

不同脂肪水平代乳粉对犏牦牛生长性能、血清免疫及抗氧化指标的影响

鲍宇红^{1,2} 冯柯³ 廖阳慈^{1,2} 普布卓玛^{1,2} 普布次仁^{1,2} 参木友^{1,2*}

(1. 省部共建青稞和牦牛种质资源与遗传改良国家重点实验室, 拉萨 850000; 2. 西藏自治区农牧科学院草业科学研究所, 拉萨 850000; 3. 拉萨市动物疫病预防控制中心, 拉萨 850000)

摘要: 为探索青藏高原犏牦牛科学的早期断奶模式及犏牦牛代乳粉适宜的脂肪水平, 本试验以西藏地区高山牦牛为试验动物, 研究不同脂肪水平代乳粉对犏牦牛生长性能、血清免疫及抗氧化指标的影响。选取 40 头体重、日龄相近的新生犏牦牛, 随机分为 4 组, 每组 10 头。对照组 (CON 组) 犏牦牛随母放牧哺乳, 自然断奶; 试验组犏牦牛自 10 日龄开始饲喂 3 种脂肪水平分别为 22% (低脂肪组, LF 组)、25% (中脂肪组, MF 组) 及 28% (高脂肪组, HF 组) 的等蛋白质水平 (24%) 牦牛代乳粉, 至 90 日龄。结果表明: 1) 与 CON 组相比, MF 与 HF 组犏牦牛 60、90 日龄体重和 1~90 日龄平均日增重 (ADG) 均显著升高 ($P<0.05$), 各组犏牦牛 90 日龄体重以 MF 组最高。2) MF 组犏牦牛血清非酯化脂肪酸 (NEFA) 含量显著低于 CON 组 ($P<0.05$)。3) 免疫与抗氧化指标方面, 与 CON 组相比, MF 与 HF 组犏牦牛血清免疫球蛋白 A (IgA) 含量显著升高 ($P<0.05$), 肿瘤坏死因子- α (TNF- α) 含量显著降低 ($P<0.05$), MF 组犏牦牛血清免疫球蛋白 G (IgG) 含量显著高于 CON 组 ($P<0.05$)。MF 与 HF 组血清过氧化氢酶 (CAT) 活性与 CON 组相比显著升高 ($P<0.05$), MF 组犏牦牛血清超氧化物歧化酶 (SOD) 活性显著升高且丙二醛 (MDA) 含量显著降低 ($P<0.05$)。4) MF 与 HF 组血清胰岛素样生长因子-1 (IGF-1) 含量显著高于 CON 组 ($P<0.05$), MF 组血清生长激素 (GH) 含量较 CON 组显著升高 ($P<0.05$)。综上所述, 与传统放牧哺乳模式相比, 早期断奶并饲喂代乳粉对犏牦牛生长性能有促进作用; 适当提高代乳粉脂肪水平, 能够进一步促进犏牦牛生长, 增强机体免疫与抗氧化能力; 综合各项指标, 25% 脂肪水平的代乳粉更适用于犏牦牛。

关键词: 犏牦牛; 代乳粉; 脂肪水平; 生长性能; 血清生化指标

中图分类号: S823

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2020)12-5704-08

牦牛 (*Bos grunniens*) 是青藏高原畜牧业的主要畜种, 为当地牧民提供丰富的肉、奶、皮毛、劳力等生产、生活资料, 也是高原牧民主要的经济来源。然而, 由于青藏高原所处的独特地理与自然环 境, 牦牛养殖仍处于传统的“靠天养畜”的放牧模式。尤其在犏牛阶段, 绝大多数犏牛培育为传统“母带犏”自然放牧哺乳方式, 1~1.5 岁自然断

奶, 此过程中犏牛出生后由母牛哺乳, 并跟随母牛全年自然放牧, 低温、雪灾、狼害、粗放放牧环境诱发病菌侵袭等因素导致犏牛发病率、死亡率高。此外, 母牦牛产奶量低、放牧条件的机体营养摄入不足、泌乳减少甚至停滞^[1] 都会导致犏牛在生长发育最关键的阶段营养供给不足, 导致犏牛发育迟缓、僵牛的发生^[2]。生长发育缓慢是制约当前

收稿日期: 2020-05-25

基金项目: 国家肉牛牦牛产业体系拉萨综合试验站项目 (CARS-37)

作者简介: 鲍宇红 (1984—), 女, 内蒙古赤峰人, 副研究员, 硕士, 从事动物营养与饲料科学研究。E-mail: 178943402@qq.com

* 通信作者: 参木友, 研究员, E-mail: Tsamyu122@163.com

牦牛业发展的重要原因。“母带犊”情况下犊牛断奶时间晚,母牦牛机体大量养分被利用以分泌乳汁,也导致其繁殖系统恢复滞后,到发情季节仍难以发情,繁殖性能受到较大影响^[3]。因此,犊牦牛早期断奶的探索,有利于保障犊牛成活率、生长发育和母牛繁殖性能,提高牦牛生产效率和经济效益,促进牦牛产业发展。

