

6种反刍动物常用粗饲料在肉牛瘤胃中的降解规律比较

魏晨^{1,2,3} 刘桂芬^{1,2,3} 游伟^{1,2,3} 靳青^{1,2,3} 张相伦^{1,2,3} 赵红波^{1,2,3} 万发春^{1,2,3*}

(1.山东省农业科学院畜牧兽医研究所, 济南 250100; 2.山东省畜禽疫病防治与繁育重点实验室, 济南 250100; 3.山东省肉牛生产性能测定中心, 济南 250100)

摘要: 本试验旨在研究6种反刍动物常用粗饲料(玉米秸秆、水稻秸秆、花生秧、大豆秸秆、甘蔗渣、甘蔗梢)在肉牛瘤胃中的降解规律,为其在肉牛生产中的有效利用提供理论依据。选取4头30月龄、体重[(415±20) kg]相近、安装有永久性瘤胃瘘管的利鲁牛阉牛(利木赞牛×鲁西黄牛)作为试验动物,采用尼龙袋技术评定其干物质(DM)、有机物(OM)、粗蛋白质(CP)、中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)的瘤胃降解特性。结果表明:1)花生秧的CP含量显著高于其他粗饲料($P<0.05$);花生秧的NDF含量显著低于其他粗饲料($P<0.05$)。甘蔗渣的CP含量显著低于其他粗饲料($P<0.05$);甘蔗渣的NDF含量显著高于其他粗饲料($P<0.05$)。2)DM有效降解率大小顺序依次为花生秧>大豆秸秆>甘蔗梢>玉米秸秆>水稻秸秆>甘蔗渣,除玉米秸秆和甘蔗梢之间差异不显著($P>0.05$)外,其余各粗饲料之间均差异显著($P<0.05$)。花生秧的OM有效降解率显著高于其他粗饲料($P<0.05$),甘蔗渣的OM有效降解率显著低于其他粗饲料($P<0.05$)。不同粗饲料的CP有效降解率均差异显著($P<0.05$),大小顺序依次为花生秧>玉米秸秆>大豆秸秆>甘蔗梢>水稻秸秆>甘蔗渣。大豆秸秆的NDF有效降解率显著高于其他粗饲料($P<0.05$),甘蔗渣的NDF有效降解率显著低于其他粗饲料($P<0.05$)。花生秧和玉米秸秆的ADF有效降解率显著高于其他粗饲料($P<0.05$),甘蔗渣的ADF有效降解率显著低于其他粗饲料($P<0.05$)。由此可见,6种反刍动物常用粗饲料营养成分含量和瘤胃降解规律各异,其中,花生秧的可利用价值最高,甘蔗梢也是一种优质的粗饲料资源,甘蔗渣可利用价值很低,不适合单独饲喂肉牛。

关键词: 肉牛; 粗饲料; 营养价值; 瘤胃; 降解规律

中图分类号: S823

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2019)04-1666-10

我国是农业大国,粮食作物、经济作物、工业原料作物等农作物产量巨大,国家统计局数据显示,我国2016年玉米、水稻、花生、大豆、甘蔗产量分别为21 955.15万、20 707.51万、1 728.98万、1 293.70万、11 382.46万t^[1]。农作物收获后会产生大量高纤维类的秸秆、藤蔓、糟渣、鲜植物茎叶等农副产品,一般不能被直接利用,其中的很大一

部分被遗弃或焚烧,不但造成资源浪费,还成为大气污染的来源之一^[2]。近年来,随着我国肉牛养殖业的快速发展,对不同来源的粗饲料原料的需求量越来越大,及时有效地开发利用各种低成本农作物副产物对肉牛产业的可持续发展具有重要意义,然而,我国对现有粗饲料资源的开发与利用进程仍较为迟缓^[3-4]。对于不同地区的肉牛养殖

收稿日期: 2018-09-29

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFD0501803); 现代农业(肉牛牦牛)产业技术体系建设专项资金项目(CARS-37); 山东省2016年度农业重大应用技术创新项目; 山东省农业科学院农业科技创新工程项目(CXGC2017B02, CXGC2018E10)

作者简介: 魏晨(1989—),男,山东济南人,助理研究员,博士,主要从事肉牛营养研究。E-mail: weichenchen1989@126.com

* 通信作者: 万发春,研究员, E-mail: wanfc@sina.com

场,能否高效利用当地的常用粗饲料资源,决定了其在我国不断开放的肉牛市场中是否具有竞争优势,也是实现较高生产效益的决定性因素之一。为更好衡量粗饲料的营养价值,并在肉牛养殖中充分、科学地利用,需要对粗饲料的营养成分及其瘤胃降解率进行分析。此前,人们对秸秆、藤蔓、糟渣、鲜植物茎叶等农副产物在奶牛和肉羊瘤胃中降解特性的研究较多^[5-7],但在肉牛上的系统研究和饲料间的比较相对较少。本试验将玉米秸秆、水稻秸秆、花生秧、大豆秸秆、甘蔗渣、甘蔗梢(甘蔗顶端2~3个嫩节和附着叶片)作为研究对象,进行常规营养成分分析和在肉牛瘤胃中的降解规律比较,为不同粗饲料在肉牛生产中有效利用和饲料科学配制提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验所用粗饲料原料为:玉米秸秆,采集于山东省济南市齐河县,品种为俊单2号;水稻秸秆,采集于广东省湛江市雷州市,品种为农夫2号;花生秧,采集于山东省泰安市泰山区,品种为鲁花15黑;大豆秸秆,采集于山东省德州市禹城,品种为荷豆12号;甘蔗渣,采集于广东省湛江市遂溪县,品种为台糖10号;甘蔗梢,采集于广西壮族自治区玉林市陆川县,品种为桂糖42号。玉米秸秆、水稻秸秆、花生秧、大豆秸秆、甘蔗梢均为农作物成熟收获后,自然晾晒风干样品;甘蔗渣为成熟收获后的甘蔗经制糖工艺处理后,自然晾晒风干样品。所有样品的采集过程均参照饲料采集国家标准 GB/T 14699.1—2005^[8]执行,通过随机多点取样采集每种原料的多份样品,充分混合后总量不低于8 kg,运回实验室后初步切碎至1 cm(甘蔗渣除外)左右,每种样品混匀后缩样至4 kg左右,放置在阴凉干燥处,待后续试验及分析。

