

羔羊精饲料在瘤胃中有机物降解率预测模型的建立

郭天龙, 金海*, 薛树媛, 李长青, 田丰, 王利, 张海鹰, 李占斌 (内蒙古农牧业科学院, 内蒙古呼和浩特 010010)

摘要 [目的]测定不同饲料在瘤胃中有机物降解率,并建立其预测模型。[方法]通过尼龙袋法测定不同饲料厂生产的羔羊早期育肥精饲料的瘤胃有机物降解率,分析瘤胃有机物降解率与其饲料化学成分的相关性,并提出通过饲料营养成分预测有机物动态降解率的预测模型。[结果]各饲料在瘤胃有机物动态降解率的高低顺序为C1羔羊料>E1羔羊料>F1羔羊料>I1羔羊料>A1羔羊料>D1羔羊料>H1羔羊料>G1羔羊料。瘤胃有机物动态降解率与羔羊料的常规营养成分的回归方程为 $ED = 145.387 - 0.606DM - 2.364CP - 4.041EE - 1.857NDF + 2.271ADF + 7.573ASH$ ($r = 0.926$)。预测ED与实测ED的相关系数为0.88。[结论]该研究可为快速评定精饲料的瘤胃有效动态降解率提供了预测模型。

关键词 瘤胃;尼龙袋法;有机物降解率;精饲料

中图分类号 S821.61 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)36-075-03

Establishment of the Prediction Model for the Degradation Rate of Organic Matter of Lamb Concentrate in Rumen

GUO Tian-long, JIN Hai*, XUE Shu-yuan et al (Inner Mongolia Academy of Agricultural & Animal Husbandry Sciences, Hohhot, Inner Mongolia 010031)

Abstract [Objective] To determine the degradation rate of organic matter in the rumen and establish its prediction model. [Method] The organic matter degradation rate of lamb concentrate in early fattening stage produced from different feed factories was determined by using nylon bag technique. The correlations between the degradation rate of organic matter in the rumen and the chemical components of feed were analyzed. And the prediction model for predicting the dynamic degradation rate of organic matter of lamb concentrate by the chemical components was put forward. [Result] The order of the dynamic degradation rate of organic matter of different kinds of feed was C1 lamb feed > E1 lamb feed > F1 lamb feed > I1 lamb feed > A1 lamb feed > D1 lamb feed > H1 lamb feed > G1 lamb feed. The regression equation between the dynamic degradation rate (ED) of organic matter in the rumen and routine nutritional components of lamb feed was $ED = 145.387 - 0.606DM - 2.364CP - 4.041EE - 1.857NDF + 2.271ADF + 7.573ASH$ ($r = 0.926$). The correlation coefficient between predicted ED and measured ED was 0.88. [Conclusion] The research can provide prediction model for rapid assessment of effective dynamic degradation rate of concentrate in rumen.

Key words Rumen; Nylon bag technique; Degradation rate of organic matter; Concentrate

摸清饲料在动物瘤胃内的消化降解规律对研究反刍动物营养代谢至关重要,主要是通过分析不同饲料营养成分在瘤胃内的降解率而获得。评定饲料有机物降解率的方法主要有体内法、半体内法和体外法。在评定饲料营养价值的各种方法中,以尼龙袋法为主的半体外法的最大优点是将反刍动物饲料营养价值的评定和营养需要的研究真正与瘤胃内微生物活动结合起来,充分体现了反刍动物的生物学特性。McDonald^[1]采用尼龙袋法估测蛋白质消化率的数学模型,提出与饲料瘤胃食糜流通速度相结合,拟定估测蛋白质动态降解率的方程。冯仰廉等^[2]对尼龙袋法评定饲料的可靠性进行了研究,并证实了其应用于研究的可行性。该方法是将待测饲料装入尼龙袋内,通过瘤胃瘘管将袋放入瘤胃腹囊内培养,按照不同的时间取出尼龙袋,测定饲料有机物在瘤胃内不同培育时间的消失率,再结合外流速度,计算饲料有机物的有效降解率。与整体动物消化率相比,它会给人们提供更多、更清晰的有关饲料营养物质在动物体内动态变化的信息,能够较真实地反映瘤胃内环境条件,并且与体内法有很高的相关性,且在测定时考虑了食糜在瘤胃中的外流速度这一影响饲料消化率的重要因素。采用尼龙袋法拟合数学模型可以较好地测定饲料营养成分在瘤胃内的动态降解率。

