

桂红兵, 张建丽, 李隐侠, 等. 添加包被赖氨酸和蛋氨酸低蛋白质日粮对西门塔尔牛生产性能及氮排放的影响[J]. 江苏农业学报, 2022, 38(6): 1586-1593.

doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2022.06.017

添加包被赖氨酸和蛋氨酸低蛋白质日粮对西门塔尔牛生产性能及氮排放的影响

桂红兵^{1,2}, 张建丽^{1,2}, 李隐侠^{1,2}, 张俊^{1,2}, 王建球³, 刘小军⁴, 曹少先^{1,2}, 王慧利^{1,2}, 孟春花^{1,2}, 钱勇^{1,2}, 仲跻峰^{1,2}

(1.江苏省农业科学院畜牧研究所, 江苏 南京 210014; 2.农业部种养殖结合重点实验室, 江苏 南京 210014; 3.连云港市亨得利畜牧有限公司, 江苏 连云港 222399; 4.江苏优源奶业产业研究院有限公司, 江苏 南京 211106)

摘要: 为探索低蛋白质日粮中添加赖氨酸和蛋氨酸对西门塔尔牛生产性能及氮排放的影响, 选择 27 头 7 月龄、体质量 (200±10) kg 的西门塔尔公牛, 随机分为 3 组, 每组 9 头。对照组饲喂基础日粮; 试验 I 组饲喂在基础日粮配方中粗蛋白质含量减少 1.0 个百分点, 添加 20 g/d 包被赖氨酸+10 g/d 包被蛋氨酸的日粮; 试验 II 组饲喂在基础日粮配方中粗蛋白质含量减少 1.5 个百分点, 添加 30 g/d 包被赖氨酸+15 g/d 包被蛋氨酸的日粮。预饲期 7 d, 正试期 90 d。结果表明: 饲喂添加包被赖氨酸和蛋氨酸低蛋白质日粮显著提高了西门塔尔牛的生长性能 ($P<0.05$), 降低了粪尿中的氮排放量 ($P<0.05$); 试验 I 组和试验 II 组饲喂添加包被赖氨酸和蛋氨酸低蛋白质日粮 30 d、60 d 和 90 d, 试验组外周血中 Met 和 Lys 含量均高于对照组 ($P<0.05$); 饲喂添加包被赖氨酸和蛋氨酸低蛋白质日粮 30 d, 试验 I 组和试验 II 组外周血中仅苏氨酸含量低于对照组 ($P<0.05$); 随着饲喂时间的延长, 外周血中多种氨基酸水平受到显著影响; 饲喂 90 d 时, 试验 I 组和试验 II 组除蛋氨酸和赖氨酸含量依然高于对照组以外, 试验 I 组和试验 II 组亮氨酸含量和试验 II 组的精氨酸含量也显著高于对照组 ($P<0.05$), 试验 II 组的苏氨酸、异亮氨酸和酪氨酸含量显著低于对照组 ($P<0.05$)。饲喂添加包被赖氨酸和包被蛋氨酸的低蛋白质日粮 90 d 提高了西门塔尔公牛的生长性能, 降低了饲料成本, 尤其是试验 I 组, 养殖效益大幅增加。综上所述, 饲喂添加包被赖氨酸和包被蛋氨酸的低蛋白质日粮, 不仅促进了西门塔尔牛生长性能, 而且提高了养殖效益。

关键词: 肉牛; 低蛋白质日粮; 过瘤胃氨基酸; 生产性能; 氮排放

中图分类号: S823.961

文献标识码: A

文章编号: 1000-4440(2022)06-1586-08

Effect of low-protein diets with rumen-protected lysine and rumen-protected methionine on growth performance and nitrogen excretion of Simmental bulls

GUI Hong-bing^{1,2}, ZHANG Jian-li^{1,2}, LI Yin-xia^{1,2}, ZHANG Jun^{1,2}, WANG Jian-qiu³, LIU Xiao-jun⁴, CAO Shao-xian^{1,2}, WANG Hui-li^{1,2}, MENG Chun-hua^{1,2}, QIAN Yong^{1,2}, ZHONG Ji-feng^{1,2}

(1. Institute of Animal Science, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China; 2. Key Laboratory of Crop and Livestock Integrated Farming, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Nanjing 210014, China; 3. Lianyungang Hengdeli Animal Husbandry Co., Ltd., Lianyungang 222399, China; 4. Jiangsu Youyuan Dairy Industry Research Institute Co., Ltd., Nanjing 211106, China)

收稿日期: 2022-03-18

基金项目: 江苏省农业科技自主创新基金项目 [CX(19)2015]

作者简介: 桂红兵 (1988-), 男, 安徽池州人, 博士, 助理研究员, 主要研究方向为牛羊健康养殖。(E-mail) guihongbing1715225@163.com

