

DOI:10.11686/cyxb2019567

http://cyxb.magtech.com.cn

刘祥圣, 邓波波, 王阔鹏, 等. 常规与非常规粗饲料在奶牛瘤胃中的降解特性研究. 草业学报, 2020, 29(11): 190—197.

Liu X S, Deng B B, Wang K P, *et al.* Degradation characteristics of conventional and unconventional roughage in the rumen of dairy cows. *Acta Prataculturae Sinica*, 2020, 29(11): 190—197.

常规与非常规粗饲料在奶牛瘤胃中的降解特性研究

刘祥圣, 邓波波, 王阔鹏, 封丽梅, 赵国琦, 林淼*

(扬州大学动物科学与技术学院, 江苏 扬州 225009)

摘要:旨在探讨非常规粗饲料(玉米芯、毛豆荚壳)与奶牛常用粗饲料(苜蓿干草、玉米青贮)在奶牛瘤胃中的降解规律, 试验选用 3 只装有永久性瘤胃瘘管的荷斯坦奶牛, 采用尼龙袋法测定 4 种粗饲料的干物质(DM)、粗蛋白(CP)、中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)的瘤胃降解规律。结果表明: 1) 苜蓿干草和毛豆荚壳的 CP 含量分别为 17.55% 和 11.10%, 且苜蓿干草显著高于毛豆荚壳($P<0.05$); 玉米芯和玉米青贮的 CP 含量分别为 2.97% 和 8.41%, 且玉米芯显著低于玉米青贮($P<0.05$); 玉米芯的 NDF 和 ADF 含量显著高于其他 3 种粗饲料($P<0.05$), 达到 79.98% 和 43.35%。2) 苜蓿干草的 DM 有效降解率最高($P<0.05$), 由高到低依次为苜蓿干草、毛豆荚壳、玉米青贮和玉米芯。毛豆荚壳的 CP 有效降解率显著高于其他 3 种粗饲料($P<0.05$), 由高到低依次为毛豆荚壳、苜蓿干草、玉米青贮和玉米芯。苜蓿干草的 NDF 有效降解率显著高于毛豆荚壳($P<0.05$), 玉米青贮和毛豆荚壳无显著差异($P>0.05$); 玉米芯的 ADF 有效降解率最高($P<0.05$), 苜蓿干草、玉米青贮和毛豆荚壳无显著差异($P>0.05$)。综上所述, 玉米芯和毛豆荚壳可作为非常规粗饲料资源加以开发利用。

关键词:玉米芯; 毛豆荚壳; 奶牛; 瘤胃降解率; 尼龙袋技术

Degradation characteristics of conventional and unconventional roughage in the rumen of dairy cows

LIU Xiang-sheng, DENG Bo-bo, WANG Kuo-peng, FENG Li-mei, ZHAO Guo-qi, LIN Miao*

College of Animal Science and Technology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China

Abstract: The purpose of this study was to evaluate the rumen degradation characteristics of conventional roughage (corn cob, soybean pod shell) and unconventional roughage (corn silage, alfalfa hay) for dairy cows. Three Holstein cows with permanent ruminal cannulas were used to evaluate the ruminal degradability of dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) using the nylon-bag technique. It was found that: 1) The CP content in alfalfa hay (17.55%) was significantly higher than that in soybean pod shell (11.10%; $P<0.05$). The CP content in corn cob (2.97%) was significantly lower than that in corn silage (8.41%; $P<0.05$). The NDF and ADF content in corn cob (79.98% and 43.35%, respectively) were significantly higher than in the other three feedstuffs ($P<0.05$). 2) The DM effective degradability of alfalfa hay was the highest ($P<0.05$) among the tested feedstuffs, which ranked: alfalfa hay>soybean pod shell>corn silage>corn cob. The CP effective degradability of soybean pod shell was significantly higher than the other three feedstuffs ($P<0.05$), which ranked: soybean pod shell>alfalfa hay>corn silage>corn cob. The NDF effective degradability of alfalfa hay was significantly higher than soybean pod

shell ($P < 0.05$); there was no significant difference in NDF digestibility between corn silage and soybean pod shell ($P < 0.05$). The ADF effective degradability of corncob was the highest ($P < 0.05$) among the tested feedstuffs; there was no significant difference in ADF effective degradability between alfalfa hay, corn silage and soybean pod shell. In conclusion, corncob and soybean pod shell can be used as unconventional forage resources.