笔者采用尼龙袋法测定不同饲料厂生产的羔羊早期育肥精饲料的瘤胃有机物降解率,从而对不同饲料厂饲料进行评定,分析瘤胃有机物降解率与其饲料化学成分的相关性,并提出通过饲料营养成分预测有机物动态降解率的预测模型,以期为估测饲料的有机物降解率提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 试验以从呼和浩特市周边饲料厂采集的8种羔羊育肥饲料(A1、C1、D1、E1、F1、G1、H1、I1)为研究对象,在内蒙古农牧业科学院动物实验基地选择4只体重为(43.83±2.95)kg的安装永久性瘤胃瘘管的杜蒙杂交F₁代成年羯羊为试验动物。

1.2 试验日粮 基础日粮参照NRC(2007年)45kg成年羯羊的维持水平设计,基础日粮精粗比为4:6,具体日粮组成与营养水平见表1。

1.3 试验方法 试验期瘘管羊驱虫后单圈独饲,预饲期21d,然后将待测饲料放入尼龙袋中测定消化率。样品采集依据饲料营养分析采样标准进行,风干处理,2.5mm网筛粉碎,置于样品瓶内保存备测。尼龙袋的投袋方法为同时投袋,不同时间点取袋。每个待测样品需用2只瘘管羊。每个样品设置4个时间点,每个时间点设置2个重复,每个重复设置2个平行样,即每个样品需用16个尼龙袋。饲料的培养时间点为6、9、12和24h,参照AFRC(1992年)^[3]和冯仰廉等^[4]推荐的方法测定饲料中有机物降解率。通过测定数据拟合回归方程,建立与采食饲料营养成分的相关性,研究摄入饲料的营养成分与在瘤胃中的降解关系,从而评定不同饲料的降解率。

基金项目 国家科技支撑计划项目(2012BAD13B02);农业部国家肉羊产业技术体系项目(NCYTX-39)。

作者简介 郭天龙(1982-),男,内蒙古呼和浩特人,助理研究员,硕士,从事肉羊营养调控关键技术研究。*通讯作者,研究员,博士,从事反刍动物营养调控研究。

收稿日期 2015-12-04

1.3.1 饲料样品常规成分的测定。饲料的干物质、粗脂肪、粗蛋白、酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维和灰分按照国家标准 GB6435-86、GB6433-86、GB6432-86、GB6438-86 的方法进行测定。

1.3.2 有机物降解率的计算。分别在 6、9、12、24 h 称量残量有机物的重量,按照以下公式计算饲料中有机物降解率:饲料中有机物降解率 = $[1 - (\text{残留有机物}/\text{加入袋中有机物})] \times 100\%$ 。

表 1 瘦管羊基础日粮组成与营养水平

饲料成分	添加比例//%	营养成分	含量
玉米	29.1	干物质 DM//%	89.72
豆粕	10.9	代谢能 ME//MJ/kg	8.72
青干草	58.1	粗蛋白 CP//%	10.70
预混料	0.7	钙 Ca//%	0.04
碳酸钙	0.4	磷 P//%	0.03
食盐	0.7		

参照莫放和冯仰廉^[5]的瘤胃动态降解率参数评定的测定和计算方法,其消失率曲线 $dp = a + b(1 - e^{-at})$ 。式中, dp 为 t 时刻的被测饲料的瘤胃有机物消失率(%) ; a 为被测饲料的快速降解部分(%) ; b 为被测饲料的慢速降解部分

(%) ; c 为 b 部分的降解速率(%/h) ; t 为饲料在瘤胃内停留的时间(h)。利用各培养时间点的实时瘤胃中有机物消失率(P) 和时间(t),采用最小二乘法计算出 a 、 b 和 c 值。采用统计软件中的 SAS 软件中的瘤胃降解率程序计算。

