

网络出版时间:2022-05-27 12:47 DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2022.12.003
网络出版地址:https://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20220525.1552.002.html

不同干草比对关中奶山羊瘤胃参数和产奶量及乳成分的影响

李会玲¹,李德娴²,杨帆¹,逢国梁¹,张永涛²,王广²,
余梦琦²,袁雨欣²,陈璐²,李广²

(1 陕西省畜牧技术推广总站,陕西 西安 710016;2 西北农林科技大学 动物科技学院,陕西 杨凌 712100)

【摘要】 【目的】探究苜蓿干草与燕麦干草的组合效应对关中奶山羊采食量、瘤胃发酵参数、产奶量、乳品质的影响,为合理利用苜蓿干草和燕麦干草资源提高关中奶山羊的生产性能提供支持。【方法】选取体况相近的泌乳中期关中奶山羊 240 只,随机分为对照组及 T1、T2 和 T3 组,每组 3 个重复,每个重复 20 只羊。对照组饲喂 50% 配方精料+50% 苜蓿干草,T1 组饲喂 50% 配方精料+25% 苜蓿干草+25% 燕麦干草($m(\text{苜蓿}):m(\text{燕麦})=1:1$),T2 组饲喂 50% 配方精料+30% 苜蓿干草+20% 燕麦干草($m(\text{苜蓿}):m(\text{燕麦})=3:2$),T3 组饲喂 50% 配方精料+37.5% 苜蓿干草+12.5% 燕麦干草($m(\text{苜蓿}):m(\text{燕麦})=3:1$),进行 75 d 的饲喂试验。期间进行采食量、产奶量、瘤胃发酵参数(pH、NH₃-N、乙酸、丙酸、异丁酸、丁酸、异戊酸、戊酸、总挥发性脂肪酸含量及乙酸/丙酸)、乳成分(乳蛋白、乳脂肪、乳糖、全乳固体含量及脂蛋白)数据的采集及测定。【结果】与对照组相比,T3 组奶山羊的日干物质采食量和产奶量显著提高($P<0.05$)。4 个处理组奶山羊瘤胃液的 pH 差异不显著,T1 和 T3 组奶山羊瘤胃液的 NH₃-N 显著高于对照组和 T2 组($P<0.05$)。T1、T2 和 T3 组奶山羊瘤胃液的乙酸、丙酸、戊酸、乙酸/丙酸和总挥发性脂肪酸含量显著高于对照组($P<0.05$);T3 组的乳脂肪、全乳固体含量和脂蛋白显著高于其他 3 组($P<0.05$)。T3 组和对照组乳蛋白含量显著高于 T1 和 T2 组($P<0.05$),4 组奶山羊瘤胃液乳糖含量差异不显著($P>0.05$)。【结论】苜蓿干草与燕麦干草以质量比 3:1 比例组合,可以提高关中奶山羊的消化性能和生产性能,改善奶山羊乳品质。

【关键词】 关中奶山羊;苜蓿干草;燕麦干草;产奶量;乳成分;瘤胃参数

【中图分类号】 S831.5 【文献标志码】 A 【文章编号】 1671-9387(2022)12-0018-07

Effects of different hay ratios on rumen parameters, milk yield and milk composition of Guanzhong dairy goats

LI Huiling¹, LI Dexian², YANG Fan¹, PANG Guoliang¹, ZHANG Yongtao²,
WANG Guang², YU Mengqi², YUAN Yuxin², CHEN Lu², LI Guang²

(1 Shaanxi Animal Husbandry Technology Promotion Station, Xi'an, Shaanxi 710016, China;
2 College of Animal Science and Technology, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 This study explored the combined effect of alfalfa hay and oat hay on feed intake, rumen fermentation parameters, milk yield and milk quality of Guanzhong dairy goats to provide basis for improving production performance. 【Method】 A total of 240 Guanzhong dairy goats in middle lactation with similar body conditions were randomly divided into control group and treatment groups of T1, T2 and

【收稿日期】 2021-11-23
【项目基金】 陕西省农业科技创新驱动项目(NYKJ-2021-ST-02);陕西省农业协同创新与推广联盟项目(LMZD202002)
【作者简介】 李会玲(1965—),女,陕西澄城人,高级畜牧师,主要从事反刍动物营养与饲草饲料资源研究。
E-mail:812190645@qq.com
【通信作者】 李广(1965—),男,陕西蒲城人,研究员,硕士,硕士生导师,主要从事动物营养与繁殖育种研究。
E-mail:liguangdky@163.com

