

引用格式:

高明, 陆相龙, 毛宏祥, 张春刚, 方热军, 张佩华. 梯牧草和燕麦草的营养价值及其奶牛瘤胃降解特性[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2022, 48(3): 335-341.

GAO M, LU X L, MAO H X, ZHANG C G, FANG R J, ZHANG P H. Nutritional value of timothy grass and oat grass and their rumen degradation properties in dairy cows[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2022, 48(3): 335-341.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



梯牧草和燕麦草的营养价值及其奶牛瘤胃降解特性

高明^{1,2}, 陆相龙², 毛宏祥², 张春刚², 方热军¹, 张佩华^{1*}

(1.湖南农业大学动物科学技术学院, 湖南 长沙 410128; 2.光明牧业有限公司, 上海 200436)

摘要: 选择3头安装有瘤胃瘘管的中国荷斯坦奶牛进行头茬、二茬梯牧草和燕麦草体内试验, 比较3种饲草的营养成分及其瘤胃降解率和降解特性的差异。结果表明: 梯牧草的粗蛋白质(CP)和粗脂肪质量分数显著高于燕麦草的, 而可溶性碳水化合物和相对饲喂价值则显著低于燕麦草的, 梯牧草头茬和二茬间的营养成分的差异无统计学意义; 燕麦草、二茬和头茬梯牧草的瘤胃内干物质有效降解率依次为48.22%、41.76%和36.54%, 且三者间的差异有统计学意义; 二茬梯牧草和燕麦草的瘤胃内CP有效降解率相近, 分别为53.09%和53.20%, 且显著高于头茬梯牧草的(36.67%); 二茬梯牧草和燕麦草的瘤胃内中性洗涤纤维有效降解率分别为36.61%和35.10%, 且两者间的差异无统计学意义, 但均显著高于头茬梯牧草的(28.62%)。可见, 二茬梯牧草具有作为奶牛常规粗饲料资源的潜力, 可用于替代燕麦草。

关键词: 奶牛; 梯牧草; 燕麦草; 营养成分; 瘤胃降解率

中图分类号: S816.5⁺¹

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2022)03-0335-07

Nutritional value of timothy grass and oat grass and their rumen degradation properties in dairy cows

GAO Ming^{1,2}, LU Xianglong², MAO Hongxiang², ZHANG Chungang², FANG Rejun¹, ZHANG Peihua^{1*}

(1.College of Animal Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China; 2.Bright Farming Co. Ltd, Shanghai 200436, China)

Abstract: Three Chinese Holstein cows with permanent ruminal cannulas were selected to evaluate the nutritive value and to investigate the rumen degradation rate and degradation characteristics of the first cut(1st cut) premium timothy hay, second cut(2nd cut) timothy hay and oat hay for dairy cows. The results showed that the mass fractions of the crude protein(CP) and ether extract in 1st cut timothy hay and 2nd cut timothy hay were significantly higher than those in oat hay, while the water soluble carbohydrate and relative feed value were significantly lower than those in oat hay. There was no significant difference in nutritive values content between 1st cut timothy hay and 2nd cut timothy hay. In the rumen, the effective dry matter degradation rates of oat grass, 2nd cut timothy hay and 1st cut timothy hay were 48.22%, 41.76% and 36.54% respectively, and the differences among them were statistically significant. There was no significant difference in the CP effective degradability between 2nd cut timothy hay(53.09%) and oat hay(53.20%), but both of them were significantly higher than that in 1st cut timothy hay(36.67%). There was no significant difference in the neutral detergent fiber effective degradability between 2nd cut timothy hay(36.61%) and oat hay(35.10%), but both of them were

收稿日期: 2021-02-09

修回日期: 2022-06-10

基金项目: 湖南省草食动物产业技术体系营养与饲料岗位项目(湘农发[2019]105号)

作者简介: 高明(1979—), 男, 上海人, 硕士研究生, 畜牧师, 主要从事反刍动物营养与饲料研究, gaoming@brightdairy.com; *通信作者, 张佩华, 博士, 副教授, 主要从事草食动物营养与饲料研究, 540517641@qq.com

significantly higher than that in 1st cut timothy hay(28.62%). Together, it can be seen that 2nd cut timothy hay has the potential as a conventional roughage resource for dairy cows and can be used to replace oat hay.

