

5种饲草的分级指数测定与评价

成立新¹, 杨瑞杰², 格根图², 孙林², 付俊平², 贾玉山²

(1. 内蒙古自治区农牧业科学院, 内蒙古 呼和浩特 010031; 2. 内蒙古农业大学生态环境学院, 内蒙古 呼和浩特 010019)

摘要:本研究通过测定“草原2号”杂花苜蓿(*Medicago varia* cv. caoyuan No. 2)、沙打旺(*Astragalus adsurgens*)、黑麦草(*Lolium perenne*)、高丹草(*Sorghum vulgare* × *S. sudanese*)和狼尾草(*Pennisetum alopecuroides*)5种饲草的常规营养成分、体外消化率、总能值及自由采食量等指标,以中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)和酸性洗涤木质素(ADL)为不同纤维素指标计算得出5种饲草的分级指数(Grading Index, GI)。经对比分析后认为,以ADL为纤维素指标计算得出的饲草分级指数最符合实际饲养中的饲草价值。按此指数评价的5种饲草品质优劣顺序为苜蓿>沙打旺>黑麦草>高丹草>狼尾草。

关键词:分级指数(GI); 饲草品质; 代谢能; 干物质自由采食量

中图分类号: S816

文献标识码: A

文章编号: 1001-0629(2013)08-1284-05

饲草是草食家畜饲料的重要组成部分,生产高品质的饲草是保障畜产品安全供给和科学缓解“人畜争粮”矛盾的有效途径。为了高效地生产和利用高品质饲草,对饲草的品质评价显得尤为重要。饲草品质的评定指标主要包括常规营养成分、采食量、消化率以及评价饲草品质的各种指数等在内的各种指标。常规营养成分只能说明饲草各种营养成分的含量,只有将饲草和家畜两大因素综合考虑才能对饲草的品质进行合理的评价^[1],进而有效地利用饲草资源。卢德勋^[2]首次提出的粗饲料分级指数(GI)技术体系是人们比较认可的饲草品质评价方法。GI综合考虑了饲草的粗蛋白(CP)和纤维素(CEL)两大因素,同时结合了草食家畜的生产性能等因素,能够对饲草资源进行合理分级、评定,还能够为饲草资源的组合利用提供理论依据。在生产实践中,GI更通俗易懂,便于推广,易被生产者接受^[3]。因此,本研究通过对苜蓿、沙打旺、高丹草、狼尾草及黑麦草的常规营养成分、饲草代谢能(ME)及自由采食量(DMI)进行测定,利用GI指数对5种饲草的品质进行科学、客观、合理地评价,旨在为饲草科学高效利用提供可靠的技术依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 试验选用内蒙古自治区通辽市奈曼旗初花期的“草原2号”杂花苜蓿(*Medicago var-*

ia cv. caoyuan No. 2)、沙打旺(*Astragalus adsurgens*)、高丹草(*Sorghum vulgare* × *S. sudanese*)、狼尾草(*Pennisetum alopecuroides*)、黑麦草(*Lolium perenne*)5种饲草为材料,自然风干。

1.2 试验测定指标 干物质(Dry Matter, DM)、粗蛋白(Crude Protein, CP)、粗脂肪(Ether Extract, EE)、中性洗涤纤维(Neutral Detergent Fiber, NDF)、酸性洗涤纤维(Acid Detergent Fiber, ADF)、酸洗木质素(Acid Detergent Lignin, ADL)、粗灰分(ASH)、Ca、P、中性洗涤纤维不溶蛋白(Neutral Detergent Fiber Insoluble Protein, ND-FIP)、总能(Gross Energy, GE)、代谢能(Metabolic Energy, ME)及干物质采食量(Dry Matter Intake, DMI)。

1.3 测定方法 对苜蓿、沙打旺、高丹草、狼尾草及黑麦草的常规营养成分即DM、CP、EE、NDF、ADF、ADL、ASH、CF、Ca、P和GE指标的测定方法参考《饲料分析及饲料质量检测技术》^[4]。NDFIP值分析按照Van Soest等^[5]的方法进行。利用Terry和Tilley(1963)两级离体消化法测定饲草的体外消化率,然后经计算模型ME/DE得出ME值^[3]。选取15只体况良好的内蒙古细毛羔羊,随机分为5组,以试验材料逐步取代常规日粮,预饲期为10d,正饲期为30d,记录试验羊的日采食量($g \cdot d^{-1} W^{0.75}$)。

