

补饲对放牧西门塔尔犊牛生长性能及血液指标的影响

徐萍¹ 敖日格乐^{1*} 王纯洁² 斯木吉德¹ 陈浩¹ 刘波¹ 张晨¹ 崔银雪¹
何利娜¹ 曹家铭¹ 武思同¹ 刘飞鸿¹

(1. 内蒙古农业大学 动物科学学院, 呼和浩特 010018;
2. 内蒙古农业大学 兽医学院, 呼和浩特 010018)

摘要 为研究放牧加补饲对西门塔尔犊牛生长性能和血液指标的影响, 选取内蒙古赤峰草原的放牧犊牛 16 头, 分为放牧组和放牧加补饲组, 测量体重、体尺等生长性能指标, 用酶联免疫法测定血清中总蛋白 (TP)、尿素氮 (BUN)、葡萄糖 (GLU)、白介素 1 (IL-1) 和白介素 2 (IL-2) 等血液指标。结果表明: 1) 在正试期的 0~30 d 2 组犊牛 的日增重无显著差异 ($P>0.05$), 但在 31~60 d 放牧加补饲组犊牛日增重显著高于放牧组 ($P<0.05$); 在整个试验阶段, 放牧加补饲犊牛体尺指标除胸围外, 均高于放牧组, 但差异不显著 ($P>0.05$)。2) 放牧加补饲使犊牛血清中 尿素氮 (BUN) 和葡萄糖 (GLU) 含量显著提高 ($P<0.05$); 而总蛋白 (TP) 和甘油三酯 (TG) 含量差异不显著 ($P>0.05$)。3) 放牧加补饲犊牛免疫球蛋白 G (IgG) 和白介素 1 (IL-1) 含量显著升高 ($P<0.05$); 而三碘甲状腺原氨酸 (T_3)、甲状腺素 (T_4)、生长激素 (GH) 和白介素 2 (IL-2) 含量有高于放牧组的趋势, 但差异不显著 ($P>0.05$)。综 上, 补饲可提高放牧西门塔尔犊牛的生长性能, 改善血液生化指标和血清激素水平, 并可改善西门塔尔犊牛整体免 疫水平。

关键词 放牧补饲; 西门塔尔犊牛; 生长性能; 血清指标

中图分类号 S823.9+2

文章编号 1007-4333(2020)09-0055-09

文献标志码 A

Effects of supplementary feeding on growth performance and blood biochemical index of grazing Simmental calves

XU Ping¹, Aorigele^{1*}, WANG Chunjie², Simujide¹, CHEN Hao¹, LIU Bo¹, ZHANG Chen¹,
CUI Yinxue¹, HE Lina¹, CAO Jiaming¹, WU Sitong¹, LIU Feihong¹

(1. College of Animal Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China;

2. Veterinary Medical College, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China)

Abstract To investigate the effects of grazing supplementary feeding on growth performance and blood indexes of Simmental calves, sixteen grazing Simmental calves in Chifeng grassland were divided into grazing group and grazing plus feeding group, respectively. Body weight, body size and other growth performance indicators were measured. Total protein (TP), urea nitrogen (BUN), glucose (GLU), interleukin 1 (IL-1) and interleukin 2 (IL-2) in serum were detected by ELISA. The results showed that: 1) There was no significant difference in daily weight gain between two groups of calves at 0–30 d in the formal trial period ($P>0.05$). However, the daily weight gain of calves in the grazing plus feeding group was significantly higher than that those calves in the grazing group at 31–60 d ($P<0.05$). In the whole experimental stage, except for the heart girth, the body size in grazing and supplementary feeding group were higher than that in grazing group, but the differences were not significant ($P>0.05$). 2) The contents of urea nitrogen (BUN) and glucose (GLU) in serum of calves were significantly increased by grazing and supplementary

收稿日期: 2020-02-23

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFD0501703)

第一作者: 徐萍, 硕士研究生, E-mail: 920705726@qq.com

通讯作者: 敖日格乐, 教授, 主要从事牛生产学与产品品质研究, E-mail: aori6009@163.com

feeding ($P < 0.05$). There was no significant difference in total protein (TP) and glyceritin trilaurate (TG) content. 3) The levels of immunoglobulin G (Ig G) and interleukin 1 (IL-1) calves were significantly increased by grazing and supplementary feeding ($P < 0.05$). The contents of triiodothyronine (T_3), thyroid hormone (T_4), growth hormone (GH) and interleukin 2 (IL-2) were higher than those in grazing group, but their differences were not significant ($P > 0.05$). In conclusion, the supplementary feeding can improve the growth performance of grazing Simmental calves, the blood biochemical index, serum hormones level and immune level of Simmental calves.

