

不同比例玉米与沙打旺混贮营养成分及有毒有害物质分析

冯鹏^{1,2}, 孙启忠^{2*}

(1. 中国农业科学院研究生院, 北京 100081; 2. 中国农业科学院草原研究所, 呼和浩特 010010)

摘要: 本研究通过玉米与沙打旺不同比例混贮, 旨在寻求最优混贮比例以提高沙打旺发酵及营养品质, 降低沙打旺有毒有害成分。设玉米与沙打旺 1:0, 2:1, 1:1, 1:2, 0:1 共 5 个混贮处理, 每个处理 3 个重复, 测定各处理 pH 值、挥发性脂肪酸、营养成分、真菌毒素、硝酸盐类、无机有毒元素。结果表明, 随沙打旺混贮比例增加, 各处理 pH 值和粗蛋白含量呈递增趋势, NDF 和 ADF 含量呈递减趋势; 玉米与沙打旺 1:1 混贮处理乳酸含量最高, 达到 2.867 DM%; 玉米与沙打旺混贮可以提高青贮饲料的氨基酸含量, 混贮处理蛋氨酸含量分别为 0.029 4、0.035 1 和 0.025 4 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 均高于沙打旺单贮蛋氨酸含量, 赖氨酸含量较玉米单贮分别提高 57.2% 和 45.0% ($P < 0.05$); 各处理青贮饲料较青贮原料黄曲霉毒素含量增加, 玉米赤霉烯酮、亚硝酸盐、硝酸盐含量减少; 青贮对铅、砷、铬无机元素含量影响不显著。结果提示, 玉米与沙打旺 1:1 混贮处理营养成分及氨基酸含量较高, 且有毒有害成分含量较低, 为理想的混贮处理。

关键词: 青贮玉米; 沙打旺; 混贮; 赖氨酸; 黄曲霉毒素

中图分类号: S816.32

文献标识码: A

文章编号: 0366-6964(2011)09-1264-07

Nutrient Composition and Content of Poisonous Substances in Corn and *Astragalus adsurgens* Mixed Silage

FENG Peng^{1,2}, SUN Qi-zhong^{2*}

(1. Graduate School of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China;

2. Grassland Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences,

Huhot 010010, China)

Abstract: The aims of this study was to seek optimal mixed silage treatment of *Astragalus adsurgens* and corn, improve the fermentation and nutritional quality of *Astragalus adsurgens*, and reduce the content of poisonous substances. Special silage corn of Keduo 8 and *Astragalus adsurgens* were mixed and silaged at the ratio of 1:0, 2:1, 1:1, 1:2 and 0:1, respectively, and 3 repetitions per treatment. The pH value, volatile fatty acids, nutrition composition, mycotoxin, nitrate and nitrite, inorganic toxic elements in all treatments determined. The result showed that with the proportion of *Astragalus adsurgens* increasing, pH and the crude protein content would increase as well, while the neutral detergent fibre and acid detergent fiber had a descending trend. The content of lactic acid of corn mixed with *Astragalus adsurgens* 1:1 treatment was highest. The mixed silage could raise the amino acid content of the silage. The Methionine content of three mixed silage treatments was 0.029 4, 0.035 1 and 0.025 4 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ respectively, which was all higher than that of single *Astragalus adsurgens* silage ($P < 0.05$), the Lysine was 57.2% and 45.0% higher than that of single corn silage ($P < 0.05$). The aflatoxin of treated silages were

收稿日期: 2011-01-19

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金

作者简介: 冯鹏 (1980-), 男, 内蒙古乌兰察布人, 博士, 主要从事牧草加工与利用研究, E-mail: fenggrass@163.com

* 通讯作者: 孙启忠, Tel: 0471-4926909, E-mail: sunqz@126.com

higher than those of raw silage, while the zearalenone, nitrite, nitrate were lower. The influence of silage on inorganic elements like lead, arsenic, chromium was not significant. These results indicate that nutrient and amino acid content of the mixed silage of corn mixed with *Astragalus adsurgens* 1:1 treatment are relatively high and less poisonous elements are contained, which is the ideal mixed silage treatment.