T3, with 3 repetitions in each group and 20 sheep in each repetition. The control group was fed with 50% formula concentrate+50% alfalfa hay, the T1 group was fed with 50% formula concentrate+25% alfalfa hay+25% oat hay ($m(\text{alfalfa}):m(\text{oat})=1:1$), the T2 group was fed with 50% formula concentrate+30% alfalfa hay+20% oat hay ($m(\text{alfalfa}):m(\text{oat})=3:2$), and the T3 group was fed with 50% formula concentrate+37.5% alfalfa hay+12.5% oat hay ($m(\text{alfalfa}):m(\text{oat})=3:1$) for 75 days. Feed intake, milk yield and rumen fermentation parameters (pH, $\text{NH}_3\text{-N}$, acetic acid, propionic acid, isobutyric acid, butyric acid, isovaleric acid, valeric acid, total volatile fatty acid content and acetic acid/propionic acid) were determined. Milk was also collected and composition (milk protein, milk fat, lactose, whole milk solid content and fat-protein ratio) was determined. 【Result】 Compared with the control, dry matter intake and milk yield of T3 group were significantly increased ($P<0.05$). There was no significant difference in pH among the four groups. $\text{NH}_3\text{-N}$ in T1 and T3 groups was significantly higher than that in control group and T1 group ($P<0.05$). Contents of acetic acid, propionic acid, valeric acid, acetic acid/propionic acid and total volatile fatty acids in T1, T2 and T3 group were significantly higher than those in control group ($P<0.05$). Contents of milk fat, whole milk solid and fat egg ratio in T3 group were significantly higher than those in the other three groups ($P<0.05$). The milk protein content in T3 group and control group was significantly higher than that in T1 and T2 groups ($P<0.05$), and there was no significant difference in lactose content among the four groups ($P>0.05$). 【Conclusion】 The combination of alfalfa hay and oat hay with mass ratio of 3:1 could improve digestive performance, production performance and milk quality of Guanzhong dairy goats.

Key words: Guanzhong dairy goats; alfalfa hay; oat hay; milk yield; milk composition; VFA

在反刍动物饲养中,不同粗饲料之间的组合效应是普遍存在的。组合效应分为正组合效应、负组合效应和零组合效应,其中正组合效应可以有效提高动物的生产性能、瘤胃发酵性能及饲料的消化利用率,负组合效应则相反。一直以来,组合效应在确定反刍动物不同饲料的配比及其消化率提高方面造成了一系列障碍,并且忽视饲料间的组合效应可能导致无法对饲粮营养潜能做出准确评估^[1]。日粮的消化率或能值并不等于组成该日粮各项饲料消化率或能值的加权值,动物的采食水平,日粮中蛋白质补充料、易降解纤维、易发酵碳水化合物和脂肪的添加,以及饲料间的不同搭配加工调制和一些营养调控措施等均会改变日粮的消化率和能值^[2]。目前,一般采用动物饲养试验、体内代谢试验和体外试验等方法来研究反刍动物粗饲料最佳的组合效应^[2]。

豆科牧草搭配禾本科牧草是反刍动物粗饲料的经典组合。研究表明,一方面禾本科牧草中较低的氮含量可能会限制瘤胃微生物的繁殖,对微生物蛋白质流动和干物质消化率产生负面影响^[3-4],而豆科牧草中的高浓度氮可以协同提高其瘤胃消化率;另一方面,二者以合适比例组合后,其木质素含量可能会为瘤胃微生物提供更好的能量,进而提高纤维分解细菌的活性和降解性较差的纤维的消化率^[5]。

苜蓿干草中含有多种蛋白质,且组成这些蛋白质的氨基酸具有均衡的比例^[6]。燕麦干草适口性好,含有较高含量的中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维,且含有比苜蓿干草更少的木质素^[7]。因此,燕麦干草与苜蓿干草的搭配是经典的禾本-豆科牧草搭配模型。研究发现,燕麦干草与苜蓿干草以质量比 1:3 比例组合能提高奶牛的生产性能和营养物质表观消化率,改善乳品质,增加收益^[8]。庄二林等^[9]将谷草和苜蓿以质量比 1:1 的比例组合后饲喂小尾寒羊,产生了良好的饲喂效果。苜蓿干草和燕麦干草具有良好的营养互补性,它们在瘤胃中的共同降解能够产生较多的异丁酸、戊酸、小肽以及氨基酸,可以增加奶牛瘤胃中的真菌孢子数量并促进纤维分解菌大量聚集,改善粗饲料的消化利用率和反刍动物的瘤胃环境。衣艳秋等^[10]采用体外试验法,经过多项组合效应值综合评定,得出日粮中苜蓿草与燕麦草的最佳质量比为 60:40。Mohammadzadeh 等^[11]用鲜质量比为 70:30 的苜蓿草和燕麦草饲喂山羊,发现日粮的粗蛋白、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维等成分的表现消化率均显著高于单用苜蓿组。

