> YANG Kailun<sup>2</sup>

(1. *Feed Research Institute, The Chinese Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Feed Biotechnology of Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China*; 2. *College of Animal Sciences, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China*)

**Abstract:** This experiment was conducted to investigate the effects of feeding levels of milk replacer on growth, body weight gain, digestion and absorption of nutrients, and serum biochemical indices in calves. Twenty four new-born calves with similar body weight were allotted into 3 treatments with 8 replicates each and 1 calf in each replicate. The calves were raised in single cages. Each treatment was fed milk replacer at a level of 1.188% (group L), 1.375% (group M) or 1.563% (group H) of the body weight. Body weight was measured and blood samples were collected at 0, 2, 4, 6 and 8 weeks of age. The metabolism trials were conducted during 3 to 4 and 5 to 6 weeks of age, respectively. The weekly weight gain of calves from either group M or H were significantly higher than that of group L ( $P < 0.05$ ) during 3 to 4 weeks of age, but it did not significantly differ among the 3 groups ( $P > 0.05$ ) in other stages, and the feeding levels of milk replacer had a positive effect on body weight. During 3 to 4 weeks of age, the digestibility of dry matter and organic matter was significantly higher in calves from group L than those from group H ( $P < 0.05$ ), and the digestibility of crude protein was significantly higher in calves from group M than those from group H ( $P < 0.05$ ), but the digestibility of ether extracts, calcium and total phosphorus was not significantly differ among the 3 groups ( $P > 0.05$ ). During 5 to 6 weeks of age, the digestibility of dry matter, organic matter and calcium was significantly higher in calves from group M than those from group H ( $P < 0.05$ ), but that of crude protein, ether extracts and total phosphorus was not significantly differ among the 3 groups ( $P > 0.05$ ). The serum biochemical indices were influenced by the weeks of age, and the feeding level did not differ among the 3 groups ( $P > 0.05$ ). At 2 weeks of age, the concentration of serum albumin was significantly higher in calves from either group L or group M than those from group H ( $P < 0.05$ ), the concentration of serum triglyceride in group H was significantly higher than that in group L ( $P < 0.05$ ), and the serum urea nitrogen concentration in group M was significantly higher than that in group L ( $P < 0.05$ ). The results indicate that milk replacer has effects of varying degrees on the body weight gain, digestion and metabolism of nutrients, and serum biochemical indices in calves. It is feasible for calves when milk replacer is fed at a level of 1.375% of the body weight. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2011, 23(4):654-661]

**Key words:** milk replacer; feeding level; digestion and metabolism; serum biochemical indices; calves

\* Corresponding author, professor, E-mail: diaoqiyu@mail.caas.net.cn