Key words: silage corn; *Astragalus adsurgens*; mixed silage; Lysine; aflatoxin

沙打旺(*Astragalus adsurgens*)是豆科黄芪属多年生草本植物。用作饲草,因含有硝基化合物而气味不好,适口性降低。在秋季调制干草时,因脱叶量大,茎秆粗硬,品质低劣,家畜采食率只有 60%,损失较大^[1-2]。这不仅浪费了饲草资源,降低了沙打旺的经济价值,同时也影响了沙打旺的大力推广。

沙打旺可溶性碳水化合物含量低,缓冲能高,属于不易青贮的豆科牧草,很难利用常规青贮技术调制出优质青贮饲料。王庆基等^[3]报道沙打旺按常规法贮制,都有或稍有苦涩刺激性气味,并非单纯是丁酸气味,评定为中等青贮料。用沙打旺与一定比例的玉米茎叶及禾本科牧草混合青贮,可以弥补沙打旺含糖量低的缺陷,调制比较理想的青贮料。沙打旺粗蛋白质含量较高,将之与青贮专用型玉米混贮,可以提高饲料的蛋白质含量,同时因青贮玉米保绿性好,富含碳水化合物,缓冲能低,营养价值丰富,二者混贮能改善沙打旺的饲用品质,提高沙打旺经济价值。

据文献报导,所有豆科黄芪属植物并不一定均可用作饲草,有的因含毒使畜禽发生急性或慢性中毒。在北美洲所有有毒植物中黄芪属和棘豆属对家畜危害性最大。1969 和 1972 年 Stermitz 等先后分离和鉴定了 3-硝基-1-丙醇 β -D 葡萄糖苷 (Misero-toxin),在消化道里可被分解为毒性高的 3-Nitro-1-propanol, 3NpoH^[4]。

据研究,沙打旺属低毒植物,所含毒素为有机硝基化合物,这种化合物在畜禽消化道的代谢产物为 3-硝基-1-丙醇和 3-硝基丙酸,经肠道吸收进入血液后,影响中枢神经系统,并转变血红蛋白为高价血红蛋白,使肌体运氧功能受阻,因而引起畜禽中毒。据 Williams 等报道,黄芪属植物中的 8.2%~21.0% 含有程度不等的脂肪族硝基化合物,对畜禽有一定的毒害作用^[5]。

截至 2006 年底,在世界范围内,在沙打旺上共发现 27 属 37 种的真菌,引起 22 种真菌性病害,其中茎叶有 25 属 34 种真菌引起 20 种病害,根部有 3

属 7 种真菌引起 3 种病害^[6]。沙打旺种带真菌中,大部分可能是腐生菌,如硬束霉(*Stysamus* sp.)、葡萄穗霉(*Stachybotrys* sp.)、曲霉(*Aspergillus* sp.)、根霉菌(*Rhizous* spp.)和青霉菌(*Penicillium* spp.)。国家《饲料卫生标准》中饲料的黄曲霉毒素最高限为 10~20 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。顾薇^[7]报道,新加坡百奥明化验所对中国 1999-2001 年饲料样品中黄曲霉毒素的检测结果表明,其平均值分别为 14 (1999 年,样品数为 166 个)、67 (2000 年,样品数为 59 个)和 49 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (2001 年,样品数为 17 个)。玉米籽实是黄曲霉毒素常聚积的作物之一,所以对玉米青贮饲料以及沙打旺中黄曲霉毒素进行测定是十分必要的。本研究通过对不同比例玉米与沙打旺混贮营养品质及有毒有害物质分析,旨在寻求最优混贮比例,为提高沙打旺青贮品质及降低毒害物质提供理论依据与技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于内蒙古赤峰市林西县(118.02 N, 43.62 E, 海拔 900 m)。年降水量为 365 mm,平均气温 4.3 $^{\circ}\text{C}$ 。土壤类型为栗钙土,有机质 1.02% (Walkley-Black method);速效磷为 50.07 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾为 160.73 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,pH 为 7.2。

1.2 试验设计

青贮原料为青贮专用玉米科多 8 号,2008 年 5 月播种,当年乳熟期收获,沙打旺为生长 3 年第二茬植株,现蕾期收获。按照玉米与沙打旺不同混贮比例,设 1:0、2:1、1:1、1:2、0:1 共 5 个处理。

