

杜雪燕,王 迅,柴沙驼,等. 应用康奈尔净碳水化合物-蛋白质体系(CNCPS)评定不同物候期天然牧草营养价值[J]. 江苏农业科学,2016,44(1):260-263.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.01.077

应用康奈尔净碳水化合物-蛋白质体系(CNCPS) 评定不同物候期天然牧草营养价值

杜雪燕,王 迅,柴沙驼,刘书杰

(省部共建青海省高原放牧家畜营养与生态重点实验室培育基地/

青海省高原放牧家畜营养与饲料科学重点实验室/青海大学,青海西宁 810016)

摘要:利用康奈尔净碳水化合物-蛋白质体系(CNCPS),测定不同物候期天然牧草 CNCPS 营养成分,计算蛋白质组分和碳水化合物组分,并估测瘤胃可降解蛋白和瘤胃可降解碳水化合物的吸收率,综合评价天然牧草营养价值。结果显示:(1)返青期 CP 含量最高(14.88%, $P<0.01$);枯草期 NDF(65.36%, $P<0.05$)、ADF(45.28%, $P<0.01$)含量均最高。(2)不同物候期,PA、PB₁、SP 含量差异不显著($P>0.05$);PB₂ 含量,青草期显著高于枯草期($P<0.05$);PB₃ 和 NDFIP(% CP)含量枯草期均极显著高于返青期、青草期($P<0.01$);返青期 RDP(10.01%, $P<0.01$)、RUP(4.88%, $P<0.01$)含量最高,可消化的瘤胃非降解蛋白(DRUP)含量最高(2.86%, $P<0.01$);枯草期 PC(% CP)含量最高(18.98%, $P>0.05$)。(3)CA 和 CB₁ 变化趋势相似,从牧草返青到干枯,先升高,后线性降低,枯草期时均最低,分别为 26.02%(% CHO)、0.92%(% CHO);缓慢降解碳水化合物中,枯草期 CB₂、n NDF、n ADF 含量均达到全年最高,前两者全年差异不显著($P>0.05$),后者则极显著高于返青期(42.35% CHO, $P<0.01$)和青草期(43.53% CHO, $P<0.01$);枯黄期 CC 含量最高;不同物候期 DRUC 和 ADL 含量差异不显著($P>0.05$)。研究表明:不同物候期,牧草中 CP 与 CHO 组成和含量相差较大,营养价值不尽相同;自牧草返青,随生育期的延续,牧草营养价值降低,枯草期达到最低。

关键词:康奈尔净碳水化合物-蛋白质体系(CNCPS);物候期;天然牧草;营养价值

中图分类号:S812 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2016)01-0260-04

天然牧草营养直接影响反刍家畜的营养状况、生命活动和生产性能。准确评价放牧家畜四季采食牧草营养价值变化,是评估天然草地营养供给的基础,也是合理开发利用草地生态资源的重要依据。如何评价评定牧草的营养价值一方面

收稿日期:2015-01-24

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(编号:201303062-1);国家自然科学基金(地方科学基金)(编号:41461081)。

作者简介:杜雪燕(1988—),硕士研究生,研究方向为动物营养与饲料科学。E-mail:duxueyan2012@126.com。

通信作者:柴沙驼,副研究员。E-mail:chaishatuo@163.com。

需要测定营养物质含量,另一方面需要了解营养物质在家畜体内的消化利用状况^[1]。同时,研究表明,同种植物在不同生育期,营养物质在全株各部位的转移和分配均不断发生变化,使得不同物候期,植株饲用价值和利用率不尽相同^[2]。可见,准确估测不同物候期天然草地的牧草营养状况,对于草地畜牧业发展尤为重要。近年来,笔者所在课题组成员用传统的概略养分分析法结合体外产气法对三江源区玉树州、果洛州、玛多县等地天然牧草营养价值进行了大量研究^[3-5]。

与 Weende 体系和 Van Soest 体系的静态评价体系相比,美国动物营养科学家提出的康奈尔净碳水化合物-蛋白质体

[15] Morisawa M, Suzuki K. Osmolality and potassium ion: their roles in initiation of sperm motility in teleosts [J]. Science, 1980, 210 (4474): 1145-1147.