通讯作者: 孟春花, (E-mail) mengchunhua@jaas.ac.cn; 钱勇, (E-mail) jaasqy@163.com

Abstract: To explore the effects of low protein diets with rumen protected lysine (Lys) and methionine (Met) on growth performance and nitrogen excretion of Simmental

cattle, 27 seven-month-old Simmental bulls weighing (200 ± 10) kg were randomly divided into three groups ($N=9$): control group, trial group I and trial group II. The control group was fed basic diet. The trial group I was fed the diet with 20 g/d rumen-protected lysine (RPLys) and 10 g/d rumen-protected methionine (RPMet), and the crude protein content in the basal diet was reduced by one percentage point. The trial group II was fed the diet with 30 g/d RPLys and 15 g/d RPMet, and the crude protein content in the basal diet was reduced by 1.5 percentage points. The pre-feeding period lasted 7 d, and the trial period lasted 90 d. Compared with the control group, the growth performance of the Simmental bulls in trial groups was significantly increased, and the nitrogen excretion in feces and urine was significantly reduced ($P<0.05$). The levels of Met and Lys in two trial groups were significantly higher than those in the control group at 30 d, 60 d and 90 d, respectively ($P<0.05$). Only the level of threonine (Thr) in two trial groups was significantly lower than that in the control group at 30 d ($P<0.05$). With the prolongation of feeding time, the levels of various amino acid in peripheral blood were significantly affected. At 90 days of feeding, the contents of methionine and lysine in trial group I and trial group II were higher than those in the control group. Moreover, the content of leucine in trial group I and trial group II and the content of arginine in trial group II were also significantly higher than those in the control group ($P<0.05$). The contents of threonine, isoleucine and tyrosine in trial group II were significantly lower than those in the control group ($P<0.05$). The feed cost of trial groups was significantly reduced and the economic benefit was improved, especially in the trial group I. In conclusion, feeding Simmental bulls with the low-protein diet containing RPLys and RPMet can promote the growth performance and improve the breeding efficiency.

Key words: beef cattle; low-protein diet; rumen-protected amino acid; growth performance; nitrogen emissions

随着中国畜牧业的迅速发展,人畜争粮矛盾愈演愈烈,畜禽氮排放等带来的环境污染问题也制约了畜牧业的发展。蛋白质是畜禽日粮中重要的营养成分,也是畜禽氮排放的原料来源^[1-2]。探索将日粮中的粗蛋白质(Crude protein)水平适当降低,同时添加适宜含量的合成必需氨基酸(Synthetic essential amino acids),满足动物对氨基酸的需求,开发不影响动物生长性能、产品品质和免疫机能的低蛋白质日粮,达到既可以减少饲料中蛋白质添加量,又可以使日粮中必需氨基酸的比例和数量上满足动物需求,达到供给与需要之间平衡的效果^[3-4]。补充反刍动物第一和第二限制性必需氨基酸——赖氨酸(Lys)和蛋氨酸(Met)可提高小肠氨基酸利用率^[4-5]。添加Lys和Met可提高日粮粗蛋白质利用率,增加氮在机体的沉积。添加必需氨基酸的低蛋白质日粮能充分发挥动物的蛋白质合成潜力,促进营养物质转化,减少养分排泄与浪费。饲喂添加Lys和Met的低蛋白质日粮可改善多种动物的饲料转化率和氮利用率,加快动物生长速度,提高经济效益,减少日粮中蛋白质饲料的添加量,从而减少氨氮排放,促进畜牧业绿色、可持续发展^[3-6]。

由于牛羊等反刍动物的消化特性,饲料中的大部分蛋白质会被瘤胃中的微生物分解消耗,导致进入真胃和肠道中的蛋白质数量大大减少,不能满足反刍动物的生长需要。瘤胃保护性氨基酸(Rumen-

protected amino acid)又称过瘤胃氨基酸,可以避免日粮中的氨基酸在瘤胃中发生脱氨基作用,从而顺利到达消化道后段,丰富小肠中的氨基酸组成,优化小肠中氨基酸比例,饲料中蛋白质能够更好地被反刍动物消化吸收利用^[7]。而过瘤胃赖氨酸(Rumen-protected lysine, RPLys)、过瘤胃蛋氨酸(Rumen-protected methionine, RPMet)经过包被处理,可满足反刍动物对赖氨酸、蛋氨酸的需要,且能提高饲料利用率和生产性能^[8-10]。目前,低蛋白质日粮添加包被赖氨酸和包被蛋氨酸的效果在猪和禽等单胃动物中的研究较多^[11-13]。西门塔尔牛是乳肉兼用牛,低蛋白质日粮添加过瘤胃必需氨基酸对其生产性能和氮排放影响尚需进行研究。