1.3 青贮

将青贮原料切短至 2 cm 左右,混合均匀,称取 200 g 按设计比例混合,装入聚乙烯袋,用真空包装机抽真空并封口,室温条件下发酵 75 d 开包取样,分析青贮饲料乳酸、挥发性脂肪酸及营养成分。

1.4 分析指标

1.4.1 发酵品质分析 取青贮样品 20 g,加入

180 mL 蒸馏水,使用九阳料理机搅碎、混匀 1 min,先后用 4 层纱布和定量滤纸过滤,滤液测 pH 值^[8];滤液取 1.5 mL 于离心管中采用苯酚-次氯酸比色法进行氨态氮(NH₃-N)含量测定^[9];取另一份滤液,0.45 μm 滤膜过滤于 5 mL 的离心管中,使用 SHIMADZE-10A 型高效液相色谱仪分析滤液中的乳酸、乙酸、丙酸、丁酸含量。色谱条件:色谱柱:Shodex Rspak KC-811 S-DVB gel Column 30 mm×8 mm;检测器为 SPD-M10AVP;流动相为 3 mmol·L⁻¹ 高氯酸溶液;流速为 1 mL·min⁻¹;柱温 50 °C;检测波长 210 nm;进样量 10 μL^[10]。

1.4.2 营养成分分析 采用 105 °C 烘干法测定干物质(DM)含量^[9];采用杜马斯燃烧法测定粗蛋白质(CP)含量^[11];采用滤袋法测定中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)^[12];采用 550 °C 灼烧法测定粗灰分(Ash)^[13]。采用蒽酮-硫酸比色法测定可溶性碳水化合物(WSC)含量^[14];

1.4.3 氨基酸含量分析 日立 835-50 型氨基酸自动分析仪测定样品氨基酸含量^[15]。试验条件:分离柱:216 mm ID×150 mm 离子交换树脂 2619;除氨柱:216 mm ID×50 mm;柱温:57 °C;柱压 P1:90~100 kg·cm⁻², P2:10~15 kg·cm⁻²;氮气压力:0.128 kg·cm⁻²;茚三酮流速:0.113 mL·min⁻¹;缓冲液:柠檬酸、柠檬酸钠、氯化钠配成 pH 为 3.14 的溶液;缓冲液流速:0.13 mL·min⁻¹;氨基酸标准品

浓度:10~4 mol·L⁻¹;检测波长:440 和 570 nm;进样量:50 μL;分析时间:70 min。

1.4.4 有毒有害成分分析 维康真菌毒素测定仪测定样品黄曲霉毒素和玉米赤霉烯酮含量(AOAC 993.31);采用 ICP-MS 测定样品铅、砷、铬含量(Agilent 7500a);采用离子交换色谱法测定样品硝酸盐和亚硝酸盐含量(EN 12014-4-2005)。

1.5 数据分析

采用 SAS8.1 (SAS Institute Inc., 2006) 统计软件,在 $P<0.05$ 水平对试验结果进行方差分析和 Duncan 多重比较。所有试验设重复 3 次。

2 结果

2.1 发酵品质分析

随着沙打旺混贮比例的增加,各处理 pH 值呈增加趋势(表 1),玉米单贮 pH 值最小,为 3.50;玉米单贮、玉米与沙打旺 2:1、1:1 混贮处理乳酸含量显著高于玉米与沙打旺 1:2 混贮及沙打旺单贮处理。玉米与沙打旺 1:1 混贮处理乳酸/乙酸比最高,为 32.58%,各处理均未检出丁酸;氨态氮占总氮百分比是衡量蛋白质保存指标,适宜值为 8%~10%,过高表明蛋白质被分解,青贮优质率低,本试验中玉米单贮和玉米与沙打旺 1:1 混贮处理氨态氮占总氮百分含量最低,为 6.679%和 6.911%,差异显著($P<0.05$)。

表 1 沙打旺与玉米混贮饲料发酵品质

Table 1 The fermentation quality of mixed silage of *Astragalus adsurgens* and corn