1.3.3 动态降解率的计算。利用计算出的 a 、 b 、 c 值和 k 值,按照以下公式计算待测饲料的瘤胃动态降解率: $P = a + bc/(c + k)$ 。式中, P 为饲料的瘤胃有效动态降解率(%) ; a 为饲料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) ; k 为待测饲料的瘤胃外流速率(%/h)。这里的外流速率参考值 k 为 $0.06^{[6]}$ 。

2 结果与分析

2.1 饲料营养成分 从表 2 可以看出,采集于 2013 年的 A1 羔羊料、C1 羔羊料、D1 羔羊料、E1 羔羊料的干物质含量均在 90% 以上,有机物含量均在 85% 以上;采集于 2012 年 3 月的 F1 羔羊料、G1 羔羊料、H1 羔羊料、I1 羔羊料的 DM 含量为 85% ~ 90%,有机物含量在 80% 以下;A1 羔羊料、F1 羔羊料、G1、H1 羔羊料 CP 含量在 20% 以上,E1 羔羊料的 CP 含量最低,为 9.73% ;F1、G1 饲料的 EE、NDF、ADF、ASH 的含量偏高。

表 2 8 种精饲料的常规成分含量(以风干物质为基础)

饲料种类	干物质 DM	有机物 OM	粗蛋白 CP	粗脂肪 EE	中性洗涤纤维 NDF	酸性洗涤纤维 ADF	灰分 ASH
A1 羔羊料	92.99	85.28	20.17	4.16	22.47	7.32	7.71
C1 羔羊料	93.55	86.12	17.81	2.73	20.81	7.25	7.43
D1 羔羊料	91.05	86.03	17.26	3.11	20.47	6.19	5.02
E1 羔羊料	90.51	85.97	9.73	3.41	20.15	5.49	4.54
F1 羔羊料	88.40	79.46	23.05	4.48	24.63	12.31	8.94
G1 羔羊料	87.68	79.91	22.01	4.09	30.15	12.49	7.77
H1 羔羊料	88.10	78.60	20.55	4.05	32.91	7.24	9.50
I1 羔羊料	85.19	77.05	18.71	3.34	24.63	7.10	8.14

2.2 有机物瘤胃动态降解率的变化 从表 3 可以看出,6 hD1 羔羊料的有机物消失率最低(34.96%) ,最高的是 C1 羔羊料为(60.32%) ,差异极显著,其余 6 种羔羊料在 6 h 的消失率为 40% ~ 60% ,说明在 6 h 前 C1 羔羊料消化的最好,其次为 F1 羔羊料;6 ~ 9 h,A1 羔羊料的增长速度最快,D1 羔羊料、G1 羔羊料、C1 羔羊料的消失率增长速度基本一致,而 H1

羔羊料、E1 羔羊料、I1 羔羊料、F1 羔羊料的增长最慢;9 ~ 12 h,D1 羔羊料的增长速度最快,其余 7 种羔羊料较平缓;12 ~ 24 h,E1 羔羊料的增长速度最快,其余 7 种羔羊料一般。总体来看,C1 羔羊料、H1 羔羊料在 6 h 之内在瘤胃内消化率最高,6 h 以后持续降低;D1 羔羊料在 12 h 后消失率基本消失;E1 羔羊料在 24 h 时消失率最大。