本试验根据肉牛营养需要,利用CPM-Dairyv3.0软件设计日粮基础配方、低蛋白质日粮配方和RPLys和RPMet可能的添加剂量,探究西门塔尔牛养殖中降低饲料成本和氮排放的可能途径,为乳肉兼用牛的绿色、健康养殖提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

试验选用7月龄西门塔尔公牛27头,平均体重为(200 ± 10) kg,随机分为3组,每组9头,栓系饲养,自由饮水。分别于每日08:00、18:00饲喂2次,控制每天的剩料量不超过饲喂量的5%。对照组饲

喂基础日粮(表 1);试验 I 组日粮:基础日粮下调粗蛋白质含量 1.0 个百分点,补充 RPLys 20 g/d 和 RPMet 10 g/d;试验 II 组日粮:基础日粮下调粗蛋白质含量 1.5 个百分点,补充 RPLys 30 g/d 和 RPMet 15 g/d。根据《肉牛营养需要》(NRC2016)中的相应生长阶段氨基酸需要量,应用康奈尔净碳水化合物-蛋白质体系(CNCPS)评定配方中饲料原料的营养价值。

表 1 试验各组日粮组成(以风干物质计)

Table 1 Diet compositions of each treatment (dry matter basis)

项目	对照组	试验 I 组	试验 II 组
原料			
玉米(%)	20.58	20.58	20.58
麸皮(%)	4.23	4.23	4.23
豆粕(%)	11.23	8.55	5.97
石粉(%)	0.45	0.45	0.45
预混料 ¹⁾ (%)	2.33	2.33	2.33
花生秸粉(%)	61.18	63.87	66.45
合计(%)	100.00	100.00	100.00
精饲料营养水平			
干物质(%)	90.82	90.71	90.87
粗蛋白质(%)	18.29	17.26	16.77
酸性洗涤纤维(%)	4.46	4.79	3.95
中性洗涤纤维(%)	19.48	20.82	19.07
钙(%)	2.20	2.52	1.66
磷(%)	0.43	0.41	0.41

¹⁾ 预混料成分为每 1 kg 提供:维生素 A 150~400 KIU,维生素 D₃ 80~160 KIU,维生素 E ≥ 500 IU,铁 1 000~10 000 mg,铜 400~1 000 mg,锰 1 300~3 000 mg,锌 1 500~4 000 mg,硒 3~100 mg,碘 6~15 mg,钴 10~40 mg。

1.2 样品采集和测定指标

1.2.1 生长性能测定 称量试验 0 d、30 d、60 d 和 90 d 晨饲喂前空腹体质量,计算其平均体质量和平均日增质量。

1.2.2 血液氨基酸浓度测定 分别于试验 0 d、30 d、60 d 和 90 d 采集尾根静脉外周血,采用氨基酸自动分析仪(日立 835-50)测定血液中氨基酸含量。

1.2.3 粪样采集及粪氮测定 分别于试验 0 d、30 d、60 d 和 90 d 的上午、下午及晚上分次采集各组牛的新鲜粪便,每样取 2 份,每份 100 g,分别做如下处理:一份加入 20 ml 10%硫酸,用凯氏定氮法测定其

粪氮含量;另一份样品在烘箱(65 ℃)中干燥 48 h 后,置于室内冷却至室温后粉碎过 40 目筛,混匀、密封置于-20 ℃下保存。

1.2.4 尿样采集及尿氮测定 分别于试验 0 d、30 d、60 d 和 90 d,在采集粪样样品的时候同时收集尿样样品,尿样用粗纱布过滤后放入 50 ml 试管中,每管中加入 10%硫酸固氮,密封置于-20 ℃下保存备用。测定时先将尿样恢复到常温后混匀,再取样应用凯氏定氮法测定尿氮含量。

1.3 经济效益计算

经济效益=肉牛日增质量经济收入-每日添加过瘤胃氨基酸成本-每日日粮成本,增收效益=试验组经济效益-对照组经济效益。

1.4 统计与分析

所有试验数据采用 SPSS 20.0 数据处理软件进行 One-way ANOVA 单因素方差分析和回归分析,多重比较采用 Duncan's 法进行。表中数据均以平均值和平均标准差表示,差异显著性判断标准为 $P < 0.05$ 。

2 结果

2.1 添加包被赖氨酸和蛋氨酸低蛋白质日粮对西门塔尔公牛生长性能的影响

如表 2 所示,与对照组相比,试验 I 组和试验 II 组饲喂添加包被赖氨酸和包被蛋氨酸的低蛋白质日粮 30 d、60 d 和 90 d,显著促进了西门塔尔公牛的生长,其中试验 I 组饲喂 60 d、试验 II 组饲喂 30 d 和 90 d 促生长效果显著($P < 0.05$),且试验 I 组在第 3 个月内日增质量极显著高于对照组($P < 0.01$),达到 1.51 kg/d。