Key words: corncob; soybean pod shell; dairy cow; ruminal degradability; nylon-bag technique

目前我国畜牧业正处于快速发展阶段,在畜牧业生产过程中,饲料、饲草的成本占养殖成本的比重很大,在反刍动物饲养中需要更多粗饲料资源。然而我国的优质粗饲料资源有限,苜蓿(*Medicago sativa*),燕麦(*Avena sativa*)等多数依赖于进口,但类似于秸秆、树叶、荚壳和农业副产物等非常规粗饲料资源丰富,大部分被焚烧或丢弃造成浪费^[1]。因此,开发新型稳定的非常规粗饲料资源应用于反刍动物饲养具有重大意义。

玉米(*Zea mays*)是禾本科玉蜀黍属草本植物,其产量丰富,广泛应用于各种畜禽饲料,然而其加工副产物玉米芯,即果穗脱粒后的穗轴未得到充分利用。我国每年约有 4000 万 t 的玉米芯,资源丰富^[2]。在动物应用方面,何春玖等^[3]使用微贮后的玉米芯、玉米皮替代传统青贮秸秆使得奶牛产奶量提高 2.42%,头日均增产 0.47 kg,经济效益增加。田刚等^[4]使用玉米芯和菜籽粕混合物替代苜蓿草粉饲喂肉兔得出不会对生长性能和健康状况造成影响。大豆(*Glycine max*)为豆科大豆属草本植物,其加工产物豆粕广泛应用于畜禽生产,而未成熟时的毛豆广泛应用于食品,其副产物毛豆荚壳的应用却未受到重视,张磊等^[5]使用青贮毛豆荚壳替代苜蓿干草饲喂奶牛得出未对产奶量及血液生化造成影响,这为毛豆荚壳的现实应用提供了基础。本试验以非常规粗饲料(玉米芯和毛豆荚壳)与常规粗饲料(玉米青贮和苜蓿干草)为研究对象,在奶牛瘤胃中进行尼龙袋试验,为玉米芯和毛豆荚壳在反刍动物中的高效利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 饲料样品

玉米芯和毛豆荚壳采集于扬州市邗江区,苜蓿干草和玉米青贮采集于扬州大学试验农牧场,4 种样品于 65 °C 烘干,过 2 mm 筛后装袋备用。

1.2 试验动物与饲料

试验于 2018 年 8 月在扬州大学试验农牧场进行,选用 3 头体况良好[体重(550 ± 25) kg],装有永久性瘤胃瘘管,处于泌乳中后期的中国荷斯坦奶牛。试验牛日粮精粗比为 40 : 60,日粮配方与营养水平见表 1。试验期间,奶牛采用拴系饲养,每天饲喂两次(06:00 和 18:00),自由饮水。

1.3 尼龙袋试验方法

各种饲料的常规营养成分选用采集的 3 份饲料原样进行测定,每份饲料原样测定 3 个重复。尼龙袋试验选用孔径为 48 μm 的尼龙过滤布,裁剪后使用涤纶线双道缝制,制成尺寸为 8 cm \times 16 cm 的尼龙袋,散边使用烙铁烫实,洗净后放入恒温干燥箱 65 °C 烘干至恒重,编号并记录相应尼龙袋质量。准确称取 5 g 样品放入对应尼龙袋中,每个样品选用 3 头牛,每头牛每个时间点设置 3 个重复,尼龙袋以塑料软管固定,于晨饲后 2 h 通过瘤胃瘘管送入瘤胃腹囊中。按照“同时放入,依次取出”原则,分别于放入后 4、8、12、24、36、48 和 72 h 取出,样品取出后用冷水缓缓冲洗直至水澄清。尼龙袋洗净后从塑料软管取下,放入恒温干燥箱 65 °C 烘干至恒重,将每个平行与重复的尼龙袋各自保存于自封袋中备测。