玉米:沙打旺 Corn: <i>Astragalus</i> <i>adsurgens</i>	pH	氨态氮/% NH ₃ -N/TN	乳酸/DM% Lactic acid	乙酸/DM% Acetic	丙酸/DM% Propionic	丁酸/DM% Butyric	乳酸/乙酸比/% LA/AA
1:0	3.5 ^d	6.679 ^c	3.336 ^a	0.104 ^b	0.058 ^a	0 ^a	32.08 ^a
2:1	4.16 ^c	7.253 ^b	2.838 ^b	0.229 ^a	0.095 ^a	0 ^a	12.39 ^{bc}
1:1	4.55 ^b	6.911 ^c	2.867 ^b	0.088 ^b	0 ^b	0 ^a	32.58 ^a
1:2	4.68 ^b	7.157 ^{bc}	1.656 ^c	0.106 ^{ab}	0 ^b	0 ^a	15.62 ^b
0:1	4.99 ^a	8.970 ^a	1.257 ^c	0.124 ^b	0 ^b	0 ^a	10.14 ^c

同列不同字母表示差异显著 ($P<0.05$)。下同

Means in the same column with different superscript letters differ significantly ($P<0.05$). The same as below

2.2 营养成分分析

沙打旺单贮处理干物质,灰分含量最高,与其他各处理间差异显著($P<0.05$);随沙打旺混贮比例

增加,各处理粗蛋白质含量呈递增趋势(表 2),玉米单贮和玉米与沙打旺 2:1 混贮处理粗蛋白质含量显著低于其他 3 个处理($P<0.05$),沙打旺粗蛋白

质含量达到 15.03 %;随沙打旺混贮比例增加, NDF 和 ADF 含量呈递减趋势,说明玉米与沙打旺

混贮可以降低饲料的纤维含量。各处理可溶性碳水化合物含量差异不显著。

表 2 沙打旺与玉米混贮饲料营养成分及 WSC(干物质基础)

Table 2 Nutrition composition and WSC of corn and *Astragalus adsurgens* mixed silage(DM basis)

玉米:沙打旺 Corn: <i>Astragalus adsurgens</i>	干物质 DM	Ash	CP	ADF	NDF	WSC
1:0	25.07 ^c	7.16 ^b	7.28 ^c	30.26 ^a	54.23 ^a	3.82 ^a
2:1	26.08 ^c	6.12 ^b	10.72 ^b	28.67 ^a	50.33 ^a	2.32 ^b
1:1	27.37 ^{bc}	7.05 ^b	14.69 ^a	25.93 ^a	41.92 ^{ab}	2.31 ^b
1:2	27.65 ^b	7.64 ^b	14.86 ^a	25.88 ^a	41.93 ^b	2.28 ^b
0:1	30.48 ^a	8.10 ^a	15.03 ^a	23.98 ^a	32.51 ^c	1.87 ^c

DM. 干物质;Ash. 粗灰分;CP. 粗蛋白;ADF. 酸性洗涤剂纤维;NDF. 中性洗涤剂纤维;WSC. 可溶性碳水化合物

DM. Dry matter; CP. Crude protein; ADF. Acid detergent fiber; NDF. Neutral detergent fiber; WSC. Water-soluble carbohydrates

2.3 氨基酸含量

随沙打旺混贮比例增加,8种氨基酸含量均呈递增趋势(表3)。除Leu和His,玉米单贮和玉米与沙打旺2:1处理各氨基酸含量均低于其他3个处理,沙打旺单贮各氨基酸含量最高,与其他处理差异显著($P < 0.05$),说明玉米与沙打旺混贮可以提高青贮玉米的氨基酸含量。玉米与沙打旺1:1混

贮处理8种氨基酸含量及氨基酸总量较其他2个混贮处理高。玉米单贮Met含量达到0.0443%,高于其他处理,而沙打旺Met含量为0.0197%,与其他处理差异显著($P < 0.05$),说明沙打旺植株体内缺乏Met,将其与玉米混贮有助于提高沙打旺的Met含量。

表 3 沙打旺与玉米混贮饲料 8 种氨基酸含量(干物质基础)

Table 3 Amino acid content of corn and *Astragalus adsurgens* mixed silage(DM basis)

