

不同粉碎粒度的饲料对滤袋法测定纤维物质含量的影响

田雨佳 曹志军 李胜利* 史海涛 杨 萌 徐晓锋
(中国农业大学动物科技学院, 动物营养学国家重点实验室, 北京 100193)

摘 要: 本试验旨在研究不同粉碎粒度的饲料对滤袋法测定饲料中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)、中性洗涤不溶蛋白(NDIP)及酸性洗涤不溶蛋白(ADIP)含量的影响。采集黑龙江、河南及河北3个省的30个不同种类的饲料样品,分为5类(干草类饲料、农副产品类饲料、青贮类饲料、糟渣类饲料和饼粕类饲料),各类饲料分别粉碎为2个处理长度,粗粉碎组为2.00 mm,细粉碎组为0.45 mm(过40目分析筛),测定各样品的NDF、ADF、NDIP和ADIP含量。结果显示:1)粗粉碎组和细粉碎组的干草类饲料、饼粕类饲料NDF含量差异极显著($P < 0.01$);2)粗粉碎组和细粉碎组的青贮类饲料ADF含量差异极显著($P < 0.01$),糟渣类饲料、饼粕类饲料ADF含量差异显著($P < 0.05$)。粗粉碎组饲料的NDF和ADF含量普遍高于细粉碎组。2)粗粉碎组和细粉碎组的NDIP含量除青贮类饲料差异显著($P < 0.05$)外,其余几类饲料的NDIP含量差异均不显著($P > 0.05$);2)粗粉碎组和细粉碎组的ADIP含量差异均不显著($P > 0.05$)。结果提示,采用滤袋法测定不同粉碎粒度的饲料NDF和ADF含量差异较大,建议采用2.00 mm的粉碎粒度进行测定;采用滤袋法测定不同粉碎粒度的饲料NDIP和ADIP含量差异较小。

关键词: 粉碎粒度;滤袋技术;中性洗涤纤维;酸性洗涤纤维;中性洗涤不溶蛋白;酸性洗涤不溶蛋白

中图分类号:S816.5

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2013)02-0350-06

Van Soest于1963年提出了用中性洗涤纤维(neutral detergent fiber, NDF)和酸性洗涤纤维(acid detergent fiber, ADF)作为评定饲草中纤维类物质的指标^[1-2]。实验室常规分析可以较为简便地分析出NDF和ADF的含量,通过实验室内对饲料样品进行常规成分分析可以较为迅速地评估饲料的营养价值,ADF含量可以用来预测粗饲料的能量含量^[3],运用测定的NDF含量等常规营养指标及公式可推测动物的干物质采食量^[4-6]。为了获得最佳的牛奶产量及乳脂含量,饲粮NDF及能量采食量必须充足。NDF可以用来估测植物总细胞壁的组成,如纤维素、半纤维素及木质素。半纤维素及纤维素可以被瘤胃微生物较为缓慢的降

解,而木质素则不可消化,同时,木质素也与其他细胞壁组分交联,使它们难以消化^[7]。

反刍动物饲料蛋白质的热损害是指饲料中蛋白质肽链上的氨基酸残基与碳水化合物的半纤维素结合生成聚合物的反应,该反应生成的聚合物含有11%的氮,类似于木质素,完全不能被宿主或瘤胃微生物消化。因此,这种聚合物也称为“人造木质素”。这种“人造木质素”的分析与ADF相同,其所含氮称为酸性洗涤不溶氮(acid detergent insoluble nitrogen, ADIN)。ADIN产生的最适合环境是70%的相对湿度和60℃的温度,时间越长,则热损害情况越严重。在饲料的干燥和青贮过程中,特别是低水分青贮时,常存在热损害的条件。

收稿日期:2012-08-30

基金项目:现代产业技术体系专项资金(CARS-37)