目前,苜蓿干草与燕麦干草在关中奶山羊日粮中的组合效应及其机理研究尚未见报道。为此,本研究选择优质苜蓿干草和燕麦干草进行配比组合,

研究其对关中奶山羊采食量、生产性能、乳品质和瘤胃参数的影响,旨在为合理利用苜蓿干草和燕麦干草资源,提高关中奶山羊生产性能和经济效益提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验在陕西省某关中奶山羊场进行。试验选用的苜蓿干草和燕麦干草均来自甘肃,其营养成分见表 1。试验选用体积相近的泌乳中期关中奶山羊 240 只,根据体质量、胎次、产奶量以及身体状况将

奶山羊随机分为对照组(CK)、T1 组、T2 组及 T3 组,每组 3 个重复,每个重复 20 只羊,预饲期 15 d(从 2021-08-01 到 2021-08-15),正试期 75 d(从 2021-08-16 到 2021-10-30)。其中对照组饲喂 50% 配方精料+50% 苜蓿干草,T1 组饲喂 50% 配方精料+25% 苜蓿干草+25% 燕麦干草($m(\text{苜蓿}):m(\text{燕麦})=1:1$),T2 组饲喂 50% 配方精料+30% 苜蓿干草+20% 燕麦干草($m(\text{苜蓿}):m(\text{燕麦})=3:2$),T3 组 50% 配方精料+37.5% 苜蓿干草+12.5% 燕麦干草($m(\text{苜蓿}):m(\text{燕麦})=3:1$)。日粮组成及营养水平见表 2。

表 1 燕麦干草和苜蓿干草的常规营养成分含量(风干基础)

Table 1 Conventional nutrient contents of oat hay and alfalfa hay (air-dry basis)						%
原料 Raw material	干物质 DM	粗蛋白质 CP	粗灰分 Ash	中性洗涤纤维 NDF	酸性洗涤纤维 ADF	
苜蓿干草 Alfalfa hay	90.80	17.65	8.37	48.47	35.83	
燕麦干草 Oat hay	88.30	7.36	3.15	59.12	36.90	

表 2 试验日粮组成及营养水平(风干基础)

Table 2 Composition and nutrient levels of diet (dry matter basis)							
组别 Group	日粮组别 Diet			营养水平 Nutrient levels			
	苜蓿干草/% Alfalfa hay	燕麦干草/% Oat hay	配方精料/% Fine fodder	粗蛋白质/% CP	中性洗涤纤维/% NDF	酸性洗涤纤维/% ADF	净能/(MJ·kg ⁻¹) NE
CK	50	0	50	17.03	22.36	10.43	6.86
T1	25	25	50	12.64	25.13	11.21	6.07
T2	30	20	50	13.33	23.16	11.13	6.12
T3	37.5	12.5	50	14.20	22.62	10.85	6.37

注:精料组成:玉米 60%、豆粕 25%、麸皮 10%、小苏打 1%和预混料 4%。预混料为每千克饲料提供:VA 170 kIU,VD 33.40 kIU,VE 300 IU,Mn(以硫酸锰形式添加)350 mg,Zn(以硫酸锌形式添加)586 mg,Cu(以硫酸铜形式添加)256 mg,Fe(以硫酸亚铁形式添加)765 mg。营养水平中粗蛋白质、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维含量均为实测值,净能含量为计算值。

Note:Concentrate composition: corn 60%,soybean meal 25%,bran 10%,baking soda 1% and premix 4%.Premix provides:VA 170 kIU, VD 33.40 kIU,VE 300 IU,Mn (as manganese sulfate) 350 mg,Zn (as zinc sulfate) 586 mg,Cu (as copper sulfate) 256 mg,and Fe (as ferrous sulfate) 765 mg. Contents of crude protein,neutral detergent fiber and acid detergent fiber are measured values,and the net energy content is the calculated value.

1.2 试验方法

1.2.1 试验动物饲养管理 试验用奶山羊分别集中在羊舍的不同区域,各区域之间有走道和栏杆相隔,每日饲喂 2 次(分别为 07:00 和 18:00),自由饮水,饲养管理按照常规进行。

1.2.2 采食量、产奶量测定及料奶比的计算 于每次饲喂前统计饲喂料量,每次饲喂 2 h 后统计剩余料量,计算各组每日的饲料摄入量。用双列式挤奶机挤奶,每日每只奶山羊挤奶 2 次(06:00 和 17:00),使用记录罐收集羊奶并记录每只奶山羊的产奶量。根据采食量与产奶量计算料奶比:

料奶比=平均干物质日采食量/平均日产奶量。

1.2.3 瘤胃液采集及发酵参数检测 在正试期第 75 天时,每组选取 1 个重复,每个重复选取 5 只奶山羊,于清晨饲喂前,采用投管法经口腔直接插管进

入瘤胃,用针管采集瘤胃液内容物,用离心管进行收集并迅速用 4 层无菌脱脂纱布过滤,收集滤液即得瘤胃液,每只羊采集瘤胃液 60 mL,其中 50 mL 用离心管储存,用于测定 NH₃-N 和挥发性脂肪酸(VFAs)含量;另外 10 mL 装于 15 mL 离心管中,并立即用雷磁 pHSJ-3 型 pH 计测定 pH。瘤胃 NH₃-N 含量采用比色法使用 T22 型分光光度计测定,VFAs 含量采用 GC-2030 岛津气相色谱仪进行测定。

