

# 农作副产物饲用价值的研究

刘富强<sup>\*</sup> 冀一伦 黄应祥

(山西农业大学, 太谷)

〔摘要〕利用两头瘤胃瘘管牛对32种农作副产物及其茎叶等部位评定了营养价值与7个不同时间阶段的干物质降解率(DMD), 找出了各种副产物的易溶解a值, 不溶解但可降解的b值, 降解速率常数c及潜在可降解率(a+b)。同时测定了64个样本的中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)、酸不溶木质素(ADL)、纤维素(C)、半纤维素(HC)、酸不溶灰分(AIA)及常规成分, 并计算其代谢能(ME)。

在以各副产物高的干物质降解率(DMD)互相对比时发现下列副产物很有饲用价值(按高低顺序): 胡萝卜缨、葵花叶、玉米苞叶、葵花盘、大豆叶、红薯秧、花生秸、豌豆荚皮、西瓜秧、绿豆秸、小黑豆秸、大豆荚皮、南瓜秧、谷草叶、土豆秧、高粱节、籽粒苋秸、豌豆秸; 而高粱秸、大麦秸、谷草稍差; 黍秸、小麦秸、苕麦秸、小麦糠、稻草、黑麦秸又差。

分析结果表明C与AIA对降解率(72时)影响最大, 其次为ADL。

$$DMD_{72} = 114.380 - 1.316C - 0.717ADL - 1.161AIA$$

$$(n=64, R^2=0.798^{**}, RSD=8.612)$$

空白冲洗损失率(DMD<sub>0</sub>)除对DMD<sub>72</sub>有极显著影响外(P<0.01)又受到细胞内容物(CC)与半纤维素含量的极显著影响(P<0.01)。

$$DMD_0 = -2.490 + 0.647CC + 0.207HC$$

$$(n=64, R^2=0.838^{**}, RSD=5.219)$$

本文除研究农作副产物消化特性与营养价值外, 还发现其品种间, 部位间品质的差异, 为开发利用农副产物提供了依据。

**关键词:** 农作副产物, 降解率

我国在目前以至将来都将面临粮食紧张这一严重问题, 因而开发和利用各种潜在的饲料资源对发展我国畜牧业具有十分重要意义。据估计我国每年秸秆等农作副产物的总产量约有5亿吨, 但利用方式落后, 大多数作为农村燃料或肥料, 据初步调查, 农作副产物总利用率仅为百分之十几。有人测算若能利用秸秆资源的40%, 中国便可多养一亿头牛。说明开发这一潜在资源的重要意义。西欧各国近几年来对秸秆的研究有增加的趋势<sup>②</sup>。本研究试图对常用的农作副产物的饲用价值作出初步评估, 并对其干物质降解率及其与纤维成分的关系进行探索。

## 材料与方 法

### 一、试验材料

本试验共采集山西常用的藤、蔓、秸秧、荚、壳等农副产物 32 种, 共计 64 个样品, 包括不同的品种, 不同部位的样品。样品是在作物正常收获期采集的, 风干后经 1mm 筛粉碎 (部分样用 2mm 筛以便与 1mm 者对比) 备用。

### 二、瘤胃降解率测定

利用两头装有永久性瘤胃瘘管的阉牛及尼龙袋对所有样本测定了 72 小时干物质降解率及可降解有机物含量 (DOMg/kgDM)。同时测定尼龙袋空白冲洗干物质损失率 (DMD<sub>0</sub>)。对 17 个样品作了 6、12、24、36、48、72 小时干物质降解率测定<sup>④</sup>。还对 15 种农副产品测定 48 小时干物质降解率以估计其 ME, 其计算公式<sup>⑤</sup>为:

$$ME (MJ/kgDM) = 2.276 + 0.107DMD \dots\dots\dots \text{式 1}$$

(公式中 DMD 为 48 小时干物质降解率)

所用尼龙袋有效面积为  $15 \times 7 \text{cm}^2$ , 用法国产的孔径为  $46\mu\text{m}$  的尼龙布做成。每个测值为每头牛装两袋共 4 个袋测值的均数<sup>①</sup>。