1.2 试验动物与饲养管理

试验于山东省肉牛生产性能测定中心养殖场进行,选取4头30月龄、体重[(415±20) kg]相近、安装有永久性瘤胃瘘管的利鲁牛阉牛(利木赞牛×鲁西黄牛)作为试验动物,基础饲料由55%玉米青贮、15%羊草、30%精料混合料(精料混合料组成及营养水平见表1)组成,试验牛饲料营养水平按《肉牛营养需要和饲养标准》^[9]制定。试验动物单栏拴系饲养,每日定时饲喂2次(07:00和

17:00),自由饮水,自由舔食复合矿物质舔砖。

表1 精料混合料组成及营养水平(干物质基础)

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	701.0
麸皮 Wheat bran	88.3
棉籽粕 Cottonseed meal	169.0
食盐 NaCl	10.3
石粉 Limestone	10.5
小苏打 NaHCO ₃	10.6
预混料 Premix ¹⁾	10.3
合计 Total	1 000.0
营养水平 Nutrient levels ²⁾	
干物质 DM	912.0
粗蛋白质 CP	144.0
综合净能 NE _{mf} /(MJ/kg)	7.9

¹⁾ 每千克预混料含有 One kilogram of premix contained the following: VA 800 000 IU, VD 500 000 IU, VE 10 000 IU, Fe 3 170 mg, Mn 3 060 mg, Cu 3 040 mg, Zn 10 000 mg, Se 80 mg, I 120 mg, Co 50 mg。

²⁾ 综合净能为估测值,根据冯仰廉^[9]提供的数据计算得到,其余为实测值。NE_{mf} was an estimated value which was calculated the data of Feng^[9], while the others were measured values.

1.3 试验设计与方法

试验采用尼龙袋技术进行粗饲料的瘤胃降解规律比较,试验前将6种风干粗饲料样品按“四分法”均匀取舍得到分析样品200 g左右,然后进行粉碎,一部分过1 mm孔筛,待测常规营养成分;另一部分过2 mm孔筛,清洁干燥处保存,用于进行瘤胃降解试验。选择孔径为40 μm的尼龙布,制成8 cm×12 cm的尼龙袋,编号后用自来水浸泡冲洗,65℃烘干恒重,备用。称取2 g饲料样品[干物质(DM)基础],放入规定尼龙袋内,用尼龙绳封口。用橡皮筋将2个尼龙袋固定在一根塑料软管上,尼龙绳一端系塑料软管,另一端固定在瘤胃瘘管的外侧。早上饲喂2 h后,将尼龙袋通过瘘管投置肉牛瘤胃腹囊,每头牛瘤胃中放7根塑料软管,即每头牛一次性投放14个尼龙袋,按“同时投入,依次取出”的原则,于投入后3、6、12、24、36、48和72 h分别取出1根塑料软管。饲料样品的尼龙袋流失率通过用流水缓慢冲洗尼龙袋及饲料样品

5 min, 65 °C 烘至恒重, 测定损失的部分得到。各时间点取出的尼龙袋用流水缓慢冲洗, 直到流水澄清。将洗净的尼龙袋置于 65 °C 烘至恒重, 取出残余物后粉碎, 过 1 mm 孔筛, 用于后续化学分析。

1.4 化学分析

参照 AOAC(1990)^[10]的方法测定饲料样品中 DM、有机物(OM)、粗脂肪(EE)、粗蛋白质(CP)的含量和不同时间点残渣中 DM、OM 和 CP 的含量。采用高锰酸钾法^[11]测定饲料样品中钙(Ca)的含量, 采用分光光度法^[12]测定饲料样品中总磷(TP)的含量。参照 Van Soest 等^[13]的方法测定饲料样品和不同时间点残渣中中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)的含量。

1.5 数据处理与统计

根据 Ørskov 等^[14]提出的瘤胃动力学指数模型计算 DM、OM、CP、NDF 和 ADF 的瘤胃降解参数。指数模型如下:

$$dp = a + b(1 - e^{-ct})$$

式中: dp 为饲料样品在瘤胃滞留 t 时间后某一营养成分的降解率(%); a 为快速降解部分(%); b 为慢速降解部分(%); c 为慢速降解部分的降解速率(%/h)。

利用以下公式计算瘤胃有效降解率(ED):

$$ED(\%) = a + bc / (c + k)$$

式中: k 为瘤胃外流速率, 参照 Bhargava 等^[15]将其值设为 0.02 h^{-1} 。

根据 NRC^[16]中的方程计算瘤胃降解蛋白(RDP)和瘤胃非降解蛋白(RUP)比例:

$$RDP = A + B [kd / (kd + k)] \times 100;$$

$$RUP = B [k / (kd + k)] + C \times 100。$$

式中: A 为 CP 在瘤胃中的快速降解部分(%); B 为 CP 在瘤胃中的潜在降解部分(%); kd 为 CP 潜在降解部分的降解速率(%/h); $C = 100 - (A + B)$; k 为瘤胃外流速率, 参照 Bhargava 等^[15]将其值设为 0.02 h^{-1} 。

瘤胃降解参数快速降解部分(a)、慢速降解部分(b)、慢速降解部分降解速率(c)、CP 在瘤胃中的快速降解部分(A)、CP 在瘤胃中的潜在降解部分(B)和 CP 潜在降解部分的降解速率(kd)的值, 采用 SAS 9.1^[17]中的 Non-Linear 程序计算得到, 应

用 SAS 9.1 中 Mixed 模型的重复测量数据程序分析各时间点营养物质的降解率, 采用 Duncan 氏法对营养成分、瘤胃降解率和降解参数进行多重比较, 显著水平为 $P < 0.05$, 试验结果以平均值 \pm 标准误(SE)表示。

2 结果

2.1 常规营养成分含量

由表 2 可知, 6 种粗饲料的常规营养成分含量各异。甘蔗渣的 OM 含量最高, 显著高于其他粗饲料($P < 0.05$); EE 含量最低, 显著低于其他粗饲料($P < 0.05$)。花生秧的 OM 含量最低, 显著低于其他粗饲料($P < 0.05$)。水稻秸秆的 EE 含量最高, 显著高于其他粗饲料($P < 0.05$)。6 种粗饲料的 CP 含量高低顺序依次为花生秧 > 水稻秸秆 > 甘蔗梢 > 玉米秸秆 > 大豆秸秆 > 甘蔗渣。6 种粗饲料的 NDF 和 ADF 含量差异较大, 甘蔗渣的 NDF 含量最高, 显著高于其他粗饲料($P < 0.05$); 花生秧的 NDF 含量最低, 显著低于其他粗饲料($P < 0.05$)。大豆秸秆和甘蔗渣的 ADF 含量相近($P > 0.05$), 且显著高于其他粗饲料($P < 0.05$)。花生秧和水稻秸秆的 Ca、TP 含量分别最高, 显著高于其他粗饲料($P < 0.05$); 甘蔗渣的 Ca、TP 含量最低, 显著低于其他粗饲料($P < 0.05$)。