2.2 添加包被赖氨酸和蛋氨酸低蛋白质日粮对西门塔尔公牛尿氮含量的影响

如表 3 所示,与对照组相比,饲喂添加包被赖氨酸和蛋氨酸低蛋白质日粮 30~90 d 的试验 I 组和试验 II 组尿氮含量,除饲喂 30 d 的试验 I 组外,均显著低于对照组($P < 0.05$)。

2.3 添加包被赖氨酸和蛋氨酸低蛋白质日粮对西门塔尔公牛粪氮含量的影响

如表 4 所示,与对照组相比,饲喂添加包被赖氨酸和蛋氨酸低蛋白质日粮 30 d、60 d 和 90 d 的试验 I 组和试验 II 组粪氮含量,除饲喂 30 d 的试验 I 组外,均显著低于对照组($P < 0.05$)。

表 2 低蛋白质日粮添加包被赖氨酸和蛋氨酸对西门塔尔公牛生长性能的影响

Table 2 Effect of low-protein diet with rumen-protected lysine (RPLys) and rumen-protected methionine (RPMet) on the growth performance of Simmental bulls

饲喂时间 (d)	平均体质量					日增质量				
	对照组 (kg)	试验 I 组 (kg)	试验 II 组 (kg)	标准差 (kg)	<i>P</i> 值	对照组 (kg/d)	试验 I 组 (kg/d)	试验 II 组 (kg/d)	标准差 (kg/d)	<i>P</i> 值
0	198.33a	199.00a	199.22a	2.30	0.99	—	—	—	—	—
30	228.17b	243.63ab	253.67a	4.58	0.03	1.21b	1.40ab	1.44a	0.11	0.04
60	256.60b	288.67a	279.50ab	5.38	0.01	1.14b	1.34a	1.16ab	0.12	0.02
90	298.00b	338.38b	332.67a	6.42	0.02	1.24 b	1.51a	1.33a	0.14	0.01

同一行同一指标数值后不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

表 3 低蛋白质日粮添加包被赖氨酸和蛋氨酸对西门塔尔公牛尿氮含量的影响

Table 3 Effect of low-protein diet with RPLys and RPMet on the urinary nitrogen content of Simmental bulls

饲喂时间 (d)	尿氮含量 (g/ml)			标准差 (g/ml)	<i>P</i> 值
	对照组	试验 I 组	试验 II 组		
0	0.53a	0.53a	0.51a	0.03	0.965
30	0.53a	0.41ab	0.32b	0.03	0.031
60	0.63a	0.50b	0.42b	0.03	0.022
90	0.43a	0.28b	0.26b	0.03	0.021

同一行平均值后不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

表 4 低蛋白质日粮添加包被赖氨酸和蛋氨酸对西门达尔公牛粪氮含量的影响

Table 4 Effect of low-protein diet with RPLys and RPMet on the fecal nitrogen content of Simmental bulls

饲喂时间 (d)	粪氮含量 (%) (以干物质计)			标准差 (%)	<i>P</i> 值
	对照组	试验 I 组	试验 II 组		
0	1.90a	2.09a	1.95a	0.06	0.126
30	1.80a	1.67ab	1.48b	0.06	0.034
60	1.89a	1.68b	1.64b	0.03	<0.001
90	2.03a	1.75b	1.68b	0.04	0.039

同一行平均值后不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

2.4 添加包被赖氨酸和蛋氨酸低蛋白质日粮对西门塔尔公牛血液氨基酸含量的影响

如表 5 所示,与对照组相比,试验 I 组和试验 II 组饲喂添加包被赖氨酸和蛋氨酸低蛋白质日粮 30 d、60 d 和 90 d,试验肉牛血液中蛋氨酸和赖氨酸含量一直高于对照组 ($P < 0.05$)。饲喂添加包被赖氨酸和蛋氨酸低蛋白质日粮 30 d,试验 I 组和试验 II 组外周血中仅有苏氨酸含量低于对照组 ($P < 0.05$)。随着饲喂时间的延长,外周血中多种氨基酸水平受到显著影响。到饲喂 90 d 时,除蛋氨酸和赖氨酸含量依然高于对照组以外,试验 I 组的精氨酸以及试验 I 组和试验 II 组的亮氨酸含

量也显著高于对照组 ($P < 0.05$),试验 II 组苏氨酸、异亮氨酸和酪氨酸含量显著低于对照组 ($P < 0.05$)。

2.5 添加包被赖氨酸和蛋氨酸低蛋白质日粮对西门塔尔公牛经济效益的影响

如表 6 所示,与对照组相比,试验 I 组和试验 II 组采食量均无明显差异,但是试验 I 组和试验 II 组料重比较对照组均有所下降,且试验 I 组料重比最低,较对照组降低约 16.17%。试验 I 组和试验 II 组饲喂 90 d 每日养殖毛利润明显提高,尤其是试验 I 组,每日养殖毛利润大幅提升。