犊牛的早期断奶研究在奶牛、肉牛上已有一定基础。马军等^[4]与 Blanco 等^[5]报道早期断奶对犊牛生长发育未发现显著负面影响,而同时为犊牛补饲代乳粉可显著促进犊牛的生长发育^[6]。朱彦宾等^[3]对牦牛的早期断奶进行了探索,研究发现 5 月龄断奶与传统随母放牧犊牛相比,犊牛生长发育无显著差异,且母牦牛“一年一胎”率达到 68.6%,饲喂代乳粉也能够提高早期断奶犊牦牛的体增重^[7]。脂肪是幼龄动物生长发育所必需的营养成分,除为机体供给高密度的能量之外,研究发现其添加可促进犊牛生长,降低异常粪便评分^[8],促进瘤胃上皮发育^[9],改善免疫和炎症应答而降低疾病发生率^[10-11]。由此可见,代乳粉中是否需要额外添加脂肪及其添加水平的研究对于早期断奶犊牛具有重要意义。Ballou^[12]研究发现,25.8% 代乳粉脂肪水平与 20.6% 相比,能够显著提高断

奶后娟姗犊牛的先天免疫应答。在奶羔羊上,李文娟^[13]将代乳粉脂肪水平提高至 27%,有利于提高羔羊生长性能和养分消化率。但目前犊牦牛早期断奶及其代乳粉脂肪水平的相关研究仍鲜有报道。因此,本试验用不同脂肪水平代乳粉饲喂早期断奶犊牦牛,探究犊牦牛早期断奶模式及代乳粉脂肪水平对其生长性能及血清生化、免疫、抗氧化指标的影响,以期为犊牦牛早期断奶提供科学依据和生产指导。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于拉萨市当雄县郭庆村进行,当地平均海拔为 4 200 m。试验选取 6 月中旬放牧状态下自然分娩的新生犊牦牛 40 头,按体重和出生时间相近原则分成 4 组,每组 10 头。对照组(CON 组)犊牦牛随母牦牛放牧哺乳,自然断奶;试验组犊牦牛自 10 日龄开始饲喂在犊牛专用代乳粉(专利产品,专利编号 ZL 02128844.5)基础上配制的等蛋白质水平(24%)且脂肪水平分别为 22%(低脂肪组,LF 组)、25%(中脂肪组,MF 组)及 28%(高脂肪组,HF 组)的 3 种牦牛代乳粉,至 90 日龄。代乳粉营养水平见表 1。

表 1 代乳粉营养水平(干物质基础)

Table 1 Nutrient levels of milk replacer (DM basis)

%

项目 Items	组别 Groups		
	LF	MF	HF
干物质 DM	96.35	96.26	96.12
粗脂肪 EE	21.93	25.15	28.07
粗蛋白质 CP	24.21	24.10	23.95
总能 GE/(MJ/kg)	18.42	19.58	20.76
粗灰分 Ash	7.47	7.45	7.35
钙 Ca	1.24	1.22	1.19
总磷 TP	0.65	0.64	0.67

1.2 饲养管理

各试验组犊牛 10 日龄后每天定时(07:00—20:00)与母牛分离,单独分圈,饲喂相应组代乳粉,饲喂量逐渐增加,过渡至 30 日龄时不再饲喂母乳,只喂代乳粉。代乳粉用冷却到 40~50 ℃ 的温开水按照 1:7 比例冲调为乳液饲喂犊牛。每日饲喂 2 次(08:00、20:00),饲喂后补充饮水,代乳粉日饲喂量为体重的 3%,并随犊牛体重增长及时

调整,每半个月进行 1 次称重,每次称重后调整 1 次,饲喂至 90 日龄;期间自由采食天然牧草。

1.3 测定指标

1.3.1 生长性能指标

测定各组犊牦牛初生重及 30、60、90 日龄晨饲前空腹体重。

1.3.2 血清生化指标

分别于 30、60、90 日龄晨饲前采集各组犊牦

牛颈静脉血液 10 mL, 3 000 r/min 离心 20 min, 分离血清于 1.5 mL 离心管中, -20 °C 保存待测。

测定血清中代谢物: 非酯化脂肪酸 (NEFA)、尿素氮 (UN)、葡萄糖 (GLU) 含量; 血清免疫相关指标: 免疫球蛋白 A (IgA)、免疫球蛋白 G (IgG)、免疫球蛋白 M (IgM)、肿瘤坏死因子- α (TNF- α)、表皮生长因子 (EGF) 含量; 血清抗氧化指标: 超氧化物歧化酶 (SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px)、过氧化氢酶 (CAT) 活性及丙二醛 (MDA) 含量; 血清激素指标: 皮质醇 (Cort)、生长激素 (GH)、胰岛素样生长因子-I (IGF-I) 含量。血清样品委托北京方程嘉鸿科技有限公司利用全自动血液生化仪进行测定。血清激素指标和免疫指标均采用酶联免疫吸附测定 (ELISA) 法测定, 抗氧化指标采用试剂盒法测定, 试剂盒购自南京建成生物工程研究所。