2.2 营养物质瘤胃降解率及降解参数

由表 3 可知, 对于瘤胃降解率, 花生秧的各个时间点 DM 瘤胃降解率显著高于其他粗饲料($P < 0.05$); 甘蔗渣的各个时间点 DM 瘤胃降解率则显著低于其他粗饲料($P < 0.05$)。对于降解参数, 甘蔗梢的 DM 快速降解部分比例最高, 显著高于其他粗饲料($P < 0.05$); 甘蔗渣的 DM 快速降解部分比例最低, 显著低于其他粗饲料($P < 0.05$)。甘蔗渣的 DM 慢速降解部分比例显著高于其他粗饲料($P < 0.05$)。玉米秸秆和大豆秸秆的 DM 慢速降解部分和可利用部分比例相近($P > 0.05$), 且显著低于其他粗饲料($P < 0.05$)。花生秧的 DM 慢速降解部分降解速率和 ED 最高, 显著高于其他粗饲料($P < 0.05$); 甘蔗渣的 DM 慢速降解部分降解速率和 ED 最低, 显著低于其他粗饲料($P < 0.05$)。

表 2 6 种反刍动物常用粗饲料的营养成分(干物质基础)

Table 2 Nutritional components of six kinds of common roughages for ruminants (DM basis, $n=2$)

%

项目 Items	玉米秸秆 Corn stover	水稻秸秆 Rice straw	花生秧 Peanut vine	大豆秸秆 Soybean straw	甘蔗渣 Sugarcane bagasse	甘蔗梢 Sugarcane shoots
干物质 DM	92.82±0.39 ^{bc}	92.17±0.26 ^c	90.00±0.11 ^d	92.99±0.33 ^b	94.85±0.41 ^a	94.24±0.30 ^a
有机物 OM	93.45±0.48 ^b	87.12±0.45 ^c	86.12±0.25 ^d	93.44±0.50 ^b	98.86±0.44 ^a	94.43±0.58 ^b
粗脂肪 EE	0.86±0.13 ^c	2.29±0.20 ^a	1.61±0.12 ^b	1.61±0.09 ^b	0.12±0.05 ^d	0.81±0.17 ^c
粗蛋白质 CP	6.17±0.32 ^c	6.75±0.29 ^b	10.20±0.48 ^a	5.83±0.24 ^c	1.70±0.21 ^d	6.60±0.36 ^b
中性洗涤纤维 NDF	70.74±1.62 ^c	69.59±2.51 ^c	44.99±1.77 ^d	69.86±1.54 ^c	88.63±1.96 ^a	76.53±2.12 ^b
酸性洗涤纤维 ADF	42.19±2.23 ^b	40.47±1.85 ^{bc}	39.16±2.03 ^c	58.16±1.97 ^a	59.81±2.70 ^a	39.80±2.52 ^c
钙 Ca	0.91±0.10 ^c	0.92±0.07 ^c	2.42±0.09 ^a	1.46±0.05 ^b	0.46±0.01 ^e	0.64±0.03 ^d
总磷 TP	0.10±0.01 ^c	0.30±0.02 ^a	0.11±0.01 ^c	0.18±0.01 ^b	0.06±0.00 ^d	0.14±0.01 ^{bc}

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$) , 相同或无字母表示差异不显著 ($P>0.05$) 。下表同。

In the same row , values with different letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$) , while with the same letter superscripts or without superscripts mean insignificant difference ($P>0.05$) . The same as below.

表 3 6 种反刍动物常用粗饲料 DM 的瘤胃降解率和降解参数

Table 3 Rumens degradability and degradation parameters of DM of six kinds of common roughages for ruminants ($n=4$)

项目 Items	玉米秸秆 Corn straw	水稻秸秆 Rice straw	花生秧 Peanut vine	大豆秸秆 Soybean straw	甘蔗渣 Sugarcane bagasse	甘蔗梢 Sugarcane shoots
瘤胃降解率 Rumens degradability /%						
3 h	18.66±0.20 ^c	14.53±0.07 ^d	30.11±0.30 ^a	24.68±0.87 ^b	7.95±0.13 ^e	21.67±1.39 ^{bc}
6 h	21.00±0.55 ^c	16.43±0.20 ^d	36.46±0.66 ^a	29.74±0.74 ^b	9.36±0.58 ^e	22.83±0.61 ^c
12 h	27.38±1.63 ^c	18.95±0.75 ^d	47.96±0.46 ^a	36.16±1.56 ^b	12.96±1.15 ^e	24.96±0.33 ^c
24 h	33.20±0.41 ^c	27.87±1.93 ^d	57.70±0.34 ^a	45.25±1.73 ^b	16.59±0.25 ^e	31.59±2.18 ^c
36 h	44.61±1.39 ^c	36.02±0.59 ^d	60.28±0.79 ^a	51.79±1.14 ^b	25.42±2.20 ^e	40.49±2.60 ^c
48 h	50.57±2.36 ^c	45.76±2.11 ^d	67.96±1.41 ^a	56.09±1.05 ^b	38.94±2.15 ^e	53.92±3.77 ^{bc}
72 h	58.13±1.00 ^c	53.30±1.40 ^d	72.69±0.78 ^a	63.67±0.50 ^b	41.98±1.67 ^e	58.13±2.00 ^c
瘤胃降解参数 Rumens degradation parameters						
a /%	7.44±0.45 ^b	5.98±0.09 ^{bc}	4.80±0.41 ^c	6.60±0.88 ^b	2.76±0.37 ^d	9.77±1.38 ^a
b /%	53.91±0.89 ^c	61.66±1.02 ^b	61.38±0.21 ^b	51.76±0.59 ^c	71.16±2.99 ^a	59.81±1.95 ^b
a+b /%	61.35±1.15 ^c	67.65±1.00 ^b	66.17±0.59 ^b	58.35±1.02 ^c	73.92±2.94 ^a	69.55±0.58 ^{ab}
c / (%/h)	0.034±0.002 ^c	0.020±0.001 ^d	0.114±0.008 ^a	0.079±0.011 ^b	0.012±0.001 ^e	0.023±0.003 ^{cd}
ED /%	41.38±0.95 ^c	36.95±1.00 ^d	56.96±0.76 ^a	47.58±0.86 ^b	29.22±1.12 ^e	42.14±1.58 ^c

a: 快速降解部分; b: 慢速降解部分; a+b: 可利用部分; c: 慢速降解部分的降解速率; ED: 有效降解率。下表同。

a: rapid degradation fraction; b: slow degradation fraction; a+b: available fraction; c: degradation rate of slow degradation fraction; ED: efficient degradability. The same as below.

