

添加剂对尖叶胡枝子青贮发酵品质及体外消化率的影响

玉柱¹, 魏馨¹, 于艳冬², 韩建国¹, 孙启忠^{3*}

(1. 中国农业大学草地研究所, 北京 100193; 2. 南京农业大学动物科技学院, 江苏 南京 210095;
3. 中国农业科学院草原研究所, 内蒙古 呼和浩特 010010)

摘要:以尖叶胡枝子为原料, 添加乳酸菌制剂 LaLsIL dry(0.000 5%, 0.001 0%, 0.002 0% 和 0.007 0%) 和 Micromanger H/M(0.001 135%, 0.003 405% 和 0.004 450%), 在实验室条件下制作小型塑料袋青贮, 贮藏 90 d, 分析乳酸菌制剂对尖叶胡枝子青贮保存性能和消化率的影响。结果表明, 添加 LaLsIL dry 和 Micromanger H/M 可显著提高胡枝子青贮的乳酸含量($P < 0.05$), 降低丁酸和氨态氮含量($P < 0.05$)。通过 Flieg 青贮饲料评分方案得出尖叶胡枝子直接青贮饲料的发酵品质最差, 等级为劣, 而 2 种乳酸菌添加剂处理的青贮品质均明显好于对照组。LaLsIL dry 和 Micromanger H/M 各处理均明显改善尖叶胡枝子青贮饲料的发酵品质, 同时也明显提高了尖叶胡枝子青贮饲料的干物质、粗蛋白质和中性洗涤纤维的体外消化率。

关键词:尖叶胡枝子; 青贮; 添加剂; 青贮品质; 体外消化率

中图分类号:S816.32 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-5759(2009)05-0073-07

* 尖叶胡枝子(*Lespedeza dysaroides*)为豆科胡枝子属多年生草本状半灌木, 主要分布于我国东北和华北, 西北、华中和华南也有分布^[1]。胡枝子属植物根系发达, 分蘖力强, 覆盖度大, 是良好的水土保持植物; 同时其茎叶的粗蛋白、氨基酸和粗脂肪等营养成分含量高^[2]; 返青早、枯黄晚、绿期长, 是改良干旱、半干旱区退化草地和建植人工草地的优良生态型牧草^[3]。资源丰富的胡枝子, 具有转化为家畜优质饲料的巨大潜力, 很值得开发利用。

目前关于尖叶胡枝子的研究大部分集中在生物学特性和生态特征等领域^[4-7], 作为饲草料加工利用的研究较少, 尤其是调制青贮饲料, 国内外尚未见到有关的研究报道, 其潜在的饲用价值尚未被充分认识和开发利用。尖叶胡枝子木质化程度较高, 含糖量少, 缓冲能值高, 青贮难度大, 采用常规青贮方法很难获得优质青贮料。菌制剂作为青贮饲料的添加剂已经在难青贮的豆科牧草中得到广泛应用, 并且其应用效果较好, Whiter 和 Kung^[8]在苜蓿(*Medicago sativa*)青贮过程中, 添加菌制剂明显降低了青贮饲料的 pH 值和氨态氮生成量, 降低了青贮过程中营养物质的损失, 显著提高了苜蓿青贮饲料的发酵品质; 庄益芬等^[9]接种菌制剂研究结果表明, 菌制剂改善青贮发酵品质, 提高青贮饲料体外干物质消化率。

本试验通过添加 2 种商品乳酸菌制剂, 分析其对尖叶胡枝子青贮发酵品质和化学成分以及体外消化率的影响, 探讨适合尖叶胡枝子青贮可行方法, 为调制品质优良的尖叶胡枝子青贮饲料提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 青贮原料

剪取第 1 茬开花期的尖叶胡枝子枝条, 作为青贮原料。取样地点为内蒙古林西县境内人工种植的尖叶胡枝子。

1.2 青贮添加剂

LaLsIL dry: 主要成分为乳酸菌(*Lactobacillus*) $> 6 \times 10^{10}$ CFU/g、小球菌(*Pediococcus*) $> 2 \times 10^{10}$ CFU/g 和纤维素酶和半纤维素酶(酶活力 $> 20\ 000$ UI/g)等, 生产商为 Medipharm USA。