[16] 李 飞, 万 全. 环境因子对胭脂鱼精子活力影响的研究[J]. 淡水渔业, 2009, 39(4): 22-28.

[17] 王 芳, 岳兴建, 谢碧文, 等. pH、葡萄糖以及金属离子对翘嘴红鲌精子活力的影响[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(27): 16812-16814, 16884.

[18] 刘鉴毅, 甘 芳, 危起伟, 等. 几种不同浓度的离子及单糖对中华鲟精子活力的影响[J]. 水生生物学报, 2007, 31(6): 849-854.

[19] Gallis J L, Fedrigo E, Jatteau P. Siberian sturgeon, *Acipenser baeri*, spermatozoa: Effects of dilution, pH, osmotic pressure, sodium and potassium ions on motility [M]. *Acipenser*: Cemagref Publ, 1991.

[20] Toth G P, Ciereszko A, Christ S A, et al. Objective analysis of sperm

motility in the lake sturgeon, *Acipenser fulvescens*: activation and inhibition conditions [J]. *Aquaculture*, 1997, 154(3/4): 337-348.

[21] Alavi S H, Cosson J. Sperm motility in fishes (II): effects of ions and osmolality: a review [J]. *Cell Biology International*, 2006, 30 (1): 1-14.

[22] 苏德学, 严安生, 田永胜, 等. 钠、钾、钙和葡萄糖对白斑狗鱼精子活力的影响[J]. 动物学杂志, 2004, 39(1): 16-20.

[23] 江世贵, 苏天凤, 喻达辉, 等. 中华乌塘鳢精子的生物学特性及其超低温保存[J]. 水产学报, 2000, 24(2): 119-122.

[24] Gardiner D M. Utilisation of extracellular glucose by spermatozoa of two viviparous fishes [J]. *Comp Biochem Physiol*, 1978, 59(2): 165-168.

[25] 古 巍. Na、K、葡萄糖和果糖对高白鲑精子活力影响的研究 [D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2005.

系(Cornell net carbohydrate and protein system, CNCPS),能真实反映放牧反刍家畜采食牧草中蛋白质和碳水化合物在瘤胃内降解、消化及能量、蛋白质的吸收效率等^[6]。国内学者对 CNCPS 体系进行了多年研究,并在 CNCPS 体系饲料组分数据库的建立、模型的验证和改进方面有了进一步发展^[7]。李燕鹏用 CNCPS 体系研究了玉米、豆粕、苜蓿等 23 种反刍动物常用的能量饲料、蛋白饲料、粗饲料的营养价值,表明可以通过分析饲料的化学成分,用 CNCPS 蛋白组分和碳水化合物组分来预测到达小肠的可利用粗蛋白,评定反刍动物饲料营养价值^[8]。穆会杰等用 CNCPS 体系对不同生育期小麦秸营养价值进行评定,结果显示,生育期可不同程度地影响小麦秸蛋白质和碳水化合物的组成及含量^[9]。隋美霞运用 CNCPS 体系测定 7 种粗饲料的营养价值,结合人工模拟瘤胃发酵法,建立体外产气与饲料营养价值联系^[10]。可见,用 CNCPS 体系评价反刍动物粗饲料营养价值已成为新的趋势。

目前,应用 CNCPS 体系对高寒草甸典型草场不同物候期天然牧草营养价值的研究鲜见报道。因此,本试验根据 CNCPS 体系的原理和方法,评定三江源区嵩草草地牧草营养价值,研究不同物候期牧草蛋白组分和碳水化合物组分变化,为青海省河南县天然牧草营养价值数据库的建立提供基础数据。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

试验场所位于三江源区青海省河南蒙古族自治县,是典型的高寒草甸类高山嵩草草地。经纬度 101°38′08.7″~101°38′13.8″E, 34°51′03.4″~34°51′18.1″N, 平均海拔 3 570 m。年降水量 450~600 mm,雨热条件较充沛。试验开始于 2013 年 4 月,采集时间为枯草期(4 月)、返青期(6 月)、青草期(8 月)、枯黄期(10 月)。采集 1.0×1.0 m² 样方,齐地面刈割,挑出石子、动物粪便等不可食部分,称质量并记录,挑出不可食牧草,将可食牧草风干、称质量带回实验室,粉碎过筛(1 mm),65℃烘干备用。