表 3 8 种精饲料有机物在瘤胃中不同时间点的消失率

饲料种类	不同时间有机物在瘤胃中的消失率//%			
	6 h	9 h	12 h	24 h
A1 羔羊料	49.63 ± 7.44abc	61.49 ± 2.59ab	64.62 ± 3.94a	76.63 ± 4.28a
C1 羔羊料	60.32 ± 2.86a	67.93 ± 8.79a	73.18 ± 11.24a	77.64 ± 8.02a
D1 羔羊料	34.96 ± 7.71d	47.12 ± 1.52c	60.27 ± 4.95a	63.14 ± 5.02c
E1 羔羊料	48.45 ± 1.35bc	54.49 ± 3.56bc	65.39 ± 18.55a	84.94 ± 6.01a
F1 羔羊料	58.77 ± 3.78ab	60.21 ± 1.83ab	64.22 ± 4.42a	72.68 ± 3.65ab
G1 羔羊料	44.89 ± 3.15cd	55.29 ± 1.73bc	63.15 ± 4.55a	66.06 ± 5.35bc
H1 羔羊料	43.70 ± 7.75cd	47.51 ± 4.13c	53.45 ± 9.27a	57.42 ± 8.17c
I1 羔羊料	54.55 ± 12.53abc	56.65 ± 12.12bc	69.92 ± 5.63a	75.33 ± 5.69ab

注:同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

2.3 有机物瘤胃动态降解率实测值与预测值的相关性分析及瘤胃动态降解率预测模型的建立 从表 4 可以看出,实测

的 ED 值与预测的 ED 值除了 A1 羔羊料外,其余 7 种羔羊料的预测 ED 值都高于实测 ED 值。对 8 种精饲料的营养成分

与瘤胃动态降解率建立回归模型。预测动态降解率(ED)的方程为: $ED = 145.387 - 0.606DM - 2.364CP - 4.041EE - 1.857NDF + 2.271ADF + 7.573ASH$ ($r = 0.926, r^2 = 0.858, F = 1.005, P = 0.643, n = 0.858$), 该模型的回归系数为 0.858。通过测定精饲料的营养价值成分, 可以对饲料的动态降解率

进行预测、估算。通过生物统计学的卡方检验, 计算出实测 ED 与预测 ED 的相关系数为 0.88, 表明用多元回归建立的 8 种羔羊料的常规营养成分和有机物动态降解率的回归方程是可行的。

表 4 8 种精饲料的降解参数 a、b、c 值及实测和预测的 ED 值

饲料名称	a//%	b//%	c//%/h	k//%/h	实测动态降解率//%	预测动态降解率//%
A1 羔羊料	14.55	64.39	0.13	0.06	59.05	57.83
C1 羔羊料	18.60	59.64	0.20	0.06	64.45	69.65
D1 羔羊料	12.83	58.47	0.11	0.06	50.66	50.90
E1 羔羊料	23.62	73.55	0.07	0.06	62.17	63.19
F1 羔羊料	21.39	58.42	0.14	0.06	61.99	69.14
G1 羔羊料	-34.89	101.60	0.25	0.06	47.34	54.91
H1 羔羊料	21.51	37.21	0.15	0.06	47.93	54.32
I1 羔羊料	25.71	53.04	0.12	0.06	61.22	68.06

3 讨论与结论

该试验结果表明 8 种羔羊精饲料在瘤胃中的有机物消失率是不断增加的。6 h 时, C1 羔羊料的消失率最高, C1 羔羊料与 D1 羔羊料、E1 羔羊料、G1 羔羊料、H1 羔羊料差异显著 ($P < 0.05$)。分析这 5 种羔羊料的常规营养成分, 发现 C1 羔羊料的有机物含量最高, E1 羔羊料的粗蛋白含量明显偏低, G1 羔羊料、H1 羔羊料的中性洗涤纤维含量偏高, 这些都有可能是导致它们之间差异显著的原因; 9 h, C1 羔羊料的消失率依旧很高, 除了与 D1 羔羊料、E1 羔羊料、G1 羔羊料、H1 羔羊料差异显著外, C1 羔羊料还与 I1 羔羊料差异显著 ($P < 0.05$), 这可能与 I1 羔羊料的常规营养成分中有机物含量明显低于 C1 羔羊料有关; 12 h 时, 所有的羔羊料的有机物消失率之间差异不显著 ($P > 0.05$); 24 h 时, C1 羔羊料的有机物消失率只与 D1 羔羊料、G1 羔羊料、H1 羔羊料差异显著 ($P < 0.05$), 表明随着时间的推移瘤胃有机物的动态消失率趋于稳定。