Keywords Simmental calves; grazing and supplementary feeding; growth performance; serum indexes

据统计,2019年全国羊肉产量增加12万t;禽肉产量增加245万t;牛肉产量增加23万t^[1]。众所周知,牛肉中蛋白质含量较高,脂肪和胆固醇含量相对较低,易被人体消化吸收,是公认的绿色健康肉类^[2-3]。西门塔尔牛作为优质的乳肉兼用品种,其具有生长速度快、肉产量高和适应力强等特点^[4],自引入我国,在多个省份主要依靠放牧进行养殖^[5]。近年来,由于草原严重退化和沙化^[6-7],长期干旱以及过度放牧造成牧草产量和质量逐年下降^[5,7-8],而放牧肉牛生长发育效果并不理想。如果将放牧与补饲结合,不仅可有效降低对草原的破坏^[5],减少饲养成本,还可有效改善母畜体况,促进犊牛的生长发育^[9-10]。放牧饲养牛群很容易造成矿物质摄入不足,而补饲可满足牛群所需,提高增重速度^[11]。绵羊限时“放牧+补饲”可有效提高采食效率和反刍效率^[12];在夏季“放牧+补饲”可提高阿勒泰羊的生长性能^[13];牦牛在“放牧+补饲”模式下其日增质量是传统放牧方式下的1.7倍,适时的补饲可有效挖掘放牧牛的生长潜力^[14]。为减缓草原沙漠化速度,在节约投资成本的条件下,可采取补饲的方法,保证放牧肉牛育肥效果。

饲养管理是肉牛养殖过程中的重要环节之一,根据各阶段肉牛的生长发育特点,分阶段精准补饲,可达到最佳育肥效果,并有效缩短饲养周期^[15]。而犊牛阶段的发育情况及健康对育肥阶段肉牛的生产性能和生产力水平起到十分关键的作用。由于犊牛出生时胃肠道发育不完全,随着犊牛的生长发育,单一的母乳饲喂无法满足犊牛的生长需求,为保证犊牛阶段机体正常发育,需根据犊牛阶段营养需求制定适合的精料补充料,为其提供全价所需的养分。为研究精准补饲对放牧犊牛生长性能和血液生化指标、血清激素及免疫指标的影响,本研究以日龄相近且同群放牧的西门塔尔犊牛为试验对象,以“放牧+补饲”为饲养模式,旨在寻找放牧犊牛精准补饲方法,为放牧犊牛培育方式的选择提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验动物及地点

本研究于2019年7月在内蒙古赤峰市阿鲁科尔沁旗草原展开,其草原面积辽阔,牧草种类繁多,牧草主要品种为羊草、沙打旺和冰草等,试验期间牧草高在15~25 cm之间,牧草养分含量见表1。试验选用2月龄体重、体尺相似,健康的放牧西门塔尔犊牛16头,并且母牛平均胎次相同,健康空怀期及泌乳良好。试验期间试验牛可自由采食牧草和饮水。

表1 混合新鲜牧草营养组分

Table 1 Nutrient content of mix fresh grass

指标 Item	含量 Content
干物质 Dry matter	41.35
粗蛋白 Crude protein	9.57
粗脂肪 Ether extract	2.93
粗灰分 Ash	8.67
钙 Calcium	0.68
磷 Phosphorus	0.37
酸性洗涤纤维 ADF	33.19
中性洗涤纤维 NDF	45.38

注:数据均为风干基础测定。

Note: Data are based on air dry basis measurement.

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计

将所选犊牛随机分为2组,其中放牧组犊牛随母牛全天牧场放牧;放牧加补饲组犊牛在全天放牧条件下,下午6:00时补饲1次犊牛自配精补料,其组成与营养组分见表2。每头放牧加补饲犊牛,在正式试验阶段的第0~30 d补饲精料0.5 kg/d,第31~60 d补饲精料1.0 kg/d。所有试验犊牛在相

同草场进行大群放牧,可降低放牧环境对 2 组犏牛生长发育的影响。预饲期为 10 d,正式饲喂期 60 d,试验共 70 d。

1.2.2 样品采集

正试期开始前对每组犏牛称重并测量体尺;早

晨空腹采集颈静脉血液,静置后,3 500 r/min 离心 15 min,取其上清至离心管中,放置液氮中储存,带回实验室后保存至超低温冰箱中,以备血清指标检测。正式试验开始后间隔 15 d 对试验犏牛进行体重、体尺测量和采集血液。

表 2 精料组成及营养水平

Table 2 Composition and nutrient levels of concentrate %

原料 Ingredient	含量 Content	营养水平 Nutrient	含量 Content
玉米 Corn	40	干物质 Dry matter	85.05
豆粕 Soybean meal	24	粗蛋白 Crude protein	17.50
麸皮 Bran	20	粗脂肪 Ether extract	3.32
糖蜜 Molasses	5	钙 Calcium	1.52
预混料 Gunk	5	磷 Phosphorus	0.78
石粉 Limestone	2		
食盐 NaCl	2		
磷酸氢钙 CaHPO ₄ · 2H ₂ O	2		

注:以上数据均为风干基础测定。

Note: Data are based on air dry basis measurement.

