

网络出版时间:2013-05-02 10:22

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20130502.1022.009.html>

青贮条件对天然牧草青贮饲料饲用品质的影响

冯骁骋, 格根图, 李长春, 刘 燕, 王坤龙, 孙 林, 贾玉山

(内蒙古农业大学 生态环境学院, 内蒙古 呼和浩特 010019)

【摘 要】 【目的】筛选天然牧草最适青贮条件, 为天然牧草青贮提供科学依据。**【方法】**针对影响天然牧草青贮饲用品质的水分、密度、乳酸菌含量和糖分含量 4 个因素, 设计 $L_9(3^4)$ 正交试验, 共形成 9 种青贮条件, 对不同条件下天然牧草青贮饲料的感官品质、酸度及营养成分等进行分析, 比较不同条件下天然牧草青贮样品总可消化营养物质(Total digestible nutrients, TDN)的含量。**【结果】**通过试验对比分析, 第 5 组青贮饲料的感官得分最高, 为 20 分, 其 pH 值为 3.99, 显著或极显著低于其他各组; TDN 占干物质的质量分数为 66.87%, 显著高于其他各组($P < 0.05$)。根据正交试验极差分析结果可知, 各因素对天然牧草青贮品质影响大小的顺序为: 蔗糖添加量 > 水分 > 乳酸菌添加量 > 密度。**【结论】**天然牧草在含水量 600~650 g/kg、密度 350~400 kg/m³、乳酸菌添加量 0.5 g/kg 和蔗糖添加量 15 g/kg 的条件下青贮, 所得青贮饲料的饲用品质较好。

【关键词】 天然牧草; 青贮; 感官评定; 总可消化养分

【中图分类号】 S816.5⁺3

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2013)05-0009-05

Influence of silage condition on the natural grass silage feeding quality

FENG Xiao-cheng, GE Gen-tu, LI Chang-chun, LIU Yan,

WANG Kun-long, SUN Lin, JIA Yu-shan

(College of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019, China)

Abstract: 【Objective】 Screening out the optimum silage conditions of natural grass, and providing scientific basis for natural grass silage. **【Method】** $L_9(3^4)$ orthogonal experiment was designed in his experiment according to 4 factors influenced the feeding value of natural grass silage—that is moisture content, density, lactic acid bacteria content and sugar content. This paper compared total digestible nutrients of natural grass by analyzing sensory quality, acidity and nutrition ingredient of natural grass silage in different condition. **【Result】** Through comparative analysis, the fifth group's score of sensory evaluation is 20 points which is highest; its pH value is 3.99, which is much lower than other treatments($P < 0.05$); TDN (The total digestible nutrients) Mass fraction of dry matter is 66.87%, which is much higher than other treatments($P < 0.05$). According to the orthogonal test range analysis, the order of factors that influence natural grass ensiling is: cane sugar additive amount > moisture > lactic acid bacteria additive amount > density. **【Conclusion】** The test area use silage processing method with the moisture content and density was controlled in the range of 600—650 g/kg and 350—400 kg/m³, and the adding amount of lactic acid bacteria and sucrose were 0.5 g/kg and 15 g/kg, so its forage quality is better.

Key words: natural grass; silage; sensory evaluation; total digestible nutrients

〔收稿日期〕 2011-11-26

〔基金项目〕 国家现代牧草产业技术体系(CARS-35)

〔作者简介〕 冯骁骋(1987—), 男, 内蒙古乌兰察布人, 在读博士, 主要从事天然牧草青贮研究。E-mail: 119356232@qq.com

〔通信作者〕 贾玉山(1962—), 男, 内蒙古赤峰人, 教授, 主要从事饲草料加工与贮藏研究。E-mail: jys_nm@sina.com

天然牧草是发展草原畜牧业的重要基础,但长久以来一直以青干草作为其主要的加工调制方式。Wilkinson 等^[1]的研究结果表明,禾本科牧草抽穗期到成熟期平均粗蛋白质含量为 11.5%,而枯黄期干草粗蛋白质含量降到 4.5%以下;从抽穗期到成熟期,总纤维含量中低消化性纤维含量平均增长 11.97%,其中木质素含量增加 40%,使牧草的消化率下降,明显影响牧草的有效利用率。干草调制使天然牧草营养成分流失严重,造成了草原地区饲草料不足的现状,因此天然牧草加工调制方式成为制约内蒙古自治区畜牧业发展的主要问题。