* 收稿日期: 2008-11-25; 改回日期: 2009-01-14

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研究及示范”(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(1963-), 男, 蒙古族, 内蒙古通辽人, 副教授。E-mail: yuzhu3@sohu.com

* 通讯作者。E-mail: sunqz@126.com

Micromanger H/M:主要成分为肠球菌(*Enterococcus*)、乳酸菌(*Lactobacillus*)和小球菌(*Pediococcus*),约 2×10^{11} CFU/kg,生产商为 LALLEMAND SAS France。

1.3 试验设计

采用完全区组试验设计,试验共设置对照组(CK)、LaLsIL dry(0.000 5%, LD1)、LaLsIL dry(0.001 0%, LD2)、LaLsIL dry(0.002 0%, LD3)、LaLsIL dry(0.007 5%, LD4)、Micromanger H/M(0.001 135%, MH1)、Micromanger H/M(0.003 405%, MH2)和 Micromanger H/M(0.004 540%, MH3)8 个处理,每个处理 3 次重复(表 1)。

表 1 尖叶胡枝子青贮试验设计方案

Table 1 Experiment design of *L. hedysaroides* silage

处理 Treatments	CK	LD1	LD2	LD3	LD4	MH1	MH2	MH3	%
添加量 Amount of additives	0	0.000 5	0.001 0	0.002 0	0.007 5	0.001 135	0.003 405	0.004 540	

1.4 青贮饲料调制

将青贮原料与添加剂混合均匀后,按照试验设计添加菌制剂,菌制剂的添加量以鲜样重为基础,装入聚乙烯袋中,每袋大约 200 g,然后用真空包装机抽真空并封口,在室温贮藏 90 d 后开封取样分析青贮发酵品质、化学成分和体外消化率。

1.5 测定项目和方法

取尖叶胡枝子原料样,测定可溶性碳水化合物(WSC),粗蛋白质(CP)和非蛋白氮(NPN),青贮原料的缓冲能测定采用滴定法测定^[12]。

开启青贮袋后随机取青贮样品 20 g,加入 180 mL 蒸馏水,搅拌均匀,用组织捣碎机搅碎 1 min,先后用 4 层纱布和定性滤纸过滤,滤出草渣得到浸出液,再用 pH 测定仪(S-3C)测青贮料浸出液的 pH 值;采用苯酚一次氯酸钠比色法测定氨态氮(NH₃-N)^[13];采用烘箱干燥法测定干物质(DM);采用凯氏法测定粗蛋白质(CP)^[11];用三氯乙酸沉淀后凯氏定氮法测非蛋白氮(NPN)^[11]。采用范氏洗涤纤维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)^[14];采用蒽酮分光光度法测定可溶性碳水化合物(WSC)含量^[10];采用 SHI-MADZE-10A 型高效液相色谱分析乳酸、乙酸、丙酸、丁酸含量,色谱柱:Shodex rspak KC-811 S-DVB gel column 30×8 mm,检测器:SPD-M10AVP,流动相:3 mmol/L 高氯酸,流速:1 mL/min,柱温 50℃,检测波长 210 nm,进样量 5 μL^[15]。青贮饲料品质评价采用 Flieg 评价方案^[16],Flieg 评分体系是以乳酸和挥发性脂肪酸(VFA)为评定指标进行青贮品质评价的。满分为 100 分,根据这个评分,将青贮饲料品质分为优(80 分以上)、良(60~80 分)、中(40~60 分)、差(20~40 分)、劣(20 分以下)5 个级别。

体外消化率采用 2 步法测定:第 1 步,在缓冲液中添加尿素,将缓冲液和瘤胃液按照 1:1 比例配置成混合培养液,加入样品后,在 39℃ 恒温培养 48 h;第 2 步,胃蛋白酶消化液培养 24 h^[17,18]。测定干物质、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维和粗蛋白体外消化率。