1.3 测定指标及方法

1.3.1 生长发育指标测定

每组犏牛在试验期间进行 5 次体重和体尺测量,测量均在保定架中完成。

体重:早晨空腹进行称重,犏牛依次通过保定架,读取电子秤数据;

体高:犏牛髻甲最高处到保定架内底部的直线距离;

体斜长:犏牛肩胛骨前端到同侧坐骨结节间的直线距离;

胸围:犏牛肩胛骨后缘躯体的垂直周长;

腹围:犏牛后腿前腹部的最大周径^[4,16-17]。

1.3.2 血清指标测定

本研究检测的血清指标包括尿素氮(BUN)、葡萄糖(GLU)、甘油三酯(TG)、三碘甲状腺原氨酸(T₃)、甲状腺素(T₄)、生长激素(GH)、免疫球蛋白 G(IgG)、白介素-1(IL-1)、总蛋白(TP)和白介素-2(IL-2),利用 GYI-LRH-400-D 生化培养箱和 BIO-RAD680 型酶标仪检测上述指标含量^[18-19],检测所需 ELISA 试剂盒订购于江苏酶免实业有限公司,试验操作步骤详见试剂盒说明书。

1.4 试验数据分析

先用 Excel 2016 处理试验数据,再通过 SAS 9.0 单因素方差分析(One-way ANOVA)并进行多重比较(Duncan 法)检验指标差异性,以 $P < 0.05$ 作为衡量差异显著性水平的标准,最终试验结果以均值±标准差($X \pm SD$)表示。

2 结果与分析

2.1 放牧加补饲对西门塔尔犏牛生产性能的影响

犏牛生长发育指标测定结果见表 3。由表 3 可知,在正试期的 0~30 d,2 组犏牛的日常增重无显著差异($P > 0.05$),但在第 31~60 d 放牧加补饲对犏牛日常增重有显著影响,其放牧加补饲犏牛日常增重高于放牧犏牛($P < 0.05$);放牧加补饲组犏牛体高有高于放牧组的趋势,但差异不显著($P > 0.05$);放牧加补饲组犏牛胸围长度略低于放牧组,但其增长率高于放牧组($P > 0.05$);放牧加补饲犏牛的体斜长和腹围长度及其增长率均大于放牧组,但差异不显著($P > 0.05$)。由此可得,放牧加补饲可有效提高西门塔尔犏牛的日常增重而且有促进体尺增长的趋势。

表3 不同饲养方式下犊牛生长发育指标测定

Table 3 Measurement of calf growth and development indexes under different feeding methods

指标 Index	放牧组 Grazing group	放牧加补饲组 Grazing plus supplementary feeding group
体重 Weight		
初重/kg Initial body weight	87.37±13.41 a	85.71±10.49 a
30 d重/kg 30 d body weight	118.06±17.33 a	118.26±11.39 a
0~30 d 平均日增重/kg 0-30 d ADG	0.99±0.19 a	1.09±1.67 a
末重/kg Final body weight	145.46±19.94 a	151.83±9.29 a
31~60 d 平均日增重/kg 31-60 d ADG	1.01±0.20 a	1.21±0.19 b
体高 Withers height		
初/cm Initial	82.25±2.49 a	81.33±2.29 a
30 d/cm	90.80±3.06 a	91.60±1.74 a
0~30 d 增长率/% 0-30 d growth rate	9.15±2.01 a	10.69±3.99 a
末/cm Final	94.50±3.20 a	95.00±1.15 a
31~60 d 增长率/% 31-60 d growth rate	5.02±1.51 a	5.23±0.60 a
体斜长 Body length		
初/cm Initial	80.33±2.98 a	80.20±2.40 a
30 d/cm	97.20±3.54 a	97.50±1.50 a
0~30 d 增长率/% 0-30 d growth rate	21.09±3.85 a	22.74±2.53 a
末/cm Final	102.00±3.74 a	102.83±2.61 a
31~60 d 增长率/% 31-60 d growth rate	3.39±0.49 a	4.15±0.81 a
胸围 Heart girth		
初/cm Initial	103.60±5.35 a	100.60±4.32 a
30 d/cm	118.41±2.80 a	115.60±3.49 a
0~30 d 增长率/% 0-30 d growth rate	9.39±1.56 a	11.40±2.12 a
末/cm Final	123.25±3.11 a	121.67±3.40 a
31~60 d 增长率/% 31-60 d growth rate	4.88±0.87 a	5.64±0.84 a
腹围 Abdomen girth		
初/cm Initial	114.40±3.26 a	111.00±7.18 a
30 d/cm	128.01±4.24 a	126.50±2.69 a
0~30 d 增长率/% 0-30 d growth rate	14.66±3.47 a	15.42±1.32 a
末/cm Final	134.80±7.43 a	135.13±5.23 a
31~60 d 增长率/% 31-60 d growth rate	4.97±1.89 a	7.17±1.15 a

注:数值后不同字母表示存在显著差异($P<0.05$);相同字母标注表示差异不显著($P>0.05$)。下表同。

Note: Different letters after the value indicate significant differences ($P<0.05$), and the same letters indicate that the differences are not significant ($P>0.05$). The same below.