表 5 低蛋白质日粮添加包被赖氨酸和蛋氨酸对西门塔尔公牛血液氨基酸含量的影响

Table 5 Effect of low-protein diet with RPLys and RPMet on the blood amino acids content of Simmental bulls

氨基酸	饲喂时间 (d)	血液氨基酸含量 (mg/dl)			标准误 (mg/dl)	P 值	氨基酸	饲喂时间 (d)	血液氨基酸含量 (mg/dl)			标准误 (mg/dl)	P 值
		对照组	试验I组	试验II组					对照组	试验I组	试验II组		
天冬氨酸(Asp)	0	0.17a	0.17a	0.21a	0.01	0.556	异亮氨酸(Ile)	0	1.32a	1.28a	1.25a	0.05	0.640
	30	0.23a	0.21a	0.21a	0.01	0.547		30	1.38a	1.39a	1.37a	0.03	0.836
	60	0.27a	0.19b	0.16c	0.01	0.015		60	1.48a	1.52a	1.33a	0.05	0.130
	90	0.28a	0.20b	0.18b	0.01	0.018		90	1.47a	1.49a	1.07b	0.07	0.028
苏氨酸(Thr)	0	3.28a	3.22a	3.20a	0.05	0.603	亮氨酸(Leu)	0	1.50a	1.45a	1.47a	0.08	0.853
	30	3.33a	3.09b	2.80b	0.07	0.045		30	1.61a	1.57a	1.74a	0.05	0.181
	60	3.43a	3.20a	2.85b	0.08	0.048		60	1.72a	1.76a	1.90a	0.04	0.184
	90	3.43a	3.18a	2.75b	0.10	0.017		90	1.71b	2.41a	2.30a	0.09	0.013
丝氨酸(Ser)	0	0.51a	0.47a	0.48a	0.05	0.750	酪氨酸(Tyr)	0	1.50a	1.45a	1.47a	0.08	0.794
	30	0.65a	0.70a	0.87a	0.05	0.081		30	1.54a	1.42a	1.39a	0.03	0.063
	60	0.69a	0.85a	0.93a	0.05	0.162		60	1.60a	1.48ab	1.43b	0.03	0.039
	90	0.67a	0.83a	0.81a	0.08	0.571		90	1.59a	1.38a	0.87b	0.09	0.018
谷氨酸(Glu)	0	2.17a	1.67a	2.05a	0.22	0.596	苯丙氨酸(Phe)	0	0.92a	0.91a	0.90a	0.07	0.882
	30	2.29a	2.30a	2.32a	0.03	0.614		30	1.03a	1.00a	1.17a	0.05	0.178
	60	2.39a	2.42a	2.36a	0.03	0.522		60	1.08a	1.09a	1.28a	0.05	0.158
	90	2.41a	2.38a	2.10a	0.08	0.172		90	1.08a	1.07a	1.18a	0.08	0.632
甘氨酸(Gly)	0	1.49a	1.47a	1.43a	0.05	0.658	赖氨酸(Lys)	0	0.96a	0.99a	0.94a	0.05	0.709
	30	1.54a	1.57a	1.64a	0.04	0.435		30	1.02c	1.24b	1.37a	0.05	0.019
	60	1.63a	1.70a	1.75a	0.03	0.183		60	1.08c	1.34b	1.49a	0.05	0.012
	90	1.63a	1.68a	1.65a	0.07	0.784		90	1.07b	1.32a	1.39a	0.05	0.016
丙氨酸(Ala)	0	1.89a	1.90a	1.87a	0.06	0.845	组氨酸(His)	0	0.73a	0.63a	0.66a	0.07	0.597
	30	1.97a	1.96a	2.13a	0.04	0.105		30	0.84a	0.80a	0.97a	0.04	0.143
	60	2.02a	2.09a	2.20a	0.04	0.095		60	0.93a	0.87a	1.11a	0.05	0.163
	90	2.01a	2.07a	2.10a	0.07	0.652		90	0.95a	0.85a	0.84a	0.08	0.704
半胱氨酸(Cys)	0	2.19a	2.26a	2.18a	0.05	0.593	色氨酸(Trp)	0	0.53a	0.49a	0.50a	0.05	0.779
	30	2.25a	2.27a	2.43a	0.05	0.149		30	0.62a	0.60a	0.77a	0.04	0.170
	60	2.29a	2.44a	2.47a	0.05	0.151		60	0.72a	0.69a	0.89a	0.04	0.155
	90	2.28a	2.42a	2.37a	0.07	0.481		90	0.71a	0.67a	0.79a	0.07	0.553
缬氨酸(Val)	0	2.17a	1.67a	2.05a	0.22	0.398	精氨酸(Arg)	0	1.02a	1.01a	1.01a	0.07	0.958
	30	2.16a	1.91a	2.08a	0.24	0.712		30	1.13a	1.10a	1.26a	0.05	0.224
	60	2.31a	1.63a	2.56a	0.25	0.167		60	1.17a	1.19a	1.37a	0.06	0.181
	90	2.47a	1.77a	1.96a	0.22	0.248		90	1.16b	1.17b	1.64a	0.09	0.032
蛋氨酸(Met)	0	0.33a	0.37a	0.41a	0.03	0.377	脯氨酸(Pro)	0	0.51a	0.47a	0.48a	0.05	0.761
	30	0.40b	0.59a	0.57a	0.03	0.012		30	0.59a	0.58a	0.75a	0.04	0.168
	60	0.48b	0.69a	0.62a	0.03	0.013		60	0.70ab	0.67b	0.86a	0.04	0.047
	90	0.46b	0.68a	0.78a	0.05	0.016		90	0.70a	0.64a	0.76a	0.07	0.550