由表 4 可知,对于瘤胃降解率,花生秧的各个时间点 OM 瘤胃降解率显著高于其他粗饲料 ($P<0.05$);甘蔗渣的各个时间点 OM 瘤胃降解率则显著低于其他粗饲料 ($P<0.05$)。对于降解参数,玉米秸秆和甘蔗梢的 OM 快速降解部分比例相近 ($P>0.05$),且显著高于其他粗饲料 ($P<0.05$);花

生秧的 OM 快速降解部分比例最低,显著低于其他粗饲料 ($P<0.05$)。花生秧、甘蔗渣和甘蔗梢的 OM 慢速降解部分和可利用部分比例相近 ($P>0.05$),显著高于玉米秸秆和大豆秸秆 ($P<0.05$)。花生秧的 OM 慢速降解部分降解速率和 ED 最高,显著高于其他粗饲料 ($P<0.05$);甘蔗渣的 OM 慢

速降解部分降解速率和 ED 最低,显著低于其他粗饲料($P<0.05$)。

表 4 6种反刍动物常用粗饲料 OM 的瘤胃降解率和降解参数

Table 4 Rumen degradability and degradation parameters of OM of six kinds of common roughages for ruminants ($n=4$)

项目 Items	玉米秸秆 Corn straw	水稻秸秆 Rice straw	花生秧 Peanut vine	大豆秸秆 Soybean straw	甘蔗渣 Sugarcane bagasse	甘蔗梢 Sugarcane shoots
瘤胃降解率 Rumen degradability /%						
3 h	21.94±0.14 ^b	15.77±0.22 ^c	32.89±1.18 ^a	23.47±0.80 ^b	7.61±0.17 ^d	19.27±1.45 ^{bc}
6 h	24.34±0.58 ^c	17.68±0.11 ^d	36.64±2.21 ^a	28.27±1.17 ^b	9.36±0.53 ^e	20.45±0.64 ^{cd}
12 h	30.22±1.74 ^c	20.94±1.22 ^d	50.14±1.18 ^a	35.29±1.36 ^b	13.81±1.52 ^e	21.56±0.40 ^d
24 h	35.99±0.45 ^c	29.76±2.15 ^d	60.45±0.49 ^a	45.61±1.55 ^b	16.41±0.98 ^e	29.51±2.32 ^d
36 h	47.26±1.28 ^c	37.53±0.52 ^d	64.80±2.82 ^a	52.14±1.29 ^b	25.70±2.10 ^e	38.89±2.67 ^d
48 h	52.72±2.41 ^b	47.78±2.31 ^c	71.96±0.73 ^a	56.38±1.11 ^b	39.11±2.12 ^d	52.81±3.88 ^b
72 h	59.98±1.13 ^c	55.46±1.50 ^d	75.00±0.53 ^a	63.96±0.49 ^b	42.04±1.69 ^e	57.16±2.03 ^{cd}
瘤胃降解参数 Rumen degradation parameters						
a /%	8.64±0.33 ^a	6.61±0.03 ^b	5.14±0.40 ^c	6.50±0.38 ^b	2.69±0.27 ^d	8.30±1.43 ^a
b /%	51.74±1.08 ^c	61.25±0.85 ^b	64.54±0.67 ^{ab}	53.03±0.71 ^c	68.15±3.20 ^a	65.79±0.28 ^{ab}
a+b /%	60.38±1.12 ^c	67.86±0.86 ^b	69.67±0.74 ^{ab}	59.54±0.77 ^c	70.84±3.04 ^{ab}	74.10±1.15 ^a
c / (% / h)	0.041±0.002 ^c	0.022±0.001 ^d	0.114±0.009 ^a	0.070±0.008 ^b	0.013±0.001 ^e	0.020±0.003 ^d
ED /%	43.42±1.04 ^c	38.55±1.06 ^d	59.95±0.94 ^a	47.60±0.90 ^b	29.19±1.20 ^e	40.95±1.52 ^{cd}

由表 5 可知,对于瘤胃降解率,花生秧的各个时间点 CP 瘤胃降解率显著高于其他粗饲料($P<0.05$);甘蔗渣的各个时间点 CP 瘤胃降解率则显著低于其他粗饲料($P<0.05$)。对于降解参数,玉米秸秆和花生秧的 CP 快速降解部分比例相近($P>0.05$),显著高于其他粗饲料($P<0.05$);甘蔗渣的 CP 快速降解部分比例最低,显著低于其他粗饲料($P<0.05$)。甘蔗梢的 CP 慢速降解部分和可利用部分比例最高,显著高于其他粗饲料($P<0.05$);水稻秸秆和甘蔗渣的 CP 慢速降解部分和可利用部分比例相近($P>0.05$),显著低于其他粗饲料($P<0.05$)。花生秧和大豆秸秆的 CP 慢速降解部分降解速率相近($P>0.05$),显著高于其他粗饲料($P<0.05$)。花生秧的 CP 的 ED 和 RDP 比例最高,显著高于其他粗饲料($P<0.05$);甘蔗渣的 CP 的 ED 和 RDP 比例最低,显著低于其他粗饲料($P<0.05$)。甘蔗渣的 CP 的 RUP 比例最高,显著高于其他粗饲料($P<0.05$);花生秧的 CP 的 RUP 比例最低,显著低于其他粗饲料($P<0.05$)。

