

# 肉牛常见饲料干物质和蛋白质瘤胃降解特性和小肠消化率研究

宋 钰<sup>1</sup>, 夏志军<sup>1</sup>, 咎林森<sup>1,2\*</sup>

(1. 西北农林科技大学动物科技学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 国家肉牛改良中心, 陕西 杨凌 712100)

**摘 要:** [方法] 选用装有瘤胃瘘管和小肠瘘管的肉牛作为试验动物, 尼龙袋法测定肉牛常见饲料干物质(DM)和粗蛋白(CP)的瘤胃降解特性和小肠消化率。[结果] 结果表明, DM瘤胃有效降解率由高到低为玉米粉、麦麸、苜蓿干草、豆粕、菜籽粕、玉米青贮、醋糟、白酒糟; CP瘤胃有效降解率由高到低为苜蓿干草、麦麸、豆粕、醋糟、玉米粉、玉米青贮、菜籽粕、白酒糟; DM小肠消化率由高到低为豆粕、菜籽粕、玉米粉、白酒糟、醋糟、麦麸、苜蓿干草、玉米青贮; CP小肠消化率由高到低为豆粕、菜籽粕、玉米粉、苜蓿干草、麦麸、白酒糟、玉米青贮、醋糟。[结论] 试验表明, 不同饲料瘤胃降解特性不同, 为小肠提供过瘤胃可消化蛋白的能力不同, 且饲料的DM小肠消化率小于CP小肠消化率。

**关键词:** 秦川肉牛; 瘤胃降解特性; 小肠消化率

**中图分类号:** S832

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-9111(2020)04-0011-05

准确测定饲料的瘤胃有效降解率(ED)和小肠消化率(Idg)对于饲料的合理化利用具有重要的指导意义<sup>[1]</sup>。由于体内法测定饲料营养成分Idg的操作过于复杂, 且试验结果个体间差异较大, 饲料营养成分在小肠部分的消化情况多被忽略或使用体外三步法等间接方法对饲料营养物质Idg进行测定<sup>[2]</sup>。然而, 饲料非瘤胃降解蛋白(RUP)的Idg对饲料的营养价值评定同样具有重要意义。近年来, 移动尼龙袋法作为与体内法相关性较高且可重复性较高的试验方法被广泛应用<sup>[3]</sup>。试验采用瘤胃尼龙袋法和移动尼龙袋法分别测定8种常见肉牛饲料的瘤胃降解情况和小肠消化率, 以期为饲料的合理化利用提供数据支撑和理论依据。

## 1 材料与试验方法

### 1.1 动物

选用装有永久性瘤胃瘘管和十二指肠瘘管的秦川牛肉用新品系(简称秦川肉牛)公牛3只作为试验动物, 试验在西北农林科技大学国家肉牛改良中心良繁场进行。

### 1.2 样品

选择在陕西当地采集的麦麸、玉米粉、苜蓿干草、玉米青贮、白酒糟、醋糟、菜籽粕、豆粕等8种肉

牛常见饲料作为试验样品。

### 1.3 方法

1.3.1 瘤胃尼龙袋法 采样后通过“四分法”获取样品, 65℃条件下烘干24h, 称质量备用。称取5g样品放入大小为8cm×12cm的尼龙袋中(孔径为38μm), 细线将尼龙袋封口并从瘤胃瘘管开口处放入瘤胃中发酵。发酵时间设6, 12, 24, 36, 48h共5个时间段, 每个时间段处理同一试验牛放3个重复袋。每个时间段发酵结束后快速取出尼龙袋, 在自来水反复冲洗至水变清为止, 65℃烘干至恒重。然后, 将尼龙袋内的残余物粉碎, 过1mm孔筛, 装袋备用。采用常规营养成分分析法测定瘤胃降解前、后饲料中常规营养成分干物质(DM)、粗蛋白(CP)的含量。CP含量的测定采用凯氏定氮法。不同时间点饲料养分降解率( $p$ )计算公式为:

$$p = (\text{样品养分含量} - \text{某时间点残余物中养分含量}) / \text{样品养分含量} \times 100\% \quad (1)$$