同一行平均值后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

表 6 低蛋白质日粮添加包被赖氨酸和蛋氨酸对肉牛经济效益的影响

Table 6 Effect of low-protein diet with RPLys and RPMet on the economic benefits of Simmental bulls

试验组	采食量 (kg/d)	日增质量 (kg/d)	料重比	每头牛日增质量 收入(元)	每头牛每日基础 饲料支出(元)	每头牛每日包被 氨基酸支出(元)	每头牛每日 毛利润(元)
对照组	10.29	1.24	8.60	42.19	20.13	0	22.05
试验 I 组	10.21	1.51	7.21	51.13	19.30	1.46	30.36
试验 II 组	10.27	1.33	7.84	45.29	18.76	2.19	24.34

3 讨论

3.1 添加包被赖氨酸和蛋氨酸低蛋白质日粮对西门塔尔公牛生产性能的影响

反刍动物小肠中蛋白质的氨基酸比例和组成是限制反刍动物生产性能的重要因素,反刍动物小肠中蛋白质主要由瘤胃发酵产生微生物蛋白质和瘤胃非降解蛋白质,以及少量的内源蛋白质组成^[14]。蛋氨酸和赖氨酸是反刍动物中第一和第二限制性氨基酸,对其生长发育非常重要^[7]。Mitsuru 等将荷斯坦公牛的日粮中蛋白质水平从生长发育早期 17.2%、生长发育后期 14.5% 分别降低至生长发育早期 14.4%、生长发育后期 11.4%,添加 RPLys 和 RPMet 后,未影响荷斯坦公牛的生长性能^[3-4]。闫金玲等在降低蛋白质含量的荷斯坦公牛日粮中添加 RPLys 和 RPMet,未影响其养分表观消化率、生长性能、屠宰性能及肉品质^[15]。殷溪瀚在荷斯坦公牛的日粮中添加 RPMet 和 RPLys 提高了荷斯坦公牛生产速度和胴体品质,并且联合应用的效果明显好于单独应用的效果^[16]。本试验也取得了类似的结果,在日粮蛋白质水平降低 1.0~1.5 个百分点的条件下,添加 RPMet 和 RPLys 能显著促进西门塔尔公牛的生长,降低日粮成本,增加收益。综上所述,西门塔尔公牛生长性能受日粮中蛋白质水平的影响,在降低日粮中蛋白质水平的同时添加过瘤胃赖氨酸和蛋氨酸可使其生长性能不受影响或有所提高。

3.2 添加包被赖氨酸和蛋氨酸低蛋白质日粮对西门塔尔公牛氮排放的影响

日粮中氮的含量和种类均影响氮的排出^[17]。奶牛采食的氮与粪氮、尿氮及总氮的排放量呈正相关^[18]。日粮中粗蛋白质水平决定反刍动物氮素代谢,当日粮中的氮素超过机体所需要的量,超过部分的氮素基本上都会随着尿液排出体外^[19-21]。

日粮中粗蛋白质含量降低,氮排放量则显著降低^[3-4]。赵若含等应用添加包被赖氨酸和蛋氨酸的低蛋白质日粮饲喂荷斯坦奶牛,2 个试验组在基础日粮配方基础上分别减少 0.80% 和 1.66% 的粗蛋白质,分别添加 RPLys 24.6 g/d+RPMet 10.4 g/d、RPLys 25.7 g/d+RPMet 9.4 g/d 平衡日粮中的氨基酸含量,结果表明,相对于对照组,2 个试验组尿氮排放量分别降低了 7.67% 和 15.19% ($P < 0.05$)^[5]。本研究获得了类似的研究结果:饲喂添加 RPMet 和 RPLys 的低蛋白质日粮 90 d 时,试验 I 组较对照组的尿氮含量和粪氮含量分别降低了 34.88% 和 13.79%,试验 II 组较对照组的尿氮和粪氮分别降低了 39.53% 和 17.24%。其中,试验 II 组尿氮和粪氮排放降低程度大于试验 I 组,这是由于试验 II 组日粮中粗蛋白质含量降低幅度(1.5 个百分点)大于试验 I 组(1.0 个百分点)。