1.4 统计方法

利用 Excel 2013 对原始数据进行初步整理, 采用 SAS 9.4 PROC MIXED 模型进行数据分析。对于血清生化指标, 不同日龄测定结果视为重复,

模型如下:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + D_j + T_i \times D_j + \varepsilon_{ij}$$

式中: μ 为总均值; T 为试验代乳粉脂肪水平处理效应 ($i = 1, 2, 3$); D_j 为日龄效应 ($j = 30, 60, 90$); $T_i \times D_j$ 为试验代乳粉脂肪水平 \times 日龄效应; ε_{ij} 为变量 ij 的随机误差, 并进行各组间最小二乘方均值的多重比较。 $P < 0.05$ 为差异显著, $0.05 \leq P < 0.10$ 视为存在显著差异趋势。

2 结果与分析

2.1 不同脂肪水平代乳粉对犏牦牛生长性能的影响

由表 2 可知, 各组间犏牦牛初生重无显著差异 ($P > 0.05$)。60 日龄时, MF 与 HF 组犏牦牛体重显著高于对照组 ($P < 0.05$), MF 与 HF 组间无显著差异 ($P > 0.05$)。90 日龄时, 饲喂代乳粉各组犏牦牛体重均显著高于对照组 ($P < 0.05$)。HF 与 MF 组犏牦牛平均日增重显著高于对照组 ($P < 0.05$), 其中以 MF 组的增重效果最好。

表 2 不同脂肪水平代乳粉对犏牦牛生长性能的影响

Table 2 Effects of milk replacer with different fat levels on growth performance of yak calves

项目 Items	组别 Groups				均值标准误 SEM	P 值 P-value
	CON	LF	MF	HF		
初生重 Birth weight/kg	9.79	9.85	9.70	9.61	0.35	0.96
30 日龄体重 BW on 30 days of age/kg	19.36	18.70	18.70	18.26	0.54	0.62
60 日龄体重 BW on 60 days of age/kg	26.07 ^b	27.50 ^{ab}	28.90 ^a	28.50 ^a	0.68	0.03
90 日龄体重 BW on 90 days of age/kg	34.43 ^b	36.75 ^a	38.20 ^a	37.33 ^a	0.70	<0.01
1~90 日龄平均日增重 ADG on 1 to 90 days of age/(g/d)	273.78 ^b	298.89 ^{ab}	316.67 ^a	308.00 ^a	9.54	0.02

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著 ($P > 0.05$), 不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。下表同。

Values in the same row with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference ($P > 0.05$), while with different letter superscripts mean significant difference ($P < 0.05$). The same as below.

2.2 不同脂肪水平代乳粉对犏牦牛血清代谢物含量的影响

由表 3 可知, 90 日龄内不同脂肪水平代乳粉组犏牦牛血清 NEFA 含量与对照组相比, MF 组显著低于对照组 ($P = 0.04$), HF 组有低于对照组的趋势 ($P = 0.06$)。各组间血清 UN 与 GLU 含量未观测到显著差异 ($P > 0.05$)。

2.3 不同脂肪水平代乳粉对犏牦牛血清免疫指标的影响

由表 4 可知, 对照组犏牦牛血清 IgA 含量显

著低于 MF 与 HF 组 ($P < 0.05$); 血清 IgG 含量以 MF 组最高, 显著高于对照组 ($P < 0.05$); 血清 IgM 含量在各组之间未观测到显著差异 ($P > 0.05$)。而 LF、MF、HF 组犏牦牛血清 TNF- α 含量显著低于对照组 ($P < 0.05$), LF、MF、HF 组间无显著差异 ($P > 0.05$); MF 组犏牦牛血清 EGF 含量最高, 但组间差异不显著 ($P > 0.05$)。

2.4 不同脂肪水平代乳粉对犏牦牛血清抗氧化指标的影响

由表 5 可知, 血清 MDA 含量 MF 组显著低于

对照组 ($P < 0.05$), HF 组有低于对照组的趋势 ($P = 0.07$); 血清 SOD 活性以 MF 组最高, 显著高于对照组 ($P < 0.05$); 就血清 GSH-Px 活性而言, 各组间

未发现显著差异 ($P > 0.05$); HF 与 MF 组犏牦牛血清 CAT 活性显著高于对照组 ($P < 0.05$), 且 LF 组有高于对照组的趋势 ($P = 0.09$)。

表 3 不同脂肪水平代乳粉对犏牦牛血清代谢物含量的影响

Table 3 Effects of milk replacer with different fat levels on serum metabolite contents of yak calves