2.2 放牧加补饲对西门塔尔犍牛血清生化指标的影响

犍牛血清生化指标含量测定结果见表4。由

表4可知,补饲条件下犍牛BUN和GLU含量均显著高于放牧组犍牛($P < 0.05$);而TP和TG含量差异不显著($P > 0.05$)。

表4 不同饲喂方式下犍牛血清生化指标测定

Table 4 Determination of calf serum biochemical indicators under different feeding methods

指标 Index	放牧组 Grazing group	放牧加补饲组 Grazing plus supplementary feeding group
总蛋白/(g/L) TP	48.05±2.25 a	49.10±3.64 a
尿素氮/(mmol/L) BUN	12.52±0.96 a	13.66±0.99 b
葡萄糖/(mmol/L) GLU	4.86±0.39 a	5.14±0.40 b
甘油三酯/(mmol/L) TG	0.21±0.01 a	0.20±0.01 a

2.3 放牧加补饲对西门塔尔犍牛血清激素及免疫指标的影响

犍牛血清激素及免疫指标测定结果见表5。由

表5可知,补饲条件下犍牛IgG和IL-1含量显著高于放牧组犍牛($P < 0.05$);而 T_3 、 T_4 、GH和IL-2在血清中的含量略高于放牧组,但差异不显著($P > 0.05$)。

表5 不同饲喂方式下犍牛血清激素及免疫指标测定

Table 5 Determination of serum hormones and immune indexes of calf under different feeding methods

指标 Index	放牧组 Grazing group	放牧加补饲组 Grazing plus supplementary feeding group
三碘甲状腺原氨酸/(pmol/L) T_3	17.69±1.27 a	17.94±1.17 a
甲状腺素/(nmol/L) T_4	199.99±19.75 a	207.77±18.99 a
生长激素/(ng/mL) GH	14.31±1.45 a	14.48±1.45 a
免疫球蛋白G/(mg/mL) IgG	26.92±1.33 a	27.89±1.54 b
白介素1/(pg/mL) IL-1	93.70±9.18 a	100.57±9.73 b
白介素2/(pg/mL) IL-2	172.26±14.23 a	175.78±12.36 a

3 讨论

3.1 放牧加补饲对西门塔尔犍牛生长性能的影响

在牧草资源丰富的内蒙古牧区,放牧肉牛在采食过程中可自由行走、呼吸新鲜空气,充足的运动有利于提高机体抗病力^[20];在放牧期间,足够的阳光照射可促进犍牛机体钙吸收,使骨骼钙化,促进其生长发育^[11,20];母牛采食大量牧草,饲料添加剂和兽药摄入量很少^[9],可为犍牛提供优质奶源,但母乳饲养不利于母牛体况恢复^[9-10]。早期放牧犍牛通过摄入母乳及采食少量牧草补充体内所需养分,随着犍

牛的生长发育,母乳和少量牧草不满足犍牛的生长发育需求,导致其生长潜能无法发挥。在此期间其胃肠道发育尚未完全,采食牧草和消化能力有限;但补饲非纤维性碳水化合物可弥补其营养摄入的不足^[21],确保该阶段放牧犍牛的正常生长发育。在本研究补饲前期,2组犍牛日增重差异不显著,而后期放牧加补饲组日增重显著高于放牧组,该结果表明补饲精料可为犍牛提供所需养分,并有效提高犍牛生长性能。周振勇^[22]的研究表明,饲养管理水平可显著影响早期犍牛体重和体尺;张玲等^[21]研究表明补饲精料可有效提高新疆放牧褐牛的日常增重,为暖

季放牧褐牛提供一定量糖分和蛋白等营养物质,有显著提高犊牛日增重的趋势^[23],这与本研究结果一致。在试验后期,补饲犊牛的补饲量增加,可能是影响试验后期日增重显著增长的主要因素。通过以上论述可说明补饲在一定程度上可促进放牧西门塔尔犊牛日增重增长。在实际生产中,可用体重和体尺衡量犊牛饲养效果。体重作为研究肉牛生产力的首选指标,可最直观反映生长育肥效果。而随着犊牛体内组织器官不断发育,各体尺指标在不断增加,体尺指标可以反映犊牛生长发育情况^[24]。在本研究中,放牧加补饲犊牛体尺与放牧犊牛间无显著差异,但补饲组犊牛体尺有小幅增长趋势。本研究还需要进一步探究最佳补饲方案。若尽可能多的增加每组犊牛数量,则可降低个体间差异对试验结果的影响;由于储存空间不足,试验过程中多次订购饲料原料,其营养成分可能存在差异而影响研究结果。后续若对其加以改善,研究结果可更具参考意义。