1.2.4 乳品质测定 分别在正试期第 35 天和第 75 天时,用专用羊奶瓶采集各个试验组奶样,每个样品 10 mL(2 份),利用全自动乳品成分分析仪(美国 Bentley)进行乳品质检测。

1.3 数据处理

采用 Excel 2013 对试验数据进行初步整理,采

用 SPSS 22.0 软件进行单因素方差分析,用 Duncan’s 法进行多重比较,显著水平定为 $\alpha=0.05$,试验结果用“平均值±标准差(mean±SD)”表示。

2 结果与分析

2.1 不同干草比例对关中奶山羊采食量和料奶比的影响

由表 3 可以看出,T3 组奶山羊的日干物质采食量显著高于 T1、T2 和对照组($P<0.05$),T1 组奶山羊日干物质采食量和对照组差异不显著($P>0.05$);4 组奶山羊的料奶比差异不显著($P>0.05$)。

2.2 不同干草比例对关中奶山羊产奶量的影响

由表 4 可以看出,预饲期内 T1、T2、T3 组奶山羊的产奶量均显著低于对照组($P<0.05$);正试期 16~30 d,T3 和 T2 组奶山羊的平均日产奶量显著高于对照组($P<0.05$),对照组奶山羊平均日产奶量显著高于 T1 组($P<0.05$);正试期 31~60 d,T3 和 T2 组奶山羊的日平均产奶量显著高于对照组和 T1 组($P<0.05$);正试期 61~90 d,T3 和 T2 组奶

山羊的平均日产奶量显著高于对照组和 T1 组($P<0.05$)。

从正试期 16~90 d 的平均值分析,T3 和 T2 组奶山羊的平均日产奶量均显著高于对照组($P<0.05$),产奶量分别较对照组提高了 10% 和 8%,对照组与 T1 组平均日产奶量无显著差异($P>0.05$)。

表 3 不同粗饲料配比对关中奶山羊采食量和料奶比的影响

Table 3 Effects of different roughage ratios on feed intake and milk feed ratio of Guanzhong dairy goats

组别 Group	日干物质采食量/ (kg·d ⁻¹ ·只 ⁻¹) Daily dry matter intake	料奶比 Milk ratio
CK	4.64±0.32 c	1.60 a
T1	4.52±0.21 c	1.62 a
T2	4.85±0.17 b	1.61 a
T3	5.01±0.12 a	1.63 a

注:同列数据后标不同小写字母表示组间差异显著($P<0.05$)。

表 4、5 同。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference among groups ($P<0.05$). The same for Table 4 and Table 5.

表 4 不同粗饲料配比对关中奶山羊平均日产奶量的影响

Table 4 Effects of different roughage ratios on milk yield of Guanzhong dairy goats kg/(d·只)

组别 Group	预饲期(1~15 d) Prefeeding period (1—15 d)	正试期 16~30 d Trial period 16—30 d	正试期 31~60 d Trial period 31—60 d	正试期 61~90 d Trial period 61—90 d	正试期 16~90 d Trial period 16—90 d
CK	2.81±0.53 a	2.90±0.34 b	2.91±0.31 b	2.86±0.21 b	2.89±0.28 b
T1	2.64±0.11 b	2.79±0.19 c	2.83±0.74 b	2.74±0.42 b	2.79±0.58 b
T2	2.65±0.12 b	3.04±0.47 a	3.12±0.06 a	2.90±0.13 a	3.01±0.22 a
T3	2.68±0.08 b	3.05±0.28 a	3.12±0.12 a	3.04±0.59 a	3.07±0.33 a

2.3 不同干草比例对关中奶山羊瘤胃发酵参数的影响

由表 5 可以看出,4 组奶山羊瘤胃液 pH 差异不显著($P>0.05$),T1 和 T3 组奶山羊瘤胃液中的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 显著高于对照组和 T2 组($P<0.05$)。T1、T2、T3 组奶山羊瘤胃液中的乙酸、丙酸、戊酸、乙酸/丙酸和总挥发性脂肪酸含量显著高于对照组($P<0.05$);T1 组的异丁酸、异戊酸含量显著高于其他 3 组($P<0.05$);T3 和 T2 组的丁酸含量显著高于 T1 组($P<0.05$),T1 组的丁酸含量显著高于对照组($P<0.05$)。

2.4 不同干草对比对关中奶山羊乳成分的影响

由表 6 可以看出,正试期第 35 天,T3 和对照组奶样中的乳蛋白含量显著高于 T2 和 T1 组($P<0.05$);T3 组奶样中乳脂肪含量显著高于其他 3 组($P<0.05$);T3、T2、T1 和对照组 4 组奶样中的乳糖含量差异不显著($P>0.05$);T3 组全乳固体含量