青贮(Silage)是指在密闭条件下,对青绿饲料进行厌氧发酵,以在相当长的时间内保持其优良品质的一种保鲜技术^[2]。将夏季营养价值最高的伏草进行青贮调制,不仅保障了草原地区牲畜青饲料的全年均衡供应,同时也解决了草原地区秋冬季饲喂干草的营养不足问题^[3]。然而,天然牧草由于群落构成复杂,乳酸菌附着量和糖分含量偏低,不易调制成优质青贮饲料。为此,本试验在李长春^[4]研究的基础上,选取影响天然牧草青贮的水分、密度、乳酸菌含量和糖分含量 4 个关键因素设计正交试验,对天然牧草进行青贮调制,通过对青贮饲料的感官、酸度、总可消化营养物质(Total digestible nutrient,TDN)进行评价,筛选出天然牧草最适的青贮条件,以期为天

然牧草青贮饲料的实际应用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材 料

试验所用青贮原料采集于锡林郭勒盟东乌珠穆沁旗典型草原,牧草刈割于当年的 07-20。当地的草群结构主要以大针茅(*Stipa grandis* P. Smirn.)、羊草(*Leymus chinensis* (Trin.) Tzvel.)、蒙古韭(*Allium mongolicum* Regel)、糙隐子草(*Cleistogenes squarrosa* (Trin.) Keng)和少量的猪毛菜(*Salsola collina* Pall.)为主。

乳酸菌剂采用日本雪印会社生产的“畜草 1 号”。食用蔗糖购自东乌旗。

1.2 试验设计

对影响天然牧草青贮效果的各因素进行初步分析,找出主要影响因素为水分、密度、乳酸菌含量和糖分含量,针对这些影响因素,采用 L₉(3⁴)正交试验设计对天然牧草青贮最适条件进行筛选,正交试验设计的因素及其水平如表 1 所示。

天然牧草按上述正交试验设计处理后,选用密封性好的真空塑料包装袋加工贮藏,每个处理设置 3 个重复,每个真空包装袋中填充天然牧草 150 g,青贮发酵 60 d 以后开封,对其进行感官评定和营养成分分析。

表 1 天然牧草青贮条件 L₉(3⁴)正交试验设计的因素及其水平

Table 1 Factors and levels of silage condition on the natural grass L₉(3⁴) Orthogonal experimental

组别 Group	因素 Factor			
	水分/(g·kg ⁻¹) Moisture content	密度/(kg·m ⁻³) Density	乳酸菌添加量/(g·kg ⁻¹) Addition of lactic acid bacteria	蔗糖添加量/(g·kg ⁻¹) Dosage of cane sugar
1	550~600	250~300	0.50	10
2	600~650	250~300	0.00	5
3	650~700	250~300	0.25	15
4	550~600	300~350	0.25	5
5	600~650	300~350	0.50	15
6	650~700	300~350	0.00	10
7	550~600	350~400	0.00	15
8	600~650	350~400	0.25	10
9	650~700	350~400	0.50	5

注:乳酸菌和蔗糖添加量均以原料为基础计算。

Note: Amount of lactic acid bacteria and sucrose based on the calculation of material.

1.3 测定指标

1.3.1 感官评定 采用德国农业协会(Deutsche Lan Dwirtschafts Geseutschaft)评分法^[5],根据气味、结构、色泽 3 项指标进行评分,具体评分标准如表 2 所示。

1.3.2 pH 值的测定 称取 10 g 青贮料样品放入 15 cm×10 cm 的真空包装袋中,加入 90 mL 蒸馏水,使用匀质仪拍打 3 min,通过定性滤纸过滤,收

集滤液即得青贮浸出液,采用雷磁-25 型酸度计测定其 pH 值。

1.3.3 营养成分的测定及 TDN 的计算 牧草营养成分测定指标有粗蛋白质(CP)、粗脂肪(EE)、粗纤维(CF)和粗灰分(CA),各营养成分按《饲料分析及饲料质量检测技术》^[6]中的方法进行测定,测定结果均为质量分数。