3.2 放牧加补饲对西门塔尔犊牛血清生化指标的影响

补饲会引起血液内与营养代谢相关的生化指标变化,血清生化指标变化可以反映动物生长发育情况,还反映营养水平对机体免疫机能的影响。TP和BUN水平是反映放牧犊牛对补饲精料中营养物质的转运和吸收能力的重要指标^[25]。高庆^[26]研究表明小鼠体内TP含量越高,动物代谢越旺盛,吸收蛋白能力越强;张玲等^[21]研究表明额外补饲可增加放牧褐牛血清中TP含量。在本研究中虽TP含量无显著差异,但放牧加补饲组其含量高于放牧组,原因可能是补饲组犊牛回圈补饲途中运动增加了能量消耗,导致2组犊牛蛋白质吸收量无显著差异。BUN可衡量动物机体蛋白质和氨基酸水平,Sarraseca等^[27]和张杰等^[28]研究均表明日粮中蛋白水平提高会显著提升机体内BUN水平。任万平^[23]研究表明BUN水平与日增重呈正相关,在本研究中放牧加补饲组犊牛血清中BUN水平显著提高,并且补饲后期其日增重亦有显著提升,但两者增长是否呈正相关需进一步研究。GLU含量和TG含量在一定程度上可反映机体糖脂代谢状况^[29]。GLU是机体最直接的能源物质,能够衡量糖原合成及分解的动态平衡^[30];动物从日粮中吸收的糖分多,其血液中GLU含量可在一定范围内提高^[31];血清中GLU含量表示结构饲料水平对犊牛碳水化合物代谢的影响^[25],本研究中补饲组动物血清GLU

含量显著升高,结果表明补饲可显著提高放牧组犊牛吸收、代谢和转运糖分的效果。TG含量是监测脂肪消化吸收的重要指标,可直接反映机体脂代谢情况^[32-33]。本研究补饲日粮中粗脂肪含量为3.32%,在相同放牧条件下,补饲组犊牛摄入脂肪含量较高,但2组犊牛TG含量无显著差异。与放牧组相比,补饲组犊牛脂肪沉积量更高。

3.3 放牧加补饲对西门塔尔犊牛血清激素及免疫指标的影响

GH不仅可促进机体生长,同时可提高动物体蛋白合成和氨基酸转运能力^[23]。龚飞飞等^[34]研究表明,为放牧羔羊合理补饲,可促进其血清GH分泌,并提高羔羊日增重。而Holcombe等^[35]研究发现羔羊日增重提高对血清中GH变化无显著影响,这与本研究结果一致,可能是由于补饲日粮成分和饲养环境等因素影响GH的分泌。甲状腺激素可促进肠道对葡萄糖的吸收,提高糖异生和肝糖原的合成^[36]。甲状腺激素主要有 T_3 和 T_4 2种形式,是反映骨骼生长的主要指标之一^[37]。有研究报道 T_3 、 T_4 可与GH协同促进机体生长^[17,38],与增重呈正相关^[37]。本研究结果表明补饲可显著提高犊牛日增重,有提高犊牛血清中 T_3 和 T_4 水平的趋势。

犊牛出生后会逐渐建立自身免疫,4周龄前依靠初乳中的免疫球蛋白获得被动免疫,随着日粮采食量的增长,被动免疫会逐渐消失^[39]。IgG是血清中免疫球蛋白的主要成分,是机体初级免疫应答最持久、最重要的抗体^[40],其作为免疫屏障,有抗菌、抗病毒的作用^[41]。本研究中放牧加补饲组犊牛IgG含量显著高于补饲组,证明补饲有利于提高犊牛免疫功能。巨噬细胞是一类重要的免疫细胞,可直接或间接作用分泌各种细胞因子(IL-1),参与免疫调控^[35]。蛋白质是免疫系统发育和机能健全的物质基础,添加蛋白质会导致外周巨噬细胞数量上升,吞噬细胞活性提高^[42]。IL-1主要由活化的单核巨噬细胞产生,可参与免疫反应并提高其功能,过高的IL-1将引起动物体内组织细胞损伤,减缓生长速度^[42-44]。在本研究中2组犊牛饲养环境和草场范围相同,补饲组犊牛体内IL-1含量显著高于放牧组。综上推断,导致IL-1含量显著升高的主要原因可能与补充日粮中蛋白水平有关。张乃锋^[42]在其研究中提到IL-1水平随蛋白水平增长而提高,蛋白含量提升可促进机体非特异性免疫功能,但其含量增长量未达到致犊牛形成炎症的程度,对犊牛肝功能和