作者简介:田雨佳(1987—),女,内蒙古呼伦贝尔人,博士研究生,从事反刍动物营养研究。E-mail: hantanlueying@163.com

* 通讯作者:李胜利,教授,博士生导师,E-mail: lisheng0677@163.com

在反刍动物饲料中,ADIN 低于 10% 被认为是正常的,且在测定 NDF 和 ADF 的过程中,中性洗涤不溶氮(neutral detergent insoluble nitrogen,NDIN)和 ADIN 常被计算在总氮内,实际上它们是在动物体内较缓慢被降解的成分^[8],目前,一些国家在评定反刍动物饲料蛋白质质量时,常扣除其中的 ADIN,为便于计算,常将其换算成为中性洗涤不溶蛋白(NDIP)或酸性洗涤不溶蛋白(ADIP)的形式进行分析,NDIN 或 ADIN 乘以系数 6.25 即可换算为 NDIP 或 ADIP。

GB/T 20806—2006 规定了 NDF 含量的测定方法,NY/T 1459—2007 规定了 ADF 含量的测定方法,但以上方法均推荐的是采用 Van Soest 的抽滤漏斗仪器测定方法^[2],随着近年来科技的发展,越来越多的实验室使用 ANKOM 公司的纤维分析仪,即滤袋法进行测定。经分析,滤袋法有其独特的优越性^[9-10],且稳定性较好,但是不同实验室测定结果略有差异^[11],除此之外,饲料样品的粉碎长度不一致,也会导致 NDF 和 ADF 的测定结果有偏差^[12],Sniffen 等^[13]详细阐述了不溶蛋白在评定饲料营养价值中的作用,但关于不同粉碎粒度对 NDIP 和 ADIP 含量影响的研究较少。在此基础上,本试验分别采用滤袋法测定同一饲料来源的不同粉碎粒度的 NDF、ADF、NDIP 和 ADIP 含量并比较其差异。

1 材料与方法

1.1 试验设计

采集黑龙江、河南及河北 3 个省 30 个不同种类的饲料样品,分为干草类饲料、农副产品类饲料、青贮类饲料、糟渣类饲料及饼粕类饲料共 5 类饲料,各类饲料分别粉碎为 2 个处理长度,粗粉碎组为 ANKOM 公司推荐的 2.00 mm,细粉碎组为国标 GB/T 20806—2006 中规定的 0.45 mm(过 40 目分析筛)。

1.2 测定指标及方法

1.2.1 测定仪器

全自动纤维分析仪(ANKOM A2000i),半自动凯氏定氮仪(FOSS Kjeltac™ 2100)。

1.2.2 NDF 的测定

称取 0.5 g 饲料样品,用耐溶剂的记号笔给滤袋编号并记录重量,将封口机刻度调至 4~5,封口。将封口后的滤袋放入仪器中,调整仪器按钮,

自动灌注中性洗涤液,在洗涤液注入洗涤缸的过程中加 4 mL 热稳定 α -淀粉酶(ANKOM 公司),盖紧。约 1.5 h,在仪器显示洗涤完成后取出滤袋,控干水分,放入丙酮中浸泡 3~5 min,挤净液体,并放入通风橱中待丙酮挥发完全,105 °C 烘干 3 h。取出滤袋,放在干燥器中冷却 0.5 h,称重。

试验所用溶液组成参照国标 GB/T 20806—20061,采用以下公式计算 NDF 含量:

$$NDF(\%) = [m_2 - (m_1 \times C_1)] \times 100/m。$$

式中: m_1 为空袋质量(g); m 为样品质量(g); m_2 为提取处理后样品残渣+滤袋质量(g); C_1 为空白袋子校正系数(烘干后质量/原来质量)。

1.2.3 ADF 的测定

由于样品同时测定 NDF 和 ADF,在测定完 NDF 后,将装有残渣的滤袋放在样品架子上,直接加酸性洗涤溶液,调整仪器的酸洗洗涤模式,约 1 h,在仪器显示洗涤结束后取出滤袋,控干水分,放入丙酮中浸泡 3~5 min,挤净液体并放入通风橱中待丙酮挥发完全,105 °C 烘干 3 h。取出滤袋,放在干燥器中冷却 0.5 h,称重。