Keywords: dairy cow; timothy; oat hay; nutritive value; rumen degradation rate

梯牧草(*Phleum pratense*)又名猫尾草,系禾本科(Poaceae)早熟禾亚科(Pooideae)梯牧草属(*Phleum*)植物,其形态与狗尾巴草极其相似。梯牧草是高纤维、低蛋白的饲草,种植产量高,原产于欧亚陆地,现遍布于美国北部和加拿大的中、南部地区^[1-3]。中国的梯牧草为引种栽培种,主要种植于东北、华北、西北等地区。梯牧草还具有易消化、抗逆性强等品质,其饲用价值较高,可作为奶牛日粮中纤维的来源。目前,国内针对梯牧草的研究主要围绕在引种栽培方面^[4-6],而其营养价值评估和瘤胃降解率的研究却鲜见报道。

在国内外饲草价格上涨和供货紧张的情况下,寻求高质量的饲草资源解决粗饲料紧缺和降本增效对反刍动物养殖具有重要的意义。近年来受中澳关系及早灾的影响,粗饲料中燕麦草的供应最为紧张,价格涨幅最大,有必要寻找替代原料来拓展粗饲料资源。基于此,本研究中,以同属禾本科的进口梯牧草(头茬和二茬)和进口燕麦草为研究对象,通过测定其营养成分来比较其差异,并通过尼龙袋法研究奶牛瘤胃中的动态降解率和降解参数,旨在为梯牧草在反刍动物生产上的开发应用和推广提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物与日粮

试验于上海市奉贤区海湾镇某奶牛场完成。从10头安装有永久性瘤胃瘘管的中国荷斯坦奶牛中,随机选取3头泌乳约(250±20)d,体质量(650±50)kg的奶牛用于试验。参照美国NRC(2001)^[7]配制日粮。选用玉米豆粕型精料青贮玉米、进口苜蓿草、羊草等粗饲料组成的全混合日粮,具体组成列于表1。于每日06:30、13:30和19:30饲喂,自由采食、自由饮水。

表1 基础饲料的组成及营养水平(干物质基础)

项目	占比/%	项目	占比/%
羊草	3.7	磷酸氢钙	0.6
全株玉米青贮	24.7	食盐	0.5
进口苜蓿	2.3	预混料	0.5
玉米	26.1	粗蛋白质	16.9
豆粕	4.0	中性洗涤纤维	42.4
大豆粕	16.5	酸性洗涤纤维	24.6
燕麦	6.2	粗脂肪	2.7
脂肪酸钙	1.1	粗灰分	8.6
光棉籽	3.0	钙	1.1
甜菜粕	6.4	磷	0.5
玉米酒糟	4.4		

每1kg预混料含有铜478mg、锰1400mg、锌2500mg、钴12mg、硒14mg、碘22mg、维生素A150000IU、维生素D₃40000IU、维生素E1525mg、烟酸4500mg、胆碱125000mg;饲料的泌乳净能为1.67MJ/kg。

1.2 试验设计

供试梯牧草(头茬和二茬)来自加拿大;供试燕麦草来自澳大利亚。按照粗饲料采样规范对3种粗饲料进行3次重复采样,测定并计算平均初始质量 W_0 ;再将样品置于65℃烘箱中烘48h至恒重,称量并计算烘干后平均质量 W_1 ;样品水分即为 W_0-W_1 。随后将烘干的样品粉碎,并一分为二,其中1份过孔径1mm筛,用于检测相关营养指标;另1份过孔径2mm筛,用于瘤胃降解测试。所有粉碎后的样品在检测前均密封于封口瓶中。