饲料DM、CP的有效降解率(ED)根据文献[4]计算:

$$p = a + b(1 - e^{-at}) \quad (2)$$

式中: $p$ 为不同时间点饲料养分降解率(%); $a$ 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); $t$ 为降解时间(h)。

收稿日期:2020-03-12 修回日期:2020-03-20

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFD0501700);国家肉牛牦牛产业技术体系项目(CARS-37);陕西省农业科技创新转化项目(NYKJ-2018-YL09)

作者简介:宋钰(1995—),男,河南南阳人,硕士,主要从事肉牛高效养殖研究。E-mail:565260854@qq.com

\*通讯作者:咎林森(1963—),男,陕西扶风人,教授,博士生导师,主要从事肉牛奶牛遗传改良、繁殖育种、健康养殖以及动物生长发育调控方面研究。E-mail:zanlinsen@163.com

根据公式(2)求出  $a$ 、 $b$  值,代入公式(3)求出 ED。

$$ED = a + b \times c / (c + k) \quad (3)$$

式中:ED 为有效降解率(%); $k$  为饲料的瘤胃外流速度(%/h)。参照 Duinkerken 的观点,本试验  $k$  值按照  $k = 0.00139 + 0.1775c$  来计算。

1.3.2 移动尼龙袋法 准确称取 5 g 饲料样品,装入大小为 9 cm × 6 cm 的尼龙袋(孔径为 38 μm)中,每种样品装 6 个尼龙袋,分别装入 3 只试验牛(每头牛 2 个)瘤胃中培养 16 h<sup>[5]</sup>,之后取出尼龙袋用自来水冲洗至水澄清为止,65 °C 烘干 24 h,将样品粉碎混匀,装袋备用。

准确称取 0.5 g 左右的瘤胃未降解残渣装入大小为 2.5 cm × 1 cm 的小尼龙袋(孔径为 38 μm)中,用细线缝合并编号。每头牛每种饲料设 4 个重复。将制得的小尼龙袋放入于体积分数为 0.01% 的盐酸胃蛋白酶溶液中 39 °C 振荡培养 2 h,之后将小尼龙袋从十二指肠瘘管处每隔 30 min 投放 1 个,每头牛每天投放 4 个。次日,从试验牛粪便中回收小尼龙袋,在体内存留时间超过 24 h 的弃去不用。将回收的小尼龙袋在自来水下冲洗至水澄清,65 °C 烘干至恒重并称重装袋,备测 DM、CP。

依据饲料养分在瘤胃中培养 16 h 的降解率(dp)测定结果,计算瘤胃未降解粗蛋白质(UDP)和未降解干物质(UDM)的小肠消化率(Idg):

$$Idg = (\text{瘤胃降解 16 h 后残渣养分含量} - \text{小肠消化后残渣养分含量}) / \text{瘤胃降解 16 h 后残渣养分含量} \times 100$$

$$\text{瘤胃降解 16 h 后残渣养分含量} = (1 - dp) \times \text{饲料养分含量(DM 或 CP)}$$

$$dp = (\text{降解前养分含量} - \text{降解后养分含量}) / \text{降解前养分含量} \times 100\%$$

#### 1.4 试验日粮及饲养管理

试验牛日粮粗饲料主要为青贮玉米,精饲料组成及营养水平见表 1 和表 2。试验动物日粮按照中

国肉牛饲养标准(NY/T 815—2004)进行配制。试验动物拴系饲喂,每日 6:30 和 15:30 分别饲喂 1 次,保证充足洁净的饮水。

表 1 日粮组成 %

精料组成	含量
玉米	54
麸皮	10
豆粕	25.0
棉粕	3.0
菜粕	3.0
食盐	0.4
磷酸氢钙	0.6
预混料	4.0
合计	100.0

表 2 日粮营养水平(风干基础)