表 2 青贮饲料感官评定标准(DLG)

Table 2 Criteria of Silage sensory evaluation

指标 Index	评分标准 Scoring criteria			分 数 Score
气味 Odor	无丁酸臭味,有芳香果味或明显的面包香味 Without butyric acid smell,but aromatic fruit taste or obvious bread aroma			14
	有微弱的丁酸臭味,较强的酸味,芳香味弱 With week butyric acid smell,but strong acidity,weak aromatic flavor			10
	丁酸味颇重,有刺鼻的焦糊臭味或霉味 Strong butyric acid smell or have pungent anxious burnt smell or musty taste			4
	有很强的丁酸臭味或氨味,几乎无酸味 Strong butyric acid smell or ammoniacal odour and almost no acid smell			2
结构 Structure	茎叶结构保持良好 Structure of stem and leaf is complete			4
	叶子结构保持较差 Structure of leaf is incomplete			2
	茎叶结构保存极差或轻度污染 Structure of stem and leaf is incomplete,or is mild pollution			1
	茎叶腐烂或污染严重 Stem and leaf decay or badly pollute			0
色泽 Color	与原料相似,烘干后呈淡褐色 Similar with the raw material,after drying it showed hazel			2
	略有变色,呈淡黄色或褐色 Color become pale yellow or brown			1
	变色严重,墨绿色或褪色呈黄色,有较强的霉味 Color become deep green or yellow ,strong musty taste			0
总分等级 Total point grade	20~16 分 优良,1 级 Excellent	15~10 分 尚好,2 级 Good	9~5 分 中等,3 级 Medium	4~0 分 腐败,4 级 Corruption

无氮浸出物(Nitrogen free extract,NFE)含量的计算:无氮浸出物含量(%)=1-粗蛋白(%) -粗纤维(%) -粗脂肪(%) -粗灰分(%)。

牧草 TDN 是评定牧草总营养价值或能量值的国际通用指标之一,也是牧草品质评价的重要指标,TDN 含量(质量分数)高则牧草品质优,反之则牧草品质差^[7]。TDN 含量采用修奈达氏(SCHNEDER)方法计算:

$$TDN=C+b_1X_1+b_2X_2+b_3X_3+b_4X_4。$$

式中: X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 分别代表干物质中粗蛋白、粗纤维、无氮浸出物和粗脂肪的质量分数; C 为常数,对于青贮饲料取值为 212.7; b_1 、 b_2 、 b_3 、 b_4 分别代表饲料中粗蛋白质、粗纤维、无氮浸出物和粗脂肪系数,对于青贮料其取值分别为-2.351,-2.196,-1.245和 0^[4]。

1.4 数据分析

试验数据采用 Excel 2007 进行整理和分析,采用 SAS 8.0 软件对相关数据进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同条件下青贮饲料的感官评定

不同青贮条件下天然牧草发酵品质的感官评定

表 4 天然牧草不同条件下青贮饲料的 pH 值

Table 4 pH value of silage under different processing conditions

项目 Item	1 组 Group 1	2 组 Group 2	3 组 Group 3	4 组 Group 4	5 组 Group 5	6 组 Group 6	7 组 Group 7	8 组 Group 8	9 组 Group 9
pH	3.95 Bc	4.45 Aa	4.21 ABb	4.32 Ab	3.99 Bc	4.40 Aa	4.46 Aa	4.22 ABb	4.10 ABb

注:同行数据后标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),标不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)。

Note; Different lowercase in the same line are significant difference ($P<0.05$), different capital letters in the same line are highly significant difference($P<0.01$).