1.4 测定指标及试验方法

1.4.1 常规营养成分测定 测定干物质(dry matter, DM)、粗蛋白(crude protein, CP)、粗纤维(crude fiber, CF)和粗脂肪(ether extract, EE)参照张丽英^[6]的方法。中性洗涤纤维(neutral detergent fiber, NDF)、酸性洗涤纤维(acid detergent fiber, ADF)和酸性洗涤木质素(acid detergent fiber, ADL)根据 Van Soest 等^[7]的方法,使用 ANKOM-2000I 纤维分析仪(安康公司,美国)进行测定。

表 1 日粮配方与营养水平

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet

原料 Ingredient	含量 Content (%DM)	营养水平 Nutrient levels	含量 Content (dry matter basis)
玉米 Corn	16.48	粗蛋白 Crude protein (%)	15.02
大麦 Barley	5.04	粗脂肪 Ether extract (%)	3.93
豆粕 Soybean meal	5.56	中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber (%)	41.14
棉籽粕 Cottonseed meal	4.01	酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber (%)	22.06
酒糟 Distillers dried grains with solubles	6.36	钙 Ca (%)	0.76
食盐 NaCl	0.31	磷 P (%)	0.48
石粉 Limestone	0.32	产奶净能 Lactation net energy (MJ · kg ⁻¹)	6.27
磷酸氢钙 CaHPO ₄	0.36		
小苏打 NaHCO ₃	0.36		
预混料 Premix ¹⁾	1.20		
燕麦草 Oat hay	6.29		
苜蓿干草 Alfalfa hay	24.33		
玉米青贮 Corn silage	29.38		

¹⁾ 每 kg 预混料含有 One kilogram of premix contains: V_A 300000 IU, V_{D₃} 85000 IU, V_E 1450 IU, Cu 780 mg, Mn 930 mg, Fe 1200 mg, Zn 3600 mg, Se 21 mg, I 50 mg, Co 12 mg.

1.4.2 瘤胃降解率的计算 饲料样品某营养成分某时间点瘤胃降解率=100%×(降解前某营养成分含量-降解后某营养成分含量)/降解前某营养成分含量。

1.4.3 瘤胃降解参数的计算 根据 Ørskov 等^[8]提出的模型计算动态降解模型参数和有效降解率(effective degradability, ED):

$$P=a+b(1-e^{-a})$$
$$ED(\%)=a+bc/(k+c)$$

式中: *t* 为饲料在瘤胃内的停留时间(h); *P* 为某营养成分在 *t* 时刻的瘤胃降解率(%); *a* 为该营养成分的快速降解部分(%); *b* 为慢速降解部分(%); *c* 为慢速降解部分的降解速率(% · h⁻¹); *ED* 为饲料中某营养成分的有效降解率(%); *k* 为饲料中某营养成分的瘤胃外流速率(% · h⁻¹), 参考颜品勋等^[9] *k* 值取 0.0314% · h⁻¹。

1.5 数据统计与分析

数据使用 Excel 2016 整理, 使用 SAS 9.4 中的 NLIN 程序计算 *a*、*b*、*c* 值, 使用 SPSS 25.0 进行 ANOVA 单因素方差分析, 并用 Duncan 氏法进行多重比较检验, 结果以平均值±标准差进行表示, 以 *P* < 0.05 作为差异显著判断标准。

2 结果与分析

2.1 常规营养成分含量

4 种粗饲料的营养成分(表 2), 玉米芯的 DM 含量显著高于其他 3 组(*P* < 0.05); 苜蓿干草 CP 含量显著高于毛豆荚壳(*P* < 0.05), 玉米青贮的 CP 含量显著高于玉米芯(*P* < 0.05); 玉米芯的 CF、NDF、ADF 和 ADL 含量显著高于其他 3 组(*P* < 0.05); 毛豆荚壳、玉米青贮和苜蓿干草的 ADL 含量无显著差异(*P* > 0.05)。

2.2 4 种粗饲料的 DM 瘤胃降解率和降解参数

玉米芯各个时间点的 DM 瘤胃降解率均为最低(*P* < 0.05), 毛豆荚壳和苜蓿干草在 8 和 12 h 的 DM 瘤胃降解率无显著差异(*P* > 0.05), 苜蓿干草在 24、36 和 48 h 的 DM 瘤胃降解率显著高于毛豆荚壳(*P* < 0.05), 毛豆荚壳、玉米青贮和苜蓿干草在 72 h 的 DM 瘤胃降解率无显著差异(*P* > 0.05)(表 3)。毛豆荚壳、玉米青贮和苜蓿干