生长发育未造成不良影响。IL-1 可通过辅助 T 淋巴细胞促进抗体产生, 并诱导其产生 IL-2, 从而增强特异性免疫^[42], IL-2 在机体内有促进淋巴细胞生长、增殖和分化的作用, 可增强 T 淋巴细胞的杀伤活性, 是反应机体免疫机能高低和抗病力强弱的重要参考指标^[39,45]。在本研究中 2 组牦牛 IL-2 含量无显著性差异, 但补饲组含量较高, 表明放牧加补饲组牦牛免疫机能有高于放牧组的趋势。

4 结 论

补饲可提高放牧西门塔尔牦牛的生长性能, 改善血液生化指标、血清激素水平, 进而改善西门塔尔牦牛整体免疫水平。

参考文献 References

- [1] 李锁强. 粮食产量创历史新高 农业生产结构进一步优化[DB/OL]. (2020-01-19). http://www.stats.gov.cn/tjsj/sjjd/202001/t20200119_1723897.html
- [2] 姚玉辉. 关于肉牛养殖中的问题分析[J]. 农业与技术, 2014, 34(9): 173
- [3] 陈峰江. 不同杂交组合肉牛生长发育及血液生理生化指标的比较研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2013
- [4] 竺林森. 牛生产学[M]. 第2版. 北京: 中国农业出版社, 2007
- [5] 李琰琰. 内蒙古草原放牧肉牛育肥期补饲量的研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2016
- [6] 潘庆民, 薛建国, 陶金, 徐明月, 张文浩. 中国北方草原退化现状与恢复技术[J]. 科学通报, 2018, 63(17): 1642-1650
- [7] 冯宇哲. 玉树地区气候变化及补饲对牦牛生长和经济效益的影响研究[J]. 家畜生态学报, 2015, 36(9): 78-84
- [8] 兰建勋. 内蒙古草地资源的区域开发与对策[J]. 畜牧兽医学(电子版), 2019(3): 146-147
- [9] 孙芳, 王雁, 孙金艳, 刘利, 李培龙, 邵广. 肉牛繁育场带犊母牛和犊牛饲养管理及工艺[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2018(12): 63-65
- [10] 柴荣. 牦牛高效繁殖技术[J]. 兽医导刊, 2019(20): 227
- [11] 红叶. 育成牛放牧饲养技术要点[J]. 中国动物保健, 2015, 17(4): 17-18
- [12] 张晓庆, 张英俊. 绵羊牧食行为对限时放牧加补饲制度的响应[J]. 畜牧兽医学报, 2015, 46(11): 1994-2001
- [13] 唐淑珍, 刘艳丰, 张俊瑜, 罗永明, 张扬, 张金山, 闫向明. 在夏季天然草场放牧加补饲对阿勒泰羊生产性能和血清生化指标的影响[J]. 饲料博览, 2014(4): 1-4
- [14] 孙鹏飞, 刘书杰, 崔占鸿. 暖季补饲精料对三江源区1岁放牧牦牛生长速度的影响[J]. 西北农业学报, 2016, 25(2): 166-172
- [15] 刘莹莹. 补饲水平对放牧杂交肉牛生产性能和血液生化指标的影响[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2008
- [16] 胡方. 不同体重阶段锦江黄牛体尺、血液生化指标和半腱肌部