项目 Items	组别 Groups				均值标准误 SEM	P 值 P-value		
	CON	LF	MF	HF		Trt	Day	Trt×Day
非酯化脂肪酸 NEFA/($\mu\text{mol/L}$)	380.39 ^a	362.72 ^{ab}	353.76 ^b	355.98 ^{ab}	8.42	0.17	0.08	0.71
尿素氮 UN/(mmol/L)	2.98	2.95	2.91	3.05	0.08	0.52	0.02	0.82
葡萄糖 GLU/(mmol/L)	4.28	4.38	4.48	4.43	0.11	0.69	0.03	0.90

Trt 为代乳粉脂肪水平效应; Day 为日龄效应; Trt×Day 为代乳粉脂肪水平和日龄交互效应。下表同。

Trt was the effect of milk replacer fat levels; Day was the effect of days of age; Trt×Day was the interaction effect between milk replacer fat levels and days of age. The same as below.

表 4 不同脂肪水平代乳粉对犏牦牛血清免疫指标的影响

Table 4 Effects of milk replacer with different fat levels on serum immunity indices of yak calves

项目 Items	组别 Groups				均值标准误 SEM	P 值 P-value		
	CON	LF	MF	HF		Trt	Day	Trt×Day
免疫球蛋白 A IgA/(mg/mL)	1.11 ^b	1.15 ^{ab}	1.23 ^a	1.22 ^a	0.03	0.04	0.71	0.79
免疫球蛋白 G IgG/(mg/mL)	9.25 ^b	9.52 ^{ab}	10.18 ^a	9.89 ^{ab}	0.31	0.19	<0.01	0.28
免疫球蛋白 M IgM/(mg/mL)	1.06	1.04	1.07	1.07	0.03	0.89	0.18	0.87
肿瘤坏死因子- α TNF- α /(pg/mL)	118.06 ^a	109.25 ^b	108.07 ^b	108.78 ^b	2.62	0.05	0.03	0.27
表皮生长因子 EGF/(mg/mL)	509.67	513.72	522.05	507.14	5.68	0.23	<0.01	0.45

表 5 不同脂肪水平代乳粉对犏牦牛血清抗氧化指标的影响

Table 5 Effects of milk replacer with different fat levels on serum antioxidant indices of yak calves

项目 Items	组别 Groups				均值标准误 SEM	P 值 P-value		
	CON	LF	MF	HF		Trt	Day	Trt×Day
丙二醛 MDA/(nmol/mL)	5.30 ^a	5.01 ^{ab}	4.63 ^b	4.82 ^{ab}	0.17	0.05	0.09	0.26
超氧化物歧化酶 SOD/(U/mL)	86.99 ^b	87.85 ^{ab}	95.77 ^a	94.53 ^{ab}	2.54	0.03	<0.01	0.30
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mL)	416.46	409.98	414.71	421.37	12.26	0.92	0.58	0.99
过氧化氢酶 CAT/(U/mL)	8.25 ^b	8.85 ^{ab}	9.34 ^a	9.20 ^a	0.23	0.01	0.60	0.27

2.5 不同脂肪水平代乳粉对犏牦牛血清激素指标的影响

由 6 可知, 饲喂代乳粉各组犏牦牛血清中 Cort 含量均高于对照组, 但差异不显著 ($P > 0.05$), HF 组有高于对照组的趋势 ($P = 0.07$); 血清 GH 含量以 MF 组最高, 显著高于对照组 ($P < 0.05$), 其他各组间无显著差异 ($P > 0.05$); MF 与 HF 组间血清 IGF- I 含量差异不显著 ($P > 0.05$), 但均显著高于对照组 ($P < 0.05$)。

3 讨论

3.1 不同脂肪水平代乳粉对犏牦牛生长性能及激素分泌的影响

代乳料是由于犏牦牛早期断奶后瘤胃尚未发育成熟, 而为犏牦牛提供一种与牛乳成分接近且易消化的过渡性饲料。本研究发现, 与采食母乳的对照组相比, 早期断奶犏牦牛饲喂代乳粉, 未对体重增长产生不利影响, 这与 Blanco 等^[5] 研究结果一

致。并且随着日龄的增长,犊牦牛生长发育的营养需要增加,母牦牛泌乳量可能不足以满足其养分需求,较高脂肪水平的代乳粉为其提供了更加充足的能量供给,体重与平均日增重均显著提高, Ballou^[12]研究发现,高脂肪水平代乳粉能够显著增加犊牛平均日增重,但本研究结果显示,当代乳

粉脂肪水平进一步提高时,犊牦牛增重未持续增长并呈现下降趋势。饲粮中过高的脂肪水平可导致采食量的下降,抑制瘤胃微生物活性和发酵^[14-16],可能是此结果产生的原因。因此,适宜脂肪水平代乳粉更有利于早期断奶犊牦牛的生长发育。