* 收稿日期: 2012-11-28 接受日期: 2012-12-31

基金项目: 国家牧草产业技术体系(CARS-35)

作者简介: 成立新(1970-), 男, 内蒙古呼和浩特人, 副研究员, 硕士, 主要从事草畜结合研究工作。E-mail: nm-clx@163.com

通信作者: 贾玉山(1962-), 男, 内蒙古呼和浩特人, 教授, 博士, 研究方向为饲草料加工与贮藏。E-mail: jys_nm@sina.com

1.4 计算公式

1.4.1 饲草营养指标的计算

$$CHO(\%) = 1 - CP - EE - ASH;$$

$$SC(\%) = NDF - NDFIP;$$

$$NSC(\%) = 1 - (NDF + CP + EE + ASH - NDFIP);$$

$$HC(\%) = NDF - ADF;$$

$$CEL(\%) = ADF - ADL - ASH.$$

式中,CHO为饲草碳水化合物含量(%),CP为饲草粗蛋白含量(%),EE为饲草粗脂肪含量(%),ASH为饲草粗灰分含量(%),SC为饲草结构性碳水化合物含量(%),NDF为饲草中性洗涤纤维含量(%),NDFIP为饲草中性洗涤纤维不溶蛋白含量(%),NSC为饲草非结构性碳水化合物含量(%),ADF为饲草酸性洗涤纤维含量(%),HC为饲草半纤维素含量(%),CEL为饲草纤维素含量(%),ADL为饲草酸洗木质素含量(%).

1.4.2 饲草的代谢能值(ME)的计算

$$IVDMD = [(M_3 - M_1) - M_2] / M_0 \times DM \times 100.$$

式中,IVDMD为干物质体外消化率, M_0 为样品质量(g), M_1 为坩埚重(g), M_2 为空白样残渣重(g), M_3 为坩埚+残渣重(g),DM为饲草样品干物质含量(%).

$$DE = GE \times IVDMD;$$

$$ME = DE \times 0.815^{[6]}.$$

式中,DE为饲草消化能($MJ \cdot kg^{-1}$),GE为饲草总能($MJ \cdot kg^{-1}$),ME为饲草代谢能($MJ \cdot kg^{-1}$).

1.4.3 饲草GI的计算

$$GI = (DMI \times ME \times CP) / NDF;$$

$$GI' = (DMI \times ME \times CP) / ADF;$$

$$GI'' = (DMI \times ME \times CP) / ADL.$$

式中,DMI为饲草干物质随意采食量($kg \cdot d^{-1}$).

1.4.4 饲草相对值(RFV)的计算

$$RFV = DMI \times DDM / 1.29.$$

DMI与DDM由以下预测公式计算可得:

$$DMI(g \cdot d^{-1} W^{0.75}) = 120 / NDF^{[7]};$$

$$DDM = 88.9 - 0.779 \times (ADF)^{[7]}.$$

式中,DDM为可消化干物质。

1.5 数据处理 图、表及数据的前期处理均采用Microsoft Excel 2003软件,数据的方差分析利用SAS9.0(Statistical Analysis System)软件进行。