### 三、成分分析

按照美国农业部《粗饲料纤维分析手册》提供的方法<sup>③</sup>, 试剂配方及操作程序对所有样品的中性洗涤纤维 (NDF)、酸性洗涤纤维 (ADF)、酸不溶木质素 (ADL)、酸不溶灰分 (AIA)、纤维素 (C) 和半纤维素 (HC) 成分进行分析, 此外还分析了常规成分。

## 结果与讨论

经过尼龙袋测定, 得到了 17 种农副产品的降解常数, 即易溶解部分 a, 不能立即溶解但可发酵部分 b, 降解速率常数 c 以及潜在降解率 (a+b)<sup>⑤</sup>。前后共得到 31 种农副产品 48 小时降解率。在本试验中发现各种副产品降解曲线在 48 小时之后上升得比较平稳, 所以将 72 小时作为高的降解率点以对比各副产品的营养价值, 并进行排队评议。

### 一、农副产品不同部位间消化能的差别

在各种农副产品各个部位的消化性能和降解常数是大有差别的。豆类的叶子和荚皮潜在降解率是很高的, 降解速率也较快, 但茎秆各常数都很一般。饲料消化得快, 采食量就高。消化率高说明饲料中不消化的残渣相对比较少。因而占据瘤胃内的容积也少, 采食率就大。

根据求得冲洗损失与 a 值相比, 前者要大, 可见冲洗时除易溶解部分流失外, 还有小颗粒的损失。用 1mm、2mm 磨碎样本所得降解常数, 二者没有差别 (见表 1)。

表 1. 各种农作副产物  $P=a+b(1-e^{-ct})$  降解常数

饲 料	48 小时降解率	a	b	c	RSD
谷草 1mm	48.20±0.88	9.62	41.42	0.0657	0.71
谷草 2mm	47.90±0.88	9.38	40.88	0.0658	0.59
花生秸	80.00±0.23	26.24	53.30	0.2009	0.63
高粱秸	55.70±0.78	22.61	35.71	0.0578	1.43
高粱叶	59.50±0.68	6.63	54.66	0.0728	1.64
高粱节	63.00±0.35	34.29	30.20	0.0609	1.16
高粱节间皮	47.70±0.59	22.45	31.28	0.0322	0.90
高粱节间芯	56.30±1.40	23.85	33.53	0.1906	1.69
高粱籽壳	30.50±1.24	-0.13	31.85	0.0698	0.61
大豆秸	53.50±0.80	22.84	31.26	0.1280	0.80
大豆叶	77.30±0.99	25.26	52.59	0.1716	1.53
大豆茎	38.60±0.77	16.82	22.36	0.1046	0.70
大豆荚	69.40±0.43	8.59	60.61	0.1708	2.34
稻草(矮秆)	44.13±0.35	6.46	49.21	0.0307	0.62
稻草(高秆)	39.12±0.49	6.17	43.44	0.0301	0.62
小麦秸	40.64±0.90	5.00	57.73	0.0208	1.32
玉米秸	61.62±1.05	23.01	38.75	0.0622	2.03

注: 6、12、24、36、48、72 小时为时间阶段数据, 通过罗威特研究所编制程序求得。

又根据罗威特研究所提供的公式<sup>②</sup>, 计算各种秸秆及秸秆各部位的 ME, 证明各种秸秆以及每种秸秆各个部位 ME 相差多少不等(见表 2)。高粱节和叶的 ME 值较高, 高粱秸、节间芯居中, 高粱壳最低。大豆叶、荚皮最高, 大豆茎秆最小。玉米苞叶较高, 茎秆和玉米皮居中。