1.2 试验方法

1.2.1 营养成分测定 根据 AOAC 法^[11]进行粗蛋白质(crude protein, CP)、粗脂肪(ether extract, EE)、干物质(dry matter, DM)、粗灰分(Ash)含量测定,根据 van Soest 法^[12]进行酸性洗涤纤维(acid detergent fiber, ADF)、中性洗涤纤维(neutral detergent fiber, NDF)、酸性洗涤不溶蛋白(acid detergent insoluble protein, ADIP)、中性洗涤不溶蛋白(neutral detergent insoluble protein, NDIP)测定,可溶性蛋白(soluble crude protein, SCP)按照 Roe 等的方法^[13]进行,通过相应公式计算碳水化合物(carbohydrate, CHO)、非结构性碳水化合物(non structural carbohydrates, NSC)、非纤维性碳水化合物(non fiber carbohydrate, NFC),按照 Sniffen 法^[14]测定淀粉(starch)、木质素(lignin)含量。

1.2.2 CNCPS 体系对蛋白质和碳水化合物的划分 CNCPS 是以反刍动物瘤胃消化特征为基础的饲料营养价值评价体系,蛋白质和碳水化合物是饲料营养价值的核心。根据饲料中蛋白质在瘤胃中的降解速率不同,该体系将蛋白质分为 5 部分:瘤胃快速降解蛋白 PA,即非蛋白氮(NPN);真蛋白 PB

(包括 PB₁、PB₂、PB₃,其中,PB₁是可溶于缓冲液的真蛋白质,属于快速降解蛋白;PB₂是中性洗涤可溶蛋白,属于中速降解蛋白;PB₃是酸性洗涤可溶蛋白,属于缓慢降解蛋白);PC 是酸性洗涤不溶蛋白,即 ADIP,是与木质素、单宁等结合的蛋白质,为不可利用蛋白。碳水化合物被分为 4 部分:以糖类为主的瘤胃快速降解碳水化合物(CA);以淀粉和果胶为主的瘤胃中速降解碳水化合物(CB₁);以可利用纤维为主的瘤胃慢速降解碳水化合物(CB₂);以牧草细胞壁为主的不可利用纤维,即瘤胃不可利用碳水化合物(CC)。

1.2.3 CNCPS 指标计算方法 根据 Sniffen 等的方法^[14]计算牧草中蛋白质组分及碳水化合物组分(PA、PB₁、PB₂、PB₃、PC、CC、CB₁、CB₂、CA、NSC)含量。蛋白质组分计算公式:

$$PA(\%CP) = NPN(\%SCP) \times 0.01 \times SCP(\%CP);$$

$$PB_1(\%CP) = SCP(\%CP) - PA(\%CP);$$

$$PB_2(\%CP) = 100\% - PA(\%CP) - PB_1(\%CP) - PB_3(\%CP) - PC(\%CP);$$

$$PB_3(\%CP) = NDFIP(\%CP) - ADFIP(\%CP);$$

$$PC(\%CP) = ADFIP(\%CP)。$$

式中:NPN(%SCP)为非蛋白氮占可溶性蛋白的百分比;SCP(%CP)为可溶性蛋白占粗蛋白的百分比;PA(%CP)为非蛋白氮占粗蛋白的百分比;PB₁(%CP)为快速降解蛋白占粗蛋白的百分比;PB₂(%CP)为中速降解蛋白占粗蛋白的百分比;PB₃(%CP)为慢速降解蛋白占粗蛋白的百分比;PC(%CP)为不可利用蛋白占粗蛋白的百分比。

碳水化合物组分计算公式:

$$CHO(\%DM) = 100\% - CP(\%DM) - EE(\%DM) - Ash(\%DM);$$

$$CC(\%CHO) = 100\% \times [NDF(\%DM) \times 0.01 \times Lignin(\%NDF) \times 2.4] / CHO(\%DM);$$

$$CB_2(\%CHO) = 100\% \times \{[NDF(\%DM) - NDFIP(\%CP) \times 0.01 \times CP(\%DM) - NDF(\%DM) \times 0.01 \times Lignin(\%NDF) \times 2.4] / CHO(\%DM)\};$$

$$NSC(\%CHO) = 100\% - CB_2(\%CHO) - CC(\%CHO);$$

$$CB_1(\%CHO) = Starch(\%NSC) \times [100\% - CB_2(\%CHO) - CC(\%CHO)] / 100;$$

$$CA(\%CHO) = [100\% - Starch(\%NSC)] \times [100\% - CB_2(\%CHO) - CC(\%CHO)] / 100。$$