结果见表 3。由表 3 可以看出,第 1,5 和 8 组青贮饲料得分较高,其青贮样品有微弱芳香味,茎叶保持良好,柔软松散,色泽呈淡黄色,青贮效果优良,评为 1 级;其他组的青贮料有较强的酸味,青贮效果尚好,为 2 级青贮饲料。

表 3 不同青贮条件下天然牧草发酵品质的感官评定得分

Table 3 Sensory evaluation scores of different condition of natural grass silage fermentation quality

组别 Group	指标得分 Index score			总分 Total points	等级 Grade
	气味 Odor	结构 Structure	色泽 Color		
1	14	4	1	19	1
2	10	1	1	12	2
3	10	2	2	14	2
4	10	2	2	14	2
5	14	4	2	20	1
6	10	2	1	13	2
7	10	2	0	12	2
8	10	4	2	16	1
9	10	4	1	15	2

2.2 天然牧草青贮饲料的酸度

从表 4 可以看出,第 1 组青贮饲料的 pH 值最低,为 3.95,其次为第 5 组,其 pH 值为 3.99,两者差异不显著($P>0.05$),但均显著低于第 3,8 和 9 组青贮饲料($P<0.05$),极显著低于第 2,4,6 和 7 组青贮饲料($P<0.01$)。

2.3 天然牧草青贮饲料的营养成分

经测定,青贮前天然牧草的粗灰分、粗蛋白、粗纤维以及粗脂肪含量(占干物质的质量分数)分别为 5.21%,11.13%,35.05%和 5.49%,NFE 和 TDN 分别为 46.12%和 67.37%。

天然牧草不同条件下青贮后营养成分的测定结果见表 5。由表 5 可知,第 5 组饲料的粗灰分含量显著或极显著高于其他各组($P<0.05$);第 3,5 和 7 组间粗蛋白含量差异不显著($P>0.05$),但均显著或极显著高于其余几组($P<0.05$),与原料的粗蛋

白含量相比,分别下降了 13.6%,13.4%和 14.7%;除第 1 和第 9 组青贮饲料外,其余各组青贮饲料的粗纤维含量均低于原料中的粗纤维含量,说明青贮技术可以有效地降低饲料中的粗纤维含量;各组青贮饲料的粗脂肪含量均低于原料,其中第 2,5,6 和 7 组饲料的粗脂肪含量较高,显著高于第 4,8 和 9 组饲料($P<0.05$),极显著高于第 1 组和 3 组饲料($P<0.01$);第 5 组青贮饲料的 NFE 含量最低,与第 9 组饲料差异不显著($P>0.05$),但显著或极显著低于其他几组。

表 5 天然牧草经不同条件青贮后营养成分的含量

Table 5 Nutrition content of natural grass silage on different condition

试验编号 Test number	干物质 Dry matter	粗灰分 CA(DM)	粗蛋白 CP(DM)	粗纤维 CF(DM)	粗脂肪 EE(DM)	无氮浸出物 NFE(DM)
1	94.62	4.81±0.86 Bc	9.04±0.28 Bc	35.56±0.81 Aab	2.84±0.09 Bc	42.37 BCc
2	94.61	4.75±0.02 Bc	9.08±0.15 Bbc	33.64±2.88 Cd	3.36±0.03 Aa	43.78 Bbc
3	94.42	4.83±0.36 Bc	9.49±0.23 Aa	32.92±1.61 Bcd	2.69±0.02 Bc	44.49 Aa
4	94.87	4.72±0.32 Bc	9.09±0.19 Bc	34.85±0.98 Bbc	3.09±0.07 Ab	43.12 Bc
5	94.55	6.92±0.05 Aa	9.61±0.18 Aa	32.43±2.71 Bc	3.58±0.07 Aa	42.01 Cd
6	94.28	4.71±0.89 Ac	9.19±0.08 Ab	34.83±0.53 Ab	3.14±0.08 Aa	42.41 BCc
7	94.26	5.62±0.96 Ab	9.63±0.58 Aa	32.19±0.51 Cd	3.21±0.01 Aa	43.61 Bbc
8	94.86	4.23±0.13 Bc	9.02±0.53 Bc	34.26±2.78 Ab	3.00±0.07 Abc	44.35Aa
9	94.68	4.40±0.13Bc	8.77±0.07 Cd	36.37±0.57 Aa	3.07±0.11 Ab	42.07 Cd

注:同列数据后标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),标不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)。
Note:different lowercase in the same column are significant difference($P<0.05$),different lowercase in the same column are highly significant difference($P<0.01$).

