

老芒麦青贮研究

玉柱¹, 孙启忠², 邓波¹, 杨晓华¹, 于艳冬³, 王美容⁴

(1. 中国农业大学草地研究所, 北京 100094; 2. 中国农业科学院草原研究所, 呼和浩特 010010;
3. 南京农业大学动物科技学院, 南京 210095; 4. 内蒙古自治区通辽市草原站, 内蒙古 通辽 028040)

摘要:本试验以老芒麦为原料,通过添加青宝 II 号(FS)、纤维素酶(CE)、蔗糖(S)、玉米粉(CF)和甲酸(FA)等添加剂,研究了调制老芒麦青贮的方法。结果表明:老芒麦直接青贮可调制出优质的青贮饲料。纤维素酶(2.5 g·t⁻¹)和蔗糖(2%和4%)处理下,乳酸含量和总酸含量显著高于对照(P<0.05),且氨态氮占总氮比例显著低于对照(P<0.05),可以改善老芒麦青贮饲料的发酵品质;乳酸菌制剂(青宝 II 号 2.5 g·t⁻¹)处理、乳酸菌制剂和纤维素酶的混合(青宝 II 号 2.5 g·t⁻¹+纤维素酶 2.5 g·t⁻¹)处理未能改善青贮饲料的发酵品质;玉米粉(5%和10%)处理青贮饲料的 CP 含量与对照差异不显著(P>0.05),NDF 和 ADF 含量显著低于对照(P<0.05),可改善青贮饲料的营养价值;晾晒 1 h 不能改善老芒麦青贮饲料的品质。

关键词:老芒麦;青贮;添加剂;发酵品质;营养成分

中图分类号:S816.S+3 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-0864(2008)01-0098-05

Studies on Making Siberian Wildryegrass Silage

YU Zhu¹, SUN Qi-zhong², DENG Bo¹, YANG Xiao-hua¹, YU Yan-dong³, WANG Mei-rong⁴

(1. Institute of Grassland Science, China Agricultural University, Beijing 100094; 2. Grassland Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Huhhot 010010; 3. College of Animal Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095; 4. Tongliao Grassland Station of Inner Mongolia, Inner Mongolia Tongliao 028040, China)

Abstract: This experiment takes Siberian wildryegrass (*Elymus sibiricus* L.) as raw material and studies the method for making Siberian wildryegrass (*Elymus sibiricus* L.) silage by adding FAST-SILE (FS), cellulose (CF), sucrose (S), corn flour (CF) and formic acid (FA), etc. as additives. The results indicate that high quality silage can directly make Siberian wildryegrass by adding S (2% and 4%) and CE, the content of lactic acid and total acid in the treatment are markedly higher than CK (P<0.05), and the content of ammonia-N in total nitrogen is markedly lower than the CK. This result means these two additives can improve fermentation quality of the Siberian wildryegrass silage. The treatment of FS (2.5 g·t⁻¹) and FS + CE (2.5 g·t⁻¹) can not improve the fermentation quality of silage. The treatment of adding CF (5% and 10%) does not significantly differ (P<0.05) from the CK. The contents of NDF and ADF are markedly lower than the CK, but it does improve the nutritional composition of the silage. Meanwhile, quality of the silage can not be improved by wilting for one hour.

Key words: Siberian wildryegrass; silage; additives; fermentation quality; nutritional composition

老芒麦是我国北方地区一种优质的禾本科牧草。中国 20 世纪 60 年代开始在西北、华北、东北等地推广种植,但由于其适时收割期正值雨季,空气湿度较大,调制干草困难。调制青贮可以很好地保存老芒麦的营养物质,为各种家畜提供优质饲草料。青贮过程是通过有益微生物的增殖,将

原料中的发酵底物(主要是可溶性糖)转化成乳酸等酸类物质,创造酸性环境,抑制有害微生物增殖,从而保存原料的营养成分^[1]。而青贮添加剂是为了改变发酵速度,减少贮藏过程中营养物质的损失和增加其饲喂价值而设计的,并能确保青贮饲料在预定范围内发酵的物质^[2]。目前,对老

收稿日期:2007-12-18;修回日期:2007-12-28

基金项目:公益性行业科研专项“人工草地优质牧草生产技术与示范”(nyhyzx07-022),国家科技支撑计划项目“牧草丰产技术集成与产业化示范”(2006BAD16B08)和“奶牛优质饲草生产技术研究及开发”(2006BAD04-06-06)资助。