显著高于对照组($P<0.05$),T2 和 T1 组全乳固体含量显著低于对照组($P<0.05$);T3 组的脂蛋比显著高于 T2 和对照组,对照组的脂蛋比显著高于 T1 组($P<0.05$)。

由表 6 还可知,正试期第 75 天,T3 和对照组的乳蛋白含量显著高于 T1 和 T2 组($P<0.05$);T3 组的乳脂肪和全乳固体含量显著高于其他 3 组($P<0.05$);4 组的乳糖含量差异不显著($P>0.05$);T3 组的脂蛋比显著高于 T2 组($P<0.05$),T2 组的脂蛋比显著高于对照组和 T1 组($P<0.05$)。

从平均值来看,T3 和对照组的乳蛋白显著高于 T1 和 T2 组($P<0.05$);T3 组的乳脂肪和全乳固体含量显著高于对照组、T2 和 T1 组($P<0.05$);4 组的乳糖含量差异不显著($P>0.05$);T3 组的脂蛋比显著高于 T2 组($P<0.05$),T2 组的脂蛋比显著高于对照组和 T1 组($P<0.05$)。

表 5 不同粗饲料配比对关中奶山羊瘤胃发酵参数的影响

Table 5 Effects of different roughage ratios on fermentation parameters of rumen juice of Guanzhongdairy goats					
组别 Group	pH	NH ₃ -N/(mg · dL ⁻¹)	乙酸/(mmol · L ⁻¹) Acetic acid	丙酸/(mmol · L ⁻¹) Propionic acid	异丁酸/(mmol · L ⁻¹) Isobutyric acid
CK	6.94±0.07 a	10.76±0.64 b	45.59±9.18 b	35.57±2.67 b	4.49±1.01 b
T1	6.87±0.03 a	12.18±1.12 a	57.95±6.57 a	38.65±4.89 a	6.51±0.67 a
T2	6.82±0.04 a	9.54±0.71 b	55.93±5.54 a	39.31±6.01 a	3.29±0.42 c
T3	6.76±0.16 a	12.14±1.21 a	52.51±4.53 a	40.54±3.56 a	4.01±0.76 b
组别 Group	丁酸/(mmol · L ⁻¹) Butyric acid	异戊酸/(mmol · L ⁻¹) Isovaleric acid	戊酸/(mmol · L ⁻¹) Valeric acid	乙酸/丙酸 Acetic acid/ propionic acid	总挥发性脂肪酸/ (mmol · L ⁻¹) TVFA
CK	10.62±2.52 c	2.70±0.12 b	3.07±0.55 b	1.28±0.06 b	100.16±10.87 b
T1	14.82±1.44 b	3.53±0.43 a	4.21±0.61 a	1.49±0.03 a	119.74±14.49 a
T2	16.87±1.95 a	2.02±0.32 c	4.74±0.41 a	1.38±0.12 a	126.12±13.58 a
T3	17.53±2.19 a	2.68±0.41 b	4.86±0.66 a	1.34±0.07 a	125.68±12.43 a

表 6 不同粗饲料配比对关中奶山羊乳成分的影响

Table 6 Effects of different roughage ratios on milk composition of Guanzhong dairy goats					
指标 Index	采样时间 Sampling time	CK	T1	T2	T3
乳蛋白/% Milk protein	35 d	3.96±0.63 a	3.66±0.14 c	3.74±0.21 b	3.95±0.11 a
	75 d	4.01±0.34 a	3.54±0.24 b	3.68±0.67 b	3.98±0.72 a
	平均值 Average value	3.98±0.48 a	3.60±0.19 b	3.71±0.44 b	3.96±0.42 a
乳脂肪/% Milk fat percentage	35 d	4.10±0.15 b	3.62±0.31 c	3.99±0.12 b	4.79±0.12 a
	75 d	4.09±0.37 b	3.54±0.42 c	4.07±0.28 b	4.82±0.53 a
	平均值 Average value	4.10±0.26 b	3.58±0.37 c	4.03±0.20 b	4.80±0.33 a
乳糖/% Milk lactose	35 d	4.92±0.47 a	4.82±0.28 a	4.75±0.77 a	4.77±0.43 a
	75 d	4.92±0.56 a	4.88±0.34 a	4.73±0.65 a	4.79±0.27 a
	平均值 Average value	4.92±0.52 a	4.85±0.31 a	4.74±0.71 a	4.78±0.35 a
全乳固体/% Milk solid	35 d	13.50±0.98 b	12.34±0.43 d	12.88±0.86 c	14.07±0.26 a
	75 d	13.70±0.45 b	12.41±0.21 d	12.93±0.54 c	14.08±0.32 a
	平均值 Average value	13.60±0.72 b	12.38±0.32 d	12.91±0.70 c	14.08±0.29 a
脂蛋白 Fat/Protein	35 d	1.05±0.13 b	0.99±0.03 c	1.07±0.18 b	1.21±0.08 a
	75 d	1.02±0.05 c	1.00±0.11 c	1.11±0.09 b	1.21±0.04 a
	平均值 Average value	1.03±0.15 c	0.99±0.14 c	1.09±0.06 b	1.21±0.07 a

注:同行数据后标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。
Note:Different lowercase letters indicate significant difference ($P<0.05$).