1.6 数据分析

数据统计方法利用 Excel 软件处理基础数据,用 SAS(statistical analysis system, 12.0 版)软件中的 GLM(general linear models)程序对数据进行方差分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 尖叶胡枝子青贮原料特点

青贮原料尖叶胡枝子具有豆科牧草典型特征,粗蛋白含量较高,具有高缓冲能值和低可溶性碳水化合物含量(表 2)。

2.2 尖叶胡枝子青贮发酵品质

尖叶胡枝子青贮发酵品质结果显示(表 3),与对照相比,添加 LD2 处理的 pH 值显著低于对照组($P <$

0.05), 添加 LD1、LD3 和 LD4 处理的 pH 值低于对照组, 但差异不显著 ($P > 0.05$); 所有添加 Micromanger H/M 处理组的 pH 值显著低于对照 ($P > 0.05$)。添加 LaLsIL dry 和 Micromanger H/M 各浓度处理后, 乳酸含量均显著增加 ($P < 0.05$); 添加 LaLsIL dry 和 Micromanger H/M 各处理组的乙酸含量显著低于对照组 ($P < 0.05$); 丙酸生成量极少, 与对照组相比, 丙酸含量差异均不显著 ($P > 0.05$)。添加 LaLsIL dry 和 Micromanger H/M 各处理的丁酸含量显著低于对照组 ($P < 0.05$)。添加 LD3 处理的总酸含量显著高于对照组, LD4 和 MH3 处理组的总酸含量高于对照组, 但均无显著差异 ($P > 0.05$); 添加 LaLsIL dry 和 Micromanger H/M 各处理组的氨态氮含量均显著低于对照组 ($P < 0.05$)。

表 2 尖叶胡枝子原料草的化学成分和缓冲能值

Table 2 Chemical compositions and buffering capacity of the *L. hedysaroides*

项目 Item	粗蛋白 Crude protein (CP) (%DM)	非蛋白氮占总氮的比例 Non-protein nitrogenous/total nitrogen (NPN/TN)	可溶性糖含量 Water soluble carbohydrates (WSC) (%DM)	缓冲能 Buffering capacity(BC) (mmol/kg DM)
含量 Content	15.37	15.14	4.17	452

表 3 尖叶胡枝子青贮饲料的发酵品质

Table 3 Fermentation quality of *L. hedysaroides* silages

处理 Treatments	pH 值 Value	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	5.33 a	0.48 d	1.03 a	0.05	0.19 a	2.06 b	14.86 a
LD1	5.14 ab	1.19 b	0.61 bc	0.02	0.05 b	2.21 b	10.59 b
LD2	5.08 b	1.15 b	0.49 c	0.01	0.03 b	1.86 b	12.17 b
LD3	5.13 ab	1.91 a	0.75 b	0.00	0.06 b	3.37 a	12.31 b
LD4	5.24 ab	1.94 a	0.74 b	0.01	0.07 b	2.85 ab	12.56 b
MH1	4.99 b	1.76 ab	0.67 b	0.01	0.05 b	2.50 b	12.57 b
MH2	5.07 b	1.03 c	0.57 bc	0.00	0.01 b	1.95 b	11.68 b
MH3	5.03 b	2.07 a	0.46 c	0.02	0.04 b	2.14 ab	11.19 b
标准误 SE	0.13	0.12	0.07	0.01	0.00	0.14	0.25

注: 表中同列不同小写字母表示平均数差异显著 ($P < 0.05$)。下同。

Note: Means with different letters in each column mean different significant ($P < 0.05$). The same below.