2 结果与分析

2.1 饲草常规营养成分的分析比较 参考美国制定的豆科与禾本科等级划分标准(表1),根据5种饲草常规成分测定结果(表2)可以看出,苜蓿CP(17.10%)和ADF(31.50%)介于一级和二级豆科干草之间,NDF(40.50%)介于特级和一级豆科干草之间,其NDFIP含量较高,占CP的21.23%,SC含量较其他4种饲草偏低,总体分析可得,本试验所用的“草原2号”杂花苜蓿品质属于二级偏上水平;沙打旺CP含量为13.20%,介于豆科干草二级和三级之间,ADF(34.30%)和NDF(44.90%)都处于一级和二级之间,而且HC、CEL和CHO含量偏低,ADL含量较苜蓿偏高,较其他3种饲草偏低,总体评价认为,沙打旺品质属于三级偏上水平。对于禾本科牧草来说,参照等级划分比较,CP含量分别为高丹草(7.00%)>狼尾草(6.50%)>黑麦草(9.00%)。其中,狼尾草CP含量最低,CHO(84.50%)、ADF(46.80%)和NDF(64.60%)含量最高。综上分析可知,由于3种禾本科牧草的CP含量较低,粗纤维含量和CHO含量较高,其品质均属于中等禾本科牧草。

从上述结果来看,以CP、ADF和NDF的含量进行比较,5种饲草的品质顺序为苜蓿>沙打旺>黑麦草>高丹草>狼尾草。

2.2 能值的分析比较 苜蓿的GE显著高于其他几种饲草($P < 0.05$),而黑麦草、沙打旺及高丹草间能值差异不显著($P > 0.05$),狼尾草显著低于其他饲草。通过公式计算得出,苜蓿ME最高,其次为沙打旺、高丹草、黑麦草,最低为狼尾草(表3)。

表1 豆科牧草与禾本科牧草等级划分标准

Table1 The classification of legumes and gramineous forages

营养成分 Nutritional ingredient	豆科干草 Leguminosae hay					禾本科干草 Gramineae hay		
	特级 Special grade	一级 First level	二级 Second level	三级 Third level	四级 Fourth level	优质 High	中等 Medium	低质 Inferiority
CP/%DM	21	18	16	13	10	17	11	8
ADF/%DM	30	31	38	42	48	33	40	45
NDF/%DM	38	43	46	52	60	53	63	72

表 2 5种饲草营养成分测定结果

Table 2 Chemical compositions of five forages

成分 Ingredient/%	苜蓿 Alfalfa	沙打旺 Erect milkvetch	高丹草 Sorghum Hybrid sudan grass	狼尾草 Chinese pennisetum	黑麦草 Ryegrass
DM	90.00±0.96	88.00±1.14	88.00±1.38	85.00±0.92	90.00±1.01
CP	17.10±1.16	13.20±1.22	7.00±0.88	6.50±1.23	9.00±1.23
NDF	40.50±0.38	44.90±1.49	57.20±1.43	64.60±1.00	58.50±1.27
ADF	31.50±1.23	34.30±0.93	35.50±1.07	46.80±1.36	34.20±1.19
ADL	6.08±0.65	6.12±0.86	6.57±1.25	6.62±0.68	6.32±0.74
ASH	7.20±1.25	7.00±1.01	7.30±1.29	7.70±1.09	7.20±0.92
CF	25.20±1.37	26.40±1.23	29.90±1.19	34.00±0.84	29.70±0.92
EE	2.30±0.44	2.20±0.37	2.30±0.34	1.30±0.19	3.00±0.15
Ca	1.27±0.18	1.32±0.21	0.38±0.03	0.13±0.02	0.41±0.03
P	0.23±0.04	0.22±0.04	0.18±0.03	0.04±0.01	0.27±0.01
HC	9.00±0.58	10.60±0.75	21.70±1.03	17.80±0.92	24.30±0.94
CEL	18.22±0.71	21.18±0.99	21.63±1.05	32.48±1.06	20.68±1.33
NDFIP	3.63±0.83	2.96±0.63	0.63±0.08	0.57±0.03	1.35±0.23
CHO	73.40±1.35	77.60±2.34	83.40±1.45	84.50±1.36	80.80±1.48
SC	36.87±1.28	41.94±1.43	56.57±1.32	64.03±1.28	57.15±1.05
NSC	29.27±1.18	29.74±1.24	25.57±0.98	19.33±1.12	20.95±1.18

造成不同饲草 GE 和 ME 测定值差异的主要原因在于 IVDMD 不同。苜蓿属于优质豆科饲草, CP 含量较高, CEL 含量较低, 所以其消化率比较高; 同为禾本科饲草的高丹草、狼尾草及黑麦草, 狼尾草的 GE 含量 ($14.31 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$) 显著低于高丹草