3 讨 论

3.1 不同比例苜蓿干草和燕麦干草对关中奶山羊采食量及产奶量的影响

苜蓿的蛋白质、粗纤维含量较高,氨基酸组成均衡,富含多种维生素、矿物质和促生长因子,被誉为“牧草之王”。在奶牛饲粮中添加一定比例的苜蓿干草可以显著提高奶牛的干物质采食量(DMI)、产奶量和乳品质^[12-14],并增强机体抗病力^[15]。燕麦干草具有可消化纤维含量高和钾含量低的特点,其过瘤胃蛋白的比例较高,可使更多蛋白质能在小肠中被消化吸收^[16],饲喂燕麦干草可以增加奶牛产奶量,且乳成分优于东北羊草组^[17]。在本试验中,与全苜蓿干草处理相比,苜蓿干草与燕麦干草质量比为3:1处理可显著提高奶山羊的采食量;而燕麦草比例

过高(苜蓿干草与燕麦干草质量比为1:1)则会导致采食量降低,这可能是由于纤维含量随着燕麦干草的比例升高而增加,过高的纤维含量会影响饲料的适口性,且导致奶山羊瘤胃中滞留过多的食糜,增加奶山羊的饱腹感,从而降低奶山羊的采食量。从营养角度来看,日采食量是影响泌羊产奶量的最主要因素,产奶量也可以通过干物质采食量和饲粮粗蛋白水平进行一定程度上的预测^[18]。从本试验结果来看,T3组奶山羊的产奶量明显高于其他3组,这可能是由于该处理可提高采食量及2种干草的协同效应所致。T3处理苜蓿干草中的蛋白质及燕麦干草中的糖分对奶山羊的营养互补性达到最佳,导致瘤胃中的异丁酸、异戊酸、戊酸产生速率较高^[11],促进纤维分解菌的生长及活性,从而提高日粮的瘤胃降解速度和降解率,改善奶山羊对日粮的消化吸

收状况,提升了奶山羊的产奶量。

3.2 不同比例苜蓿干草和燕麦干草对关中奶山羊瘤胃发酵参数的影响

瘤胃液 pH 受到瘤胃中发酵产生的酸、进入瘤胃的弱碱性唾液以及瘤胃的外排作用等多重影响^[19]。本研究中不同比例的燕麦干草和苜蓿干草并未使奶山羊瘤胃液的 pH 产生显著改变,4 组奶山羊瘤胃液 pH 为 6.76~6.94,均在正常的 pH 范围之内。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 是饲料蛋白质、尿素等在瘤胃内降解的终产物,同时也是微生物合成菌体蛋白的主要氮源,其含量直接影响着微生物合成菌体蛋白的量,提高蛋白质水平会显著提高羊瘤胃 $\text{NH}_3\text{-N}$ 水平^[20],这与本试验中日粮蛋白质水平较低导致瘤胃液中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量降低的结论相一致。

饲料中的碳水化合物在瘤胃中经微生物降解产生的挥发性脂肪酸,可以给机体提供 70%~80% 的可消化能。瘤胃中产生的挥发性脂肪酸中的乙酸、丙酸、丁酸占 95%,且瘤胃消化吸收所需要的能量很大一部分来源于挥发性脂肪酸的代谢^[21],瘤胃发酵指标影响奶牛的产奶量,丙酸与奶牛的产奶量呈正相关,乙酸和异丁酸与产奶量呈负相关,而瘤胃 $\text{NH}_3\text{-N}$ 与产奶量无显著相关性^[22]。在本试验中,T1 组奶山羊瘤胃中的异丁酸、异戊酸含量显著高于其他 3 组,这可能是由于其日粮中的中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)含量高于其他 3 组,但其相关机理仍需进一步验证;T3 组奶山羊瘤胃中的丙酸、戊酸含量高于其他 3 组,其产奶量也最高,这与薛茗元等^[23]研究得出的乳产量与丙酸、戊酸浓度呈弱正相关的结论吻合;T1 组的乙酸/丙酸高于其他 3 组,这可能是该组日粮中中性洗涤纤维水平较高,导致瘤胃中乙酸浓度升高,丙酸浓度降低,从而导致乙酸与丙酸的比例升高。