表 6 不同脂肪水平代乳粉对犊牦牛血清激素指标的影响

Table 6 Effects of milk replacer with different fat levels on serum hormone indices of yak calves

项目 Items	组别 Groups				均值标准误 SEM	P 值 P-value		
	CON	LF	MF	HF		Trt	Day	Trt×Day
皮质醇 Cort/(nmol/L)	23.58	24.73	24.80	25.06	0.52	0.28	<0.01	0.13
生长激素 GH/(ng/mL)	2.84 ^b	2.94 ^{ab}	3.05 ^a	2.96 ^{ab}	0.04	0.01	0.72	<0.01
胰岛素样生长因子-I IGF- I/(ng/mL)	39.21 ^b	41.22 ^{ab}	42.95 ^a	42.92 ^a	0.89	0.02	0.03	0.07

Cort 由肾上腺皮质分泌,犊牛断奶时,饲粮与环境改变造成的应激引起下丘脑-垂体-肾上腺轴神经兴奋,刺激 Cort 分泌,影响机体脂肪、蛋白质代谢和免疫功能^[17]。张千等^[18]通过 Meta 分析发现,断奶应激可诱导犊牛在断奶后 1~3 d 和 11~14 d 血液中 Cort 含量显著升高。本研究中,犊牦牛早期断奶后,Cort 含量呈现了上升趋势,但未达到显著水平,并且日龄效应显著,表明犊牦牛在试验中通过代乳粉与母乳逐渐过渡的方式缓解了断奶应激,随着日龄增长应激随之减弱。Brown 等^[19]研究发现,营养水平的高低显著影响 IGF- I 的分泌,张庆丽^[20]通过减少 1 月龄断奶羔羊开食料中脂肪添加水平而限制其能量摄入,使羔羊血浆 GH 与 IGF- I 含量显著降低,这与本研究观测到的代乳粉脂肪水平升高显著促进 GH 与 IGF- I 分泌的结果相一致。岳康宁等^[21]在奶牛上同样发现添加脂肪粉可提高饲粮能量水平,血清 IGF- I 含量得到显著提升。生长激素轴包括垂体分泌的 GH 与 IGF- I,是促进躯体生长与成年体型的关键决定因素,影响体组织组成和结构、功能维持^[22]。血清 GH 与 IGF- I 含量的提高,与前期观测到的体增重增加结果相一致,而本研究中代乳粉过高的脂肪水平使 GH 分泌有所降低,医学研究也显示脂肪摄入过量诱发肥胖矮小与 GH 分泌水平降低显著相关^[23]。以上结果表明,适宜的代乳粉脂肪水平可通过增强机体生长相关激素分泌以促进犊牦牛生长发育。

3.2 不同脂肪水平代乳粉对犊牦牛血清代谢物含量的影响

NEFA 是反映机体脂肪代谢平衡的重要指标,本研究结果显示早期断奶饲喂低脂肪水平代乳粉,与采食母乳相比,对犊牦牛血清 NEFA 含量无显著影响,提示早期断奶饲喂代乳粉能够提供犊牦牛采食母乳所摄取的脂肪养分。对血清 GLU 与 UN 含量而言,早期断奶代乳粉饲喂同样未显著影响犊牛糖代谢与氮利用率。孙凤莉^[24]在羔羊上研究发现,饲喂低脂肪低蛋白质水平代乳粉与母乳喂养相比无显著差异,与本试验结果一致。随着代乳粉脂肪水平的升高,犊牦牛血清 NEFA 含量进一步降低,并在 MF 组达到显著水平。研究报道,断奶阶段犊牛由于断奶应激诱导体储动员而使血液 NEFA 含量升高^[25],从断奶后整个周期来看,较高脂肪水平的代乳粉弥补了犊牛此阶段的摄入不足,使脂肪组织动员减少,Kmicikewycz 等^[26]通过提高代乳粉脂肪水平或增加饲喂次数以增加营养供给,犊牛血浆 NEFA 含量均呈现降低效果。

3.3 不同脂肪水平代乳粉对犊牦牛血清免疫、抗氧化指标的影响

免疫球蛋白是一类广泛参与机体内体液免疫反应的球蛋白,犊牛在免疫系统尚未发育健全之前,主要依靠初乳获得免疫球蛋白,以抵御病毒、细菌侵袭,在 30 日龄后逐渐建立自身的免疫机制,通过自身摄取养分合成免疫球蛋白^[27-28]。研