($15.16 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$) 和黑麦草 ($15.87 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$) (表 3)。这是由于狼尾草 CP 较低, CEL 较高, 造成其 IVDMD 低。由此可知, ME 值与常规营养成分不同, 顺序为苜蓿 > 沙打旺 > 高丹草 > 黑麦草 > 狼尾草。

表 3 不同饲草的能值测定结果

Table 3 The energy value results of 5 forages

饲草 Forage	ME/MJ · kg ⁻¹	DE/MJ · kg ⁻¹	GE/MJ · kg ⁻¹	IVDMD
苜蓿 Alfalfa	10.42±1.22a	12.79±0.89	16.47±1.49a	0.78±0.07
沙打旺 Erect milkvetch	9.93±1.09b	12.19±0.73	15.77±1.50b	0.77±0.04
高丹草 Sorghum Hybrid sudan grass	9.46±1.37b	11.61±0.94	15.16±1.35b	0.77±0.03
狼尾草 Chinese pennisetum	6.75±0.56d	8.28±0.77	14.31±0.93c	0.58±0.02
黑麦草 Ryegrass	8.91±0.61c	10.94±1.03	15.87±1.24b	0.69±0.03

注: 同列不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。下同。

Notes: Different lower case letters within the same column indicated significant difference at 0.05 level. The same below.

2.3 饲草自由采食量 (DMI) 的分析 DMI 值从高到低顺序为苜蓿 > 沙打旺 > 黑麦草 > 高丹草 > 狼尾草。黑麦草 DMI 略低于两种豆科牧草, 又显著高于高丹草和狼尾草 ($P < 0.05$)。对于比较相似的高丹草和狼尾草, 两者主要营养成分指标差异不显著, 但高丹草 DMI 显著高于狼尾草, 这可能与饲草 NDF 含量有关。因为由 CEL、HC 和 ADL 组成的 NDF 会影响 CF 的总体消化水平 (表 4)。

2.4 饲草 GI 结果分析 采用不同 CEL 指标所得的 GI 值对 5 种饲草的品质优劣划分顺序是一致

的, 即苜蓿 > 沙打旺 > 黑麦草 > 高丹草 > 狼尾草 (表 5)。若将苜蓿的饲草分级指数值 (GI 、 GI' 、 GI'') 定为 100, 对于以 NDF 划分的 GI , 沙打旺、黑麦草、高丹草、狼尾草的 GI 相对值分别为 61.41、26.09、20.11、10.33; 对于以 ADF 划分的 GI' , 沙打旺、黑麦草、高丹草、狼尾草的 GI' 相对值分别为 62.45、34.18、24.89、10.97; 对于以 ADL 划分的 GI'' , 沙打旺、黑麦草、高丹草、狼尾草的 GI'' 相对值分别为 67.70、35.89、25.94、15.25。

通过比较分析, GI 、 GI' 、 GI'' 的划分结果可以看

出,使用 ADL 为纤维素指标得出的分级指数更接近饲草的实际品质。

表 4 5 种饲草自由采食量测定结果

Table 4 The dry matter intakes of 5 forages

牧草 Forage	DMI/g · d ⁻¹ W ^{0.75}
苜蓿 Alfalfa	82.03 ± 1.39a
沙打旺 Erect milkvetch	79.51 ± 1.44a
高丹草 Sorghum Hybrid sudan grass	68.94 ± 1.57b
狼尾草 Chinese pennisetum	60.11 ± 1.82c
黑麦草 Ryegrass	78.21 ± 0.76a

表 5 5 种饲草 GI 值的比较

Table 5 The grading index of 5 forages

牧草 Forage	GI	GI'	GI''
苜蓿 Alfalfa	1.84	2.37	12.26
沙打旺 Erect milkvetch	1.13	1.48	8.30
高丹草 Sorghum Hybrid sudan grass	0.37	0.59	3.18
狼尾草 Chinese pennisetum	0.19	0.26	1.87
黑麦草 Ryegrass	0.48	0.81	4.40

注:GI,GI',GI''为分别以 NDF、ADF、ADL 为纤维指标得出的饲料分级指数。

Note:GI, GI' and GI'' are calculated by making NDF, ADF and ADL as fiber index, respectively.