作者简介:玉柱,副教授,研究方向为饲草加工贮藏与利用。Tel:010-62733414; E-mail:yuzhu3@sohu.com。通讯作者:孙启忠,研究员,博士,博士生导师,主要从事牧草生产与草地改良技术研究。Tel:0471-4926909; E-mail:sunqz@126.com

芒麦青贮制作的研究较少,尤其是青贮添加剂在老芒麦青贮中应用的研究报道更少。本试验通过添加不同的青贮添加剂进行特殊青贮,分析老芒麦青贮品质,探讨添加剂对老芒麦青贮品质的改善效果,获得品质优良的老芒麦青贮料,并为生产应用提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 青贮原料

青贮原料为中国农业大学河北沽源试验站人工种植老芒麦(*Elymus sibiricus* L.)。

1.2 添加剂

青宝 II 号(FS):主要成分为乳酸菌、矿物质等,由北京塔金生物技术有限公司提供。

纤维素酶(CE):由北京塔金生物技术有限公司提供。

蔗糖(S):分析纯。

玉米粉(CF):食用玉米粉。

甲酸(FA):纯度为 85%。

1.3 试验设计

本试验共设置对照(CK)、青宝 II 号(FS)、纤维素酶(CE)、晾晒(D)、蔗糖(S)、玉米粉(CF)和甲酸(FA)等 11 个处理,每个处理 3 个重复,添加量如表 1 所示。

表 1 老芒麦青贮试验设计方案

Table 1 The experiment design of the Siberian wildryegrass silages.

处理 Treatments	CK	FS	CE	FS + CE	D1h	S		CF		FA	
						S1	S2	CF1	CF2	FA1	FA2
添加量 Amount	0	2.5 g · t ⁻¹	2.5 g · t ⁻¹	2.5 g · t ⁻¹ + 2.5 g · t ⁻¹	0	2%	4%	5%	10%	0.2%	0.4%

1.4 青贮饲料调制

将老芒麦原料草切短至 2 cm 左右,称重,按设计比例均匀混入各种添加剂,装入聚乙烯袋,用真空包装机抽真空并封口,室温条件下放置 60 d 后开启,取样分析青贮发酵品质和化学成分。

1.5 分析项目及方法

1.5.1 青贮饲料感官鉴定 依据农业部《青贮饲料质量评定标准》,从色泽、气味、质地和霉变等方面对青贮饲料的品质进行评定。

1.5.2 青贮原料和青贮饲料实验室分析 青贮原料和青贮饲料的常规成分的测定:采用烘干法,在 65℃ 条件下烘干 48 h 测定干物质(DM)^[3]。使用微型植物样粉碎机粉碎原料,过 1 mm 筛,采用凯式定氮法测定粗蛋白^[3],采用范氏方法测定中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)和酸性洗涤木质素(ADL)^[4],采用蒽酮—硫酸法测定可溶性碳水化合物(WSC)^[5]。

青贮原料的缓冲能测定:采用滴定法测定缓冲能值^[6]。

青贮饲料 pH 和有机酸测定:开启青贮后准确称取 20 g 样品,加入 180 mL 蒸馏水,搅拌均匀,用组织捣碎机搅拌(JLL350-B 型多功能搅拌机,顺德市科顺塑料电器实业有限公司,杭州)1

min。四层粗纱布过滤,用 pH 测定仪测滤液 pH (雷磁 S-3C 精密计,上海精密科学仪器有限公司)。将滤液 3 500 g 离心 15 min,取上清液,0.45 μm 滤膜过滤后用 HPLC (KC-811 column, Shodex; Shimadzu, 日本;柱温 50℃;流速 1 ml · min⁻¹;210 nm, SPD 检测器)测定乳酸、乙酸、丙酸和丁酸^[7]。

青贮饲料的氨态氮测定:苯酚 - 次氯酸钠比色法测氨态氮^[8]。

1.6 数据分析

用 SAS 软件中的 GLM 程序对数据进行方差分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 青贮原料的化学成分和缓冲能值

老芒麦原料中干物质、粗蛋白质、可溶性糖、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、酸性洗涤木质素和缓冲能质分别为 29.01%、9.90%、5.35%、59.40%、30.60%、6.31% 和 105.49 mE · kg⁻¹。

2.2 老芒麦青贮饲料的感官评定

所有处理组的青贮饲料均呈黄绿色,在色泽上无明显差别;无霉变情况发生;质地较好,无

表 2 老芒麦的化学成分和缓冲能值

Table 2 The chemical composition and buffering capacity of the Siberian wildryegrass.