2.3 尖叶胡枝子青贮化学成分

尖叶胡枝子青贮饲料化学成分结果显示(表 4), 与对照比较, LaLsIL dry 和 Micromanger H/M 各处理后青贮料的干物质含量无显著差异 ($P > 0.05$); 各处理组的中性洗涤纤维含量显著高于对照组 ($P < 0.05$); LD1、LD4、MH1 和 MH3 各处理的酸性洗涤纤维含量均显著高于对照组 ($P < 0.05$); 而 MH2 处理组的酸性洗涤纤维含量显著低于对照组 ($P < 0.05$); 各处理的酸性洗涤木质素含量与对照组相比无显著差异 ($P > 0.05$), 而且各处理组的酸性洗涤木质素含量均较高, 为 20% 左右; LaLsIL dry 添加剂各浓度处理的粗蛋白含量显著低于对照 ($P < 0.05$), 且粗蛋白含量随 LaLsIL dry 添加浓度的增加而增加; MH1、MH2 各处理的粗蛋白含量均低于对照, 但差异不显著 ($P > 0.05$), 而 MH3 处理的粗蛋白含量显著低于对照 ($P < 0.05$); 添加 LaLsIL dry 各处理的非蛋白占总氮比例均低于对照组, 其中 LD1 和 LD2 处理的非蛋白占总氮比例显著低于对照组, 其余浓度处理与对照组无显著差异 ($P > 0.05$); MH1 处理的非蛋白占总氮比例显著低于对照组 ($P > 0.05$); MH2 处理的可溶性碳水化合物含量显著高于对照 ($P < 0.05$)。

表 4 尖叶胡枝子青贮饲料的化学成分

Table 4 Chemical compositions of *L. hedysaroides* silages

处理 Treatments	干物质 Dry matter (%)	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)	粗蛋白 Crude protein (CP) (%DM)	非蛋白占总氮比例 Non-protein nitrogen/total nitrogen (NPN/TN) (%)	水溶性碳水化合物 Water soluble carbohydrates (WSC) (%DM)
CK	32.47 ab	57.45 c	48.93 b	20.89	16.92 a	28.41 ab	0.82 b
LD1	33.64 a	63.67 a	50.42 a	20.95	12.36 c	17.91 c	0.67 b
LD2	34.24 a	62.69 ab	49.77 ab	19.42	13.37 bc	23.21 c	0.83 b
LD3	33.50 a	62.89 ab	49.26 ab	20.41	14.01 b	27.16 b	1.04 ab
LD4	34.12 a	64.33 a	50.70 a	20.79	14.26 b	26.46 b	1.06 ab
MH1	30.25 b	60.43 b	50.37 a	19.15	15.46 ab	19.61 c	1.31 ab
MH2	32.57 ab	59.67 b	45.96 c	20.83	15.15 ab	30.51 a	1.62 a
MH3	33.15 ab	64.53 a	50.89 a	20.70	13.46 bc	28.13 ab	1.12 ab
标准误 SE	0.26	0.36	0.46	0.12	0.25	1.13	0.08

2.4 青贮品质评价

青贮饲料各有机酸占总酸比例结果显示(表 5),对照处理的乳酸占总酸中的比例低于 50%,而乙酸占总酸中的比例高于 50%,属于乙酸发酵类型;各种添加剂处理组的乳酸占总酸中的比例均高于 50%,而乙酸占总酸中的比例低于 50%,属于乳酸发酵类型。

根据 Flieg 青贮饲料评分方案和各种酸类物质占总酸的比例,对各处理的青贮品质评分得出如表 6 结果。通过 Flieg 青贮饲料评分方案得出,对照组青贮品质为劣,各种添加剂各浓度的处理的青贮发酵品质均好于对照组,其中 Micromanger H/M 随添加浓度的增加,青贮发酵品质表现降低的趋势。

表 5 尖叶胡枝子青贮有机酸占总酸比例

Table 5 Organic acid in total acid of *L. hedysaroides* silages

处理 Treatments	乳酸/总酸 LA/TA	乙酸/总酸 AA/TA	丙酸/总酸 PA/TA	丁酸/总酸 BA/TA
CK	23.44	50.12	2.63	3.91
LD1	53.87	27.45	0.78	2.11
LD2	55.14	23.95	0.48	1.37
LD3	57.30	22.91	0	2.13
LD4	59.67	25.25	0.32	2.21
MH1	68.20	20.51	0.36	1.24
MH2	52.31	28.78	0	0.51
MH3	60.22	30.18	0.49	1.95