式中:CHO(%DM)、CP(%DM)、EE(%DM)、Ash(%DM)、NDF(%DM)分别表示 CHO、CP、EE、Ash、NDF 占牧草干物质的百分比;Lignin(%NDF)表示木质素占中性洗涤纤维的百分比;CB₂(%CHO)表示可利用纤维占碳水化合物的百分比;NDFIP(%CP)表示中性洗涤不溶蛋白占粗蛋白的百分比;NSC(%CHO)表示非结构性碳水化合物占总碳水化合物的百分比;CC(%CHO)表示不可利用纤维占碳水化合物的百分比;CB₁(%CHO)表示淀粉和果胶占碳水化合物的百分比;Starch(%NSC)表示淀粉占非结构性碳水化合物的百分比;CA(%CHO)表示糖类占碳水化合物的百分比。

1.4 统计分析

试验数据采用 Excel 2007 进行初步整理,用 SPSS statistics 17.0 进行单因素方差分析(one-way ANOVA),用 Duncan's 方法进行多重比较,结果用“平均数±标准差”表

示,以 $P<0.05$ 作为差异显著判断标准,以 $P<0.01$ 作为极显著判断标准。

2 结果与分析

2.1 不同物候期天然牧草营养水平

由表 1 可知,牧草返青至枯萎,随着物候期的延迟,CP、NDF、ADF、SCP、NDFIP、CHO 含量差异较大。CP 含量持续下降,由返青期的 14.88% 线性下降到枯草期的 5.72% ($P<$

0.01);NDF 和 ADF 含量变化趋势相似,枯草期极显著或显著高于后 3 期($P<0.01$ 或 $P<0.05$),枯黄期极显著或显著高于返青期、青草期($P<0.01$ 或 $P<0.05$);SCP 含量,随物候期的延迟逐渐下降,返青期最高,显著高于枯草期(3.69, $P<0.05$),与青草期、枯黄期差异不显著($P>0.05$);NDFIP 含量在返青期最高,极显著高于后 3 期($P<0.01$);CHO 含量变化趋势总体与 CP 相反,枯草期极显著高于返青期、青草期、枯黄期($P<0.01$),后 3 者之间差异也是极显著($P<0.01$)。

表 1 不同物候期天然牧草营养水平(干基) %

物候期	DM	CP	Ash	EE	NDF	ADF	ADL
枯草期	97.46±0.16abA	5.72±1.37dD	6.66±1.32a	2.50±0.14cB	65.36±2.92aA	45.28±3.31aA	8.74±5.19a
返青期	97.86±0.81aA	14.88±1.60aA	6.94±1.57a	3.63±0.41bA	56.03±7.63cA	33.60±2.49cC	9.02±2.31a
青草期	97.08±0.53bA	10.90±1.09bB	7.14±1.55a	4.01±0.36aA	55.49±4.73cA	35.64±3.06cC	10.07±6.07a
枯黄期	97.02±0.19bA	8.33±1.48cC	7.14±1.18a	3.45±0.78bA	60.80±2.02bA	40.34±1.89bB	16.00±5.55a
物候期	NPN	SCP	NDFIP	ADFIP	starch	NFC	CHO
枯草期	1.56±1.34a	2.12±1.16bA	3.14±1.43aB	1.15±0.71a	0.92±0.50bA	19.76±1.31a	85.12±2.56aA
返青期	2.41±0.97a	3.69±1.10aA	5.55±1.02aA	2.01±0.58a	1.80±0.45aA	18.51±6.39a	74.54±2.82dD
青草期	2.26±0.86a	3.29±0.78abA	3.16±0.60bB	1.71±0.75a	1.90±0.53aA	22.47±3.16a	77.95±2.03cC
枯黄期	1.63±0.63a	2.84±0.54abA	2.34±0.74bB	1.36±0.44a	1.30±0.27abA	21.28±2.34a	81.08±1.85bB