究报道,早期断奶犊牛饲喂酸化奶并自由采食开食料,与牛奶喂养相比,血液 IgG 含量并无显著差异^[29]。本研究同样观测到犊牦牛早期断奶后饲喂低脂肪水平代乳粉时与母乳喂养差异不显著,表明代乳粉饲喂能够满足犊牛断奶后免疫机制建立的营养需求。并且代乳粉脂肪水平的进一步升高,血清中 IgA、IgG 含量显著高于对照组, Abu El-Hamd 等^[30] 研究发现,犊牛补饲亚麻籽油提高脂肪水平,1~15 周内血液 IgG 含量增加了 10.22%~18.30%。但李文娟^[13] 比较了 15% 与 27% 脂肪水平代乳粉饲喂 7 日龄断奶羔羊的效果,结果显示血清中 IgG 含量无显著差异,可能与断奶日龄、代乳粉配方与物种差异有关。IgM 是机体首次接触抗原时最先出现的免疫球蛋白,特异性相对较低;IgA 主要参与黏膜病原微生物防御;IgG 是最主要的免疫球蛋白,具有抵抗病原菌、病毒和免疫调节的作用^[31]。有研究报道,口服烷基甘油能够提高大鼠血浆中 IgG 与 IgM 含量^[32],并且 Tanghe 等^[33] 认为幼龄动物从乳汁中摄入的脂肪酸在促进和提高免疫功能中发挥重要作用,这可能是较高脂肪水平代乳粉提高犊牦牛免疫球蛋白含量的原因。TNF- α 属于促炎细胞因子,是机体在炎症反应时表达的参与免疫反应的分子,其降低表明病原体入侵和炎症反应的减弱。在外源性慢性注射免疫球蛋白条件下,小鼠神经元炎症中 TNF- α 表达量显著降低^[34],提示 TNF- α 分泌与机体免疫功能密切相关,随着代乳粉脂肪水平增加,本研究得到了类似结果,推测与犊牦牛免疫功能增强,以及早期断奶舍饲代乳粉条件与放牧状态相比病原菌接触更少有关。

Soberon 等^[35] 认为代乳粉中脂肪、脂肪酸、维生素和微量元素等养分是影响其抗氧化性能的重要因素。本研究中,代乳粉脂肪水平的增加显著升高了犊牦牛血清 SOD 与 CAT 活性,SOD 与 CAT 是酶促抗氧化防御体系中的 2 种主要抗氧化酶^[36],在机体氧化与抗氧化平衡中发挥重要作用,适宜的饲粮脂肪水平有利于提高机体抗氧化能力^[37]。王美美^[27] 通过增加代乳粉脂肪与蛋白质营养水平,在 45 日龄时显著提高了荷斯坦奶公犊的抗氧化能力。但过量的脂肪摄入也会对抗氧化功能产生负面影响,减弱机体清除自由基的能力^[38],本研究中也观测到类似结果。MDA 是脂质过氧化的终产物,反映组织细胞过氧化程度^[39]。

中等脂肪水平代乳粉降低了早期断奶犊牦牛血清 MDA 含量,这与前文所讨论的机体抗氧化能力增强的结果相一致,由此可见,适当增加代乳粉脂肪水平能够通过提高抗氧化酶活性而抑制机体过氧化反应。

4 结 论

① 进行犊牦牛早期断奶并饲喂代乳粉,与传统放牧哺乳方式相比,对犊牛的生长性能有促进作用。

② 适宜脂肪水平的代乳粉有利于进一步促进犊牦牛生长,增强机体免疫力与抗氧化功能。

③ 综合犊牛生长与血清生化指标,25% 脂肪水平代乳粉对犊牦牛的饲喂效果较好。

参考文献:

- [1] 周义秀,郝力壮,刘书杰.三江源区高寒草场不同物候期牧草对放牧牦牛产奶量及乳中矿物质元素含量的影响[J].动物营养学报,2020,32(8):3742-3749.
- [2] HU R, WANG Z S, PENG Q H, et al. Effects of GHRP-2 and cysteamine administration on growth performance, somatotrophic axis hormone and muscle protein deposition in yaks (*Bos grunniens*) with growth retardation[J]. PLoS One, 2016, 11(2): e0149461.
- [3] 朱彦宾,巴桑旺堆,旦久罗布,等.早期断奶对犊牛生产性能和母牦牛繁殖性能的影响[J].基因组学与应用生物学,2019,38(1):89-92.
- [4] 马军,陈春华,刘建明,等.不同断奶月龄对新疆褐牛生长发育性能和犊牛腹泻发生的影响[J].现代畜牧兽医,2019(3):21-25.
- [5] BLANCO M, VILLALBA D, RIPOLL G, et al. Effects of early weaning and breed on calf performance and carcass and meat quality in autumn-born bull calves[J]. Livestock Science, 2009, 120(1/2): 103-115.
- [6] 张巧娥,罗晓瑜,洪龙,等.不同代乳粉对早期断奶乳公犊生产性能的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2015(10):116-118.
- [7] 杨什布加,赵索南,柴沙驼,等.饲喂代乳粉对早期断奶犊牦牛生长性能的影响及经济效益分析[J].中国畜牧杂志,2017,53(12):89-92.
- [8] HILL T M, ALDRICH J M, SCHLOTTERBECK R L, et al. Effects of changing the fat and fatty acid composition of milk replacers fed to neonatal calves[J]. The Professional Animal Scientist, 2007, 23(2): 135-143.
- [9] RAGIONIERI L, CACCHIOLI A, RAVANETTI F, et al. Effect of the supplementation with a blend contain-