3.3 不同比例苜蓿干草和燕麦干草对关中奶山羊乳成分的影响

本试验中,苜蓿干草的粗蛋白质含量是燕麦干草的 2.6 倍,苜蓿干草比例的降低导致奶山羊氮摄入总量降低,从而影响乳成分中的乳蛋白,导致 T1、T2、T3 组奶山羊乳蛋白含量较对照组降低。Voelker 等^[24]研究表明,日粮中纤维含量的提高能够使乙酸的产量增高,从而提高奶牛乳脂率。与低水平有效中性洗涤纤维饲料相比,高水平有效中性洗涤纤维饲料能提高奶山羊瘤胃中的乙酸和丙酸含量,从而显著提高乳脂率。本研究中,T3 组奶山羊的乳脂率显著高于其他 3 组,最可能的原因就是饲

粮中的中性洗涤纤维利用率提高和瘤胃发酵模式改变。另外,乙酸是乳腺中脂肪酸再合成的前体物质,乙酸与丙酸的比例对乳脂率也有重要影响,乙酸与丙酸的比例下降,会导致乳脂率的下降^[25]。本试验中 4 组奶山羊乳糖含量差异不显著,这与 Sutton^[26]得出的乳糖含量通常保持稳定的研究结果相似。本研究中,T1、T2 组饲料中的中性洗涤纤维水平高于 T3 组,但乳脂率显著低于 T3 组,这可能与不同比例燕麦干草和苜蓿干草所产生的组合效应有关,苜蓿干草和燕麦干草以 3:1 比例组合时形成了优势互补,提高了纤维在瘤胃内的消化利用率,产生了正组合效应,促进了乳脂合成。

【参考文献】

- [1] McDonald P, Edwards R A, Greenhalgh J, et al. Animal nutrition [M]. UK: Pearson Education Limited, 2002.
- [2] 陈伟健, 王 翀, 段智勇, 等. 反刍动物饲料组合效应的衡量指标及评估方法综述 [J]. 中国牛业科学, 2011, 37(2): 61-65.
Chen W J, Wang C, Duan Z Y, et al. Review on measurement indexes and evaluation methods of ruminant feed combination effect [J]. China Cattle Science, 2011, 37(2): 61-65.
- [3] INRA. Ruminant nutrition: recommended allowances and feed tables [J]. Ruminant Nutrition Recommended Allowances & Feed Tables, 1989(6): 153-167.
- [4] AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients, Alderman G, Cottrill B R. Energy and protein requirements of ruminants: an advisory manual [M]. UK: CAB International, 1993.
- [5] Silva A T, Ørskov E R. Fibre degradation in the rumens of animal's reiving hay, untreated or ammonia-treated straw [J]. Animal Feed Science & Technology, 1988, 19(3): 277-287.
- [6] 李彦品, 杨海明, 杨 芷, 等. 紫花苜蓿的营养价值及其在畜禽生产中的应用 [J]. 饲料研究, 2015(9): 14-18.
Li Y P, Yang H M, Yang Z, et al. Nutritional value of alfalfa and its application in livestock and poultry production [J]. Feed Research, 2015(9): 14-18.
- [7] 李志强. 燕麦干草质量评价 [J]. 中国奶牛, 2013(19): 1-3.
Li Z Q. Quality evaluation of oat hay [J]. China Dairy Cattle, 2013(19): 1-3.
- [8] 赵淑敏, 苏莹莹, 贾泽统, 等. 燕麦干草和苜蓿干草的组合效应及其对奶牛生产性能、乳品质、血清生化指标和营养物质表观消化率的影响 [J]. 动物营养学报, 2021, 33(11): 6572-6583.
Zhao S M, Su Y Y, Jia Z T, et al. Combined effects of oat hay and alfalfa hay and their effects on performance, milk quality, serum biochemical indexes and nutrient apparent digestibility of dairy cows [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2021, 33(11): 6572-6583.
- [9] 庄二林, 王慧娟, 田秀娥, 等. 尼龙袋法评定苜蓿和谷草的组合效应评估 [J]. 草业学报, 2018, 27(5): 201-209.
Zhuang E L, Wang H J, Tian X E, et al. Evaluating the associate effect of alfalfa hay and millet stalks with Nylon-bag tech-