注:同列后不同大写、小写字母分别表示差异极显著($P<0.01$)、($P<0.05$),下同。

2.2 不同物候期天然牧草 CNCPS 蛋白组分

由表 2 可知,不同物候期牧草中快速降解蛋白(PA、PB₁、SP)含量差异不显著($P>0.05$);PB₂ 含量,青草期显著高于枯草期($P<0.05$);PB₃ 和 NDFIP(% CP) 含量均在枯草期最高,极显著高于返青期、青草期($P<0.01$),枯黄期最低;RDP

(% DM)和 RUP(% DM)变化趋势相同,从返青期到枯草期,依次降低,各物候期差异极显著或显著($P<0.01$ 或 $P<0.05$);可消化的瘤胃非降解蛋白(DRUP)含量,返青期最高,极显著高于青草期和枯草期($P<0.01$);PC(% CP) 含量从返青期到枯草期,依次升高,各物候期差异不显著($P>0.05$)。

表 2 不同物候期天然牧草 CNCPS 蛋白组分

物候期	快速降解蛋白(% CP)			慢速降解蛋白(% CP)		
	PA	PB ₁	SP	PB ₂	PB ₃	NDFIP
枯草期	25.23±16.06a	10.22±6.84a	35.45±10.76a	10.43±23.76bA	35.15±13.58aA	54.13±15.58aA
返青期	16.25±6.74a	8.55±4.12a	24.80±6.74a	37.94±6.92aA	23.61±3.82bB	37.26±5.58bB
青草期	20.50±6.84a	9.64±3.59a	30.14±6.51a	40.61±6.08aA	13.36±6.11cC	29.25±6.13bB
枯黄期	19.77±6.85a	14.70±4.99a	34.46±6.07a	37.43±6.13aA	11.64±4.02cC	28.11±7.86bB
物候期	RDP (% DM)	瘤胃不降解的蛋白				
		RUP(% DM)	DRUP(% DM)	PC(% CP)		
枯草期	3.61±0.70dD	2.11±0.67cC	0.96±0.05bB	18.98±7.21a		
返青期	10.01±1.31aA	4.88±0.60aA	2.86±0.49aA	13.65±4.14a		
青草期	7.40±1.11bB	3.50±0.56bB	1.79±0.35bB	15.89±7.54a		
枯黄期	5.63±1.10cC	2.70±0.60cC	1.34±0.31bAB	16.47±5.35a		

2.3 不同物候期天然牧草碳水化合物组分

由表 3 可知,牧草中快速降解碳水化合物(CA)和中速降解碳水化合物(CB₁)变化趋势相似,从牧草返青到干枯,先升高,再线性降低,枯草期时均为最低,分别为 26.02(% CHO)、0.92(% CHO)。缓慢降解碳水化合物中,枯草期 CB₂、n NDF、n ADF 含量均达到全年最高,前两者全年差异不显著($P>0.05$),后者则极显著高于返青期(42.35% CHO, $P<$

0.01)和青草期(43.53% CHO, $P<0.01$)。瘤胃不降解碳水化合物(CC)枯黄期最高,青草期次之,枯草期最低;不同物候期牧草中可消化瘤胃非降解碳水化合物(DRUC)和酸性洗涤木质素(ADL)含量差异不显著($P>0.05$)。

3 讨论与结论

3.1 不同物候期天然牧草营养水平

表 3 不同物候期天然牧草 CNCPS 碳水化合物组分

物候期	快速、中速降解 CHO		缓慢降解 CHO(% CHO)			瘤胃不降解 CHO			
	CA (% CHO)	CB ₁ (% CHO)	CB ₂	n NDF	n ADF	RUC (% DM)	DRUC (% DM)	CC (% CHO)	ADL (% n NDF)
枯草期	26.02±1.73a	0.92±0.50bA	48.27±16.11a	73.06±1.71a	51.90±4.03caA	35.05±7.8abA	14.08±4.80a	24.79±15.24bA	14.21±8.97a
返青期	30.60±8.11a	1.80±0.45aA	38.42±14.45a	67.60±8.37a	42.35±2.00cC	31.68±3.01bA	10.04±3.78a	29.18±7.98abA	18.46±6.16a
青草期	31.07±4.55a	1.90±0.53aA	36.00±20.57a	67.03±4.96a	43.53±3.17cC	34.01±9.50bA	9.85±5.43a	31.03±18.55abA	19.58±11.90a
枯黄期	27.82±2.17a	1.30±0.27abA	23.51±18.13a	70.88±2.07a	48.06±1.68bB	45.13±8.40aA	6.73±4.94a	47.37±16.31aA	28.06±10.49a