- ning short and medium chain fatty acid monoglycerides in milk replacer on rumen papillae development in weaning calves[J]. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*, 2016, 207: 97-108.
- [10] HILL T M, VANDEHAAR M J, SORDILLO L M, et al. Fatty acid intake alters growth and immunity in milk-fed calves[J]. *Journal of Dairy Science*, 2011, 94(8): 3936-3948.
- [11] GARCIA M, GRECO L F, FAVORETO M G, et al. Effect of supplementing essential fatty acids to pregnant nonlactating Holstein cows and their preweaned calves on calf performance, immune response, and health[J]. *Journal of Dairy Science*, 2014, 97(8): 5045-5064.
- [12] BALLOU M A. Immune responses of Holstein and Jersey calves during the preweaning and immediate postweaned periods when fed varying planes of milk replacer[J]. *Journal of Dairy Science*, 2012, 95(12): 7319-7330.
- [13] 李文娟. 日粮脂肪水平对早期断奶羔羊生长性能、瘤胃发酵及微生物区系的影响[D]. 硕士学位论文. 北京: 中国农业科学院, 2018.
- [14] 张蓉, 刁其玉. 脂肪水平对早期断奶犊牛生长性能及血清生化指标的影响[J]. *中国畜牧兽医*, 2008, 35(10): 14-18.
- [15] PATRA A K. The effect of dietary fats on methane emissions, and its other effects on digestibility, rumen fermentation and lactation performance in cattle: a meta-analysis[J]. *Livestock Science*, 2013, 155(2/3): 244-254.
- [16] JENKINS T C, FOTOUHI N. Effects of lecithin and corn oil on site of digestion, ruminal fermentation and microbial protein synthesis in sheep[J]. *Journal of Animal Science*, 1990, 68(2): 460-466.
- [17] 高艳霞, 仁瑞清, 李建国, 等. 断奶应激对犊牛血液生化、免疫和内分泌的影响[J]. *中国兽医学报*, 2014, 34(8): 1294-1299, 1303.
- [18] 张千, 罗静, 李飞, 等. 断奶应激影响犊牛免疫功能的Meta分析[J]. *动物营养学报*, 2019, 31(1): 175-187.
- [19] BROWN E G, VANDEHAAR 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(2): 585-594.
- [20] 张庆丽. 早期能量与蛋白限制饲养对1月龄断奶羔羊胃肠道发育的影响[D]. 硕士学位论文. 杨凌: 西北农林科技大学, 2010.
- [21] 岳康宁, 李秋凤, 曹玉凤, 等. 不同能量水平日粮对淘汰荷斯坦育成母牛生长性能和屠宰性能的影响[J]. *中国畜牧兽医*, 2018, 45(2): 392-399.
- [22] BARTKE A. Minireview: role of the growth hormone/insulin-like growth factor system in mammalian aging[J]. *Endocrinology*, 2005, 146(9): 3718-3723.
- [23] 陈筱铮. 血清生长激素、甲状腺激素水平与儿童单纯性肥胖矮小的相关性研究[J]. *中外医疗*, 2018, 37(33): 14-16.
- [24] 孙凤莉. 早期断奶羔羊代乳粉及复合蛋白饲料的研究[D]. 硕士学位论文. 保定: 河北农业大学, 2004.
- [25] QUIGLEY III J D Q. Influence of weaning method on growth, intake, and selected blood metabolites in Jersey calves[J]. *Journal of Dairy Science*, 1996, 79(12): 2255-2260.
- [26] KMICIKIEWYCZ A D, DA SILVA D N L, LINN J G, et al. Effects of milk replacer program fed 2 or 4 times daily on nutrient intake and calf growth[J]. *Journal of Dairy Science*, 2013, 96(2): 1125-1134.
- [27] 王美美. 饲喂不同营养水平代乳粉对荷斯坦奶公犊生长发育的影响[D]. 硕士学位论文. 保定: 河北农业大学, 2013.
- [28] LORENZ I, MEE J F, EARLEY B, et al. Calf health from birth to weaning. I. General aspects of disease prevention[J]. *Irish Veterinary Journal*, 2011, 64: 10.
- [29] 韩静, 孟庆江, 刘景喜, 等. 饲喂酸化奶对犊牛采食量、腹泻率、血清生化及免疫指标的影响[J]. *中国饲料*, 2016(18): 20-23.
- [30] ABU EL-HAMD M A, EL-DIAHY Y M, EL-MAGHRABY M M, et al. Effect of flaxseed oil on digestibility, blood parameters, immuno-response and productive performance of suckling Friesian calves[J]. *Journal of Animal and Poultry Production*, 2015, 6(12): 755-765.
- [31] HURLEY W L, THEIL P K. Perspectives on immunoglobulins in colostrum and milk[J]. *Nutrients*, 2011, 3(4): 442-474.
- [32] OH S Y, JADHAV L S. Effects of dietary alkylglycerols in lactating rats on immune responses in pups[J]. *Pediatric Research*, 1994, 36(3): 300-305.
- [33] TANGHE S, COX E, MISSOTTEN J, et al. Influence of sow dietary polyunsaturated fatty acid source on the immunoglobulin profile of piglets [C]//Proceedings of the 14th International Conference on Production Diseases in Farm Animals (ICPD-2010). Ghent, Belgium: [s.n.], 2010.
- [34] PULI L, POMESHCHIK Y, OLAS K, et al. Effects of human intravenous immunoglobulin on amyloid pathology and neuroinflammation in a mouse model of Alzheimer's disease[J]. *Journal of Neuroinflammation*, 2012, 9: 105.
- [35] SOBERON M A, LIU R H, CHERNEY D J R. Short communication: antioxidant activity of calf milk replacers[J]. *Journal of Dairy Science*, 2012, 95(5): 2703-2706.
- [36] 徐端红, 安芳芳, 贾新彦, 等. 日粮肉碱和脂肪水平对鲤鱼生长性能、血液生化指标和抗氧化性能的影响[J]. *中国饲料*, 2019(10): 77-81.