## 二、各种农作物副产品的质量及其降解率

以 72 小时处理的农副产品的最高值并对比其品质排队, 降解率在 80% 以上者有: 胡萝卜缨、葵花叶、玉米苞叶、葵花盘; 降解率在 70~80% 者有: 大豆叶、红薯秧、花生秸、豌豆荚皮、西瓜秧、绿豆秧、小黑豆秸、大豆荚皮、南瓜秧; 60~70% 者有: 谷叶草、土豆秧、高粱节、籽粒苋秸、高粱叶、深圳豌豆秸、玉米秸、玉米轴; 50~60% 者有: 高粱节间芯、豌豆秸、棉桃壳、高粱秸、荞麦秸、大豆秸、大麦秸、谷草、向日葵秸、棉籽壳、高粱节间皮; 40~50% 者有黍秸、小麦秸、莜麦秸、小麦糠、稻草、黑麦秸(见表 3)。

同时得出各种秸秆各部位冲洗损失率与 72 小时降解率为正相关。

$$DMD_{72} = 39.070 + 0.876DMD_0 \quad \text{..... 式 2}$$

(n=64, r=0.594\*\*, p<0.01)

## 三、洗涤纤维成分对样品降解性能的影响

以样品中 CC、HC、C、ADL 和 AIA 为自变量,  $DMD_{72}$  为依变量进行逐步回归分析, 得到复回归方程如下:

$$DMD_{72} = 114.380 - 1.316C - 0.717ADL - 1.161AIA \quad \text{..... 式 3}$$

(n=64, R<sup>2</sup>=0.798\*\*, RSD=0.612)

表2 各种农副产物 ME 含量 (MJ/kg, 干物质)

饲料名称	ME	饲料名称	ME	饲料名称	ME	饲料名称	ME
谷草	7.45	高粱节间芯	8.32	小麦秸	6.64	向日葵盘	10.72
谷草茎	7.13	高粱籽壳	5.55	玉米秸	8.84	棉桃壳	8.41
谷草叶	9.21	大豆秸	8.02	玉米苞叶	10.74	棉籽壳	7.62
花生秸	10.86	大豆叶	10.57	玉米轴	8.72	冬大麦秸	8.29
高粱秸	8.25	大豆茎	6.42	豌豆秸	8.08	春大麦秸	8.14
高粱叶	8.66	大豆荚	9.72	豌豆荚皮	10.14	金软黍秸	7.55
高粱节	9.04	稻草矮秆	7.01	向日葵茎	6.58	荞麦秸	8.31
高粱节间皮	7.39	稻草高秆	6.47	向日葵叶	10.98		

表3 各类农副产物干物质降解率的均值与范围 (72小时, %)

项 目	禾本科秸秆	秕壳类	豆科秸秆	藤 蔓 类
平 均 值	52.02	62.09	68.87	76.80
范 围	40.50~61.58	31.94~81.98	54.28~77.91	67.64~88.05

表4 农副产物含洗涤纤维成分 (% , 干物质基础)

样 品	NDF	ADF	HC	C	ADL	AIA
禾本科秸秆	74.81	49.21	25.58	37.08	8.02	4.05
n=22 C.V. %	7.19	9.41	15.60	9.33	14.71	63.70
豆科秸秆	54.96	40.36	14.60	29.76	9.27	1.33
n=8 C.V. %	13.46	18.48	26.37	21.37	15.10	32.33
藤 蔓 类	40.29	33.84	6.45	22.98	8.72	2.14
n=5 C.V. %	16.38	15.04	24.50	12.83	16.86	85.98
秕 壳 类	70.44	49.23	21.22	34.85	10.59	3.79
n=9 C.V. %	20.40	27.97	32.09	22.78	58.45	107.65

复相关系数极显著, 偏相关系数  $r_{yc} = -0.718^{**}$  和  $r_{yAIA} = 0.383^{**}$  均极显著 ( $P < 0.01$ ), 而  $r_{yADL} = -0.269$  不显著 ( $P > 0.05$ )。说明诸成分中对 72 小时干物质降解率影响最大的首推纤维素含量和酸不溶灰分含量, 其次为木质素。其它成分影响甚小。

空白冲洗损失影响最终降解率测值如前所述。各种纤维成分与空白冲洗损失率的关系如下式:

$$DMD_0 = -249 + 0.6473CC + 0.2072HC \dots\dots\dots \text{式 4}$$

( $n=64$ ,  $R^2=0.838^{**}$ ,  $RSD=5.1289$ )