与传统的 Weende 体系和 van Soest 体系不同, CNCPS 依据牧草在瘤胃中的降解速率不同将蛋白质和碳水化合物进行细分, 使得牧草营养价值评价更加精确。杜晋平等的研究结果均表明, CNCPS 测定指标较多, 对饲料营养价值评定更精确, 可作为评价反刍动物粗饲料的方法^[15-17]。天然牧草是放牧家畜采食的主要粗饲料, CNCPS 体系评价其营养价值相关的研究较少。艳城等用 CNCPS 评价了内蒙古鄂尔多斯市荒漠草原区 8 种牧草的营养价值, 认为不同牧草 CNCPS 蛋白质组分和碳水化合物组分差异较大^[18]。

本试验按照三江源区嵩草草地牧草实际生长状况, 分别测定不同物候期牧草的 CNCPS 营养成份, 结果表明, 返青期时 CP 含量最高, 达到 14.88%, 枯草期时最低, 为 5.72%, 按照任继周等牧草 CP 等级指数划分 ($\geq 16\%$ 为上等、 $10\% \sim 15\%$ 为中等、 $\leq 10\%$ 为下等), 返青期牧草营养品质处于中上等, 枯草期为下等^[19]。ADF 影响家畜对牧草的消化, NDF 含量与牧草适口性相关, 两者含量间接反映牧草品质, ADF、NDF 含量越高, 牧草品质越低^[20]。本试验测得自牧草返青, ADF、NDF 含量呈上升趋势, 说明牧草品质下降, 枯草期时牧草品质最低。SCP 含量也是随物候期的延迟逐渐下降。表明返青期牧草营养价值最佳, 其次为青草期, 枯草期时最低。

3.2 不同物候期天然牧草 CNCPS 蛋白组分

Shannak 等对 CNCPS 蛋白组分与瘤胃可降解蛋白 (RDP)、瘤胃非降解蛋白 (RUP) 进行了相关分析, 表明 CNCPS 蛋白组分能够准确预测饲料的 RDP 和 RUP 含量^[21]。本试验结合 CNCPS 体系研究了不同物候期天然牧草蛋白质中快速降解、慢速降解和非降解蛋白含量变化, 结果表明, 从返青期到枯草期, 牧草中 RDP 和 RUP 含量依次降低。快速降解蛋白 ($PA + PB_1$) 是反刍动物合成微生物蛋白的主要氮源, 其中, 非氨基酸氮含量能够影响微生物蛋白合成^[22]。瘤胃缓慢降解的真蛋白质 ($PB_2 + PB_3$) 贡献部分过瘤胃蛋白。瘤胃中不能降解的蛋白质 (PC) 全部贡献过瘤胃蛋白, 但不是小肠可消化蛋白的组分。本试验结果显示, 从牧草返青开始, $PA + PB_1$ 含量依次升高, 直到枯草期达到 35.45%, PC 含量呈现相同变化趋势。可见, 随生育期的延续, CP、SCP 含量降低, $PA + PB_1$ 和 PC 含量升高, 牧草中蛋白质趋向于以快速降解蛋白的形式存在。此外, 随牧草的枯萎, 细胞组织中蛋白质多与木质素、单宁等结合成不可利用蛋白, 牧草品质也随之下降。

3.3 不同物候期天然牧草 CNCPS 碳水化合物组分

天然牧草中碳水化合物是放牧家畜的主要能量来源, 其营养价值主要取决于非结构性碳水化合物和结构性碳水化合物在瘤胃中的降解情况。本试验结果表明碳水化合物总量随着生育期的延续不断升高。快速降解碳水化合物 (CA) 含量在不同物候期差异不显著 ($P > 0.05$); 缓慢降解碳水化合物中, CB_2 和 n NDF 含量全年差异不显著 ($P > 0.05$), 说明牧草 CHO 对反刍动物的可利用性没有发生显著改变, 可能与叶片老化、自生光合作用能力下降有关。