干物质 Dry matter (DM) %	粗蛋白质 Crude protein (CP) % DM	可溶性碳水化合物 Water soluble carbohydrates (WSC) % DM	中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber(NDF) % DM	酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber(ADF) % DM	酸性洗涤木质素 Acid detergent lignin(ADL) % DM	缓冲能值 Buffering capacity(BC) mE · kg ⁻¹
29.01	9.90	5.35	59.40	30.60	6.31	105.49

粘手现象;经甲酸、玉米粉和晾晒 1h 处理的青贮料具有淡酸气味,其他处理青贮饲料的气味呈酸香味。

2.3 老芒麦青贮饲料的发酵品质

老芒麦青贮饲料的发酵品质如表 3 所示。D1h 处理和 FA2 处理下,老芒麦青贮饲料的 pH 显著高于对照和其他处理($P < 0.05$),其他各处理与对照之间没有显著差异($P > 0.05$),且均为 4.2 以下;FS + CE 处理和 FA2 处理的乳酸含量显著低于对照($P < 0.05$),S1、S2 和 CE 处理的乳酸含量显著高于对照($P < 0.05$),其他处理与对照无显著差异($P > 0.05$),但 FA1 处理显著高于 FA2 处理($P < 0.05$);除了 D1h 和 FA2 处理有丁酸外,其他各处理均未测出丁酸。D1h 处理的氨态氮占总氮量的比例显著高于对照($P < 0.05$),S 和 FA 处理的氨态氮占总氮量的比例显著低于对

照($P < 0.05$),但其各添加水平间没有显著差异($P > 0.05$);CE 和 S2 处理的乙酸含量显著高于对照($P < 0.05$),CF 处理的乙酸含量显著低于对照($P < 0.05$);CE 和 S 处理的总酸含量显著高于对照($P < 0.05$),但 S 处理的各添加水平间没有显著差异。FS、FS + CE 处理及 FA 处理的总酸含量显著低于对照($P < 0.05$),且 FA2 处理的总酸含量显著低于 FA + CE 处理($P < 0.05$)。

2.4 老芒麦青贮饲料的化学成分

老芒麦青贮饲料的化学成分如表 4 所示。D1h、S 和 CF 处理的干物质含量显著高于对照($P < 0.05$),且 CF2 处理显著高于 CF1 处理($P < 0.05$),其他处理与对照无显著差异($P > 0.05$);CE、FS + CE、S 和 CF 处理组中,青贮饲料 WSC 含量显著高于对照($P < 0.05$),D1h 和 FA1 处理

表 3 老芒麦青贮饲料的发酵品质

Table 3 The fermentation quality of the Siberian wildryegrass silages.

处理 Treatments	pH	乳酸 Lactic acid (LA) % DM	乙酸 Acetic acid (AA) % DM	丙酸 Propionic acid (PA) % DM	丁酸 Butyric-acid (BA) % DM	总酸 Total acid (TA) % DM	氨态氮/总氮 Ammonia nitrogen / Total nitrogen (AN/TN) %	
CK	3.67c	3.07bc	0.51b	0	0	3.58c	9.42b	
CE	3.54c	3.54a	0.94a	0.01	0	4.49b	7.51c	
FS	3.73c	2.40cd	0.57b	0.02	0	2.99cd	7.65bc	
FS + CE	3.65c	1.91d	0.51b	0	0	2.42d	8.02bc	
S	S1	3.54c	5.02a	0.68b	0.02	0	5.72a	6.32c
	S2	3.51c	4.86a	1.02a	0.01	0	5.89a	6.01c
CF	CF1	3.46c	3.27bc	0.26c	0	0	3.53c	7.34c
	CF2	3.69c	3.21bc	0.22c	0.01	0	3.44c	7.10c
FA	FA1	3.65c	2.66bcd	0.74b	0.01	0	3.41c	5.57c
	FA2	4.22b	0.57e	0.54b	0.01	0.04b	1.16e	6.34c
D1h	4.56a	2.30ab	0.54b	0	0.07a	2.91bc	13.57a	
SE	0.069	0.23	0.13	0.052	0.030	0.27	0.61	

注:表内同列中不同小写字母表示平均数差异显著($P < 0.05$)

Note: Means with different lowercase letters in each column differed significantly ($P < 0.05$).