采用尼龙袋法^[8]开展体内试验探究饲草中营养成分在体内的动态降解情况。用孔径48μm的尼龙布制成15cm×8cm的尼龙袋,并编号。尼龙袋边缘切口容易拉丝,需以火烫除。已编号的袋用清水浸泡5min后于65℃烘箱中预烘24h直至恒重。称量尼龙袋后并准确称取3.0000g样品置于袋中,每种饲草3个重复(每个重复用1头瘘管牛),每个重复设2个平行,2个平行样品夹绑在同一根半软塑料管的一端上(即每根塑料管上有3种样,每种样有2个平行,每根管上共有6个尼龙袋),并在塑料

管另一端系上尼龙绳,绳的末端作好标记。考虑到分时段采样,每头牛准备同样的绑好样品的软管 7 根。于晨饲前 1 h 将夹绑好样品的塑料管通过瘘管口置于瘤胃底部,每头牛放置 7 根,有标记的尼龙绳端留置于瘘管盖外便于取样。按“同时投入、依次取出”的原则,分别于 2、4、6、12、24、48、72 h 从每头牛瘤胃中各取出一根带有样品的塑料管,立即放入冰水中,终止消化。用冷水缓缓冲洗袋外壁直至水澄清,清洗后置于 65 °C 烘箱烘 48 h 至恒重,密封保存,用于测定瘤胃消化后的营养指标。

1.3 测定指标及方法

参照 AOAC 法(2000)^[9]测定样品中的干物质(DM)、粗灰分(Ash)、粗脂肪(EE)和粗蛋白质(CP)质量分数。参照 VAN SOEST 等^[10]的方法,采用 ANKOM A200i 型半自动分析仪检测样品中的粗纤维(CF)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)和酸性洗涤木质素(ADL)的质量分数。采用高氯酸水解-蒽酮比色法^[11]测定淀粉质量分数。采用原子吸收分光光度计和可见分光光度计 723 型分别测定样品中钙(Ca)和磷(P)的质量分数^[12-13]。参考余汝华等^[14]的方法检测样品中的水溶性碳水化合物(WSC)质量分数。各指标均以干物质基础计算。

参照文献[15]的方法计算相对饲喂价值(RFV)。参照文献[16]的方法计算总可消化养分(TDN)质量分数。参照文献[17]的方法,利用试验前后各饲草的 DM、CP 和 NDF 质量分数计算瘤胃降解率。参照 ØRSKOV 等^[18]的指数模型,计算梯牧草和燕麦草的营养成分的瘤胃降解参数(目标成分的快速降解部分占比(a)、目标成分的慢速降解部分占比(b)、慢速降解部分的降解速率(c))和有效降解率(ED),其中,瘤胃外流速率(k)取 0.025/h。

1.4 数据统计分析

试验数据运用 SPSS 18.0 进行统计分析;采用 Duncan 法进行组间的多重比较。

2 结果与分析

2.1 供试饲草的营养成分

由表 2 可知,不同的梯牧草之间营养成分有所不同,但差异无统计学意义,RFV 也基本相似,头茬和二茬梯牧草的 RFV 分别为 92.22 和 92.64;无论是头茬梯牧草还是二茬梯牧草,其 CP 和 EE 质量分数均显著高于燕麦草的,但 WSC 和 RFV 值均显著低于燕麦草的。

表 2 梯牧草和燕麦草的营养成分

Table 2 Nutrient contents of timothy hay and oat hay

饲草	CP/%	EE/%	CF/%	NDF/%	ADF/%	Ash/%
头茬梯牧草	(9.57±0.12)A	(2.39±0.12)A	34.92±0.30	61.30±0.65	36.11±0.61	6.60±0.43
二茬梯牧草	(10.24±0.31)A	(2.48±0.07)A	32.93±1.12	61.44±1.44	35.44±1.25	7.53±0.62
燕麦草	(5.68±0.62)B	(1.69±0.16)B	31.82±0.97	58.52±1.11	34.22±1.56	6.80±0.35
饲草	Ca/%	P/%	WSC/%	RFV	TDN/%	
头茬梯牧草	0.26±0.02	0.16±0.02	(12.22±0.21)B	(92.22±0.82)B	59.56±1.51	
二茬梯牧草	0.38±0.03	0.22±0.03	(12.53±0.48)B	(92.64±0.93)B	59.18±1.37	
燕麦草	0.31±0.03	0.24±0.03	(21.61±1.26)A	(98.94±2.01)A	60.30±1.72	