玉米:沙打旺 Corn: <i>Astragalus adsurgens</i>	赖氨酸 Lysine	色氨酸 Tryptophan	苯丙氨酸 Phenylalanine	蛋氨酸 Methionine	苏氨酸 Threonine	异亮氨酸 Isoleucine	亮氨酸 Leucine	缬氨酸 Valine
1:0	0.0887 ^d	0.0233 ^c	0.0898 ^c	0.0443 ^a	0.0739 ^c	0.0976 ^c	0.1498 ^b	0.1351 ^b
2:1	0.0827 ^d	0.0199 ^c	0.0866 ^{bc}	0.0294 ^c	0.0536 ^c	0.0865 ^d	0.1280 ^b	0.0997 ^c
1:1	0.1395 ^c	0.0695 ^b	0.1863 ^a	0.0351 ^b	0.1471 ^a	0.1888 ^a	0.2977 ^a	0.2193 ^a
1:2	0.1287 ^b	0.0619 ^b	0.1517 ^a	0.0254 ^c	0.1182 ^b	0.1470 ^b	0.1300 ^b	0.1791 ^a
0:1	0.1753 ^a	0.0810 ^a	0.1648 ^a	0.0197 ^d	0.1345 ^b	0.1619 ^{ab}	0.2536 ^{ab}	0.1928 ^a

2.4 有毒有害成分分析

各处理青贮样品黄曲霉毒素含量高于其各自原样(表4),且玉米与沙打旺1:2混贮处理以及沙打旺单贮处理差异显著($P < 0.05$),说明青贮增加了原料的黄曲霉毒素含量,黄曲霉菌在pH2.5~6.0之间酸性条件下,毒素的生成量最大,青贮发酵过程酸性增强,使其含量增加。青贮后沙打旺单贮处理

黄曲霉毒素含量最高,达到 $8.21 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$;玉米赤霉烯酮含量青贮样较青贮原样明显降低,玉米与沙打旺1:1和1:2处理差异显著($P < 0.05$),说明青贮有助于减少玉米赤霉烯酮含量,未青贮原样玉米赤霉烯酮含量各处理差异不显著。青贮后玉米与沙打旺1:2混贮处理以及沙打旺单贮处理玉米赤霉烯酮含量明显低于其他3个处理。

表 4 沙打旺与玉米混贮饲料黄曲霉毒素和玉米赤霉烯酮含量

Table 4 Aflatoxin and zearalenone content of corn and *Astragalus adsurgens* mixed silage

$\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$

玉米:沙打旺 Corn: <i>Astragalus</i> <i>adsurgens</i>	黄曲霉毒素 Aflatoxin		玉米赤霉烯酮 Zearalenone	
	原料 Herbage	青贮料 Silage	原料 Herbage	青贮料 Silage
1:0	1.24 ^c	2.84 ^b	1.32 ^a	0.92 ^a
2:1	0.14 ^b	2.20 ^b	0.61 ^a	0.54 ^b
1:1	0.23 ^b	5.40 ^b	1.70 ^a	0.96 ^{a*}
1:2	0.68 ^b	5.80 ^{ab*}	0.88 ^a	0.34 ^{b*}
0:1	2.48 ^a	8.21 ^{a*}	0.70 ^a	0.42 ^b

* 表示原料与青贮饲料差异显著 ($P < 0.05$)。下同

The P -value are presented for comparison between silage treatment and herbage respectively; *, $P < 0.05$. The same as below

玉米与沙打旺不同混贮比例各处理铅、砷、铬含量差异不显著(表 5),青贮前后该 3 种元素差别亦不明显,仅玉米与沙打旺 1:2 混贮处理青贮样铅元素含量较原样高 ($P < 0.05$),说明青贮对无机有毒元素铅、砷、铬含量影响不显著。

青贮降低了各处理亚硝酸盐含量(表 6),玉米与沙打旺 2:1 和 1:1 混贮处理差异显著 ($P <$

0.05),沙打旺单贮处理青贮原料、青贮样亚硝酸盐含量均高于其他处理;青贮同时降低了各处理硝酸盐含量,玉米与沙打旺 1:1 混贮处理青贮原料硝酸盐含量与青贮样硝酸盐含量差异显著 ($P < 0.05$),沙打旺单贮处理青贮原料硝酸盐含量高于其他各处理,说明沙打旺对硝酸盐、亚硝酸盐敏感。