营养成分	含量
粗蛋白 CP/% DM	19.16
消化能 DE/(MJ · kg <sup>-1</sup> )	11.63
粗纤维 CF/% DM	3.69
粗脂肪 EE/% DM	2.82
钙/% DM	0.13
磷/% DM	0.46

注:每 1 kg 饲料(预混料)中含维生素 A 2 640 IU,维生素 D 340 IU,维生素 E 26 mg,铁 60 mg,铜 12 mg,锌 48 mg,锰 48 mg,钴 0.12 mg,碘 0.3 mg,硒 0.36 mg。

#### 1.5 统计分析

采用 SPSS 19.0 软件进行数据统计分析。试验结果用平均值 ± 标准差表示,差异显著性标准为  $P < 0.05$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 常规营养成分分析

饲料常规营养成分测定结果见表 3。由表 3 可知,不同样品之间干物质、粗蛋白、NDF、ADF 含量差异很大。本试验样品营养成分含量与冯仰廉等<sup>[3]</sup>、王慧娟等<sup>[6]</sup>报道的结果基本一致。

表 3 饲料常规营养成分(干物质水平)分析 %

饲料名称	干物质(DM)	粗蛋白(CP)	粗脂肪(EE)	粗纤维(CF)	NDF 中洗	ADF 酸洗
麦麸	91.36	19.25	3.45	9.78	40.60	16.35
玉米粉	93.75	8.25	3.74	2.23	12.97	3.53
苜蓿干草	91.57	16.57	1.86	28.91	48.54	36.25
玉米青贮	93.76	8.51	2.19	7.66	60.52	37.92
白酒糟	97.56	14.68	3.35	3.14	47.51	31.91
醋糟	91.73	12.29	6.39	3.58	42.73	27.77
菜籽粕	91.57	38.45	1.88	7.96	31.31	22.96
豆粕	94.75	48.14	1.04	6.53	12.49	8.41

## 2.2 DM 瘤胃降解参数特性

各种饲料 DM 瘤胃降解参数见表4。由表4可知,不同饲料干物质瘤胃降解参数差异较大。麦麸、玉米粉、苜蓿干草、豆粕属于优质饲料,其快速降解部分较高,饲料有效降解率也较高。玉米青贮快速降解部分较低,慢速降解部分较高,有效降解率较

低,为47.67%。

## 2.3 CP 瘤胃降解参数特性

各种饲料 CP 瘤胃降解参数见表5。由表5可知,麦麸、苜蓿干草、玉米青贮、醋糟、豆粕的 CP 有效降解率较高,其中苜蓿干草的快速降解部分最高,为38.88%。

表4 干物质瘤胃降解参数

饲料名称	a	b	c	ED
麦麸	35.82 ± 2.00	40.52 ± 1.05	0.093 ± 0.006	64.17 ± 0.32
玉米粉	31.24 ± 2.21	67.68 ± 2.16	0.040 ± 0.004	65.12 ± 0.72
苜蓿干草	36.68 ± 0.15	45.89 ± 1.73	0.035 ± 0.004	63.32 ± 1.78
玉米青贮	8.36 ± 0.30	91.65 ± 2.33	0.019 ± 0.000	47.67 ± 0.34
白酒糟	14.13 ± 1.79	39.25 ± 3.71	0.030 ± 0.006	30.98 ± 0.81
醋糟	35.14 ± 2.22	64.86 ± 2.51	0.009 ± 0.008	47.08 ± 0.77
菜籽粕	32.13 ± 0.56	67.87 ± 1.15	0.019 ± 0.005	54.02 ± 0.88
豆粕	27.08 ± 2.65	72.92 ± 1.78	0.037 ± 0.002	62.17 ± 0.66