试验所用溶液组成参照行业标准 NY/T 1459—2007,采用以下公式计算 ADF 含量:

$$ADF(\%) = [(m_3 - m_4)/m] \times 100。$$

式中: m_3 为洗涤后滤袋和 ADF 质量(g); m_4 为滤袋质量(g); m 为样品质量(g)。

1.2.4 NDIP 和 ADIP 的测定

NDIP 和 ADIP 含量测定步骤及计算方法参照 AOAC^[14] 及 Van Soest 等^[15]的方法。

1.3 数据处理

数据结果处理与分析采用 SPSS 17.0 中的配对分析 t 检验,以 $P < 0.05$ 作为差异显著性判断标准。

2 结果

2.1 滤袋法测定不同粉碎粒度的饲料 NDF 含量

由表 1 可见,饲料经粗粉碎及细粉碎分别处理后,滤袋法测定的干草类饲料 NDF 含量差异极显著($P < 0.01$),农副产品类饲料 NDF 含量差异趋于显著($P = 0.088$),青贮类饲料 NDF 含量差异趋于显著($P = 0.064$),糟渣类饲料 NDF 含量差异不显著($P > 0.05$),饼粕类饲料 NDF 含量差异极显著($P < 0.01$)。

表 1 滤袋法测定不同粉碎粒度的饲料 NDF 含量

Table 1 The NDF content of different particle size feedstuffs measured by filter bag technology

项目 Items	细粉碎组 Fine group/%	粗粉碎组 Coarse group/%	样品数量 Sample number/个	P 值 P-value
干草类饲料 Hay feedstuff	60.22 ± 0.83	62.73 ± 0.94	3	0.001
农副产品类饲料 Agricultural byproduct feedstuff	61.78 ± 1.74	60.83 ± 1.80	10	0.088
青贮类饲料 Silage feedstuff	58.51 ± 1.63	59.72 ± 1.51	7	0.064
糟渣类饲料 Distiller's dried grain soluble feedstuff	47.33 ± 1.32	47.50 ± 1.20	6	0.826
饼粕类饲料 Cake and meal feedstuff	31.47 ± 3.59	34.31 ± 4.04	4	0.005

0.05 < P < 0.10 表示差异趋于显著, P < 0.05 表示差异显著, P < 0.01 表示差异极显著。下表同。

0.05 < P < 0.10 mean differences tend to be significant, P < 0.05 mean significant difference, and P < 0.01 mean extremely significant difference. The same as below.

2.2 滤袋法测定不同粉碎粒度的饲料 ADF 含量的差异

由表 2 可见, 饲料经粗粉碎及细粉碎分别处理后, 滤袋法测定的干草类饲料 ADF 含量差异极显著 (P < 0.01), 农副产品类饲料 ADF 含量差异

不显著 (P > 0.05), 青贮类饲料 ADF 含量差异极显著 (P < 0.01), 糟渣类饲料 ADF 含量差异显著 (P < 0.05), 饼粕类饲料 ADF 含量差异显著 (P < 0.05)。

表 2 滤袋法测定不同粉碎粒度的饲料 ADF 含量

Table 2 The ADF content of different particle size feedstuffs measured by filter bag technology

项目 Items	细粉碎组 Fine group/%	粗粉碎组 Coarse group/%	样品数量 Sample number/个	P 值 P-value
干草类饲料 Hay feedstuff	33.61 ± 1.14	35.59 ± 1.03	3	<0.001
农副产品类饲料 Agricultural byproduct feedstuff	40.89 ± 1.07	41.27 ± 1.10	10	0.146
青贮类饲料 Silage feedstuff	34.74 ± 1.35	35.00 ± 1.09	7	<0.001
糟渣类饲料 Distiller's dried grain soluble feedstuff	22.35 ± 1.29	20.07 ± 0.65	6	0.042
饼粕类饲料 Cake and meal feedstuff	19.48 ± 2.69	22.73 ± 3.15	4	0.016

2.3 滤袋法测定不同粉碎粒度的饲料 NDIP 含量的差异

由表 3 可见, 饲料经粗粉碎及细粉碎分别处理后, 滤袋法测定的干草类饲料、农副产品类饲料、糟渣类饲料及饼粕类饲料 NDIP 含量差异均不显著 (P > 0.05), 青贮类饲料 NDIP 含量差异显著 (P < 0.05)。