由表 6 可知,对于瘤胃降解率,大豆秸秆的各个时间点 NDF 瘤胃降解率均显著高于其他粗饲料

($P<0.05$)。对于降解参数,大豆秸秆的 NDF 快速降解部分比例、慢速降解部分降解速率和 ED 最高,显著高于其他粗饲料($P<0.05$);甘蔗渣的 NDF 快速降解部分比例、慢速降解部分降解速率和 ED 最低,显著低于其他粗饲料($P<0.05$)。大豆秸秆的 NDF 慢速降解部分和可利用部分比例最低,显著低于其他粗饲料($P>0.05$)。

由表 7 可知,对于瘤胃降解率,大豆秸秆的 3、6、12、24 h 的 ADF 瘤胃降解率均显著高于其他粗饲料($P<0.05$)。对于降解参数,大豆秸秆的 ADF 快速降解部分比例最高,显著高于其他粗饲料($P<0.05$);甘蔗渣的 ADF 快速降解部分比例最低,显著低于其他粗饲料($P<0.05$)。玉米秸秆、花生秧和甘蔗渣的 ADF 慢速降解部分和可利用部分比例相近($P>0.05$),显著高于大豆秸秆($P<0.05$);大豆秸秆的 ADF 慢速降解部分和可利用部分比例最低,显著低于其他粗饲料($P<0.05$)。大豆秸秆的 ADF 慢速降解部分降解速率最高,显著高于其他粗饲料($P<0.05$)。花生秧和大豆秸秆的 ADF 的 ED 相近($P>0.05$),显著高于其他粗饲料($P<0.05$),甘蔗渣的 ADF 的 ED 最低,显著低于其他粗饲料($P<0.05$)。

表 5 6 种反刍动物常用粗饲料 CP 的瘤胃降解率和降解参数

Table 5 Rumen degradability and degradation parameters of CP of six kinds of common roughages for ruminants ($n=4$)

项目 Items	玉米秸秆 Corn straw	水稻秸秆 Rice straw	花生秧 Peanut vine	大豆秸秆 Soybean straw	甘蔗渣 Sugarcane bagasse	甘蔗梢 Sugarcane shoots
瘤胃降解率 Rumen degradability /%						
3 h	50.56±1.05 ^b	30.03±0.58 ^d	54.40±0.84 ^a	34.20±0.56 ^c	23.08±0.57 ^e	29.07±0.52 ^d
6 h	53.89±0.05 ^b	33.33±0.39 ^d	58.85±2.55 ^a	40.25±1.33 ^c	25.54±0.25 ^e	31.73±0.50 ^d
12 h	56.23±0.99 ^b	37.47±1.42 ^d	67.16±0.48 ^a	49.65±1.18 ^c	28.34±0.22 ^e	36.84±0.16 ^d
24 h	61.58±0.21 ^b	40.24±0.35 ^d	78.25±1.22 ^a	61.23±1.04 ^b	31.72±0.76 ^c	44.22±1.02 ^c
36 h	71.24±0.47 ^b	47.06±0.43 ^e	81.38±1.25 ^a	64.34±0.36 ^c	38.98±0.85 ^f	53.89±1.30 ^d
48 h	74.52±2.00 ^b	49.78±0.21 ^d	86.78±0.92 ^a	69.08±0.97 ^c	43.83±0.69 ^e	66.90±0.85 ^c
72 h	78.64±0.70 ^b	52.85±0.11 ^e	90.16±0.99 ^a	73.88±1.06 ^c	45.38±0.80 ^f	70.59±0.56 ^d
瘤胃降解参数 Rumen degradation parameters						
a /%	48.16±0.85 ^a	28.61±0.71 ^b	49.13±0.09 ^a	28.47±1.29 ^b	21.12±0.19 ^d	25.23±0.10 ^c
b /%	40.59±2.50 ^b	28.77±1.49 ^c	42.35±0.49 ^b	45.51±2.24 ^b	32.20±0.86 ^c	70.48±1.96 ^a
a+b /%	88.75±3.35 ^b	57.38±0.78 ^d	91.48±0.40 ^{ab}	73.98±0.96 ^c	53.32±1.05 ^d	95.71±1.97 ^a
c / (% / h)	0.021±0.003 ^{bc}	0.027±0.001 ^b	0.046±0.003 ^a	0.050±0.001 ^a	0.022±0.001 ^{bc}	0.015±0.001 ^c
ED /%	68.65±0.87 ^b	44.93±0.24 ^c	78.40±0.89 ^a	60.88±0.90 ^c	37.69±0.63 ^f	55.79±0.17 ^d
瘤胃可降解蛋白 RDP /%	68.77±0.87 ^b	45.05±0.25 ^c	78.52±0.89 ^a	60.87±0.90 ^c	37.82±0.64 ^f	55.92±0.18 ^d
瘤胃非降解蛋白 RUP /%	31.23±0.87 ^c	54.95±0.25 ^b	21.68±0.89 ^f	39.13±0.90 ^d	62.18±0.64 ^a	44.08±0.18 ^c

表 6 6 种反刍动物常用粗饲料 NDF 的瘤胃降解率和降解参数

Table 6 Rumen degradability and degradation parameters of NDF of six kinds of common roughages for ruminants ($n=4$)

项目 Items	玉米秸秆 Corn straw	水稻秸秆 Rice straw	花生秧 Peanut vine	大豆秸秆 Soybean straw	甘蔗渣 Sugarcane bagasse	甘蔗梢 Sugarcane shoots
瘤胃降解率 Rumen degradability /%						
3 h	6.08±0.01 ^b	4.32±0.42 ^c	7.01±0.19 ^b	17.45±0.44 ^a	2.18±0.01 ^d	6.82±0.29 ^b
6 h	8.01±0.16 ^c	7.94±0.48 ^c	11.99±0.93 ^b	23.37±0.78 ^a	3.90±0.08 ^d	8.08±0.24 ^c
12 h	19.33±0.31 ^b	14.34±0.33 ^c	16.02±0.65 ^c	26.24±0.63 ^a	7.82±0.19 ^d	10.24±0.26 ^d
24 h	23.87±1.46 ^b	19.92±0.29 ^c	25.49±0.74 ^b	34.28±0.77 ^a	10.95±0.05 ^d	20.42±0.62 ^c
36 h	36.96±1.17 ^b	27.68±0.28 ^d	37.70±0.42 ^b	43.74±0.54 ^a	25.97±0.74 ^d	31.61±1.30 ^c
48 h	48.61±1.71 ^{cd}	34.47±0.62 ^e	46.75±0.72 ^d	51.39±0.70 ^a	34.77±3.87 ^e	49.43±1.43 ^{bc}
72 h	54.91±2.05 ^{ab}	44.36±0.62 ^c	51.36±1.09 ^b	55.42±0.64 ^a	38.44±1.51 ^d	52.17±1.78 ^b
瘤胃降解参数 Rumen degradation parameters						
a /%	0.87±0.13 ^c	1.49±0.25 ^b	1.54±0.35 ^b	6.81±0.25 ^a	-1.36±0.40 ^d	1.50±0.01 ^b
b /%	73.81±2.51 ^a	63.81±1.55 ^c	62.75±2.12 ^c	50.09±0.52 ^d	70.87±1.25 ^{ab}	66.70±1.48 ^{bc}
a+b /%	74.75±2.38 ^a	65.31±1.75 ^b	64.28±2.08 ^b	56.90±0.72 ^c	69.58±1.64 ^{ab}	68.25±1.48 ^b
c / (% / h)	0.019±0.001 ^c	0.015±0.001 ^d	0.023±0.001 ^b	0.041±0.002 ^a	0.012±0.001 ^e	0.019±0.001 ^c
ED /%	36.87±1.31 ^b	29.07±0.49 ^d	35.37±0.66 ^{bc}	40.56±0.53 ^a	24.00±0.46 ^e	33.62±0.87 ^c