同列不同字母示饲草间差异有统计学意义($P < 0.05$)。

2.2 供试饲草的 DM 瘤胃动态降解率及降解参数

由表 3 可知,除 2 h 外,其他各时间点,头茬和二茬梯牧草的 DM 降解率均显著低于燕麦草的;2、4、6、12、24 h 时,头茬梯牧草的 DM 降解率与二茬梯牧草的差异无统计学意义,但 48、72 h 时,头茬梯牧草的 DM 降解率均显著低于二茬梯牧草的;头茬梯牧草和燕麦草的 DM 快速降解部分占比

(16.96% 和 17.92%)显著高于二茬梯牧草的(10.19%);头茬梯牧草的 DM 慢速降解部分占比(33.44%)显著低于二茬梯牧草和燕麦草的(45.58%和 43.64%);燕麦草(48.22%)、二茬梯牧草(41.76%)和头茬梯牧草(36.54%)的 DM 有效瘤胃降解率依次降低,且三者的差异有统计学意义。

表3 梯牧草和燕麦草的干物质瘤胃动态降解率及降解参数

饲草	瘤胃降解率/%						
	2 h	4 h	6 h	12 h	24 h	48 h	72 h
头茬梯牧草	15.53±1.93	(22.38±1.78)B	(26.42±1.35)B	(28.65±1.85)B	(35.26±2.00)B	(40.03±2.27)C	(48.66±1.45)C
二茬梯牧草	14.00±0.70	(20.45±0.18)B	(23.00±0.55)B	(33.09±0.51)B	(44.72±1.40)B	(49.17±1.76)B	(57.48±1.23)B
燕麦草	16.26±1.09	(32.52±2.32)A	(34.13±1.42)A	(38.85±2.08)A	(48.17±2.36)A	(56.64±0.78)A	(63.04±1.16)A

饲草	瘤胃降解参数				ED/%
	a/%	b/%	c/(%·h ⁻¹)	(a+b)/%	
头茬梯牧草	(16.96±2.47)A	(33.44±2.95)B	0.04±0.01	(50.40±5.42)C	(36.54±3.53)C
二茬梯牧草	(10.19±0.33)B	(45.58±1.71)A	0.06±0.00	(55.77±1.51)B	(41.76±1.02)B
燕麦草	(17.92±2.91)A	(43.64±1.42)A	0.06±0.02	(61.56±1.80)A	(48.22±0.88)A

同列不同字母示饲草间差异有统计学意义($P < 0.05$)。

2.3 供试饲草的 CP 瘤胃动态降解率及降解参数

由表 4 可知,在各时间点,头茬梯牧草的 CP 降解率均显著低于二茬梯牧草和燕麦草的;燕麦草(14.93%)、头茬梯牧草(7.37%)、二茬梯牧草(4.69%)的 CP 快速降解部分占比依次降低,但差异无统计

学意义;头茬梯牧草的 CP 慢速降解部分占比(41.96%)显著低于二茬梯牧草的(58.31%),但与燕麦草的(49.05%)差异无统计学意义;二茬梯牧草的 CP 有效降解率(53.09%)与燕麦草的(53.20%)基本相同,均显著高于头茬梯牧草的(36.67%)。

表4 梯牧草和燕麦草的粗蛋白质瘤胃动态降解率及降解参数

饲草	瘤胃降解率/%						
	2 h	4 h	6 h	12 h	24 h	48 h	72 h
头茬梯牧草	(8.60±0.28)B	(18.62±0.79)C	(21.52±1.02)C	(28.60±1.26)B	(36.84±0.91)B	(46.56±3.71)B	(49.49±2.54)B
二茬梯牧草	(14.91±1.76)A	(29.12±2.02)B	(37.22±1.14)B	(49.73±0.60)A	(54.61±4.09)A	(58.65±4.01)A	(970.66±0.14)A
燕麦草	(15.07±0.50)A	(38.97±0.63)A	(42.05±2.57)A	(44.84±1.95)A	(52.27±3.59)A	(61.94±4.56)A	(67.86±1.09)A