2.4 不同粉碎粒度饲料 ADIP 结果的比较

由表 4 可见, 饲料经粗粉碎及细粉碎分别处理后, 滤袋法测定的干草类饲料、农副产品类饲料、糟渣类饲料、青贮类饲料及饼粕类饲料 ADIP 含量差异均不显著 (P > 0.05)。

3 讨论

3.1 不同粉碎粒度对滤袋法测定不同种类饲料 NDF 和 ADF 含量的影响

Harris 等^[16]的饲料分类原则和编码体系迄今已为多数学者所认同,并逐步发展成为当今饲料分类编码体系的基本模式,被称为国际饲料分类法。张子仪^[17]建立了我国饲料数据库管理系统及

饲料分类方法,该体系包含不同的中国饲料编码(Chinese feed number, CFN),本试验测定的饲料样品包括以下几类:干草类饲料(CFN 为 1-05-0000)、农副产品类饲料(CFN 为 1-06-0000 及 5-06-0000)、青贮类饲料(CFN 为 3-03-0000)、糟渣类饲料(CFN 为 5-11-0000 及 1-11-0000)及饼粕类饲料(CFN 为 1-10-0000)。

表 3 滤袋法测定不同粉碎粒度的饲料 NDIP 含量

Table 3 The NDIP content of different particle size feedstuffs measured by filter bag technology

项目 Items	细粉碎组 Fine group/%	粗粉碎组 Coarse group/%	样品数量 Sample number/个	P 值 P-value
干草类饲料 Hay feedstuff	2.09 ± 0.36	1.91 ± 0.24	3	0.611
农副产品类饲料 Agricultural byproduct feedstuff	2.21 ± 0.13	2.20 ± 0.16	10	0.973
青贮类饲料 Silage feedstuff	1.41 ± 0.12	1.62 ± 0.11	7	0.041
糟渣类饲料 Distiller's dried grain soluble feedstuff	4.47 ± 0.36	4.67 ± 0.39	6	0.426
饼粕类饲料 Cake and meal feedstuff	3.26 ± 0.83	4.22 ± 1.19	4	0.246

表 4 滤袋法测定不同粉碎粒度的饲料 ADIP 含量

Table 4 The ADIP content of different particle size feedstuffs measured by filter bag technology

项目 Items	细粉碎组 Fine group/%	粗粉碎组 Coarse group/%	样品数量 Sample number/个	P 值 P-value
干草类饲料 Hay feedstuff	0.60 ± 0.09	0.57 ± 0.05	3	0.725
农副产品类饲料 Agricultural byproduct feedstuff	1.08 ± 0.16	0.89 ± 0.11	10	0.124
青贮类饲料 Silage feedstuff	0.54 ± 0.07	0.57 ± 0.04	7	0.714
糟渣类饲料 Distiller's dried grain soluble feedstuff	1.47 ± 0.11	1.45 ± 0.12	6	0.895
饼粕类饲料 Cake and meal feedstuff	2.03 ± 0.47	2.43 ± 0.68	4	0.106

滤袋法测定的不同粉碎粒度干草类饲料 NDF 含量影响显著,农副产品类饲料 NDF 含量影响不显著,青贮类饲料 NDF 含量影响趋于显著,糟渣类饲料 NDF 含量影响不显著,饼粕类饲料 NDF 含量差异极显著。总体看来,粗粉碎组 NDF 含量略高于细粉碎组,这可能是由于采用滤袋法测定饲

料 NDF 含量时,粉碎过细会造成饲料在洗涤的过程中流出比例稍多,所以造成数值偏低。

滤袋法测定的不同粉碎粒度的干草类饲料 ADF 含量差异显著,农副产品类饲料 ADF 含量差异不显著,青贮类饲料、糟渣类饲料及饼粕类饲料 ADF 含量均差异显著。总体看来,粗粉碎组测定

的 ADF 含量略高于细粉碎组,这与 NDF 含量呈现相似的规律,因此,滤袋法测定 NDF 和 ADF 含量时,不同的粉碎粒度会造成结果的差异,这与魏时来等^[12]研究结果相似。