表5 粗蛋白瘤胃降解参数

饲料名称	a	b	c	ED
麦麸	5.30 ± 1.27	78.00 ± 1.77	0.137 ± 0.016	65.71 ± 0.44
玉米粉	33.34 ± 1.25	66.66 ± 1.85	0.022 ± 0.004	57.03 ± 0.96
苜蓿干草	38.88 ± 0.63	43.66 ± 1.49	0.066 ± 0.005	70.44 ± 1.34
玉米青贮	23.72 ± 0.52	76.28 ± 0.48	0.019 ± 0.013	56.44 ± 0.75
白酒糟	23.45 ± 0.51	62.88 ± 1.79	0.017 ± 0.016	42.24 ± 0.31
醋糟	35.47 ± 1.71	49.47 ± 0.55	0.033 ± 0.006	57.86 ± 0.49
菜籽粕	19.58 ± 1.49	73.68 ± 1.51	0.028 ± 0.006	49.96 ± 0.56
豆粕	22.54 ± 1.21	77.46 ± 0.71	0.038 ± 0.002	60.33 ± 0.39

## 2.4 DM、CP 小肠消化率

各种饲料 DM、CP 小肠消化率见表6。DM 小肠消化率玉米粉最高,为35.89%,其余饲料均较低。

CP 小肠消化率由高到低依次为豆粕、菜籽粕、玉米粉、苜蓿干草、麦麸、白酒糟、醋糟、玉米青贮。同种饲料 DM 小肠消化率均小于 CP 小肠消化率。

表6 瘤胃未降解残渣干物质和粗蛋白小肠消化率

项目	麦麸	玉米粉	苜蓿干草	玉米青贮	白酒糟	醋糟	菜籽粕	豆粕
DM	7.61 ± 0.31	15.89 ± 1.55	7.21 ± 1.40	5.48 ± 1.12	11.09 ± 0.59	9.86 ± 1.52	16.14 ± 1.84	18.23 ± 1.67
CP	41.67 ± 1.94	60.24 ± 1.07	51.44 ± 2.64	30.84 ± 2.71	40.20 ± 2.06	30.56 ± 2.04	68.44 ± 3.49	75.34 ± 2.84

## 3 讨论

### 3.1 常规营养成分

试验选用的8种肉牛常见饲料 DM、CP、NDF、ADF 含量差异较大,营养成分含量与王慧娟等<sup>[6]</sup>、曹善勇<sup>[7]</sup>报道的结果基本相一致,但玉米青贮营养成分与赵连生等<sup>[8]</sup>的研究结果不一致,可能是因为

选用的玉米青贮产地、制作工艺、所选玉米品种等方面有差异。菜籽粕、豆粕、麦麸、苜蓿干草 CP 含量较高,营养价值较高。

### 3.2 DM 瘤胃降解特性

饲料 DM 瘤胃降解率是决定饲料营养价值的重要因素,且不同饲料的瘤胃降解情况不同。侯玉洁等<sup>[9]</sup>使用泌乳中期荷斯坦牛作为试验动物测定苜

苜蓿干草和玉米青贮的 DM 瘤胃降解情况,与本试验结果相比,苜蓿干草和玉米青贮 DM 瘤胃动态降解参数和有效降解率两者基本一致,但侯玉洁等测定苜蓿干草 DM 有效降解率为 58.55%,显著低于本试验结果,可能是由于苜蓿产地和加工工艺不同。在本试验中,玉米青贮快速降解部分显著低于麦麸、苜蓿干草、豆粕等饲料,慢速降解部分显著高于其他饲料,导致其 DM 有效降解率较低,为 47.67%,这和张永根等<sup>[10]</sup>的研究结果基本一致。白酒糟快速降解部分和慢速降解部分均低于其他饲料,其有效降解率也较低,为 30.98%,显著低于玉米青贮,表明其营养物质较难利用,不适合用作肉牛长期使用的粗饲料。麦麸、玉米粉、苜蓿干草、豆粕、菜籽粕 DM 瘤胃有效降解率显著高于其他饲料,分别为 64.17%,65.12%,63.32%,62.17%,54.02%,显示其较适合作为肉牛常用饲料,这和柏中林等<sup>[11]</sup>的研究结果相一致。