偏相关系数  $r_{yc} = 0.755^{**}$  ( $p < 0.01$ ), 而  $r_{yHC} = 0.2273$  不显著 ( $P > 0.05$ ) 说明冲洗损失率主要受细胞内容物含量的影响, 表现为 CC 含量越高, 冲洗损失率也越高。此外半纤维也有一定的影响。

从 NDF 含量看, 禾本科秸秆最高 (74.81%), 秕壳类次之 (70.44%), 豆类秸秆又次之 (54.96%), 藤蔓类最少。从 ADL 含量看, 秕壳类为 10.59%, 豆科秸秆为 9.27%, 藤蔓类为

8.72%, 禾本科秸秆为8.02% (见表4), 这与 Van Soest®研究结果基本一致。

### 主要参考文献

- [1] 冯仰廉, (1984)《科研论文汇编》北京农业大学畜牧学院 36—44
- [2] 冀一伦, (1989) 欧美利用秸秆饲料的新途径《世界农业》1: 41—42
- [3] Goering, H. K. and P. J. Van Soest, (1975) Forage Fiber Analysis, U. S. D. A., A. R. S. Agr. Handbook. 379.
- [4] Orskov, E. R. (1970) J. Agr. Sci. 60: 499—503.
- [5] Orskov, E. R. (1988) Plant Breeding and The Nutritive Value of Crop Residues, Proceedings of a Workshop, International Livestock Centre for Africa.
- [6] Van Soest, P. J. (1982) The Kinetics of Digestion. In: Nutrition Ecology of the Ruminant. O and B Books, Inc., Corvallis, OR 211—229.
- [7] White, L. M. et al. (1981) Agron. J. 73: 117.
- [8] Gu, C. X. (1990) The Report of Learning to Evaluate Nutritive Value of Feeds Using New Biological Method in Rowett Research Institute, Aberdeen, U. K.

## A STUDY ON THE FEEDING VALUE OF CROP RESIDUES

Liu Fuqiang, Ji Yilun, Huang Yingxiang

(Shanxi Agricultural university, Taigu, shanxi province)

### ABSTRACT

The nutritive value of 32 crop residues and their degradability constants was studied with 2 fistulated steers. As a result the soluble part, a, insoluble but fermentable part, b, and its degradation rate constant, c, was found. The contents of neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), acid detergent lignin (ADL), cellulose (C), hemicellulose (HC), acid insoluble ash (AIA) of 64 samples of the residues as well as their conventional components and metabolizable energy (ME) was determined.

By comparing the dry matter degradability at 72 hr (DMD<sub>72</sub>) as the quality of each crop residue, we found the following are of good feeding value (in descending order); carrot tops, sunflower leaves, corn husks, sunflower disc wo seeds, soybean leaves, sweet potato vines, peanut straw, pea pods, water melon vines, mung bean straw, black soybean straw, soy bean pods, pumpkin vines, millet leaves, potato vines, nodes of sorghum straw, amaranth straw, pea straw; but sorghum stover, barley straw and millet straw are of fair value and straws of wheat, bare oat, rice and rye and wheat chaff are poor in value.

The results of analysis indicate that the foremost factors which exert highly significant effect on DMD<sub>72</sub> are C and AIA, the second important factor is ADL while the other components have no significant effect.

$$\text{DMD}_{72} = 114.38 - 1.316C - 1.1605\text{AIA} - 0.7174\text{ADL}$$

$$(n=64, R^2=0.7976^{**}, \text{RSD}=8.6116)$$

The DM washing loss at 0 hr (DMD<sub>0</sub>) is highly significantly affected by CC (cell contents) and HC.

$$\text{DMD}_0 = -2.40 + 0.6473\text{CC} + 0.2072\text{HC}$$

$$(n=64, R^2=0.8383^{**}, \text{RSD}=5.2189)$$

The differences in the feeding value between different varieties and different botanical parts open up new ways in the development and utilization of crop residues.

(Key words: Crop residues, Degradability)

收稿日期: 1990年8月5日