饲草	瘤胃降解参数				ED/%
	a/%	b/%	c/(%·h ⁻¹)	(a+b)/%	
头茬梯牧草	7.37±0.41	(41.96±2.22)B	0.06±0.00	(49.33±1.98)B	(36.67±0.93)B
二茬梯牧草	4.69±2.49	(58.31±3.33)A	0.12±0.01	(63.00±1.57)A	(53.09±0.43)A
燕麦草	14.93±8.95	(49.05±6.65)B	0.10±0.05	(63.98±2.35)A	(53.20±1.20)A

同列不同字母示饲草间差异有统计学意义($P < 0.05$)。

2.4 供试饲草的 NDF 瘤胃动态降解率及降解参数

由表 5 可知,2、4、6 h 时,头茬梯牧草的 NDF 降解率与燕麦草的差异无统计学意义,但均显著低于二茬梯牧草的;12、24、48、72 h 时,燕麦草的 NDF 降解率增加,且与二茬梯牧草的差异无统计学意义,且除 48 h 时的二茬梯牧草外,两者的 NDF 降解率均显著高于头茬梯牧草的;3 种饲草的 NDF

的快速降解部分占比,二茬梯牧草的(15.78%)最高,且显著高于头茬梯牧草和燕麦草的(6.34%和 2.01%);头茬和二茬梯牧草的 NDF 慢速降解部分占比显著低于燕麦草的;二茬梯牧草 NDF 的有效降解率(36.61%)与燕麦草的(35.10%)基本相同,均显著高于头茬梯牧草的(28.62%)。

表 5 梯牧草和燕麦草的中性洗涤纤维瘤胃动态降解率及降解参数

Table 5 Dynamic degradation rates and degradation parameters of NDF in rumen of timothy hay and oat hay							
饲草	瘤胃降解率/%						
	2 h	4 h	6 h	12 h	24 h	48 h	72 h
头茬梯牧草	(7.78±0.17)B	(11.25±0.64)B	(13.06±0.60)B	(20.06±1.45)B	(25.80±1.27)B	(37.70±3.04)B	(42.67±2.51)B
二茬梯牧草	(15.72±0.58)A	(20.28±1.67)A	(22.89±1.72)A	(27.54±0.59)A	(35.96±2.67)A	(41.68±3.72)AB	(52.22±0.06)A
燕麦草	(7.12±0.23)B	(9.85±0.14)B	(13.65±0.37)B	(25.88±0.61)A	(35.50±2.34)A	(46.83±3.43)A	(51.62±0.42)A

饲草	瘤胃降解参数				ED/%
	a/%	b/%	c/(%·h ⁻¹)	(a+b)/%	
头茬梯牧草	(6.34±0.40)B	(41.44±3.44)B	0.03±0.00	(47.77±3.56)B	(28.62±0.90)B
二茬梯牧草	(15.78±1.78)A	(42.36±2.66)B	0.03±0.01	(58.14±4.29)A	(36.61±0.54)A
燕麦草	(2.01±1.25)C	(50.95±1.49)A	0.05±0.01	(52.96±1.32)AB	(35.10±0.87)A