2.4 天然牧草青贮条件的正交试验结果

通过极差分析,由表 6 的正交试验结果可以看出,4 个因素的影响作用大小依次为:蔗糖添加量>水分>乳酸菌添加量>密度。由正交试验得出的最

佳组合为第 5 组,即含水量 600~650 g/kg,密度 300~350 kg/m³,乳酸菌添加量 0.5 g/kg,蔗糖添加量 15 g/kg,天然牧草在此条件下青贮 60 d 后,所得青贮饲料的 TDN 含量为 66.87%。

表 6 基于 TDN 的天然牧草青贮条件正交试验结果

Table 6 Orthogonal test result on TDN of the natural grass silage

试验编号 Test number	因素 Factor				TDN/%
	水分/(g·kg ⁻¹) Moisture content	密度/(kg·m ⁻³) Density	乳酸菌添加量/(g·kg ⁻¹) Addition of lactic acid bacteria	蔗糖添加量/(g·kg ⁻¹) Dosage of cane sugar	
1	550~600	250~300	0.50	10	60.61
2	600~650	250~300	0.00	5	62.97
3	650~700	250~300	0.25	15	62.71
4	550~600	300~350	0.25	5	60.17
5	600~650	300~350	0.50	15	66.87
6	650~700	300~350	0.00	10	61.10
7	550~600	350~400	0.00	15	65.41
8	600~650	350~400	0.25	10	59.94
9	650~700	350~400	0.50	5	58.14
k ₁	186.19	186.29	189.48	181.28	—
k ₂	189.78	188.14	182.82	181.65	—
k ₃	181.95	183.49	185.62	194.99	—
K ₁	62.06	62.10	63.16	60.43	—
K ₂	63.26	62.71	60.94	60.55	—
K ₃	60.65	61.16	61.87	65.00	—
R	2.61	1.55	2.22	4.57	—

3 讨 论

适宜的水分含量是牧草青贮成功与否的一个关键因素,水分含量太低,好氧微生物会加快蛋白质的

分解速度,影响青贮饲料的饲用品质;水分含量太高,则 pH 值相对偏高,不利于天然牧草青贮发酵,而且产生的大量渗出液会带走青贮饲料的养分。青贮饲料渗出液是影响牧草干物质含量的重要因素,

对含水量偏高的牧草,其青贮渗出液引起的干物质损失超过 10%^[8]。

合理的青贮密度是青贮成功与否的另一关键因素,青贮密度太低,青贮窖内有大量空气,乳酸菌含量变少,这是导致低密度天然牧草青贮饲料感官品质和发酵品质较差、粗蛋白含量较低、纤维类物质含量较高、TDN 含量较低的主要原因^[9]。青贮密度太大,则会对牧草造成严重挤压,使营养物质随渗出液流失,导致青贮料乳酸含量、pH 值较高,粗蛋白含量较低,贮成率下降^[10];另外,密度太大,青贮饲料中因发酵温度升高,使糖分焦化,造成青贮饲料颜色发褐,与原色差异较大。本试验中,密度大的处理组,青贮饲料感官评定较差,颜色发褐,与前人研究结果^[11-13]相同。

可溶性碳水化合物是乳酸菌生长繁殖的底物,若其含量不足,会直接影响青贮饲料的发酵品质^[14]。因此,对于可溶性糖含量较低的天然牧草,添加蔗糖对其青贮饲料的饲用品质有非常好的改善作用。

Muck 等^[15]总结了北美地区 1990—1995 年关于乳酸菌青贮添加剂的试验数据,得出含有乳酸菌的青贮添加剂会迅速降低青贮饲料 pH 值的结论。乳酸菌的添加使青贮饲料发酵过程中微生物急剧增殖,从而促进乳酸发酵,使 pH 值急速下降,这不仅抑制了酪酸菌的繁殖,也能阻止其他不良菌的发育。本试验中添加乳酸菌处理的青贮料饲用品质整体优于未添加组。

[参考文献]

[1] Wilkinson J M, Stark B A. Silage in western Europe: A survey of 17 countries [M]. Marlow, Bucks: Chalcombe Publication, 1992.