李慧玲等^[18]指出,用高速万能粉碎机制样对粗饲料中 NDF 和 ADF 含量的测定有影响,建议在饲料纤维物质测定中,应该统一规定饲料样品的粉碎方法。Kenneth 等^[10]与薛红枫等^[19]研究表明,应用滤袋在测定粉碎粒度大的饲料 NDF 和 ADF 含量时,测定结果一致性较好,且测定值稍低于传统抽滤法的测定值,且变异系数(CV) < 5%。本试验中,粗粉碎组的颗粒长度为 2.00 mm,而细粉碎组饲料颗粒为 0.45 mm,因此,在用 ANKOM 滤袋法测定 NDF 和 ADF 含量时,建议将粉碎粒度控制在 2.00 mm 左右。即在测定某种饲料的常规营养成分时,测 NDF 和 ADF 含量的样品粉碎长度应与测定其他常规营养指标(一般为过 40 目分析筛)的样品长度进行区分。

3.2 不同粉碎粒度对滤袋法测定不同种类饲料 NDIP 和 ADIP 含量的影响

滤袋法测定的不同粉碎粒度对干草类饲料、农副产品类饲料、糟渣类饲料及饼粕类饲料 NDIP 含量均差异不显著,青贮类饲料 NDIP 含量差异显著。Doane 等^[20]指出,饲料在青贮之后,在中性洗涤剂(neutral detergent solubles, NDS)中被消化降解的程度与鲜样有所区别,这可能是出现这一试验现象的原因。总体看来,粗粉碎组 NDIP 含量与细粉碎组差异不大,因为在消煮的过程中全部被测样品完全溶解在消煮液中,且滴定过程使用的是 0.02 mol/L 的盐酸,在确定消耗盐酸体积时,可以估读到小数点后 1 位,提高了 NDIP 含量的计算精确度。

滤袋法测定的不同粉碎粒度干草类饲料、农副产品类饲料、青贮类饲料、糟渣类饲料及饼粕类饲料 ADIP 含量均差异不显著,粗粉碎组与细粉碎组测定的 ADIP 含量较为接近,这与 NDIP 含量测定规律相似,因此,滤袋法测定 NDIP 和 ADIP 含量时,不同的粉碎粒度造成结果的差异较小。

4 结 论

① 采用滤袋法测定不同粉碎粒度的饲料 NDF 和 ADF 含量差异较大,建议采用 2.00 mm 的粉碎粒度进行测定。

② 采用滤袋法测定不同粉碎粒度的饲料 NDIP 和 ADIP 含量差异较小。

参考文献:

- [1] 杨凤. 动物营养学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.
- [2] VAN SOEST P J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. I. Preparation of fiber residues of low nitrogen content[J]. Journal of the Association of Official Analytical Chemists, 1963, 46: 825 - 829.
- [3] BEAUCHEMIN K A. Using ADF and NDF in dairy cattle diet formulation-a western Canadian perspective [J]. Animal Feed Science and Technology, 1996, 58: 101 - 111.
- [4] NRC. Nutrient requirements for dairy cattle [S]. Washington, D. C. : National Academy Press, 2001.
- [5] HACKMANN T J, SPAIN J N. A mechanistic model for predicting intake of forage diets by ruminants[J]. Journal of Animal Science, 2010, 88: 1108 - 1124.
- [6] ELLIS J L, QIAO F, CANT J P. Prediction of dry matter intake throughout lactation in a dynamic model of dairy cow performance [J]. Journal of Dairy Science. 2006, 89(5): 1558 - 1570.
- [7] CLARK P W, ARMENTANO L E. Effectiveness of neutral detergent fiber in and dried distillers grains compared with whole cottonseed alfalfa haylage [J]. Journal of Dairy Science, 1993(76): 2644 - 2650.
- [8] OGDEN R K, COBLENTZ W K, COFFEY K P, et al. Ruminal *in situ* disappearance kinetics of nitrogen and neutral detergent insoluble nitrogen from common crabgrass forages sampled on seven dates in northern Arkansas [J]. Journal of Animal Science, 2006, 84(3): 669 - 677.
- [9] 张丽英, 王宗义, 李德发. 滤袋技术在饲料纤维素分析中的应用[J]. 饲料工业, 2001, 22(5): 9 - 10.
- [10] KENNETH P V, JEFFREY F P, STEVEN D M, et al. Evaluation of a filter bag system for NDF, ADF, and IVDMD forage analysis [J]. Crop Science, 1999, 39: 276 - 279.
- [11] JOSEÈ P F, MARÍA S G, JOSÉ L D, et al. Variability among four laboratories of the filter bag technique to determine acid and neutral detergent fiber contents in ruminant feeds from argentina [J]. Journal of AOAC International, 2009, 92(2): 371 - 374.
- [12] 魏时来, 蔺淑琴, 李典, 等. 饲料样品粉碎粒度对 ADF 和 NDF 尼龙滤袋法测定值的影响[J]. 畜牧兽医杂志, 2008, 27: 3 - 5.