2.5 饲草的 GI'' 值与 RFV 值分析比较 本研究在实测 5 种常见的饲草 GI'' 值以及张吉鹏等^[6]的研究基础上,对 GI'' 与 RFV 进行了合理的比较(表 6)。用实测的 DMI 值计算得出 RFV 值,采用模型计算得出可消化干物质(表 6)。

饲草品质从高到低,按 RFV 的排序为苜蓿 > 沙打旺 > 高丹草 > 黑麦草 > 狼尾草,而按 GI'' 的排

表 6 饲草 GI'' 和 RFV 值的比较

Table 6 Comparison of GI'' with RFV

牧草 Forage	RFV	GI''
苜蓿 Alfalfa	147.83	12.26
沙打旺 Erect milkvetch	128.82	8.30
高丹草 Sorghum Hybrid sudan grass	99.60	3.18
狼尾草 Chinese pennisetum	75.52	1.87
黑麦草 Ryegrass	99.00	4.40

序为苜蓿 > 沙打旺 > 黑麦草 > 高丹草 > 狼尾草。在评定饲草品质优劣分级时,由于 RFV 没有考虑饲草的蛋白质组分和木质素含量,把黑麦草排在了木质素含量较高的高丹草之后;而 GI'' 分级则明显地区分出了黑麦草和高丹草的品质,这说明 RFV 不能对饲草品质间细微的差别区分开来,从而会出现

分级的“盲点”。

3 讨论

3.1 饲草评价指标的研究 由美国饲草和草原协会(1978)所提出的 RFV 是当前饲草销售市场及饲草品质检测技术的重要载体。RFV 以 DDM 为理论依据,而该种饲草的 DMI 和 DDM 是通过实测 NDF、ADF 并利用一定的模型预测得到的。红敏等^[7]的采食量预测方程仅仅考虑了 NDF,而没有考虑 CP 对草食家畜采食量的影响。GI 综合考虑了粗饲料可利用能量、CP 和 DMI 等指标,更加全面、科学、合理、客观地反映了反刍家畜营养利用规律与粗饲料的营养价值^[3]。GI 不仅能够用于饲草的品质分级、交易及评定,还可用于指导饲草的种植、刈割以及粗饲料科学搭配组合^[8-11]。GI 较 RFV 具有更加科学的生物学意义。

卢德勋在 RFV 的基础上,利用优化饲养设计模式的理论和系统动物营养工程提出全新饲草品质评定指数——GI 值^[12]。GI 值除利用能量参数外还引入了 CP 与 DMI 等参数,首次将饲草因素(能量、蛋白、纤维物质等)与动物因素(采食量、消化率、利用率等)有机结合,所以 GI 指数是一个集理论与实践于一体的粗饲料品质评定、分级指数。具有整体性、综合性的特点。

3.2 饲草科学搭配和优化组合的筛选 目前,由于对饲草品质的评价缺乏科学合理的分级、评定技术,仍然普遍存在着对饲草的不合理利用和浪费现象,导致饲草料间营养互作的效应无法进行正确合理搭配利用。更严重的是,对草食家畜的饲养成本大幅度增加^[13]。而 GI 指数综合考虑了粗蛋白和能量两大因素,并创造性地引入了难以被草食家畜消化利用的 ADL,结合家畜的实际采食量,对饲草品质进行合理评价,根据饲草成本和 GI 值对饲草进行科学组合,得出优化的混合饲草组合^[13-14]。优化后的饲草组合不仅可降低饲养成本,调配草食家畜的营养需求,还可以有效提高家畜的整体生产性能,最终达到提高畜产品品质,保证食品安全的目的。

本研究根据所选 5 种饲草的实际状况,计算出 5 种饲草的 GI 值,从而进行品质评价。此外,通过饲草的 GI 值可因地制宜地选择不同饲草原料进行合理搭配和组合,提高饲草利用效率。同时还可充分利用当地丰富的饲草、工农业副产品,降低日粮成本,减少不必要的浪费。