草的 DM 快速降解部分和慢速降解部分无显著差异($P>0.05$)。苜蓿干草的 DM 有效降解率显著高于其他 3 种粗饲料($P<0.05$),由高到低依次为苜蓿干草、毛豆荚壳、玉米青贮和玉米芯(表 4)。

表 2 4 种粗饲料的营养成分

Table 2 Nutrient composition of four feedstuffs (dry matter basis, %)

项目 Items	玉米芯 Corncob	毛豆荚壳 Soybean pod shell	玉米青贮 Corn silage	苜蓿干草 Alfalfa hay
干物质 Dry matter	93.62±0.42a	35.10±0.30c	27.90±0.43d	92.50±0.30b
粗蛋白 Crude protein	2.97±0.10d	11.10±0.12b	8.41±0.15c	17.55±0.50a
粗纤维 Crude fiber	39.64±0.54a	34.62±0.74b	27.58±0.39d	30.73±0.49c
中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber	79.98±0.85a	51.71±0.58b	48.73±0.55c	45.79±0.68d
酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber	43.35±0.36a	36.96±0.61b	29.41±0.14d	31.75±0.34c
酸性洗涤木质素 Acid detergent lignin	11.43±0.27a	7.11±0.72b	6.75±0.19b	7.03±0.86b

注:同行中不同字母表示差异显著($P<0.05$),相同字母表示差异不显著($P>0.05$)。下同。

Note: In the same row with different letters mean significant difference ($P<0.05$), while with the same letters mean no significant difference ($P>0.05$). The same below.

表 3 4 种粗饲料的 DM 瘤胃降解率

Table 3 DM ruminal degradability of four feedstuffs (%)

时间 Time (h)	玉米芯 Corncob	毛豆荚壳 Soybean pod shell	玉米青贮 Corn silage	苜蓿干草 Alfalfa hay
4	13.45±0.87c	28.53±0.45b	29.02±0.57b	34.50±1.21a
8	15.49±1.54c	39.30±1.07a	33.34±0.46b	40.80±1.46a
12	20.70±1.25c	46.56±1.74a	41.46±1.27b	47.77±1.59a
24	30.94±0.83d	54.06±1.68b	50.92±0.54c	60.95±0.78a
36	45.46±1.49d	60.94±0.97b	57.71±2.07c	67.16±2.02a
48	54.81±1.63c	65.65±0.78b	64.18±0.75b	69.58±1.68a
72	60.31±1.19b	71.00±0.83a	69.85±0.49a	72.04±1.70a

表 4 4 种粗饲料的 DM 瘤胃降解参数

Table 4 DM ruminal degradation parameters of four feedstuffs

项目 Items	玉米芯 Corncob	毛豆荚壳 Soybean pod shell	玉米青贮 Corn silage	苜蓿干草 Alfalfa hay
快速降解部分 a (%)	5.37±1.37b	22.31±0.62a	22.61±1.05a	23.44±2.13a
慢速降解部分 b (%)	73.38±4.00a	48.87±1.27b	52.02±1.01b	49.68±2.21b
慢速降解部分的降解速率 c (%·h ⁻¹)	0.021±0.003c	0.048±0.004a	0.033±0.003b	0.058±0.010a
有效降解率 ED (%)	34.53±1.06d	51.77±0.51b	49.21±0.27c	55.49±0.64a

2.3 4 种粗饲料的 CP 瘤胃降解率和降解参数

玉米芯各个时间点的 CP 瘤胃降解率显著低于其他 3 种粗饲料($P<0.05$),毛豆荚壳在 8 和 12 h 的 CP 瘤胃降解率显著高于玉米青贮和苜蓿干草($P<0.05$)。毛豆荚壳和苜蓿干草在 48 h 的 CP 瘤胃降解率无显著差异($P>0.05$),玉米青贮在 72 h 的 CP 瘤胃降解率显著低于毛豆荚壳和苜蓿干草($P<0.05$)(表 5)。毛豆荚壳的 CP 快速降解部分显著高于其他 3 种粗饲料($P<0.05$)。4 种粗饲料的 CP 有效降解率存在显著差异($P<0.05$),由高到低依次为毛豆荚壳、苜蓿干草、玉米青贮和玉米芯(表 6)。