- [37] 王俊锋,章平.脂肪粉对黑凤鸡抗氧化性能、蛋白质代谢及甲状腺激素水平的影响[J].河南农业科学, 2014,43(4):119-122,132.
- [38] 何志刚,王金龙,伍远安,等.饲料脂肪水平对芙蓉鲤鲫幼鱼血清生化指标、免疫反应及抗氧化能力的影响[J].水生生物学报,2016,40(4):655-662.
- [39] 唐波,王群,奚雨萌,等.蛋氨酸羟基丙酮对犏牦牛生长、血清生化指标和激素水平的影响[J].江苏农业学报,2014,30(3):567-573.

Effects of Milk Replacer with Different Fat Levels on Growth Performance, Serum Immunity and Antioxidant Indexes of Yak Calves

BAO Yuhong^{1,2} FENG Ke³ LIAO Yangci^{1,2} Pubuzhuoma^{1,2} Pubuciren^{1,2} Canmuyou^{1,2*}

(1. State Key Laboratory of Highland Barley and Yak Germplasm Resources and Genetic Improvement, Lhasa 850000, China; 2. Institute of Pratacultural, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Lhasa 850000, China; 3. Animal Disease Prevention and Control Center of Lhasa, Lhasa 850000, China)

Abstract: With the purpose of exploring the scientific early-weaning pattern of yak calves in Qinghai-Tibet plateau, and appropriate fat level in their milk replacer, Tibetan mountain yaks were chosen for this research to evaluate the effects of milk replacer with different fat levels on growth performance, serum immunity and antioxidant indexes of yak calves. A total of 40 newborn yak calves with similar age and body weight were divided into 4 groups randomly ($n=10$). Calves in control group (CON group) were breastfed by dam and weaned naturally. Experimental calves in the other 3 groups were fed milk replacers containing different levels of fat: 22% (low fat, LF group), 25% (middle fat, MF group), 28% (high fat, HF group) and equal protein level (24%) from 10 to 90 days after birth, respectively. The results showed as follows: 1) in comparison with CON group, calves in MF and HF groups had significantly higher body weight on 60 and 90 day of age, and average daily gain (ADG) during 1 to 90 days of age ($P<0.05$). The highest body weight of calves appeared in MF group. 2) Serum non-esterified fatty acids (NEFA) content in MF group was significantly lower than that in CON group ($P<0.05$). 3) As for immunity and antioxidant indexes, calves fed MF and HF milk replacers had significantly increased serum immunoglobulin A (IgA) content and reduced tumor necrosis factor- α (TNF- α) content ($P<0.05$). Serum immunoglobulin G (IgG) content in MF group was also significantly greater than that in CON group ($P<0.05$). Enzyme activity of catalase (CAT) in serum was significantly increased by MF and HF milk replacers ($P<0.05$). Calves in MF group had significantly higher serum super oxide dismutase (SOD) activity and lower serum content of malondialdehyde (MDA) than those in CON group ($P<0.05$). 4) Serum insulin growth factor- I (IGF- I) content in MF and HF groups was significantly increased and growth hormone (GH) content was significantly higher in MF group when compared with CON group ($P<0.05$). In summary, there is a positive impact of early-weaning and milk replacer feeding on growth performance of yak calves in comparison with breastfeeding of dam. Growth, immunity and antioxidant functions of yak calves can be improved by increasing fat level in milk replacer properly. Taken together, milk replacer with 25% fat level is more applicable to yak calves. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32 (12):5704-5711]

Key words: yak calf; milk replacer; fat level; growth performance; serum biochemical indexes