- nique [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2018, 27(5): 201-209.
- [10] 衣艳秋, 唐 丹, 袁英良, 等. 肉羊日粮苜蓿和燕麦草组合体外法试验 [J]. *中国畜禽种业*, 2017, 13(11): 84-87.
- Yi Y Q, Tang D, Yuan Y L, et al. In vitro experiment of combination of alfalfa and oat grass in meat sheep diet [J]. *The Chinese Livestock and Poultry Breeding*, 2017, 13(11): 84-87.
- [11] Mohammadzadeh H, Yáñez-Ruiz D R, Martínez-Fernandez G, et al. Molecular comparative assessment of the microbial ecosystem in rumen and faeces of goats fed alfalfa hay alone or combined with oats [J]. *Anaerobe*, 2014, 29: 52-58.
- [12] 阎旭东, 徐玉鹏, 王俊萍, 等. 苜蓿干草添加量对奶牛生产性能及经济效益的影响 [J]. *中国畜牧兽医*, 2010, 37(11): 13-16.
- Yan X D, Xu Y P, Wang J P, et al. Effect of the alfalfa hay on the production of cows and economic benefit [J]. *China Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2010, 37(11): 13-16.
- [13] 王 玲. 苜蓿不同喂量对奶生产奶量及品质的影响研究 [J]. *中国牛业科学*, 2018, 44(3): 20-23.
- Wang L. Effects of different feeding amount of alfalfa on milk yield and the quality of cows [J]. *China Cattle Science*, 2018, 44(3): 20-23.
- [14] 刘艳娜, 史莹华, 严学兵, 等. 苜蓿青干草替代部分精料对奶牛生产性能及经济效益的影响 [J]. *草业学报*, 2013, 22(6): 190-197.
- Liu Y N, Shi Y H, Yan X B, et al. Effect of alfalfa hay substituting for part of the concentrate, on the production of cows and economic profit [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2013, 22(6): 190-197.
- [15] 褚海义, 李亚奎, 刘贵河, 等. 不同水平苜蓿干草对奶牛消化代谢及血液指标的影响 [J]. *畜牧与兽医*, 2016, 48(6): 73-76.
- Chu H Y, Li Y K, Liu G H, et al. Effects of different levels of alfalfa hay on digestion, metabolism and blood indexes of dairy cows [J]. *Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2016, 48(6): 73-76.
- [16] 萨其仍贵. 奶牛主要饲料原料纤维物质和蛋白质瘤胃降解特性的研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2009.
- Sa Q R G. The study on fiber and protein degradability of main feeds in rumen of dairy cows [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2009.
- [17] 王亮亮, 胡跃高, 关 鸣. 燕麦青干草和东北羊草对奶牛产奶量及乳成分的影响 [J]. *中国奶牛*, 2011(23): 43-44.
- Wang L L, Hu Y G, Guan M. Effects of oat green hay and northeast *Leymus chinensis* on milk yield and milk composition of dairy cows [J]. *China Dairy Cattle*, 2011(23): 43-44.
- [18] Nutrition C. Nutrient requirements of dairy cattle [M]. US: National Academy of Sciences, 2001.
- [19] Allen M S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber [J]. *Journal of Dairy Science*, 1997, 80(7): 1447-1462.
- [20] 王潍波, 赵国琦, 王瑞龙, 等. 不同蛋白日粮对山羊瘤胃环境参数的影响 [J]. *饲料工业*, 2008, 29(20): 44-48.
- Wang W B, Zhao G Q, Wang R L, et al. Effect of different protein diets on rumen fermentation of goats [J]. *Feed Industry*, 2008, 29(20): 44-48.
- [21] 罗佳捷, 张 彬, 兰欣怡, 等. 动物生产中挥发性脂肪酸的研究进展 [J]. *饲料博览*, 2012(3): 10-12.
- Luo J J, Zhang B, Lan X Y, et al. Review of volatile fatty acid in animal production [J]. *Feed Review*, 2012(3): 10-12.
- [22] 逢世龙, 司海锋, 侯 杰, 等. 奶牛瘤胃发酵性能与产奶量的相关性分析 [J]. *中国乳业*, 2021(9): 74-78.
- Pang S L, Si H F, Hou J, et al. The correlation of rumen fermentation performance and milk yield of dairy cows [J]. *China Dairy*, 2021(9): 74-78.
- [23] 薛茗元, 王迪铭, 孙会增, 等. 奶牛泌乳性能与瘤胃发酵特性关联分析 [C]//中国畜牧兽医学会动物营养学分会第十二次动物营养学术研讨会论文集. 北京: 中国农业出版社有限公司, 2016: 486.
- Xue M Y, Wang D M, Sun H Z, et al. Correlation analysis between lactation performance and rumen fermentation characteristics of dairy cows [C]//Proceedings of the 12th Symposium on Animal Nutrition of Animal Nutrition, Chinese Society of Animal Husbandry and Veterinary Medicine. Beijing: China Agricultural University Press Co., Ltd., 2016: 486.
- [24] Voelker Linton J A, Allen M S. Nutrient demand interacts with forage family to affect nitrogen digestion and utilization responses in dairy cows [J]. *Journal of Dairy Science*, 2009, 92(4): 1594-1602.
- [25] 范 铤. 日粮中 NDF 水平及粗饲料 NDF 降解率对奶牛采食量及生产性能的影响的研究 [D]. 山东泰安: 山东农业大学, 2014.
- Fan T. Study on intake and milk production of dairy cows fed diets that differed in diet NDF and forage NDF degradation [D]. Taian, Shandong: Shandong Agricultural University, 2014.
- [26] Sutton J D. Altering milk composition by feeding [J]. *Journal of Dairy Science*, 1989, 72(10): 2801-2814.