同列不同字母示饲草间差异有统计学意义($P < 0.05$)。

3 结论与讨论

本研究中,比较了头茬和二茬梯牧草与燕麦草的营养成分和瘤胃代谢差异。在营养成分方面,头茬和二茬梯牧草的 CP 质量分数分别为 9.57%和 10.24%, EE 质量分数为 2.39%和 2.48%, NDF 质量分数为 61.30%和 61.44%, ADF 质量分数为 36.11%和 35.44%, 梯牧草的 CP 和 EE 质量分数显著高于燕麦草的,但 WSC 和 RFV 显著低于燕麦草的,头茬和二茬梯牧草的营养成分间的差异无统计学意义。梯牧草和燕麦草虽同属于禾本科牧草,但二者之间的养分存在差异,这可能是品种不同、叶片与茎秆占比不同所致。PETIT 等^[19]报道了使用传统收割机收割的梯牧草的 CP、NDF、ADF 质量分数分别为 11.7%、59.3%、35.2%。NEEL 等^[20]测定的梯牧草干草的 CP、NDF 和 ADF 质量分数分别为 7.7%、76.5%和 43.5%。VILLENEUVE 等^[21]报道了梯牧草干草的 CP、NDF 和 ADF 质量分数分别为 9.0%、67.4%和 38.0%。SUN 等^[22]报道了梯牧草干草的 CP 和 TDN 质量分数分别为 8.61%和 60.70%。常会宁^[23]在中国黑龙江省齐齐哈尔地区种植加拿大阿尔伯塔省的梯牧草,采集 10~15 cm 高的处于营养期的梯牧草,CP 和 ADF 质量分数分别为 18.9%和 25.1%,其营养价值与同期羊草的营养价值(17.2%和 30.1%)相似。本研究的结果与以上研究报道的营养成分存在差异,可能是由于品种不同及种植地区、气候、季节、土壤条件、刈割茬次和刈割

阶段的不同所致。进口燕麦草的营养成分与之前的研究报道^[24]基本相似。

反刍动物瘤胃内饲料 DM 降解率是决定动物 DM 摄入量的重要因素,两者呈正相关关系^[25]。粗饲料的降解率与饲料本身的化学结构和营养成分组成有关,它是反映饲料在机体内代谢难易程度的关键指标。本研究中,头茬与二茬梯牧草和进口燕麦草的 DM 有效降解率依次为 36.54%、41.76%和 48.22%,这与 PETIT 等^[19]的研究得出的梯牧草 DM 的有效降解率为 35.4%的结果比较接近。头茬梯牧草的 DM 有效降解率最低,这表明使用进口燕麦草和二茬梯牧草可更好地提高 DM 采食量,且更容易被消化利用。头茬梯牧草降解率偏低的可能原因是头茬梯牧草都是越冬后收割的,生长期比较长,木质化程度高,不可降解的 NDF 含量较高,奶牛瘤胃微生物的细菌可部分利用纤维素和半纤维素,但不能利用木质素,随木质素含量增加,饲草的降解率降低。

在反刍动物瘤胃中,饲草蛋白质的水平、构成及其在胃肠道中的流通时间,决定了 CP 的瘤胃降解难易程度^[26-27]。判断饲料的营养价值,不仅需要对其结构和组成进行化学分析,更需要结合动物体内的消化情况进行综合分析。瘤胃中饲料的各代谢阶段与饲料的种类、产地、收割阶段、制备工艺等息息相关。与单胃动物不同,CP 瘤胃降解参数中的快速降解部分占比高对反刍动物有较高的营养

价值^[15],原因在于快速降解部分主要分解的是非蛋白氮,是为反刍动物瘤胃内微生物菌群的生长和增殖提供氮源的。本研究中,头茬、二茬梯牧草和燕麦草的CP有效降解率分别为36.67%、53.09%和53.20%,二茬梯牧草的CP有效降解率与YU等^[28]研究得出的加拿大温省梯牧草CP瘤胃有效降解率为53.2%~57.6%的结果很接近。不同研究得出的梯牧草的降解率存在一定的差异和变化范围,可能是梯牧草的产地和收割时间不同所致。不同茬次梯牧草在瘤胃内的各降解代谢阶段差异较大,可能是受不同茬次梯牧草的营养水平、构成和在瘤胃内流通时间的差异影响所致。