3 讨论

3.1 常规营养成分含量

常规营养成分是评价饲料营养价值的基础。

本试验研究的粗饲料属于秸秆、藤蔓、糟渣、鲜植物茎叶等农副产品,不同种类粗饲料营养成分含量不同,其中 CP、NDF 和 ADF 含量差异较大,营养价值各异。饲料原料中 CP 和粗纤维含量很大程

度上决定了其营养价值。本试验中,花生秧 CP 含量最高,NDF 和 ADF 含量最低,营养价值最高,是肉牛理想的粗饲料来源。甘蔗渣是制糖工业的副产品,CP 含量低,粗纤维含量高,可利用价值较低。与甘蔗渣相比,甘蔗梢取自甘蔗顶部较嫩的茎和叶,CP 含量和 NDF 中易被降解的半纤维素含量更高,可以被进一步开发利用。本试验中玉米秸秆的 CP、NDF 和 ADF 含量与陈艳等^[18]报道的结果相符。水稻秸秆的 CP 含量高于于胜晨等^[5]和刘凯玉等^[19]报道的结果,NDF 和 ADF 含量则

低于他们报道的结果,这可能源于农作物品种、种植环境或收获时间的不同。花生秧的 CP、NDF 和 ADF 含量与刘艳芳等^[6]的结果相似,CP 含量与刘庆华等^[20]的结果基本一致,NDF 和 ADF 含量则小于后者的结果。甘蔗渣和甘蔗梢同属于甘蔗的副产物,甘蔗渣的 CP、NDF 和 ADF 含量与谢勇等^[21]、郭望山等^[22]报道的结果相符。甘蔗梢的 CP、NDF 和 ADF 含量则与王世琴等^[7]报道的结果相近。

表 7 6 种反刍动物常用粗饲料 ADF 的瘤胃降解率和降解参数

Table 7 Rumen degradability and degradation parameters of ADF of six kinds of common roughages for ruminants ($n=4$)

项目 Items	玉米秸秆 Corn straw	水稻秸秆 Rice straw	花生秧 Peanut vine	大豆秸秆 Soybean straw	甘蔗渣 Sugarcane bagasse	甘蔗梢 Sugarcane shoots
瘤胃降解率 Rumen degradability /%						
3 h	3.72±0.57 ^b	3.47±0.29 ^b	4.88±0.15 ^b	11.34±1.18 ^a	0.40±0.12 ^c	4.25±0.40 ^b
6 h	6.08±0.13 ^{bc}	5.63±0.38 ^c	8.79±0.70 ^b	16.67±0.80 ^a	1.22±0.29 ^d	7.31±0.15 ^{bc}
12 h	9.14±1.95 ^d	12.79±0.53 ^c	15.22±0.56 ^b	24.07±0.87 ^a	5.84±0.63 ^c	9.63±0.19 ^d
24 h	15.46±0.49 ^d	17.95±0.37 ^c	25.12±0.13 ^b	27.78±0.44 ^a	9.70±0.21 ^e	15.53±0.71 ^d
36 h	24.49±0.57 ^c	24.71±0.76 ^c	36.41±0.53 ^a	36.51±0.47 ^a	21.84±0.26 ^d	29.51±1.24 ^b
48 h	30.80±4.07 ^{cd}	29.97±0.78 ^d	44.93±0.53 ^a	42.37±0.46 ^{ab}	33.31±2.75 ^c	41.04±2.61 ^b
72 h	37.24±2.39 ^{cd}	38.64±0.44 ^c	49.16±0.41 ^a	45.02±0.37 ^b	36.77±1.08 ^d	44.41±2.38 ^b
瘤胃降解参数 Rumen degradation parameters						
a /%	0.40±0.10 ^b	0.71±0.12 ^b	0.42±0.20 ^b	3.21±0.44 ^a	-2.11±0.10 ^c	0.35±0.03 ^b
b /%	67.24±6.71 ^a	51.67±1.18 ^c	59.82±1.61 ^{ab}	42.98±1.16 ^d	62.38±1.28 ^{ab}	57.85±1.29 ^{bc}
a+b /%	67.64±6.63 ^a	52.38±1.26 ^b	60.24±1.41 ^{ab}	46.19±0.87 ^c	60.18±1.17 ^{ab}	58.21±1.32 ^b
c / (% / h)	0.013±0.001 ^{cd}	0.018±0.002 ^c	0.025±0.001 ^b	0.045±0.003 ^a	0.010±0.002 ^d	0.015±0.001 ^c
ED /%	26.61±1.79 ^b	25.18±0.38 ^b	33.86±0.35 ^a	32.84±0.58 ^a	18.15±0.01 ^c	25.19±0.62 ^b