3.4 结论

本试验采用 CNCPS 体系对天然牧草的营养价值进行评价, 分析不同物候期 CNCPS 蛋白组分与碳水化合物组分变化, 研究表明, 返青期牧草营养价值最佳, 其次为青草期, 枯草期时最低。

参考文献:

- [1] 刘丽, 刘发孝. 浅析粗饲料营养价值的评定方法[J]. 山东畜牧兽医, 2008(增刊): 125-128.
- [2] 王桃, 徐长林, 张丽静, 等. 5个燕麦品种和品系不同生育期不同部位养分分布格局[J]. 草业学报, 2011, 20(4): 70-81.
- [3] 洪金锁. 三江源区玉树州主要草地类型天然牧草营养价值的综合评定[D]. 西宁: 青海大学, 2009.
- [4] 郝力壮. 三江源区果洛州主要草地类型天然牧草营养价值的综合评定[D]. 西宁: 青海大学, 2009.
- [5] 郝力壮, 刘书杰, 吴克选, 等. 玛多县高山嵩草草地天然牧草营养评定与载畜量研究[J]. 中国草地学报, 2011, 33(1): 84-89.
- [6] 曲永利, 吴健豪, 张永根. CNCPS 体系对牛日粮营养评价的研究进展[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2010(3): 27-29.
- [7] 周俊华, 邹彩霞, 梁贤威, 等. 应用康奈尔净碳水化合物-蛋白质体系评定广西水牛常用粗饲料的营养价值[J]. 动物营养学报, 2011, 23(12): 2190-2197.
- [8] 李燕鹏. 用 CNCPS 评定反刍动物饲料营养价值[D]. 南宁: 广西大学, 2008.
- [9] 穆会杰, 刘庆华, 邢其银. 不同生育期小麦秸营养动态及饲用价值[J]. 动物营养学报, 2014, 26(2): 549-556.
- [10] 隋美霞. 产气法和 CNCPS 法对粗饲料营养评价的比较研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2009.
- [11] AOAC. Official methods of analysis [M]. 13th ed. Washington D C: Association of Official Analytical Chemists, 1980.
- [12] van Soest P J, Sniffen C J, Mertens D R. Protein requirements for cattle: proceedings of an international symposium [M]. Stillwater: Div of Agricultural, 1981: 265.
- [13] Roe M B, Sniffen C J, Chase L E. Techniques for measuring protein fractions in feedstuffs [M]. Department of Animal Science, Cornell University, Ithaca, NY. Proc Cornell Nutr Conf, 1990: 81-88.
- [14] Sniffen C J, O'Connor 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(11): 3562-3577.
- [15] 杜晋平. 基于 CNCPS 模型的肉牛饲料碳水化合物组分的消化及采食量与日增重预测评估[D]. 北京: 中国农业大学, 2009.
- [16] 曲永利, 吴健豪, 苗树君, 等. CNCPS 体系对东北农区奶牛饲料营养价值的评定[C]. 中国牛业健康发展与科技创新——中国畜牧兽医学会第七届养牛学分会 2009 年学术研讨会论文集, 2009.
- [17] 李颖丽. 内蒙古地区奶牛饲料 CNCPS 体系数据库的建立[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2010.
- [18] 艳城, 孙海洲, 赵存发, 等. 应用 CNCPS 体系评价内蒙古荒漠草原天然牧草营养价值研究[C]. 中国畜牧兽医学会养羊学分会 2014 年全国养羊生产与学术研讨会论文集, 2014.
- [19] 任继周. 草业科学研究方法 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 201-213.
- [20] Marten G C. 放牧研究: 设计、方法与分析 [M]. 李永宏, 汪诗平, 伊永军, 等译. 北京: 气象出版社, 1997.
- [21] Shannak S, Südekum K H, Susenbeth A. Estimating ruminal crude protein degradation with in situ and chemical fractionation procedures [J]. Animal Feed Science and Technology, 2000, 85(3/4): 195-214.
- [22] NRC. Nutrient requirement of dairy cattle [S]. 7th ed. Washington D C: National Academy Press, 2001.