的 WSC 含量显著低于对照 ($P < 0.05$), 其中 S2 处理 WSC 含量显著高于其他处理 ($P < 0.05$), D1h 处理的 WSC 含量显著低于其他各处理 ($P < 0.05$), 在 S、CF 和 FA 处理中不同添加水平间差异显著 ($P < 0.05$); D1h 处理的 CP 含量显著高于对照 ($P < 0.05$), S2 处理的 CP 显著低于对照 ($P <$

0.05); S 和 CF 处理的 NDF 含量显著低于对照 ($P < 0.05$), 其中 CF2 处理显著低于 CF1 处理 ($P < 0.05$), 其他处理与对照无显著差异 ($P > 0.05$); CF2 处理的 ADF 含量显著低于对照 ($P < 0.05$); S、CE 和 CF 处理组的 ADL 含量显著低于对照 ($P < 0.05$), 其他各处理与对照均无显著差异 ($P > 0.05$)。

表 4 老芒麦青贮饲料的化学成分

Table 4 The chemical composition of the Siberian wildryegrass silages.

处理 Treatments	干物质 Dry matter (DM)%	可溶性碳 水化合物 Water soluble carbohydrates (WSC) % DM	粗蛋白 Crude protein (CP) % DM	中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber (NDF) % DM	酸性洗 涤纤维 Acid detergent fiber (ADF) % DM	酸性洗涤 木质素 Acid detergent lignin (ADL) % DM	纤维素 Cellulose (C) % DM	半纤维素 Hemicellulose (HC) % DM	
CK	29.90c	2.01e	10.70bcde	60.03a	32.37ab	6.07ab	26.30	27.66	
CE	30.53c	3.01d	10.27cdef	59.13a	30.93b	3.78c	27.15	28.2	
FS	29.60c	1.81ef	11.13bc	60.50a	32.43ab	3.84c	28.59	28.07	
FS + CE	29.36 c	2.90d	10.83bcde	59.90a	32.87ab	5.20bc	27.67	27.03	
S	S1	32.57b	5.21b	9.90ef	56.27b	29.90b	4.89c	25.01	26.37
	S2	32.47b	8.02a	9.67f	54.57bc	30.07b	4.75c	25.32	24.50
CF	CF1	33.57b	3.28d	10.03def	56.67b	28.77bc	4.31c	24.46	27.90
	CF2	34.97a	3.62c	10.60bcdef	53.30c	26.33c	4.50c	21.83	26.97
FA	FA1	30.40c	1.60f	11.33b	60.17a	31.83b	6.33a	25.50	28.34
	FA2	30.00c	2.14e	11.03bcd	60.40a	32.27ab	5.48bc	26.79	28.13
D1h	32.57b	0.30g	12.20a	60.67a	35.67a	7.07a	28.60	25.00	
SE	0.41	0.12	0.23	0.67	0.85	0.89	0.35	0.66	

注:表内同列中不同小写字母表示平均数差异显著 ($P < 0.05$)

Note: Means with different lowercase letters in each column differed significantly ($P < 0.05$).

3 讨论

老芒麦原料草虽然 WSC 含量不高,未达到调制优质禾本科牧草青贮饲料所需要范围(8%以上),但缓冲能值较低,本试验中老芒麦直接青贮饲料 pH 为 3.67、乳酸含量为 3.07%,含有少量的乙酸,未测到丙酸和丁酸,说明直接青贮可以调制出优质的饲料。经晾晒 1 h 后所得青贮料的 pH 和氨态氮含量均显著高于对照 ($P < 0.05$),且有少量丁酸产生,说明青贮饲料的发酵品质未得到改善。同时,可溶性碳水化合物含量极低,可能是晾晒过程中处理不当,导致部分可溶性糖流失。

纤维素酶、乳酸菌制剂(青宝 II 号)、纤维素酶 + 乳酸菌制剂、蔗糖和玉米粉是青贮发酵促进

剂,通过添加促进剂处理后,老芒麦青贮饲料的 pH 均为 4.0 以下,并且乳酸占总酸量中的比例均在 70% 以上,说明在整个发酵过程中以乳酸发酵为主。一般认为,纤维素酶可降解青贮饲料细胞壁纤维组分,为乳酸发酵提供充足的底物,因此添加纤维素酶可减少纤维素,半纤维素含量,但本试验中纤维素酶处理组的 NDF 和 ADF 含量与对照没有显著性差异 ($P > 0.05$)。这可能是由于许多纤维素酶有效活性的 pH 范围为 4 ~ 6^[9],本试验中青贮的 pH 为 3.54,有可能使纤维素酶失去了活性。乳酸菌和纤维素酶混合处理的 pH 与对照差异不显著 ($P > 0.05$),乳酸和总酸含量显著低于对照 ($P < 0.05$),说明乳酸菌和纤维素酶的添加在 pH、乳酸含量和总酸含量方面并没有起到作用,有试验证明有些乳酸菌和酶制剂之间存在一