[2] Jacobs J L, McAllan A B. Enzymes as silage additives: silage quality, digestion, digestibility and performance in growing cattle [J]. Grass and Forage Science, 1991, 46(4): 63-73.

[3] 热杰. 乳酸菌添加剂对青藏高原燕麦青贮品质的影响 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37(32): 46-47.

Re J. Effects of lactobacillus additives on silage quality of Qinghai Tibet plateau oats [J]. Journal of Anhui Agri Sci, 2009, 37(32): 46-47. (in Chinese)

[4] 李长春. 混合天然牧草青贮最适条件筛选研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2005.

Li C C. Optimum conditions screening research on mixed native grass silage [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2005. (in Chinese)

[5] 蔡敦江, 周兴民, 朱廉, 等. 苜蓿添加剂青贮、半干青贮与麦秸混贮的研究 [J]. 草地学报, 1997, 5(2): 123-127.

Cai D J, Zhou X M, Zhu L, et al. Study on using additives silage and wilted silage and mixed silage of alfalfa [J]. Acta Agrestia Sinica, 1997, 5(2): 123-127. (in Chinese)

[6] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003: 49-73.

Zhang L Y. Analysis of feed and assay methodology of feed quality [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2003: 49-73. (in Chinese)

[7] 金花, 贾玉山, 邢旗, 等. 锡林郭勒天然草地牧草 TDN 与土壤供氮特性的相关性研究 [J]. 中国草地学报, 2008, 30(4): 59-63.

Jin H, Jia Y S, Xing Q, et al. Study on correlation between herbage TDN and soil character of nitrogen supplying in Xilinguole grassland [J]. Chinese Journal of Grassland, 2008, 30(4): 59-63. (in Chinese)

[8] 刘玲. 含水量及添加剂对高冰草青贮饲料品质的影响 [J]. 草业学报, 2011, 20(6): 203-207.

Liu L. Effects of moisture content and additives on the quality of Agropyron elongatum silage [J]. Acta Prataculturae Sinica, 2011, 20(6): 203-207. (in Chinese)

[9] 王鹏, 刘丹丽, 高仲元, 等. 含水量和乳酸菌制剂对狗尾草发酵品质的影响 [J]. 草地学报, 2006(3): 19-24

Wang P, Liu D L, Gao Z Y, et al. Effects of water content and lactobacillus on the quality of fermented bristlegass [J]. Acta Agrestia Sinica, 2006(3): 19-24. (in Chinese)

[10] 田瑞霞. 温度、水分和添加剂对紫花苜蓿青贮品质的影响 [D]. 上海: 上海交通大学, 2005.

Tian R X. Effects of different temperatures, moistures and additives on the quality of alfalfa silage [D]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University, 2005. (in Chinese)

[11] 孙娟娟. 添加剂对羊草青贮品质影响 [D]. 北京: 中国农业大学, 2007.

Sun J J. Effects of different additives on the quality of *Leymus chinensis* silage [D]. Beijing: China Agricultural University, 2007. (in Chinese)

[12] Singh A P, Verma N C, Rekib A. Evaluation of the sorghum stovers as fresh as well as silage [J]. India Journal of Animal Science, 1993, 63(3): 767-773.

[13] 刘贤, 韩鲁佳, 原慎一郎, 等. 不同添加剂对苜蓿青贮饲料品质的影响 [J]. 中国农业大学学报, 2004, 9(3): 25-30.

Liu X, Han L J, Hara Shinichiro, et al. Effects of different additives on the quality of alfalfa silage [J]. Journal of China Agricultural University, 2004, 9(3): 25-30. (in Chinese)

[14] 许庆方, 韩建国, 周禾, 等. 苜蓿绿汁发酵液特性的研究 [J]. 草地学报, 2005, 13(4): 295-298.

Xun Q F, Han J G, Zhou H, et al. A study on the characteristics of previously fermented alfalfa juice [J]. Acta Agrestia Sinica, 2005, 13(4): 295-298. (in Chinese)

[15] Muck R E, Kung L J R. Effect of silage additives on ensiling [M]. New York: Proc NRASE, 1997: 187-199.