2.5 尖叶胡枝子青贮饲料的体外消化率

尖叶胡枝子青贮饲料的体外消化率结果显示(表 7),乳酸菌处理组尖叶胡枝子青贮饲料干物质、粗蛋白质和中性洗涤纤维体外消化率显著高于对照组($P < 0.05$); LD2 和 MH1 处理组酸性洗涤纤维体外消化率显著高于对照组($P < 0.05$);其余处理组的酸性洗涤纤维体外消化率表现出高于对照组的趋势,但差异不显著($P > 0.05$)。

3 讨论

尖叶胡枝子属于豆科牧草,由于其可溶性碳水化合物含量较少,未能满足调制优质青贮饲料所需要的 8%~10%含量^[19],造成乳酸菌早期繁殖较慢,乳酸生成量较少;同时尖叶胡枝子原料缓冲能较高对青贮饲料 pH 值降

低有较强的抑制作用。本试验研究结果表明,直接青贮后 pH 值高,乳酸含量少,丁酸和氨态氮生成量多,其 Flieg 青贮饲料评分等级为劣。说明本试验在尖叶胡枝子初花期直接调制出的青贮饲料发酵品质较差,采用常规青贮技术很难调制出优质青贮饲料,要改善尖叶胡枝子青贮饲料的发酵品质,必须采用包括添加剂在内的特殊青贮技术。

表 6 尖叶胡枝子青贮饲料的 Flieg 评价

Table 6 Flieg evaluation of *L. hedysaroides* silages

处理 Treatments	乳酸得分 Lactic acid grade	乙酸得分 Acetic acid grade	丁酸得分 Butyric acid grade	总分 Total grade	等级 Rank
CK	0	0	20	20	劣 Bad
LD1	14	13	30	57	中 Middle
LD2	15	16	50	81	优 Excellent
LD3	16	16	30	62	良 Well
LD4	17	15	30	62	良 Well
MH1	23	17	50	90	优 Excellent
MH2	14	12	50	76	良 Well
MH3	18	11	30	59	中 Middle

表 7 尖叶胡枝子青贮饲料的体外消化率

Table 7 Digestibility in vitro of the *L. hedysaroides* silages

处理 Treatments	体外干物质消化率 IVDMD	体外粗蛋白消化率 IVCPD	体外中性洗涤纤维消化率 IVNDFD	体外酸性洗涤纤维消化率 IVADFD
CK	54.43 c	50.75 c	47.96 c	43.46 b
LD1	56.63 b	54.48 a	50.97 b	45.51 b
LD2	57.83 a	53.93 ab	54.63 a	47.94 a
LD3	57.61 a	54.48 a	53.88 a	45.53 b
LD4	56.67 b	53.08 b	52.42 ab	40.68 ab
MH1	57.02 ab	53.64 ab	53.19 a	47.28 a
MH2	58.31a	54.73 a	50.35 b	45.53 b
MH3	58.34 a	53.28 ab	50.08 b	44.74 ab
标准误 SE	1.89	2.72	2.06	3.01

一般情况下,植物体表面附着乳酸菌数量不足,并且主要是异型发酵乳酸菌,同时包含大量不良菌种(霉菌、酵母菌和丁酸菌等)^[20]。若乳酸菌数量不足,青贮早期乳酸菌繁殖非常缓慢,不能有效抑制有害微生物增殖,要使乳酸菌快速繁殖并占据优势地位,理论上要求每 g 青贮原料上附着的乳酸菌数量必须有 10^5 个以上^[20]。本试验所选用的 LaLsIL dry 和 Micromanger H/M 2 种添加剂因为其成分均为乳酸菌制剂,保证青贮初期发酵所需的足够的乳酸菌数量,通过乳酸菌发酵产生大量乳酸快速降低 pH 值,植物酶的活性得到很好抑制,同时抑制了不良微生物活动,减少粗蛋白降解为非蛋白氮,保存了大量可供家畜有效利用的真蛋白,减少青贮饲料发酵过程中营养物质的损失并且得到了品质优良的青贮饲料。通过添加 LaLsIL dry 显著提高了青贮饲料乳酸含量,而明显减少了非蛋白氮、氨态氮和丁酸含量含量,与在无芒雀麦 (*Bromus inermis*)^[21]、老芒麦 (*Elymus sibiricus*)^[22] 等青贮试验中的结果一致,表明添加 LaLsIL dry 和 Micromanger H/M 处理降低了青贮饲料营养物质的损失,改善了青贮饲料的发酵品质。