3.2 营养物质瘤胃降解率及降解参数

饲料的 DM 瘤胃降解率代表着饲料整体的可消化程度,花生秧 DM 的 ED 最高,这与其结构性碳水化合物含量最低一致,但是花生秧的 DM 可利用部分比例并非最高,这与 DM 快速降解部分和慢速降解部分的比例和组成有关。甘蔗渣的 DM 可利用部分比例最高,但是其 DM 快速降解部分比例最低,慢速降解部分不易被降解,导致其 DM 可利用程度最小。陈艳等^[18]以宣汉阉公牛为试验动物,研究了玉米秸秆等 6 种粗饲料在肉牛瘤胃中的降解规律,其玉米秸秆 DM 的 ED 小于本试验的结果,这与外流速度的选择和其慢速降解部分降解速率更小有关。本试验中,水稻秸秆的营养成分与玉米秸秆相似,但 DM 瘤胃降解特性不同,可

能与二者 OM 含量和慢速降解部分降解速率不同有关。于胜晨等^[5]报道了水稻秸秆在肉羊瘤胃中的降解规律,72 h DM 瘤胃降解率略小于本试验的结果,这与其结构性碳水化合物含量高有关。此外,本试验 DM 的 ED 高于于胜晨等^[5]的结果,除营养成分有差异外,还取决于瘤胃外流速度的选择。刘艳芳等^[6]和于胜晨等^[5]分别研究了花生秧在奶牛和肉羊瘤胃中的降解情况,均发现花生秧易被降解,且降解主要发生在 36 h 以内,与本试验结果一致,表明花生秧是反刍动物理想的粗饲料来源。与甘蔗渣相比,甘蔗梢的 DM 瘤胃降解率更高,可利用程度更大,这与二者营养成分组成特点一致。王世琴等^[7]研究了甘蔗梢在肉羊瘤胃中的降解特性,其甘蔗梢的瘤胃 DM 可利用部分比例、

72 h DM 瘤胃降解率和 DM 的 ED 均与本试验结果相对一致。

粗饲料 OM 的瘤胃降解特性与其 DM 的大体相同,因而该部分一般不被测定或直接省略,但二者意义不同,OM 瘤胃降解率去除了饲料灰分的影响,反映了瘤胃对饲料有机成分的利用程度。对比水稻秸秆和甘蔗梢可知,虽然二者的 72 h DM 瘤胃降解率和 DM 的 ED 不同,但 72 h OM 降解率和 OM 的 ED 并没有统计学差异,说明饲料中无机物质会对其瘤胃降解过程产生影响。

粗饲料中的 CP 含量相对较少,但不同饲料 CP 快速降解部分、慢速降解部分和非降解部分比例不同,表现出不同的瘤胃降解特性。各粗饲料的 CP 在瘤胃中的降解程度与各自 CP 含量顺序并不完全一致,水稻秸秆的 CP 含量仅次于花生秧,但 CP 瘤胃降解率仅高于甘蔗渣,进一步表明饲料化学分析与动物试验等相结合才能更准确反映其营养价值。饲料 CP 可分为 RDP 和 RUP,RDP 代表可被瘤胃微生物分解为小分子肽类、氨基酸和氨氮的部分,RUP 则不会被分解利用,流入后部消化道^[23]。花生秧 RDP 比例最高,说明花生秧的 CP 易被瘤胃微生物分解,再合成菌体蛋白,甘蔗渣则相反,但并不是 RDP 比例越高越好,需要考虑饲料是否达到能氮平衡,才能判断饲料的氮利用效率是否最高。虽然不同试验中玉米秸秆的 CP 含量相近,但是与本试验结果相比,陈艳等^[18]报道的玉米秸秆 72 h CP 瘤胃降解率更小,这种 CP 含量相近而瘤胃降解率不同的差异也表现在花生秧^[6]和甘蔗梢^[7]上,这与饲料本身 CP 组成、物化特性和试验动物不同有关。不同试验同一饲料的 CP 瘤胃降解参数有所不同,但比较一致的是 CP 降解主要在 36 h 之内,是易被降解的部分。

粗饲料的 NDF 和 ADF 瘤胃降解率是衡量饲料品质的关键指标,其高低能反映饲料被消化的难易程度。粗纤维由纤维素、半纤维素和木质素组成,其中半纤维素是 NDF 与 ADF 的差值,相对易被微生物降解,木质素则不能被利用,因而纤维在瘤胃中的降解特性受其各部分组成影响^[24]。NDF 和 ADF 是饲料中最难被消化的部分,本试验结果也表明各粗饲料的 NDF 和 ADF 前期在瘤胃中的降解缓慢,主要发生在 24 h 以后。虽然花生秧的 NDF 含量最低,但是 72 h NDF 瘤胃降解率却低于大豆秸秆,这源于大豆秸秆 NDF 和 ADF 中快

速降解部分和慢速降解部分降解速率均最高;此外,大豆秸秆与玉米秸秆、水稻秸秆、甘蔗梢的 NDF 含量相近,且 ADF 含量更高,但 NDF 的 ED 却最高,这说明大豆秸秆木质化程度低,NDF 更易被瘤胃微生物附着和降解。甘蔗渣属于木质化程度很高的粗饲料^[21],从甘蔗渣的 NDF 和 ADF 快速降解部分为负值也可得知,其在瘤胃中的早期并没有发生降解,有所延迟。虽然甘蔗渣 NDF 和 ADF 含量与谢勇等^[21]报道的结果相近,但本试验的 NDF 和 ADF 瘤胃降解率更高,可能由甘蔗品种和纤维结构不同所致。同样,王世琴等^[7]报道的甘蔗梢 NDF 和 ADF 含量与本试验相近,但 NDF 和 ADF 瘤胃降解参数有所不同,NDF 的 ED 一致,但 ADF 的 ED 高于本试验结果,这取决于甘蔗梢本身和试验动物的差异。

4 结 论

6 种反刍动物常用粗饲料营养成分含量和瘤胃降解规律各异,综合考虑,花生秧营养成分组成好,瘤胃 ED 高,饲用价值最好;甘蔗梢是一种优质的粗饲料资源,有待于进一步开发利用;而甘蔗渣含有较高的 NDF 和 ADF,可利用价值很低,不适合单独饲喂肉牛,建议与营养价值高的精料和优质粗饲料配合使用。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家统计局.国家数据 [EB/OL]. [2018-09-29].<http://data.stats.gov.cn/>.
- [2] 张野,何铁光,何永群,等.农业废弃物资源化利用现状概述[J].农业研究与应用,2014(3):64-67,72.
- [3] 孙彦琴,魏金销,郭利亚,等.我国肉牛产业发展的现状及问题对策[J].中国草食动物科学,2018,38(4):64-67.
- [4] 张心如,黄柏森,郑卫东,等.非常规饲料资源的开发与利用[J].养殖与饲料,2014(4):21-29.
- [5] 于胜晨,曹水清,任有蛇,等.肉羊常用农作物秸秆类粗饲料营养价值及瘤胃降解特性[J].中国畜牧杂志,2017,53(9):69-74,85.
- [6] 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[J].动物营养学报,2018,30(4):1592-1602.
- [7] 王世琴,张乃锋,邓凯东,等.甘蔗梢对肉羊的饲用价值评定[J].动物营养学报,2018,30(3):1146-1154.