2.4 4 种粗饲料的 NDF 瘤胃降解率和降解参数

苜蓿干草在 12 和 24 h 的 NDF 瘤胃降解率最高($P<0.05$),玉米芯、毛豆荚壳和玉米青贮无显著差异($P>$

0.05)。玉米芯在 48 和 72 h 的 NDF 瘤胃降解率显著高于毛豆荚壳和苜蓿干草($P<0.05$),在 72 h,玉米芯和玉米青贮无显著差异($P>0.05$)(表 7)。4 种粗饲料的 NDF 快速降解部分较低,玉米芯的 NDF 慢速降解部分最高($P<0.05$)。在 NDF 有效降解率方面,玉米青贮和玉米芯不存在显著差异($P>0.05$),苜蓿干草显著高于毛豆荚壳($P<0.05$)(表 8)。

表 5 4 种粗饲料的 CP 瘤胃降解率
Table 5 CP ruminal degradability of four feedstuffs (%)

时间 Time (h)	玉米芯 Corncob	毛豆荚壳 Soybean pod shell	玉米青贮 Corn silage	苜蓿干草 Alfalfa hay
4	16.17±1.35d	51.62±0.98a	44.49±0.88b	41.70±0.83c
8	19.29±1.53c	59.48±0.34a	49.80±2.64b	51.40±2.07b
12	22.92±1.88c	64.88±3.87a	55.64±1.34b	59.64±1.65b
24	30.93±2.62c	71.05±1.04a	61.44±0.96b	73.75±1.74a
36	42.90±1.04d	76.88±0.47b	63.05±1.14c	82.22±2.59a
48	47.97±1.65c	81.68±1.94a	67.52±0.86b	83.56±0.92a
72	51.81±1.40d	88.23±0.84a	72.54±0.68c	85.04±0.76b

表 6 4 种粗饲料的 CP 瘤胃降解参数
Table 6 CP ruminal degradation parameters of four feedstuffs

项目 Items	玉米芯 Corncob	毛豆荚壳 Soybean pod shell	玉米青贮 Corn silage	苜蓿干草 Alfalfa hay
快速降解部分 a (%)	9.98±2.03d	48.46±0.50a	41.24±2.57b	27.60±2.98c
慢速降解部分 b (%)	51.34±3.42b	43.03±4.08c	32.09±1.32d	58.51±3.78a
慢速降解部分的降解速率 c (%·h ⁻¹)	0.026±0.004c	0.033±0.005bc	0.039±0.007b	0.067±0.004a
有效降解率 ED (%)	33.04±1.00d	70.31±0.19a	58.96±0.52c	67.37±0.23b

表 7 4 种粗饲料的 NDF 瘤胃降解率
Table 7 NDF ruminal degradability of four feedstuffs (%)

时间 Time (h)	玉米芯 Corncob	毛豆荚壳 Soybean pod shell	玉米青贮 Corn silage	苜蓿干草 Alfalfa hay
4	8.73±0.43c	7.54±1.11c	10.27±0.25b	11.60±0.64a
8	11.49±1.36c	13.87±0.78b	14.51±0.77b	17.97±0.68a
12	17.87±1.00b	20.14±2.52b	19.74±1.06b	23.75±1.09a
24	28.63±0.62b	28.60±1.93b	32.15±1.67b	39.97±2.54a
36	44.48±1.24a	36.12±1.72b	43.45±3.87a	47.69±1.61a
48	55.87±1.69a	45.23±1.73c	49.76±2.14b	51.16±1.73b
72	61.93±1.84a	53.55±1.00b	59.14±1.70a	54.50±1.91b

表 8 4 种粗饲料的 NDF 瘤胃降解参数
Table 8 NDF ruminal degradation parameters of four feedstuffs

项目 Items	玉米芯 Corncob	毛豆荚壳 Soybean pod shell	玉米青贮 Corn silage	苜蓿干草 Alfalfa hay
快速降解部分 a (%)	0.11±1.17b	3.62±1.00a	3.40±1.77a	0.62±0.88b
慢速降解部分 b (%)	83.08±5.41a	63.77±4.06bc	70.57±4.43b	56.18±2.18c
慢速降解部分的降解速率 c (%·h ⁻¹)	0.021±0.003b	0.021±0.003b	0.023±0.006b	0.048±0.004a
有效降解率 ED (%)	32.82±0.83b	29.34±0.49c	32.72±0.64b	34.63±1.22a