- [13] SNIFFEN C J, OCONNOR J D, VAN SOEST P J, et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability [J]. *Journal of Animal Science*, 1992, 70: 3562–3577.
- [14] AOAC. Official methods of analysis [M]. 15th ed. Arlington VA: Journal of the Association of Official Analytical Chemists, 1990.
- [15] 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): 3574–3583.
- [16] HARRIS L E, BUTRUM R R, SORESON A W. International food component data system [J]. *Journal of the American Dietetic Association*, 1984, 84 (10): 1210–1215.
- [17] 张子仪. 中国饲料学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [18] 李慧玲, 郭振华, 牛昌奎. 制样方法对粗饲料中 NDF 和 ADF 测定值的影响 [J]. *畜牧兽医科技信息*, 2010 (3): 97–99.
- [19] 薛红枫, 孟庆翔. 不同方法测定反刍动物饲料 NDF、ADF 和木质素含量的比较 [J]. *中国畜牧杂志*, 2006, 42 (19): 41–45.
- [20] DOANE P H, PELL A N, SCHOFIELD P. The Effect of preservation method on the neutral detergent soluble fraction of forages [J]. *Journal of Animal Science*, 1997, 75: 1140–1148.

Effects of Different Particle Size Feedstuffs on Fiber Material Content Measured by Filter Bag Technology

TIAN Yujia CAO Zhijun LI Shengli* SHI Haitao YANG Meng XU Xiaofeng

(State Key Laboratory of Animal Nutrition, College of Animal Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of different particle size feedstuffs on the contents of neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), neutral detergent insoluble protein (NDIP) and acid detergent insoluble protein (ADIP) measured by filter bag technology. Thirty feedstuff samples were collected from three provinces (*Heilongjiang*, *Hebei* and *Henan*) and divided into 5 types (hay feedstuff, agricultural byproduct feedstuff, silage feedstuff, distiller's dried grain soluble feedstuff and cake and meal feedstuff). Each type of feedstuff treated with two particle sizes, coarse group (2.00 mm) and fine group (0.45 mm, 40 screen mesh), to test the contents of NDF, ADF, NDIP and ADIP. The results showed as follows: 1) the NDF content of hay feedstuff and cake and meal feedstuff had a significant difference between coarse group and fine group ($P < 0.01$). The ADF content of hay feedstuff and silage feedstuff had a significant difference ($P < 0.01$), and the ADF content of distiller's dried grain soluble feedstuff and cake and meal feedstuff had a significant difference between the two groups ($P < 0.05$). The NDF and ADF contents of feedstuff in the coarse group were generally higher than those in the fine group. 2) The NDIP content of feedstuff had no significant difference between coarse group and fine group ($P > 0.05$) except silage feedstuff ($P < 0.05$), the ADIP content of feedstuff had no significant difference between the two groups ($P > 0.05$). These results indicate that there is a great difference in NDF and ADF contents of different particle size feedstuffs measured by the filter bag technology, and the recommendatory particle size is 2.00 mm. There is little difference in NDIP and ADIP contents of different particle size feedstuffs measured by the filter bag technology. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2013, 25 (2): 350-355]

Key words: particle size; filter bag technology; NDF; ADF; NDIP; ADIP