### 3.3 CP 瘤胃降解特性

麦麸快速降解部分显著低于其他饲料,但其 *c* 值较大,因而 CP 瘤胃有效降解率较高,相反,玉米青贮、白酒糟等快速降解部分显著高于麦麸,但其 *c* 值显著低于麦麸,因而其 CP 瘤胃有效降解率低于麦麸,说明饲料的 *c* 值对有效降解率的确定影响较大。张永根等曾就麦麸、苜蓿、豆粕、白酒糟、玉米青贮等牛常用饲料测定奶牛瘤胃降解规律<sup>[10]</sup>。本试验所得结果,除玉米青贮 CP 瘤胃有效降解率较张永根等较高外,其他饲料 CP 有效降解率与其研究结果一致。

### 3.4 DM 和 CP 小肠消化率

饲料干物质主要由 CP、CF 和 EE 等其他成分组成。本试验中所选饲料均呈现 DM 小肠消化率显著小于 CP 小肠消化率的规律性,可能是因为 CF 的消化过程主要发生在瘤胃,小肠分泌的消化酶主要是蛋白酶,不能消化 CF 成分,因此 DM 小肠消化率低于 CP 小肠消化率,这和王慧娟等<sup>[6]</sup>、么学博等<sup>[12]</sup>的研究结果一致。

本试验中,豆粕、菜籽粕、玉米粉 DM 小肠消化率显著高于其他饲料,玉米青贮、苜蓿干草、麦麸 DM 小肠消化率显著低于其他饲料,这和么学博等<sup>[12]</sup>的研究结果一致。豆粕 CP 小肠消化率显著高于苜蓿干草 CP 小肠消化率,说明豆粕提供小肠可消化蛋白的能力比苜蓿干草强,而苜蓿干草 CP 瘤胃有效降解率显著高于豆粕 CP 瘤胃有效降解率,说明苜蓿干草蛋白质降解过程主要发生在瘤胃中,

这和张永根等<sup>[10]</sup>的研究结果基本一致。本试验苜蓿干草 CP 小肠消化率为 51.44%,低于赵连生等<sup>[8]</sup>的研究结果,可能是由于试验所用苜蓿干草产地、品质及试验动物不同造成。

本试验中,豆粕、菜籽粕、玉米粉 CP 小肠消化率显著高于其他饲料,为 75.34%,68.44%,60.24%,说明豆粕、菜籽粕等饲料提供过瘤胃可消化真蛋白的能力较高,这和岳群等<sup>[13]</sup>测定的结果基本一致。相反,玉米青贮、白酒糟、麦麸 CP 小肠消化率显著低于其他饲料,分别为 30.84%,40.20%,41.67%,说明玉米青贮、白酒糟等饲料提供过瘤胃可消化真蛋白的能力较弱。醋糟的 CP 瘤胃有效降解率和小肠消化率均较低,说明醋糟提供反刍动物可消化蛋白的能力较低,这和周荣等的<sup>[14]</sup>研究结果一致。

## 4 结 论

试验结果表明,不同饲料间瘤胃降解特性差异较大。麦麸、玉米粉、苜蓿干草、豆粕瘤胃降解特性较好,玉米青贮、白酒糟、醋糟瘤胃降解特性较差。饲料 DM 小肠消化率均较低,且饲料 DM 小肠消化率均小于 CP 小肠消化率。不同饲料 CP 小肠消化率差异较大。豆粕、菜籽粕 CP 小肠消化率较高,醋糟、玉米青贮 CP 小肠消化率较低。