2.5 4 种粗饲料的 ADF 瘤胃降解率和降解参数

在 8、12 和 24 h,苜蓿干草的 ADF 瘤胃降解率显著高于其他 3 种粗饲料($P<0.05$),玉米芯在 48 和 72 h 的 ADF 瘤胃降解率最高($P<0.05$),毛豆荚壳和苜蓿干草无显著差异($P>0.05$)(表 9)。4 种粗饲料的 ADF 快速降解部分较低,并且无显著差异($P>0.05$),玉米芯 ADF 慢速降解部分最高($P<0.05$)。在 ADF 有效降解率方面,毛豆荚壳最低($P<0.05$),玉米芯、玉米青贮和苜蓿干草不存在显著差异($P>0.05$)(表 10)。

表 9 4 种粗饲料的 ADF 瘤胃降解率
Table 9 ADF ruminal degradability of four feedstuffs (%)

时间 Time (h)	玉米芯 Corncob	毛豆荚壳 Soybean pod shell	玉米青贮 Corn silage	苜蓿干草 Alfalfa hay
4	7.24±0.32bc	5.97±1.66c	8.71±0.46ab	9.18±0.10a
8	10.90±0.96c	11.57±0.72c	13.12±0.51b	16.21±0.52a
12	17.46±0.86b	18.84±1.84b	19.29±0.92b	22.69±0.48a
24	26.63±1.44c	27.21±1.26c	30.98±2.05b	33.97±0.19a
36	40.43±1.34a	34.94±1.15b	42.57±3.18a	43.29±0.69a
48	53.04±1.56a	42.49±1.84c	46.75±1.13b	44.66±1.52bc
72	58.95±1.43a	50.46±1.41c	54.68±1.57b	48.97±1.55c

表 10 4 种粗饲料的 ADF 瘤胃降解参数
Table 10 ADF ruminal degradation parameters of four feedstuffs

项目 Items	玉米芯 Corncob	毛豆荚壳 Soybean pod shell	玉米青贮 Corn silage	苜蓿干草 Alfalfa hay
快速降解部分 <i>a</i> (%)	0.08±0.41a	1.40±2.53a	1.23±1.52a	0.12±0.44a
慢速降解部分 <i>b</i> (%)	80.77±0.91a	59.03±2.45b	61.42±0.95b	50.29±1.69c
慢速降解部分的降解速率 <i>c</i> (%·h ⁻¹)	0.019±0.001c	0.025±0.003bc	0.029±0.004b	0.049±0.004a
有效降解率 <i>ED</i> (%)	30.83±1.00a	27.28±0.82b	30.64±0.72a	30.74±0.50a

3 讨论

3.1 4 种粗饲料的营养特性

本研究选用的 4 种粗饲料营养成分存在一定的差异,玉米芯的营养成分含量已经有所报道。本试验与马吉锋等^[10]对玉米芯进行营养成分分析得出的结果类似。本试验与志莉^[11]通过对四川西昌地区的玉米芯主要营养成分分析得出的结果相比,除 ADL 含量有较大差异,其余结果相近,这可能与玉米芯的产地不同有关。玉米青贮的纤维含量相较于玉米芯更低,但 CP 含量更高,这应当与玉米芯仅为玉米整株的一部分有关。张磊^[12]对安徽地区的毛豆荚壳的营养成分分析得出 CP、CF、NDF、ADF 和 ADL 含量分别为 11.76%、35.84%、52.66%、36.57%和 6.83%,本试验结果与其相似,说明江苏地区与安徽地区的毛豆荚壳营养成分相近。并且毛豆荚壳与苜蓿干草的常规营养成分存在一定的相似性,因此,毛豆荚壳作为废弃物也具有较高的营养价值。