- 位脂肪代谢基因相对表达量的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2016
- Hu F. Study on the relative expression amount of fat metabolism genes of the semitendinosus, blood biochemical indexes and body size in different weight stages of Jinjiang cattle [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2016 (in Chinese)
- [17] 李骁勇. 不同哺乳方案对犊牛生长性能、血液参数及瘤胃发育的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2019
- Li X Y. Effects of feeding schemes of milk on growth performance, blood parameters and rumen development in dairy calves [D]. Yangling: Northwest A & F University, 2019 (in Chinese)
- [18] 畅旺东. 放牧条件下蒙古牛血液中抗氧化、免疫及代谢相关指标的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2017
- Chang W D. Study on antioxidation, immunity and metabolism related indicators on blood of Mongolian cattle under the grazing condition [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2017 (in Chinese)
- [19] 刘波. 放牧补饲育肥肉牛屠宰性能及脂肪代谢相关指标的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2019
- Liu B. Study on slaughter performance and fat metabolism related indexes of grazing supplemented fattening beef cattle [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2019 (in Chinese)
- [20] 王道坤. 育成牛放牧饲养技术[J]. 中国畜牧业, 2014(17): 74-75
- Wang D K. Breeding techniques for cattle grazing[J]. *China Animal Industry*, 2014(17): 74-75 (in Chinese)
- [21] 张玲, 刘艳丰, 路立里, 郝耿, 张扬, 马宇阳. 补饲对放牧新疆褐牛生产性能和血液指标的影响[J]. 中国牛业科学, 2016, 42(6): 14-16
- Zhang L, Liu Y F, Lu L L, Hao G, Zhang Y, Ma Y Y. Effect of supplementary feeding on production performance and blood biochemical index of grazing Xinjiang brown cattle[J]. *China Cattle Science*, 2016, 42(6): 14-16 (in Chinese)
- [22] 周振勇. 放牧补饲对肉用犊牛生长发育与经济效益的影响[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(10): 140-143
- Zhou Z Y. Effects of grazing and supplementary feeding on growth and economic benefit of calf[J]. *Journal of Anhui Agricultural Science*, 2016, 44(10): 140-143 (in Chinese)
- [23] 任万平. 暖季放牧加补饲对新疆褐牛公犊生长发育及血清生化指标的影响[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2013
- Ren W P. The effect of growth and serum biochemical indices of Xinjiang brown cattle bull calf on grazing and supplementary feeding in warm season [D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2013 (in Chinese)
- [24] 李博, 张元庆, 程景, 靳光, 王曦, 王栋才, 徐芳, 张丹丹. 不同饲粮结构对荷斯坦奶牛犊生长发育及血清生化指标的影响[J]. 动物营养学报, 2019, 31(6): 2672-2681
- Li B, Zhang Y Q, Cheng J, Jin G, Wang X, Wang D C, Xu F, Zhang D D. Effects of different diet structures on growth and development and serum biochemical indices of Holstein male calves[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2019, 31(6): 2672-2681 (in Chinese)
- [25] 阿依努尔·托合提. 散栏与栓系两种不同的饲养方式对西门塔尔牛生产性能、血液指标的影响[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2014
- Ayinuer T. Effect of free-stall and tie-stall two different feeding modes on production and blood index in Simmental Bulls [D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2014 (in Chinese)
- [26] 高庆. 中草药添加剂对动物生长性能影响的初步研究[D]. 成都: 四川大学, 2006
- Gao Q. A primary research of the effects of Chinese herbal additives on growth performance in animals [D]. Chengdu: Sichuan University, 2006 (in Chinese)
- [27] Sarraseca A, Milne E, Metcalf M J, Lobleby G E. Urea recycling in sheep: Effects of intake[J]. *British Journal of Nutrition*, 1998, 79(1): 79-88
- [28] 张杰, 李秋凤, 曹玉凤, 余文莉, 高艳霞, 王美美, 李春芳, 李建国. 不同营养水平日粮对荷斯坦奶牛生产性能和血液指标的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2016, 52(3): 41-45
- Zhang J, Li Q F, Cao Y F, Yu W L, Gao Y X, Wang M M, Li C F, Li J G. Effects of different nutrient levels on performance and blood index of holstein milk bull[J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 2016, 52(3): 41-45
- [29] 符运勤, 刁其玉, 屠焰, 王建红, 许先查. 不同组合益生菌对0~8周龄犊牛生长性能及血清生化指标的影响[J]. 动物营养学报, 2012, 24(4): 753-761
- Fu Y Q, Diao Q Y, Tu Y, Wang J H, Xu X C. Effects of different combinations of probiotics on growth performance and serum biochemical parameters in dairy calves aged from 0 to 8 weeks[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2012, 24(4): 753-761 (in Chinese)
- [30] 李梦雅, 袁梅, 王之盛, 万发春, 薛白, 王立志, 安添午, 彭全辉. 母带犊牛与离母犊牛生长性能和血清生化、抗氧化、免疫指标的比较研究[J]. 动物营养学报, 2019, 31(12): 5571-5581
- Li M Y, Yuan M, Wang Z S, Wan F C, Xue B, Wang L Z, An T W, Peng Q H. Comparative study on growth performance and serum biochemical, antioxidant and immune indexes between calves with dam and calves without dam[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2019, 31(12): 5571-5581 (in Chinese)
- [31] 张吉鹏, 李龙瑞, 吴文旋, 周奕忠, 邹庆华. 稻草补饲苜蓿对山羊部分血液生化指标及氮代谢的影响研究[J]. 江西农业大学学报, 2013, 35(5): 1008-1013
- Zhang J K, Li L R, Wu W X, Zhou E Z, Zou Q H. A study on effects of rice straw supplemented with varying levels of alfalfa hay on some blood parameters and nitrogen metabolism of goat [J]. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*,