4 结论

从常规营养成分分析、饲草代谢能(ME)及自由采食量(DMI)结果综合分析来看,试验所用5种材料品质排列顺序为苜蓿>沙打旺>黑麦草>高丹草>狼尾草。

通过比较分析GI、GI'、GI''的划分结果可以看出,使用ADL为纤维素指标得出的饲草分级指数更为科学合理,符合实际饲养情况。

参考文献

- [1] Moore J E. Forage quality indices: Development and application[A]. In: Fahey G C, Jr. Forage Quality, Evaluation and Utilization[M]. Madison WI: ASA, CSSA, SSSA, 1994: 977-998.
- [2] 卢德勋. 乳牛营养技术精要[A]. 华西希望集团. 2001年动物营养学术研讨会论文集[C]. 四川成都: 2001.
- [3] 张吉鹏, 卢德勋, 刘建新, 等. 粗饲料品质评定指数的研究现状及其进展[J]. 草业科学, 2004, 21(9): 55-61.
- [4] 杨胜. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1999.
- [5] van Soest P J, Sniffen C J, Mertens D R. A net protein system for cattle: The rumen submodel for nitrogen [A]. In: Owens F N ed. Protein Requirements for Cattle: Proceedings of an International Symposium[C]. Stillwater: Oklahoma State University, 1981: 265.
- [6] 张吉鹏, 卢德勋, 胡明, 等. 几种绵羊常用粗饲料GI的测定及其代谢能模型化研究[J]. 四川草原, 2005(7): 1-5, 26.

- [7] 红敏, 高民, 卢德勋, 等. 粗饲料品质评定指数新一代分级指数的建立及与分级指数(GI2001)和饲料相对值(RFV)的比较研究[J]. 动物营养学报, 2011, 23(8): 1296-1302.
- [8] Williams B A. Cumulative gas-production techniques for forage evaluation[A]. In: Givens D I, Owen E, Axford R F E, et al. Forage Evaluation in Ruminant Nutrition[M]. Wallingford, UK: CAB International, 2000: 189-213.
- [9] Beever D E, Mould F L. Forage evaluation for efficient ruminant livestock production[A]. In: Givens D I, Owen E, Axford R F E, et al. Forage Evaluation in Ruminant Nutrition[M]. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2000: 15-42.
- [10] Schofield P. Gas production methods[A]. In: D'Mello J P F. Farm Animal Metabolism and Nutrition [M]. Wallingford, UK: CAB International, 2000: 209-232.
- [11] Hunt C W, Paterson J A, Williams J E. Intake and digestibility of alfalfa-tall fescue combination diets feed to lambs [J]. Journal of Animal Science, 1985, 60: 301-312.
- [12] 张玲. 日粮中添加苹果渣、山检渣等混合果渣饲喂泌乳牛的效果试验[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2002(3): 20-21.
- [13] 王晓光. 饲草型全混日粮饲用价值评价研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2010.
- [14] 张吉鹏. 粗饲料品质评定指数的比较研究[J]. 饲料研究, 2003, 11(9): 17-20.

Measurement and evaluation of grading indexes (GI) of five forages

CHNEG Li-xin¹, YANG Rui-jie², GE Gen-tu², SUN Lin², FU Jun-ping², JIA Yu-shan²

(1. Inner Mongolia Autonomous Academy of Agriculture and Husbandry Science, Hohhot 010031, China;

2. College of Ecology and Environment Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, China)

Abstract: The study was made by calculating the Grading Index (GI) of five kinds of forage grasses with their neutral washing fiber (NDF), acid washing fiber (ADF) and acid washing lignin (ADL) as different cellulose index to determine the conventional nutrient components, the in vitro digestion rate, gross energy, and dry matter intake. Comparing and analyzing GI calculation, the results showed that the grading index calculated by ADL as cellulose index was more reasonable, and also conformed to the actual feeding conditions. And the preferential order was alfalfa>erect milkvetch>ryegrass>sorghum Hybrid sudan grass>Chinese pennisetum.

Key words: grading index (GI); forage quality; metabolic energy; dry matter intake