表 5 沙打旺与玉米混贮饲料无机有毒元素铅、砷、铬含量

Table 5 Lead, arsenic and chromium content of corn and *Astragalus adsurgens* mixed silage

$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$

玉米:沙打旺 Corn: <i>Astragalus</i> <i>adsurgens</i>	铅 Lead		砷 Arsenic		铬 Chromium	
	原料 Herbage	青贮料 Silage	原料 Herbage	青贮料 Silage	原料 Herbage	青贮料 Silage
1:0	0.422 4 ^b	0.468 7 ^a	0.389 ^a	0.399 ^a	0.102 ^a	0.113 ^a
2:1	0.467 8 ^b	0.513 5 ^a	0.405 ^a	0.432 ^a	0.142 ^a	0.122 ^a
1:1	0.594 6 ^a	0.500 1 ^a	0.327 ^a	0.395 ^a	0.126 ^a	0.136 ^a
1:2	0.310 7 ^b	0.535 7 ^{a*}	0.444 ^a	0.471 ^{ab}	0.109 ^a	0.116 ^a
0:1	0.585 9 ^a	0.512 4 ^a	0.376 ^a	0.416 ^a	0.098 ^a	0.108 ^a

表 6 沙打旺与玉米混贮饲料亚硝酸盐和硝酸盐含量

Table 6 Nitrite and nitrate content of corn and *Astragalus adsurgens* mixed silage

$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$

玉米:沙打旺 Corn: <i>Astragalus</i> <i>adsurgens</i>	亚硝酸盐 Nitrite		硝酸盐 Nitrate	
	原料 Herbage	青贮 Silage	原料 Herbage	青贮 Silage
1:0	0.174 ^b	0.057 ^c	456.32 ^c	343.25 ^a
2:1	0.172 ^b	0.066 ^{ab*}	504.11 ^b	389.30 ^a
1:1	0.169 ^b	0.067 ^{ab*}	473.24 ^c	369.27 ^{a*}
1:2	0.198 ^a	0.078 ^b	486.35 ^c	382.74 ^a
0:1	0.186 ^a	0.117 ^a	529.29 ^a	353.12 ^{a*}

3 讨 论

碳水化合物含量是青贮最重要指标之一,适宜的碳水化合物含量应该在 $80\sim 100\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{ DM}$ 范围,沙打旺属于难青贮的多年生豆科牧草,具有较高的缓冲能值($474\text{ ME}\cdot\text{kg}^{-1}\text{ DM}$)和较低的可溶性碳水化合物($2.34\%\text{ DM}$)^[16]。而玉米含糖量较高,采用玉米与沙打旺混合青贮其含糖量可以满足牧草青贮要求;其次,豆科牧草青贮对其含水量要求严格(不得超过 $60\%\sim 70\%$),实测沙打旺鲜草含水量为 66.53% ,而玉米水分含量为 75% 左右,混合后能满足青贮对水分的要求条件。玉米粗蛋白含量较低,与沙打旺混贮能明显提高青贮饲料的粗蛋白含量。沙打旺与全株玉米混合青贮,充分发挥了沙打旺蛋白质含量高的优点,解决了单一豆科牧草青贮困难,营养损失大的缺点,达到了能量和蛋白质的最佳互补,提高了牧草的利用价值。

青贮原料的可溶性碳水化合物经青贮调制发酵产物,主要是以乳酸为主的有机酸(不良的发酵可产生较多丁酸)、氨态氮。开袋后青贮饲料的 pH 值、氨态氮和有机酸含量是评定青贮质量的指标。玉米单贮和玉米与沙打旺 $1:1$ 混贮处理乳酸含量最高,分别为 3.336 和 2.867% ,各处理均未检出丁酸。氨态氮与总氮的比值被广泛用于衡量青贮好坏的重要指标,比值越大,说明氨基酸和蛋白质分解越多,青贮质量越差。Kaiser 等^[17]、万里强等^[18]指出,青贮中氨态氮含量不仅与青贮发酵过程有关,还受牧草种类及牧草化学成分含量的影响。由于沙打旺蛋白质含量高,蛋白降解程度严重,氨态氮含量对沙打旺青贮发酵品质影响较大,本试验各处理氨态氮占总氮百分比差异显著($P<0.05$),沙打旺单贮最高,为 8.970% ;玉米单贮和玉米与沙打旺 $1:1$ 混贮处理氨态氮占总氮百分比含量最低,为 6.679% 和 6.911% ,差异显著($P<0.05$)。