- [8] 国家质量监督检验检疫总局,中华人民共和国农业部.GB/T 14699.1—2005 饲料 采样[S].北京:中国标准出版社,2005.
- [9] 冯仰廉.肉牛营养需要和饲养标准[M].北京:中国农业大学出版社,2000.
- [10] AOAC.Official methods of analysis[S].15th ed.Arlington,VA: Association of Official Analytical Chemists, 1990.
- [11] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.GB/T 6436—2002 饲料中钙的测定[S].北京:中国标准出版社,2002.
- [12] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.GB/T 6437—2002 饲料中总磷的测定 分光光度法[S].北京:中国标准出版社,2002.
- [13] VAN SOEST P J,ROBERTSON J B,LEWIS B A.Methods for dietary fiber,neutral detergent fiber,and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition[J].Journal of Dairy Science,1991,74(10):3583-3597.
- [14] 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.
- [15] BHARGAVA P K,ØRSKOV E R.Manual for the use of nylon bag technique in the evaluation of feedstuffs[M].Aberdeen,Scotland,UK: Rowett Research Institute, 1987.
- [16] NRC.Nutrient requirements of beef cattle[S].8th ed.Washington,D.C.: The National Academy Press,2016.
- [17] SAS.Statistical analysis system,Version 9.1[M].Cary NC: SAS Institute Inc.,2003.
- [18] 陈艳,张晓明,王之盛,等.6种肉牛常用粗饲料瘤胃降解特性和瘤胃非降解蛋白质的小肠消化率[J].动物营养学报,2014,26(8):2145-2154.
- [19] 刘凯玉,张永根,辛杭书,等.不同处理水稻秸秆营养成分及其瘤胃降解特性研究[J].中国畜牧杂志,2014,50(7):57-61,101.
- [20] 刘庆华,聂芙蓉,毛秋月,等.花生秧养分及其在绵羊瘤胃内降解规律的研究[J].中国草食动物,2008,28(4):37-39.
- [21] 谢勇,邹霞青.不同处理甘蔗渣纤维类物质的瘤胃降解特性[J].福建农林大学学报(自然科学版),2002,31(2):238-243.
- [22] 郭望山,孟庆翔.氢氧化钙处理对甘蔗渣化学成分及瘤胃发酵参数的影响[J].中国农业大学学报,2006,11(3):65-69.
- [23] 赵广永.反刍动物饲料可利用粗蛋白与可利用氨基酸研究进展[J].中国畜牧杂志,2005,41(3):3-5,56.
- [24] AKIN D E.Biological structure of lignocellulose and its degradation in the rumen[J].Animal Feed Science and Technology,1988,21(2/3/4):295-310.

Comparison on Degradation Rule of Six Kinds of Common Roughages for Ruminants in Rumen of Beef Cattle

WEI Chen^{1,2,3} LIU Guifen^{1,2,3} YOU Wei^{1,2,3} JIN Qing^{1,2,3} ZHANG Xianglun^{1,2,3}
ZHAO Hongbo^{1,2,3} WAN Fachun^{1,2,3*}

(1. Institute of Animal Science and Veterinary Medicine, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China;

2. Shandong Provincial Key Laboratory of Animal Disease Control and Breeding, Jinan 250100, China;

3. Shandong Provincial Test Center for Beef Cattle Productivity, Jinan 250100, China)

Abstract: This experiment was conducted to compare the degradation rule of six kinds of common roughages (corn straw, rice straw, peanut vine, soybean straw, sugarcane bagasse and sugarcane shoots) for ruminants in rumen of beef cattle, to provide references for efficient utilization in beef cattle production. Four 30-month, permanent cannulated *Lilu* steers (Limousin cattle × *Luxi* yellow cattle) with similar body weight of (415 ± 20) kg were used in the trial. Nylon bag technique was used to evaluate rumen degradability characteristics of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fibre (NDF) and acid detergent fibre (ADF). The results showed as follows: 1) the CP content in peanut vine was significantly higher than that in other roughages ($P < 0.05$), and the NDF content in peanut vine was significantly lower than that in other roughages ($P < 0.05$). The CP content in sugarcane bagasse was significantly lower than that in other roughages ($P < 0.05$), and the NDF content in sugarcane bagasse was significantly higher than that in other roughages ($P < 0.05$). 2) The sequence of DM effective degradability from high to low was peanut vine > soybean straw > sugarcane shoots > corn straw > rice straw > sugarcane bagasse, and the DM effective degradability had significant difference among different roughages ($P < 0.05$) except between corn straw and sugarcane shoots ($P > 0.05$). The OM effective degradability of peanut vine was significantly higher than that of other roughages ($P < 0.05$), and the OM effective degradability of sugarcane bagasse was significantly lower than that of other roughages ($P < 0.05$). The CP effective degradability had significant difference among different roughages ($P < 0.05$), and the sequence from high to low was peanut vine > corn straw > soybean straw > sugarcane shoots > rice straw > sugarcane bagasse. The NDF effective degradability of soybean straw was significantly higher than that of other roughages ($P < 0.05$), and the NDF effective degradability of sugarcane bagasse was significantly lower than that of other roughages ($P < 0.05$). The ADF effective degradability of peanut vine and soybean straw was significantly higher than that of other roughages ($P < 0.05$), and the ADF effective degradability of sugarcane bagasse was significantly lower than that of other roughages ($P < 0.05$). To sum up, the six kinds of common roughages for ruminant are vary in nutritional component contents and rumen degradation rule, and the peanut vine has the highest usable value, the sugarcane shoots is also a kind of high quality roughage resources, sugarcane bagasse has very low usable value and is unsuitable to be used individually for beef cattle. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2019, 31(4): 1666-1675]

Key words: beef cattle; roughage; nutritive value; rumen; degradation rule

* Corresponding author, professor, E-mail: wanfc@sina.com

(责任编辑 武海龙)