### 参考文献:

- [1] 张永根.粗饲料营养价值评定研究进展[J].饲料工业,2012,33(13):1-6.
- [2] 曹志军,史海涛,李德发,李胜利.中国反刍动物饲料营养价值评定研究进展[J].草业学报,2015,24(3):1-19.
- [3] 冯仰廉.反刍动物营养学[M].北京:科学出版社,2004:332-333.
- [4] QRSKOV 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.
- [5] HVELPLUND T, W EISBJERG M R. Forage evaluation in ruminant nutrition[M]. UK: CABI Publishing, 2000.
- [6] 王慧娟.羊常用粗饲料营养价值评定[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2017.
- [7] 曹善勇.肉牛常用饲料瘤胃降解特性及日粮类型对瘤胃发酵影响的研究[D].泰安:山东农业大学,2015.
- [8] 赵连生,牛俊丽,徐元君,等.6种饲料原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,2017,29(6):2038-2046.
- [9] 侯玉洁,徐俊,吴春华,等.5种不同牧草在奶牛瘤胃中降解特性的研究[J].中国奶牛,2013(16):4-8.
- [10] 张永根,李春雷,王艳菲,等.奶牛常用饲料干物质和蛋白质

- 瘤胃降解特性及小肠消化率研究[J]. 东北农业大学学报, 2013,44(9):1-6.
- [11] 柏中林,王之保,孙秀玉,等. 泌阳县肉牛常用饲料原料营养成分检测分析[J]. 中国牛业科学,2019,45(2):5-8.
- [12] 么学博,杨红建,谢春元,等. 反刍家畜常用饲料蛋白质和氨基酸瘤胃降解特性和小肠消化率评定研究[J]. 动物营养学报,2007,19(3):225-231.
- [13] 岳群,杨红建,谢春元,等. 应用移动尼龙袋法和三步法评定反刍家畜常用饲料蛋白质小肠消化率[J]. 中国农业大学学报,2007,12(6):62-66.
- [14] 周荣,王加启,潘发明,等. 饲料蛋白组分对反刍家畜常用饲料小肠吸收蛋白质含量影响[J]. 华北农学报,2010,25(2):165-169.

## Study on Rumen Degradation Characteristics and Intestinal Digestibility of Dry Matter and Protein in Beef Cattle Feed

SONG Yu<sup>1</sup>, XIA Zhi-jun<sup>1</sup>, ZAN Lin-sen<sup>1,2\*</sup>

(1. College of Animal Science and Technology, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100;

2. National Beef Cattle Improvement Center, Yangling, Shaanxi 712100)

**Abstract:** [Method] Beef cattle equipped with rumen fistula and small intestine fistula were selected as test animals. The nylon bag method was used to determine the rumen degradation characteristics and small intestine digestibility of common feed dry matter (DM) and crude protein (CP) of beef cattle. [Result] The results showed that the effective degradation rate of DM rumen from high to low were: Corn flour, wheat bran, alfalfa hay, soybean meal, rapeseed meal, corn silage, vinegar grains, liquor grain; CP effective rumen degradation rate from high to low were: Alfalfa hay, wheat bran, soybean meal, vinegar grains, corn flour, corn silage, rapeseed meal, white wine grains; DM small intestine digestibility from high to low: Soybean meal, rapeseed meal, corn flour, white wine grains, vinegar grains, wheat bran, alfalfa hay, corn silage; CP small intestine digestibility from high to low: Soybean meal, rapeseed meal, corn flour, alfalfa hay, wheat bran, liquor grain, corn silage, vinegar grain. [Conclusion] Tests showed that different feeds with the different rumen-degrading characteristics had the different ability to provide rumen-digestible protein for the small intestine, and the DM small intestine digestibility of the feed was less than the CP small intestine digestibility.

**Key words:** Qinchuan beef cattle; rumen degradation characteristics; intestinal digestibility