高登义^[19]在沙打旺与玉米混贮饲喂耕牛及绵羊试验中,证实青贮改变了沙打旺牧草的品质,提高了牧草采食利用率。青贮后的沙打旺,改变了原沙打旺牧草的品质,使牲畜采食利用率提高。张文举等^[20]报道玉米秸经青贮后干物质中 CP、灰分含量分别提高了 25.51% 和 9.04% ; NDF、ADF 含量分别降低了 16.37% 和 23.66% 。本试验中随着沙打旺混贮比例增加,粗蛋白质和灰分呈递增趋势, NDF、ADF 含量呈递减趋势,说明玉米与沙打旺混

贮,有助于降低青贮饲料的纤维含量,这与张文举的试验结果相一致。

沙打旺蛋白质含量高,有丰富的必需氨基酸,而玉米蛋白含量不高,特别是赖氨酸含量低,饲喂家畜时必须补饲蛋白饲料。本试验中随着沙打旺添加比例增加,混贮各处理赖氨酸含量较玉米单贮分别提高 57.2% 和 45% 。同时,其他各类氨基酸及氨基酸总量玉米与沙打旺 $1:1$ 和 $1:2$ 混贮处理均不同程度高于玉米单贮,充分说明沙打旺与全株玉米混合青贮其营养价值比单一青贮玉米全面而丰富,体现了营养的互补性。而玉米与沙打旺 $2:1$ 混贮处理其各类氨基酸含量低于玉米单贮处理,可能是因为二者这一比例混贮蛋白损失较高,引起氨基酸降解,有待进一步证实。

敖志刚等^[21]对 2006 年和 2007 年上半年中国饲料原料和全价饲料中 6 种主要霉菌毒素(黄曲霉毒素、赭曲霉毒素、烟曲霉毒素、玉米赤霉烯酮、呕吐毒素、T-2 毒素)的检出水平和分布特点进行了评估,发现青贮饲料中,除烟曲霉毒素检出率为 88.2% 外,其他 5 种毒素的检出率均为 100% 。本试验中,全株玉米与沙打旺不同比例混贮饲料各处理均检出黄曲霉毒素,但含量远低于标准安全限以下,可以安全使用。玉米赤霉烯酮(Zearalenone, ZEA),又称 F2 毒素,对人和动物产生的危害,有研究表明添加高于 NRC 标准 $30\%\sim 40\%$ 的蛋氨酸,同时提高日粮中维生素 A、D、K 添加量及综合营养成分含量,可有效降低玉米赤霉烯酮毒性效应^[22]。本试验中沙打旺青贮样玉米赤霉烯酮含量为 $0.0197\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,将沙打旺与玉米混贮,各混贮处理蛋氨酸含量分别为 0.0294 、 0.0351 和 $0.0254\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,均高于沙打旺单贮蛋氨酸含量,这对减少沙打旺植株 ZEA 含量及其毒性效应有一定作用。

饲料中的硝酸盐本身对动物无毒害作用,只有转化为亚硝酸盐才有害。据报道,亚硝酸盐氮对牛、羊、猪、兔、狗等家畜的致死量为 $6\sim 34\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 体质量^[23]。于炎湖等在对饲料中亚硝酸盐允许量的研究中建议将青贮饲料中亚硝酸盐含量的安全范围规定为 $10\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ^[24]。本试验测试沙打旺与玉米不同比例混贮样品,青贮前玉米与沙打旺 $1:2$ 混贮处理含量最高,为 $0.198\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,青贮后沙打旺单贮处理含量最高,为 $0.117\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,均远远低于标准限。

4 结 论

科多 8 号青贮专用型玉米与沙打旺混贮,增加了青贮饲料的粗蛋白质含量,降低了 NDF、ADF 含量,说明青贮是提高饲料消化率的有效途径。同时减少了青贮原料的玉米赤霉烯酮、亚硝酸盐、硝酸盐含量,降低了饲料有毒有害成分。玉米与沙打旺 1:1 混贮处理营养成分及氨基酸含量较高,且有毒有害成分含量较低,为理想的混贮处理。