- 2013, 35(5): 1008-1013 (in Chinese)
- [32] Knowles T A, Southern L L, Bidner T D, Kerr B J, Friesen K G. Effect of dietary fiber or fat in low-crude protein, crystalline amino acid-supplemented diets for finishing pigs[J]. *Journal of Animal Science*, 1998, 76(11): 2818-2832
- [33] Stanley C C, Williams C C, Jenny B F, Fernandez J M, Bateman H G, Nipper W A, Lovejoy J C, Gantt D T, Goodier G E. Effects of feeding milk replacer once versus twice daily on glucose metabolism in Holstein and Jersey calves[J]. *Journal of Dairy Science*, 2002, 85(9): 2335-2343
- [34] 龚飞飞, 胡登林, 赵正剑, 李艳丽, 朱飞飞, 余雄. 补饲营养调控剂对暖季放牧羔羊生长发育及生化指标的影响[J]. *中国草食动物*, 2011, 31(4): 26-29
Gong F F, Hu D L, Zhao Z J, Li Y L, Zhu F F, Yu X. Effects of supplemental feeding nutritional regulator on growth and development and biochemical index of warm season grazing lamb[J]. *China Herbivores*, 2011, 31(4): 26-29 (in Chinese)
- [35] Holcombe D W, Krysl L J, Judkins M B, Hallford D M. Growth performance, serum hormones, and metabolite responses before and after weaning in lambs weaned at 42 days of age: Effect of preweaning milk and postweaning alfalfa or grass hay diets[J]. *Journal of animal science*, 1992, 70(2): 403-11
- [36] 江山, 杨飞云, 刘作华, 黄金秀, 肖融, 李俊祥. 能量蛋白对种公猪血液中 T3、T4、TP、BUN 和 GLU 的影响[J]. *畜牧兽医杂志*, 2009, 28(1): 7-10
Jiang S, Yang F Y, Liu Z H, Huang J X, Xiao R, Li J X. Effects of dietary energy protein on blood T3, T4, TP, BUN and GLU in boars [J]. *Journal of Animal Science and Veterinary Medicine*, 2009, 28(1): 7-10 (in Chinese)
- [37] 王胜义, 王慧, 齐志明, 崔东安, 李胜坤, 黄美洲, 刘永明. 肉牛微量元素舔砖对肉牛生长性能和相关激素水平的影响[J]. *中国草食动物科学*, 2014, 34(5): 32-34
Wang S Y, Wang H, Qi Z M, Cui D A, Li S K, Huang M Z, Liu Y M. Effects of trace element lick block on growth performance and related hormone levels in beef cattle [J]. *China Herbivore Science*, 2014, 34(5): 32-34 (in Chinese)
- [38] Hammond A C. Use of BUN and MUN as guides for protein and energy supplementation in cattle [J]. *Revista Corpoica*, 1998, 2(2): 44-48
- [39] 高岩. 饲喂酸化乳对犊牛生长性能、血液免疫指标及粪便微生物多样性的影响[D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2018
Gao Y. Effects of feeding acidified milk on growth performance, blood immunologic indicator and fecal microorganism diversity in holstein calves [D]. Daqing: Heilongjiang Bayi Agricultural University, 2018 (in Chinese)
- [40] 王长文, 杨维东, 杨文艳, 吕文发, 杨连玉. 刺五加合生元对哺乳犊牛血清 TAOC、IgG 及 IgA 含量的影响[J]. *中国兽医杂志*, 2015, 51(2): 48-50
Wang C W, Yang W D, Yang W Y, Lv W F, Yang L Y. Effect of acanthopanax acanthate on content of lactation bovine serum TAOC, IgG and IgA [J]. *Chinese Journal of Veterinary Medicine*, 2015, 51(2): 48-50 (in Chinese)
- [41] 孙明梅. 中草药饲料添加剂对哺乳母猪生产性能的影响[D]. 延吉: 延边大学, 2007
Sun M M. The effect of Chinese herb feed additives on production performance of sow [D]. Yanji: Yanbian University, 2007 (in Chinese)
- [42] 张乃锋. 蛋白质与氨基酸营养对早期断奶犊牛免疫相关指标的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2008
Zhang N F. Effects of protein and amino acid nutrition on indexes related to immune response of early weaned dairy calves [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2008 (in Chinese)
- [43] 张旭光. 不同的犊牛培育技术对犊牛生长性能、免疫指标及母牛繁殖周期的影响[D]. 延吉: 延边大学, 2016
Zhang X G. Different breeding technology on the calf growth performance, immune index and the impact of cattle breeding cycle [D]. Yanji: Yanbian University, 2016 (in Chinese)
- [44] 欧德渊, 高铭宇, 田兴贵, 杨东梅, 付学志. 黄芪多糖对细菌脂多糖诱导仔猪腹腔巨噬细胞分泌 TNF- α 、NO 及 IL-1 的影响[J]. *贵州畜牧兽医*, 2007(5): 1-3
Ou D Y, Gao M Y, Tian X G, Yang D M, Fu X Z. Effect of astragalus polysaccharides on IL-1, NO and TNF- α secreted by lipopolysaccharid induced normal piglets peritoneal macrophages [J]. *Guizhou Journal of Animal Husbandry & Veterinary*, 2007(5): 1-3 (in Chinese)
- [45] Esther S, Wendy C, Guy H, William C, Diana M, Terry F. B-lymphocyte proliferation during bovine leukemia virus-induced persistent lymphocytosis is enhanced by T-lymphocyte-derived interleukin-2 [J]. *American Society for Microbiology*, 1998, 72(4): 3169-3177

责任编辑: 秦梅