饲料中的纤维素来自牧草,主要是由苜蓿、禾本科牧草和玉米青贮饲料提供^[29]。反刍动物瘤胃内饲料NDF降解率是评价饲料品质的关键指标之一,数值高低代表了饲料中的纤维在瘤胃中进行机械和微生物分解的难易度。饲料的NDF构成成分及其比例也是影响该饲料在反刍动物瘤胃中降解率的因素之一^[30-31]。YU等^[28]研究得出,梯牧草的24h体外NDF消化率为35.4%~36.6%,本研究的二茬梯牧草的24hNDF降解率(35.96%)与其相似。本研究中,在24~72h时,二茬梯牧草和燕麦草的NDF降解率基本相同,这说明同样作为反刍动物纤维饲料的来源,2种原料可互相替换。在各试验时间点,二茬梯牧草NDF的降解率和有效降解率均比头茬的高,可能是由于光周期、温度等季节性因素造成二茬梯牧草的生长期较短、木质化程度较低,不可降解的纤维水平含量低,这也说明了相比于头茬梯牧草,二茬梯牧草更易被反刍动物消化分解,相对头茬有更高的饲用价值。反刍动物瘤胃中的饲料流通速率及其有效消化率很大程度上取决于饲料中的纤维素水平^[11,32],一般而言,其水平的高低与降解率呈负相关。NDF的摄入能有效刺激反刍动物口腔分泌唾液,一方面中和易发酵的碳水化合物快速分解产生的酸,防止酸度过高,另一方面进行二次消化。KAMRA等^[33]和范铤^[34]的研究报道,DM与CP、NDF的降解率之间存在着一定的相关性,提高饲料中NDF的降解率是增加奶牛DM采食量和产奶量的有效方法。

综上所述,头茬和二茬梯牧草粗蛋白质量分数的差异无统计学意义,二茬梯牧草的营养成分要好于头茬梯牧草,二茬梯牧草的营养物质有效降解率与进口燕麦草比较接近;二茬梯牧草具有作为奶牛常规粗饲料资源的潜力,可作为替代进口燕麦草的优质饲草资源。

参考文献:

- [1] 常有奎,魏永林. 三种优良禾本科牧草与本地品种生长性状对比分析[J]. 青海草业, 2004, 13(3): 11-13.
- [2] 许崇梅,鞠辉军,李法曾. 茵草属、看麦娘属、梯牧草属部分植物颖果微形态研究[J]. 中国农学通报, 2019, 35(10): 72-75.
- [3] 王燕红,张学杰,樊守金. 梯牧草属(*Phleum*)叶表皮微形态特征研究[J]. 植物研究, 2016, 36(6): 827-837.
- [4] 郑伟,朱进忠,加娜尔古丽. 不同混播方式豆禾混播草地生产性能的综合评价[J]. 草业学报, 2012, 21(6): 242-251.
- [5] 杨开虎,于磊,张前兵,等. 施氮对猫尾草栽培草地饲草产量和品质的影响[J]. 草业科学, 2015, 32(12): 2071-2077.
- [6] 马军,郑伟,张博. 基于马营养需求的多年生豆禾混播草地生产性能的评价[J]. 草原与草坪, 2016, 36(2): 52-58.
- [7] NRC. Nutrient Requirements of Dairy Cattle[M]. 7th ed. Washington DC: The National Academies Press, 2001.
- [8] 张微,莫放. 原位尼龙袋技术在评价饲料营养价值中的应用与建议方案[J]. 动物营养学报, 2019, 31(1): 1-14.
- [9] AOAC. Official Methods of Analysis AOAC of International[M]. 17th ed. Gaithersburg: Association of Official Analytical Chemists, 2000.
- [10] VAN SOEST P J, ROBERTSON J B, LEWIS B A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition[J]. Journal of Dairy Science, 1991, 74(10): 3583-3597.
- [11] 郭冬生. 反刍动物日粮组合效应对瘤胃发酵和可利用粗蛋白的影响研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2004.
- [12] 朱宇旌,郑兰宇,张勇,等. 饲料中钙含量测定方法的比较[J]. 畜牧与兽医, 2009, 41(9): 51-53.
- [13] 李会娟. 2种植物磷含量的检测方法比较研究[J]. 现代农业科技, 2012(11): 16-17.
- [14] 余汝华,赵丽华,莫放,等. 玉米秸秆青贮饲料中水溶性碳水化合物测定方法研究[J]. 饲料工业, 2003, 24(9): 38-39.
- [15] 吴健平,卢玉发,夏中生,等. 粗饲料对反刍动物的营养价值及其评定技术方法(综述)[C]//广西畜牧兽医学会动物营养与饲料学分会2010年年会论文集. 南宁:

- 广西畜牧兽医学动物营养与饲料学分会, 2010: 138-145.
- [16] 施巧婷, 姜富贵, 成海建, 等. 氯化铵对全株玉米青贮营养价值和发酵品质的影响[J]. 动物营养学报, 2021, 33(4): 2063-2072.
- [17] 李志威, 赵静雯, 沈思聪, 等. 尼龙袋法评价香蕉叶单宁对瘤胃降解特性的影响[J]. 草业学报, 2019, 28(12): 114-123.
- [18] ØRSKOV E R, MCDONALD I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage[J]. The Journal of Agricultural Science, 1979, 92(2): 499-503.
- [19] PETIT H V, SAVOIE P, TREMBLAY D, et al. Intake, digestibility, and ruminal degradability of shredded hay [J]. Journal of Dairy Science, 1994, 77(10): 3043-3050.
- [20] NEEL J P, PRIGGE E C, TOWNSEND E C. Influence of moisture content of forage on ruminal functional specific gravity and passage of digesta[J]. Journal of Animal Science, 1995, 73(10): 3094-3102.
- [21] VILLENEUVE M P, LEBEUF Y, GERVAIS R, et al. Milk volatile organic compounds and fatty acid profile in cows fed timothy as hay, pasture, or silage[J]. Journal of Dairy Science, 2013, 96(11): 7181-7194.
- [22] SUN L, LEE M, JEON S, et al. Evaluation of the associative effects of rice straw with timothy hay and corn grain using an in vitro ruminal gas production technique[J]. Animals, 2020, 10(2): 325.
- [23] 常会宁. 梯牧草[J]. 黑龙江畜牧兽医, 1989(7): 18-19.
- [24] 刘祥圣, 王琳, 宁丽丽, 等. 构树不同部位与奶牛常用粗饲料瘤胃降解特性对比研究[J]. 动物营养学报, 2019, 31(8): 3612-3620.
- [25] 李茂, 字学娟, 白昌军, 等. 不同生长高度王草瘤胃降解特性研究[J]. 畜牧兽医学报, 2015, 46(10): 1806-1815.
- [26] TURGUT L, YANAR M. In situ dry matter and crude protein degradation kinetics of some forages in Eastern Turkey[J]. Small Ruminant Research, 2004, 52(3): 217-222.
- [27] 冯仰廉. 反刍动物营养学[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [28] YU P, CHRISTENSEN D A, MCKINNON J J. Comparison of the National Research Council-2001 model with the Dutch system(DVE/OEB) in the prediction of nutrient supply to dairy cows from forages [J]. Journal of Dairy Science, 2003, 86(6): 2178-2192.
- [29] EASTRIDGE M L, BUCCI P B, RIBEIRO C V D M. Feeding equivalent concentrations of forage neutral detergent fiber from alfalfa hay, grass hay, wheat straw, and whole cottonseed in corn silage based diets to lactating cows[J]. Animal Feed Science and Technology, 2009, 150(1/2): 86-94.
- [30] 乔良, 郝俊玺, 闫素梅, 等. 奶牛主要饲料原料蛋白质瘤胃降解率的研究[J]. 中国奶牛, 2008(6): 18-21.
- [31] 朱雯. 粗料来源对奶牛乳蛋白前体物生成与生产性能的影响与机制研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2013.
- [32] 奥德, 卢德勋, 根登. 用 4N 盐酸不溶灰分法对放牧的乌珠穆沁羊采食量的测定[J]. 内蒙古畜牧科学, 1997, 18(S1): 78-79.
- [33] KAMRA D N, SAHA S, BHATT N, et al. Effect of diet on enzyme profile, biochemical changes and in Sacco degradability of feeds in the rumen of buffalo[J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2003, 16(3): 374-379.
- [34] 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]. 泰安: 山东农业大学, 2014.

责任编辑: 邹慧玲
英文编辑: 柳正