参考文献:

- [1] 刘愿英, 刘建军, 刘建秀. 野生甸甸性沙打旺饲用价值的研究 [J]. 干旱地区农业研究, 2000, 18(3): 110-116.
- [2] 王兆卿, 李 聪, 苏加楷. 野生与栽培型沙打旺品质性状比较 [J]. 草地学报, 2001, 9(2): 133-136.
- [3] 王庆基, 宋 民, 王士明, 等. 沙打旺青贮和半干青贮饲料的调制 [J]. 内蒙古草业, 1998, 15(1): 43-48.
- [4] STERMITZ F R. Aliphatic nitro compounds from *Astragalus spocies* [J]. *Phytochemistry*, 1972, 11: 1117.
- [5] WILLIAMS M C. 3-nitropropionic acid and 3-nitro-1-propanol-in species of *Astragalus* [J]. *Can J BoL*, 1982, 60: 1956-1963.
- [6] REDDY K R, REDDY C S, MURALIDHARAN K. Efficacy of certain agrochemicals on *Aspergillus* spp. and subsequent aflatoxin production in rice [J]. *Pest Biochem Physiol*, 2009, 93: 53-57.
- [7] 顾 薇. 霉菌毒素在亚洲的发生情况 [J]. 饲料工业, 2003, 24(5): 49-50.
- [8] 玉 柱. 牧草青贮技术研究 [D]. 中国农业大学博士后研究报告, 2002.
- [9] BRODERICA 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.
- [10] 许庆方, 周 禾, 玉 柱, 等. 贮藏期和添加绿汁发酵液对袋装苜蓿青贮的影响 [J]. 草业科学, 2006, 14(2): 129-133.
- [11] 郭望山, 孟庆翔. 杜马斯燃烧法与凯氏法测定饲料含氮量的比较研究 [J]. 畜牧兽医学报, 2006, 37(5): 464-468.
- [12] 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: 46-75.
- [13] 单贵莲, 薛世明, 徐 柱, 等. 不同调制方法紫花苜蓿干燥特性及干草质量的研究 [J]. 草业学报, 2008, 17(4): 56-60.
- [14] 王国良, 李 顺, 贾春林, 等. 微生物复合添加剂对苜蓿青贮效果的影响 [J]. 华北农学报, 2010, 25(增刊): 305-308.
- [15] FAO/WHO [R]. Gneve, WHO. Food and Agriculture Organization of the United Nation/Word Health Organization. Energy and protein requirement, 2001, 62-64.
- [16] 于艳东, 玉 柱, 邵 涛. 不同添加剂对沙打旺青贮饲料发酵品质和化学成分的影响 [J]. 动物营养学报, 2008, 20(4): 447-452.
- [17] KAISER E, WEIB K, KRAUSE R. Beurteilung skriterien fur die quality on grass silage [J]. *Proceed Society Nutr Physiol*, 2000, (9): 94-101.
- [18] 万里强, 李向林, 何 峰, 等. 苜蓿含水量与添加剂组分浓度对青贮效果的影响研究 [J]. 草业学报, 2007, 16(2): 40-45.
- [19] 高登义. 青贮沙打旺牧草试验研究报告 [J]. 吉林畜牧兽医, 2003, 20(3): 31-37.
- [20] 张文举, 晏向华, 龚月生. 青贮对玉米秸营养价值及其瘤胃有效降解率的影响 [J]. 中国草食动物, 2003, 23(1): 8-9.
- [21] 敖志刚, 陈代文. 2006—2007 年中国饲料及饲料原料霉菌毒素污染调查报告 [J]. 中国畜牧兽医, 2008, 35(1): 152-156.
- [22] CREPPY E E. Update of survey, regulation and toxic effects of mycotoxins in Europe [J]. *Toxicol Let*, 2002, 127: 19-28.
- [23] 杨家澍, 王留成, 李国顺, 等. 水中亚硝酸盐净化处理研究进展 [J]. 郑州大学学报(工学版), 2002, 23(4): 102-106.
- [24] 于炎湖, 齐德生, 王春林. 饲料中亚硝酸盐允许量的研究 [J]. 粮食与饲料工业, 2004, 32(8): 38-40.

(编辑 郭云雁)