3.2 4 种粗饲料主要营养成分在瘤胃中的降解特性

DM 降解率是反映干物质采食量(dry matter intake,DMI)的重要指标,DM 降解率越高,动物的采食量就越高。本试验中,苜蓿干草各个时间点的 DM 降解率与马健等^[13]的研究结果相一致,玉米青贮各个时间点的 DM 降解率与刘艳芳等^[14]的研究结果相一致。玉米芯各个时间点的 DM 降解率和有效降解率方面在 4 种粗饲料中最低,并且在 24 h 之前上升幅度较缓,相较于玉米青贮,不利于奶牛消化。毛豆荚壳各个时间点的 DM 降解率和有效降解率与优质粗饲料苜蓿干草的差异较小,说明毛豆荚壳与苜蓿干草均易于奶牛消化。从上述数据可以推测苜蓿干草的 DMI 与毛豆荚壳相近,玉米青贮次之,玉米芯的 DMI 最低。

影响 CP 降解率的因素很多,包括瘤胃微生物对饲料的侵染程度,相关物质对蛋白的保护作用,蛋白质的含

量,物理和化学组成等^[15]。本试验中,苜蓿干草与玉米青贮各个时间点的 CP 降解率和有效降解率与前人的研究结果^[13]大致相同,毛豆荚壳的 CP 有效降解率略高于苜蓿干草,说明毛豆荚壳的 CP 易于微生物降解。玉米芯的各个时间点的 CP 降解率以及有效降解率最低,说明玉米芯的蛋白不易被消化利用,这可能与玉米芯本身 CP 含量较低有关。Satter^[16]指出饲料的 CP 降解率受饲料本身性质的影响很大,快速降解部分、慢速降解部分和不易降解部分在不同饲料中比例不同。本试验中,4 种粗饲料的 CP 降解率与 CP 含量高低的顺序并不完全一致,毛豆荚壳的 CP 含量较低,但快速降解部分高于苜蓿干草,说明仅通过化学分析方法并不能准确判断饲料的营养价值,还需要结合动物试验。

NDF 和 ADF 降解率是判断饲料消化难易程度的重要指标,其中 NDF 包括了植物细胞壁的大部分成分,主要有纤维素、半纤维素、木质素,ADF 主要有纤维素和木质素,并且木质素是限制瘤胃微生物消化降解的重要因素^[17]。本试验中,常用粗饲料苜蓿干草和玉米青贮的 NDF 和 ADF 降解率与前人的研究结果^[13]大致相同,有关于玉米芯在奶牛瘤胃中降解规律的试验较少,在本试验中,玉米芯 NDF 和 ADF 降解率表现为 0~24 h 上升幅度较缓,24 h 后较快,与玉米青贮有效降解率大致相同,说明瘤胃微生物对于玉米芯细胞壁的破解速度较慢,这可能与玉米芯的 ADL 含量较高有关。毛豆荚壳 NDF 和 ADF 在瘤胃中的有效降解率相较于苜蓿干草较低,这可能与毛豆荚壳中 NDF 和 ADF 含量较高有关。

4 结论

玉米芯作为非常规粗饲料资源,相较于玉米青贮,具有更高的 NDF 和 ADF 含量,可以作为反刍动物粗饲料资源加以开发利用。毛豆荚壳与苜蓿干草的常规营养成分相似,通过瘤胃降解试验,说明其营养成分易于反刍动物消化,可以部分替代苜蓿干草进行利用。

参考文献 References:

- [1] Xing H Y, Song Z F, Hu M J, *et al.* The application of roughage in animal husbandry production. *Feed Review*, 2017, (10): 5-6, 14.
邢荷岩, 宋志芳, 胡孟娟, 等. 粗饲料在畜牧业生产中的应用. *饲料博览*, 2017, (10): 5-6, 14.
- [2] Ge W X, Liu X W, Zhang W J, *et al.* Nutritional value, processing and application of maize cob in livestock production. *Cereal and Feed Industry*, 2017, (11): 51-54.
葛文霞, 柳旭伟, 张文举, 等. 玉米芯的营养价值、加工利用及在畜牧业生产中的应用. *粮食与饲料工业*, 2017, (11): 51-54.
- [3] He C M, Li S J, Huang J H, *et al.* Tests of feeding dairy cows with corn-cob and corn-bran. *Guangdong Agricultural Science*, 2010, 37(6): 180-181, 184.
何春玫, 李仕坚, 黄俊华, 等. 玉米芯、玉米皮饲喂奶牛试验. *广东农业科学*, 2010, 37(6): 180-181, 184.
- [4] Tian G, Chen H, Yu B, *et al.* Effects of replacing alfalfa hay meal with mixture of corn cob and rapeseed on rabbits. *Journal of Northwest Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition)*, 2017, 45(3): 24-30.
田刚, 陈航, 余冰, 等. 玉米芯和菜籽粕混合物替代苜蓿草粉饲喂肉兔的效果. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2017, 45(3): 24-30.
- [5] Zhang L, Cai H Y, Wang Z G, *et al.* The study of mixed storage with vegetable soybean pod fed holstein cows. *China Dairy Cattle*, 2012, (13): 26-29.
张磊, 蔡海莹, 王志耕, 等. 菜用大豆荚壳混合青贮饲喂荷斯坦牛的试验研究. *中国奶牛*, 2012, (13): 26-29.
- [6] Zhang L Y. *Feed analysis and quality detection technology*. Beijing: China Agricultural University Press, 2003.
张丽英. *饲料分析及饲料质量检测技术*. 北京: 中国农业大学出版社, 2003.
- [7] 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. *Journal of Dairy Science*, 1991, 74(10): 3583-3597.
- [8] Ørskov E R, McDonald I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*, 1979, 92(2): 499-503.
- [9] Yan P X, Feng Y L, Wang Y B, *et al.* Studies on the ruminal passage rate of roughages in steers. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 1994, 6(2): 20-22.
颜品勋, 冯仰廉, 王燕兵, 等. 青粗饲料通过牛瘤胃外流速度的研究. *动物营养学报*, 1994, 6(2): 20-22.

- [10] Ma J F, Yu Y, Wang J D, *et al.* Research on effects of corncob treated with molasses and urea on growth performance and serum biochemical indexes of beef cattle. *Animal Husbandry and Feed Science*, 2018, 39(8): 27—30.
马吉锋, 于洋, 王建东, 等. 糖蜜尿素复合处理玉米芯对肉牛生产性能及血液生化指标影响的研究. *畜牧与饲料科学*, 2018, 39(8): 27—30.
- [11] Zhi L. Nutritional evaluation of mixed silage with corncob and citrus pulp and its effects on rumen degradation and growth performance of beef cattle. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2011.
志莉. 玉米芯柑橘渣混合青贮料的价值评定及其对肉牛瘤胃降解和生产性能的影响. 雅安: 四川农业大学, 2011.
- [12] Zhang L. Research of soybean pods used as feedstuff source for dairy cow. Hefei: Anhui Agricultural University, 2012.
张磊. 大豆豆荚作为奶牛饲料的研究. 合肥: 安徽农业大学, 2012.
- [13] Ma J, Liu Y F, Du Y, *et al.* Comparison of rumen degradation characteristics between *Pennisetum* sp. and commonly used roughages for dairy cows. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2016, 28(3): 816—825.
马健, 刘艳芳, 杜云, 等. 禾王草与奶牛常用粗饲料瘤胃降解特性的对比研究. *动物营养学报*, 2016, 28(3): 816—825.
- [14] Liu Y F, Ma J, Du W, *et al.* Degradation characteristics of common roughage and roughage forage in the rumen of dairy cows. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2018, 30(4): 1592—1602.
刘艳芳, 马健, 都文, 等. 常规与非常规粗饲料在奶牛瘤胃中的降解特性. *动物营养学报*, 2018, 30(4): 1592—1602.
- [15] Chen X L, Liu Z K, Sun J, *et al.* Ruminal degradability characteristics of different forages in sheep. *Acta Prataculturae Sinica*, 2014, 23(2): 268—276.
陈晓琳, 刘志科, 孙娟, 等. 不同牧草在肉羊瘤胃中的降解特性研究. *草业学报*, 2014, 23(2): 268—276.
- [16] Satter L D. Protein supply from undegraded dietary protein. *Journal of Dairy Science*, 1986, 69(10): 2734—2749.
- [17] Xu H, Li X. Effects of lignin on rumen degradability of rough fibers and advances in methods to improve rumen degradability of lignin. *China Dairy Cattle*, 2017, (4): 1—4.
许浩, 李翔. 木质素对粗纤维瘤胃降解率的影响及提高木质素瘤胃降解率方法的研究进展. *中国奶牛*, 2017, (4): 1—4.