本研究条件下,试验 I 组和试验 II 组中虽然饲料中粗蛋白质含量较对照组分别下降 1.0 个百分点和 1.5 个百分点,但供试西门塔尔公牛的生产性能较对照组均有所提高,原因可能是添加 RPMet 和 RPLys 改善了氮素平衡和氨基酸平衡,使动物机体充分利用日粮氮,显著提高氮的利用率,降低氮的排放。2 个试验组在降低蛋白质使用量的同时,显著降低了氮的排放量,减少了氮排放对环境的污染。

3.3 添加包被赖氨酸和蛋氨酸低蛋白质日粮对西门塔尔公牛血浆中氨基酸含量的影响

血液中的氨基酸来自机体组织蛋白质的分解和小肠中营养物质的吸收,血浆中的游离氨基酸是氨基酸代谢库的组成成分,血浆中游离氨基酸含量的变化可以反映机体组织蛋白质的分解以及氨基酸在体内合成、代谢、吸收等之间的动态平衡状态。在本试验中,试验 I 组和试验 II 组饲喂添加 RPMet 和 RPLys 低蛋白质日粮 30 d、60 d 和 90

d 的西门塔尔公牛外周血中 Met 和 Lys 含量均显著高于对照组,说明日粮中 RPMet 和 RPLys 能有效通过瘤胃,到达消化道后端,被小肠吸收利用,进而提高了血液中 Met 和 Lys 含量。这与前人的研究结果一致。刘飞等的研究结果表明,在奶牛日粮中增加 RPMet 和 RPLys,奶牛血浆中 Met 和 Lys 含量也随之增加^[22]。Wang 等在奶牛日粮中添加赖氨酸盐酸盐和蛋氨酸羟基类似物,同样也提高了奶牛动脉血中 Met 和 Lys 的含量^[6]。可见低蛋白质日粮中添加包被赖氨酸和蛋氨酸可优化西门塔尔牛血液中的氨基酸组成。

饲喂添加包被赖氨酸和蛋氨酸低蛋白质日粮 30 d,试验 I 组和试验 II 组外周血中苏氨酸含量就已显著低于对照组 ($P < 0.05$);到饲喂 90 d 时,血液中除蛋氨酸和赖氨酸含量依然高于对照组以外,亮氨酸含量也显著高于对照组 ($P < 0.05$),可能是因为日粮中补充的 RPMet 和 RPLys 部分在瘤胃中被瘤胃微生物利用,促进了瘤胃微生物的生长繁殖,使得瘤胃微生物合成的蛋白质量增加,小肠中微生物蛋白质总量随之增加,进而增加了小肠中可以吸收利用的氨基酸总量。另外,苏氨酸、异亮氨酸和酪氨酸是反刍动物的必需氨基酸,饲喂 90 d 时,试验 I 组和试验 II 组西门塔尔公牛外周血中苏氨酸含量显著低于对照组 ($P < 0.05$),试验 II 组西门塔尔公牛外周血中异亮氨酸、酪氨酸含量也显著低于对照组,可能需要额外适量地添加苏氨酸、异亮氨酸和酪氨酸,添加量需要进一步探索。Overton 等的研究结果表明,在日粮中添加 RPMet,奶牛血浆中 Met 含量随之增加,但是显著降低血浆中组氨酸 (His) 的含量,并且血浆中精氨酸 (Arg)、Lys 和鸟氨酸 (Orn) 的含量有降低的趋势^[23]。本研究中补充 RPMet 和 RPLys 后 30 d、60 d 和 90 d 试验 I 组 His 浓度有下降趋势,补充 RPMet 和 RPLys 后 90 d 试验 II 组 His 浓度有下降趋势,但均未达到显著水平。补充 RPMet 和 RPLys 后 30 d 和 60 d 时,试验 I 组和试验 II 组外周血中 Arg 含量有上升趋势,到 90 d 时试验 II 组 Arg 含量显著上升 ($P < 0.05$),可能是因为饲料在一定程度上可以通过影响微生物群体结构来影响微生物氨基酸组成比例,进而影响血浆中其他氨基酸含量。

4 结 论

在本试验条件下,适当降低西门塔尔公牛日粮的粗蛋白质水平 1.0~1.5 个百分点,同时添加 20 g/d 的 RPMet 和 10 g/d 的 RPLys,补充 Met 和 Lys 的缺乏,可显著提高西门塔尔公牛的生产性能,增加养殖经济效益。

参考文献:

- [1] 夏伟光,何国戈,郑经成,等.低蛋白质氨基酸平衡饲料对清远麻鸡生长性能、屠宰性能、肉品质及血液指标的影响[J].中国畜牧杂志,2022,58(6):1-5.
- [2] BAO Y,ZHOU K,ZHAO G. Nitrous oxide emissions from the urine of beef cattle as regulated by dietary crude protein and gallic acid [J]. Journal of Animal Science,2018,96: 3699-3711.
- [3] MITSURU K,TOMOYA Y,MIKITO H. Influence of dietary crude protein content on fattening performance and nitrogen excretion of Holstein steers[J]. Animal Science Journal,2020,91: e13438.
- [4] MITSURU K,TOMOYA Y,MIKITO H. Effects of low-crude protein diets supplemented with rumen-protected lysine and methionine on fattening performance and nitrogen excretion of Holstein steers[J]. Animal Science Journal,2021,92(1): e13562.
- [5] 赵若含,李 莲,韩兆玉,等.低蛋白质氨基酸平衡日粮对产奶牛的生产性能和粪尿氮含量的影响[J].畜牧与兽医,2019,51(4):23-29.
- [6] WANG C,LIU H Y,WANG Y M,et al. Effects of dietary supplementation of methionine and lysine on milk production and nitrogen utilization in dairy cows [J]. Journal of Dairy Science,2010,93(8):3661-3670.
- [7] 冯 薇,王加启,卜登攀.奶牛过瘤胃蛋氨酸和过瘤胃赖氨酸营养研究进展[J].中国奶牛,2009(12):17-21.
- [8] 郑海英,萨日娜,杨 帅,等.过瘤胃赖氨酸和过瘤胃蛋氨酸对育肥牛饲喂效果试验[J].今日畜牧兽医,2018,34(11):15-16.
- [9] 刘喜君,韩建林,王善兴,等.过瘤胃氨基酸在肉牛养殖中的应用研究进展[J].中国牛业科学,2018,44(2):75-77,82.
- [10] 高昌鹏,周玉香,杨万宗,等.荞麦秸秆饲料中添加过瘤胃赖氨酸和蛋氨酸对滩羊生长性能和消化代谢的影响[J].动物营养学报,2020,32(1):310-320.
- [11] 段佳琪,丁 鹏,吴士博,等.低蛋白质日粮对猪生长性能、胴体品质及血浆氨基酸的影响[J].中国畜牧杂志,2020,56(12):104-108.
- [12] 宋 博,尹 杰,郑昌炳,等.低蛋白质日粮在畜禽生产中的应用研究进展[J].中国饲料,2020(3):8-15.
- [13] 张丽明.低蛋白质日粮调整氨基酸平衡对肉鸡氮代谢及肠道氨基酸转运载体相关基因表达的影响[D].长春:吉林大学,2017.
- [14] 刁其玉.犍牛营养生理与高效健康培育[M].北京:中国农业出版社,2019:91-95.
- [15] 闫金玲,李蓓蓓,李 妍,等.低蛋白质饲料补充过瘤胃赖氨酸

- 和过瘤胃蛋氨酸对荷斯坦公牛生长性能、屠宰性能、肉品质及氮代谢的影响[J]. 动物营养学报, 2022, 34(2): 1014-1026.
- [16] 殷溪瀚. 过瘤胃赖氨酸、蛋氨酸对荷斯坦奶牛生长性能和胴体品质影响的研究[D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2015.
- [17] 孟庆翔, 周振明, 吴浩. 肉牛营养需要[M]. 北京: 科学出版社, 2018: 106-120.
- [18] MULLIGAN F J, DILLON P, CALLAN J J, et al. Supplementary concentrate type affects nitrogen excretion of grazing dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2004, 87(10): 3451-3460.
- [19] NENNICH T D, HARRISON J H, VANWIERINGEN L M, et al. Prediction and evaluation of urine and urinary nitrogen and mineral excretion from dairy cattle[J]. *Journal of Dairy Science*, 2006, 89(1): 353-364.
- [20] KEBREAB E, FRANCE J, DE BEEVER, et al. Nitrogen pollution by dairy cows and its mitigation by dietary manipulation[J]. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2001, 60(1/2/3): 275-285.
- [21] 丁大伟, 高许雷, 滕乐帮, 等. 过瘤胃蛋氨酸与过瘤胃赖氨酸不同组合对奶牛瘤胃微生物蛋白质产量、产奶性能和氮排泄的影响[J]. 动物营养学报, 2019, 31(6): 2716-2726.
- [22] 刘飞, 林雪彦, 侯秋玲, 等. 瘤胃保护性蛋氨酸和赖氨酸补饲量对泌乳荷斯坦奶牛生产性能及血浆生化指标的影响[J]. 动物营养学报, 2014, 26(2): 363-370.
- [23] OVERTON T R, EMMERT L S, CLARK J H. Effects of source of carbohydrate and protein and rumen-protected methionine on performance of cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 1998, 81(1): 221.

(责任编辑: 张震林)