Aksu 等^[23]的研究结果表明,添加含有植物乳杆菌的接种剂能够显著提高青贮玉米 (*Zea mays*) 的干物质消化率;Harrison 等^[24]研究表明接种乳酸菌可提高混合饲草的体外干物质消化率和体外中性洗涤纤维体外消化

率。本试验中添加菌制剂菌制剂处理提高了青贮饲料体外干物质、粗蛋白和中性洗涤纤维体外消化率,这可能是因为菌制剂处理显著提高了青贮饲料发酵品质,抑制不良微生物发酵,尤其是抑制了蛋白质酶解和水解,减少了植物细胞内容物质的损失,保存了大量营养成分,进而提高了体外干物质、粗蛋白和中性洗涤纤维消化率。

4 结论

4.1 尖叶胡枝子直接青贮饲料的 pH 值高,乳酸含量低,丁酸和氨态氮含量多,未能调制出优质青贮饲料。

4.2 添加 Micromanger H/M 和 LaLsIL dry 处理的尖叶胡枝子青贮饲料的乳酸含量明显高于对照,而乙酸含量、丁酸含量和氨态氮占总氮比例均明显低于对照。通过 LaLsIL dry 和 LaLsIL dry 等乳酸菌类添加剂的应用可明显改善尖叶胡枝子青贮料的发酵品质。

4.3 尖叶胡枝子直接青贮的 Flieg 青贮饲料评分得分最低,等级为劣;而添加剂各处理的青贮品质均好于对照,其中 LaLsIL dry 0.001 0%浓度处理和 Micromanger H/M 0.004 540%浓度处理的青贮饲料发酵品质 Flieg 等级为优。

参考文献:

- [1] 陈宝书. 牧草饲料作物栽培学[M]. 北京:中国农业出版社,2001.
- [2] 刘淑华,松梅,徐丽君,等. 2种胡枝子种子生物学特性对比研究[J]. 内蒙古草业, 2008,20(3):20-24.
- [3] 夏亦莽,苏加楷,熊德邵. 二色胡枝子和达乌里胡枝子若干生物学特性和营养成分的分[J]. 草业科学,1999,7(1):9-41.
- [4] 张铜会,赵哈林,李玉霖,等. 科尔沁沙地灌溉与施肥对退化草地生产力的影响[J]. 草业学报,1998,17(1):36-42.
- [5] 李玉霖,孟庆涛,赵学勇,等. 科尔沁沙地流动沙丘植被恢复过程中群落组成及植物多样性演变特征[J]. 草业学报,2007,16(6):54-61.
- [6] 孙启忠,高丽,赵淑芬,等. 尖叶胡枝子[J]. 畜牧与饲料科学,2007,9:19-21.
- [7] 李荣平,刘志民,闫巧玲. 科尔沁沙地西部草甸植物萌发特征[J]. 草业学报,2006,15(1):22-28.
- [8] Whiter A G, Kung L Jr. The effect of a dry or liquid application of *Lactobacillus plantarum* MTD1 on the fermentation of alfalfa silage[J]. Dairy Science,2001,84:2195-2202.
- [9] 庄益芬,安宅一夫,张文昌. 不同温度条件下添加剂对青贮苜蓿细胞壁成分和体外干物质消化率的影响[J]. 家畜生态学报, 2006,27(6):61-64.
- [10] Koehler L H. Differentiation of carbohydrate by anthrone reaction rate and colour intensity[J]. Analytical Chemistry, 1952, 24: 1576-1579.
- [11] Krishnamoorthy U, Muscato T V, Sniffen C J, et al. Nitrogen fractions in selected feedstuffs[J]. Journal Dairy Science, 1982, 65: 217-225.
- [12] Playne M J, McDonald P. The buffering constituents of herbage and silage[J]. Journal Science Food Agriculture, 1966,17: 264-268.
- [13] Broderica G A, Kang J H. Automated simultaneous determination of ammonia and amino acids in ruminal fluid and in vitro media[J]. Journal Dairy Science, 1980,33:64-75.
- [14] Van Soest P J, Robertson J B, Lewis B A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition[J]. Journal Dairy Science, 1991, 74: 3583-3597.
- [15] 许庆方,玉柱,韩建国,等. 高效液相色谱法测定紫花苜蓿青贮中的有机酸[J]. 草原与草坪,2007,2:63-67.
- [16] 张子仪. 中国饲料学[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [17] Tilly J M A, Terry R A. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops[J]. Journal British Grassland Society, 1963,18: 104-111.
- [18] McDougall E I. Studies on ruminant salive I. The composition and output of sheep's salive[J]. Biochemical Journal, 1948, 43:99-109.
- [19] 刘建新,杨振海. 青贮饲料的合理调制与质量评定标准[J]. 饲料工业,1999,20(3):4-7.
- [20] Tengerdy R P, Weinberg Z G, Szakacs G, et al. Ensiling alfalfa with additives of lactic acid bacteria and enzymes[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1991,55:215-228.

- [21] 玉柱,白春生,孙启忠,等. 不同添加剂对无芒雀麦青贮品质的影响[J]. 中国农业科技导报,2008,10(4):76-81.
- [22] 玉柱,孙启忠,邓波,等. 老芒麦青贮研究[J]. 中国农业科技导报,2008,10(1):98-102.
- [23] Aksu T,Baytok E,Bolat D. Effects of abacterial silage inoculant on corn silage fermentation and nutrient digestibility[J]. Small Ruminant Research,2004,55:249-252.
- [24] Harrison J H, Soderlund S D,Loney K A. Effect of inoculation rate of selecte dstrains of lactic acid bacteria on fermentation and in vitro digestibility of grass-legume forage[J]. Journal Dairy Science, 1989,72(9):2421-2426.

Effects of additives on silage quality and *in vitro* digestibility of *Lespedeza hedysaroides* silage

YU Zhu¹, WEI Xin¹, YU Yan-dong², HAN Jian-guo¹, SUN Qi-zhong³

(1. Institute of Grassland Science, China Agricultural University, Beijing 100193, China; 2. Nanjing Agricultural University Animal Science and Technology College, Nanjing 210095, China; 3. Grassland Research Institute, CAAS, Huhhot 010010, China)

Abstract: *Lespedeza hedysaroides* silage was made from *L. hedysaroides* alone or by adding LaLsIL dry (0.000 5%, 0.001 0%, 0.002 0%, 0.007 0%) and Micromanger H/M (0.001 135%, 0.003 405%, 0.004 450%). *L. hedysaroides* was ensiled in plastic bags under vacuum. After 90 days, samples were analysed for silage quality and *in vitro* digestibility of *L. hedysaroides*. The treatments with LaLsIL dry and Micromanger H/M had higher lactic acid contents than the CK ($P < 0.05$) while the content of butyric acid and ammonium nitrogen were lower ($P < 0.05$). The Flieg evaluation method of silage showed that the fermentation quality was worst in directly ensiled *L. hedysaroides*, and that both treated silages had better fermentation quality than the CK. The treatments of LaLsIL dry and Micromanger H/M improved the fermentation quality and *in vitro* DM, CP and NDF digestibility of *L. hedysaroides* silage.

Key words: *Lespedeza hedysaroides*; silage; additives; silage quality; *in vitro* digestibility