饲料在瘤胃中的降解主要是微生物和微生物分泌酶作用的结果, 实质上就是瘤胃微生物生理活动对饲料营养底物产生一系列作用的过程。降解率主要由以下 3 种因素决定: ①营养底物的结构。它决定微生物对其接触的速度; ②微生物对特定底物的附着能力及其共生群落的形成; ③共生群落产生的酶复合物的催化能力。该研究结果表明随着饲料在瘤胃内停留时间的延长, 有机物降解率随之提高, 这与 Mehrez^[7] 的报道相一致。

莫放^[8] 通过多元回归分析得出了酱油渣、白糟等 8 种饲料的营养成分与瘤胃动态降解率的回归关系: 瘤胃有机物动态降解率 (FOM) = $191.45 + 0.80EE - 2.20CP - 4.39CF - 0.91NFE$ ($R = 0.91, n = 0.8$)。莫放等^[9] 在研究化学处理对秸秆秕壳的瘤胃有机物降解率中同样通过多元回归分析的方法得出不同处理粗料的瘤胃动态降解率 (P) 与中性洗涤纤维 (NDF)、酸性洗涤纤维 (ADF)、木质素 (ADL)、半

纤维素 (HC)、纤维素 (C) 的回归关系为 $P = 90.10 - 4.42NDF + 5.48ADF - 2.37ADL + 4.30HC - 1.55C$ ($r = 0.82, n = 36$)。该试验中 8 种羔羊料的常规营养成分与瘤胃有机物动态降解率的回归方程是 $ED = 145.387 - 0.606DM - 2.364CP - 4.041EE - 1.857NDF + 2.271ADF + 7.573ASH$ ($r = 0.926, r^2 = 0.858, F = 1.005, P = 0.643, n = 0.858$)。该试验中的预测动态降解率的方式在实践中是可以借鉴的, 为快速评定精饲料的瘤胃有效动态降解率提供了依据。

该试验 8 种市场销售羔羊饲料的有机物动态降解率由高到底的次序为 C1 羔羊料、E1 羔羊料、F1 羔羊料、I1 羔羊料、A1 羔羊料、D1 羔羊料、H1 羔羊料、G1 羔羊料。笔者拟合了羔羊饲料营养成分与瘤胃有机物动态降解率 (ED) 的回归方程, 其预测 ED 与实测 ED 相关系数为 0.88, 可以为快速评定精饲料的瘤胃有效动态降解率提供了预测模型。

参考文献

- [1] ORSKOV E R, MCDONALD T. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage[J]. J Agric Sci, 1979, 92: 499 - 503.
- [2] 冯仰廉, 陆治年. 奶牛营养需要和饲料成分 (修订第三版) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- [3] AFRC. Energy and protein requirements of ruminants [M]. Wallingford: CAB International, 1993.
- [4] 冯仰廉, E R Orskov. 反刍家畜降解蛋白质的研究 (一) 用尼龙袋法测定几种中国精饲料在瘤胃中的降解率及该方法稳定性的研究 [J]. 中国畜牧杂志, 1984(5): 2 - 5.
- [5] 莫放, 冯仰廉. 用 RNA 和 DAPA 标记法估测牛瘤胃微生物蛋白质的研究 [J]. 中国动物营养学报, 1991, 3(2): 19 - 25.
- [6] TAMMINGA S, VAN STAALLEN W M, SUBNEL A P J, et al. The Dutch protein evaluation system: The DVE/OEB-system [J]. Livestock Prod Sci, 1994, 40: 139 - 155.
- [7] MEHREZ A Z, ORSKOV E P. A study of the artificial fiber bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen [J]. J Agric Sci, 1977, 88: 645 - 650.
- [8] 莫放, 冯仰廉. 粗饲料及食品加工副产品的瘤胃有机物降解率的研究 [J]. 中国畜牧杂志, 1995, 31(5): 5 - 7.
- [9] 莫放, 冯仰廉, 杨雅芳. 化学处理对秸秆秕壳的瘤胃有机物降解率的影响 [J]. 动物营养学报, 1996, 8(1): 22 - 27.