定的拮抗作用^[10]。蔗糖处理的 pH 与对照差异不显著($P > 0.05$),乳酸含量显著高于对照($P < 0.05$),并且氨态氮占总氮量的比例显著低于对照($P < 0.05$),说明该处理可以改善老芒麦青贮饲料的发酵品质;经蔗糖处理后,青贮料 WSC 含量显著高于对照,均在 5% 以上,说明原料草的发酵底物充足,原料草中含有的可溶性糖完全满足青贮发酵的需要。添加玉米粉后,pH 和乳酸含量与对照差异不显著($P > 0.05$),说明玉米粉不能改善老芒麦青贮饲料的发酵品质;在 CP 含量不发生显著变化的情况下,NDF 和 ADF 含量显著低于对照($P < 0.05$),表明玉米粉可以改善老芒麦青贮饲料的营养价值。另外,玉米粉作为青贮添加剂会影响其营养价值,如果使用量过大,玉米粉则成为营养型青贮添加剂,所以玉米粉作为青贮添加剂使用之前,必须充分考虑青贮原料草的特性和玉米粉在青贮发酵过程中所起的作用以及家畜对营养成分的需要,设计合理的添加量。

0.2% 甲酸处理的 pH、乳酸含量和总酸含量与对照差异不显著($P > 0.05$),但能显著降低氨态氮含量($P < 0.05$),一定程度上改善了青贮的发酵品质,而 0.4% 甲酸处理的 pH 显著高于对照($P < 0.05$),乳酸含量显著低于对照组($P < 0.05$),且检测出丁酸,可能因为是高比例的甲酸对乳酸菌发酵有抑制作用,而对丁酸菌没有抑制作用^[11]。经 FA1 甲酸浓度处理的 WSC 含量与对照相比显著降低,对其他化学成分影响不大,说明甲酸对老芒麦青贮料化学成分的影响不大。

4 结论

老芒麦直接青贮可调制出优质的青贮饲料,晾晒不能改善老芒麦青贮饲料品质。纤维素酶和蔗糖处理可以提高老芒麦青贮饲料的发酵品质,

但是对化学成分的影响不大。玉米粉处理下,青贮饲料的 NDF 和 ADF 含量显著低于对照,可改善青贮饲料的营养价值;甲酸处理对改善青贮料品质的效果不大。

青贮添加剂能改善青贮饲料品质,但同时也引起成本增加以及加工环节增多和工作量的增大。在本试验中,无任何添加剂处理的直接青贮已达到优质青贮饲料的标准,可以作为家畜的饲料使用,根据以上情况,建议在老芒麦青贮调制中视生产目的和实际需要来确定是否有必要使用青贮添加剂。

参 考 文 献

- [1] 玉柱,贾玉山,张秀芬. 牧草加工贮藏与利用[M]. 北京:化学工业出版社,2004,9-37.
- [2] Wilkinson J M. Silage [M]. UK: Chalcombe Publications, 2005, 77-85.
- [3] 杨胜. 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,1999,16-27.
- [4] Goering H K, Van Soest P J. Forage fiber analysis [A]. In: U. S. Department of Agriculture Handbook [M]. Washington, D C, 1970, 379-385.
- [5] Owens V N, Albrecht K A, Muck R E, *et al.*. Protein degradation and fermentation characteristics of red clover and alfalfa silage harvested with varying levels of total nonstructural carbohydrates[J]. Crop Science, 1999, 39: 1873-1880.
- [6] Playne M J, McDonald P. The buffering constituents of herbage and silage[J]. J. Sci. Food Agric., 1966, 17: 264-266.
- [7] 李友元,陈长华,陶萍. 高效液相色谱法测定螺旋霉素发酵液中的有机酸[J]. 色谱, 2002, 20(1): 46-48.
- [8] Broderick G A, Kang J H. Automated simultaneous determination of ammonia and amino acids in ruminal fluid and in vitro media [J]. J. Dairy Sci., 1980, 33: 64-75.
- [9] McDonald P. 青贮饲料的生物化学[M]. 北京:农业大学出版社, 1988, 148.
- [10] Stokes M R, Chen J. Effects of enzyme and bacteria treatments on the fermentation and composition of corn stover silages [J]. J. Anim. Sci., 1992, 70 (Suppl. 1): 191.
- [11] 师希雄,曹致中. 甲酸对苜蓿草渣青贮饲料营养价值的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2005, (6): 773.