

DOI:10.11686/cyxb2017161

<http://cyxb.lzu.edu.cn>

王木川, 杨玉玺, 于奕东, 等. 不同添加剂和青贮密度对紫花苜蓿青贮品质的影响. 草业学报, 2018, 27(2): 156—162.

Wang M C, Yang Y X, Yu Y D, et al. Interactions between additives and ensiling density on quality of *Medicago sativa* silage. Acta Prataculturae Sinica, 2018, 27(2): 156—162.

不同添加剂和青贮密度对紫花苜蓿青贮品质的影响

王木川¹, 杨玉玺¹, 于奕东², 玉柱^{1*}

(1. 中国农业大学动物科技学院, 北京 100093; 2. 鄂尔多斯市农牧业局, 内蒙古 鄂尔多斯 017000)

摘要:本研究以第二茬初花期刈割的紫花苜蓿为原料, 晾晒至干物质含量在60%左右, 针对影响苜蓿青贮品质的添加剂和青贮密度两个因素, 设计两因素试验, 分别在600和650 kg·m⁻³青贮密度条件下添加植物乳杆菌(LP, *Lactobacillus plantarum*)、乳酪乳杆菌(LC, *Lactobacillus casei*)、蔗糖(S, sucrose)、纤维素酶(CE, acremonium cellulose)、LP+S、LC+S、LP+CE和LC+CE, 以不添加作为对照。发酵45 d后进行开罐分析。结果表明, 处理组S、S+LP和S+LC对于苜蓿青贮品质有一定的改善, 这3个处理组的pH值、丁酸含量、NDF含量和ADF含量均低于对照组; 添加CE、LP+CE和LC+CE对苜蓿青贮品质没有明显的改善; 添加剂对苜蓿青贮品质有显著影响($P<0.05$), 青贮密度对苜蓿青贮品质没有明显改善, 但对干物质含量和氨态氮占总氮含量有显著影响($P<0.05$); 两因素对苜蓿青贮品质的影响没有明显的交互作用($P>0.05$)。

关键词:紫花苜蓿; 密度; 添加剂; 青贮品质

Interactions between additives and ensiling density on quality of *Medicago sativa* silage

WANG Mu-chuan¹, YANG Yu-xi¹, YU Yi-dong², YU Zhu^{1*}

1. College of Animal Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100093, China; 2. Erdos Office of Agricultural and Animal Husbandry, Erdos 017000, China

Abstract: *Medicago sativa* (alfalfa) was used to make silage, with and without addition of additives. Alfalfa plants were freshly harvested at the initial blooming stage, when their dry matter content was about 400 g·kg⁻¹ (fresh matter basis). The effects of additives and ensiling density on the quality of alfalfa silage were investigated in an experiment with eighteen treatment levels. The quality of silages was analyzed after 45 days of fermentation. The results showed that silage treated with S (sucrose), S+LP (sucrose+*Lactobacillus plantarum*) and S+LC (sucrose+*Lactobacillus casei*) had lower pH, butyric acid content, NDF neutral detergent fiber content, and acid detergent fiber content than silages without these additives. Treatments with CE (acremonium cellulose), LP+CE, and LC+CE did not significantly improve the quality of silage. Treatments with additives resulted in higher quality alfalfa silage than treatments without additives ($P<0.05$). Preparing silage with higher density did not significantly improve its quality but significantly increased its DM (dry matter) content and ammonia nitrogen/total nitrogen ratio ($P<0.05$). The additive×density interaction was not a signifi-

收稿日期:2017-03-31; 改回日期:2017-07-04

基金项目:国家牧草产业技术体系(CARS-35), 公益性行业(农业)科研专项(201303061), 天津市农业科技成果转化与推广项目(201404040)和内蒙古自治区科技计划项目(苜蓿混合青贮调制技术研究与示范)资助。

作者简介:王木川(1992-), 男, 黑龙江牡丹江人, 在读硕士。E-mail: muchuanwang@163.com

* 通信作者 Corresponding author. E-mail: yuzhu3@sohu.com

cant factor for silage quality ($P > 0.05$).

Key words: *Medicago sativa*; density; additives; silage quality

紫花苜蓿(*Medicago sativa*)是一种多年生的优良豆科牧草,有“牧草之王”的美称,是国内外主要栽培的牧草之一^[1-8]。调制苜蓿干草需要采用田间自然干燥的方式,由于耗时较长,受环境气候影响较大,会造成营养物质的损失,有试验表明^[1],干草调制过程中都存在雨淋和落叶等损失,损失率高达 30%。在北方地区,刈割二和三茬苜蓿正值雨季,由于降雨而延迟收割,晒制干草遭雨淋造成的损失更高。因此,为了解决上述问题,经过国内外学者多年的研究表明,调制青贮是解决以上问题的理想措施。

与调制干草相比,制作青贮可减少营养物质的损失,而且受天气影响小。青贮后的苜蓿适口性好,消化率高,对牲畜的生长发育有良好的促进作用^[2]。由于苜蓿缓冲能值高,可溶性碳水化合物含量低的特性,较难青贮^[5],近年来随着青贮技术的不断进步,可以通过向青贮中加入添加剂来改善青贮品质^[3]。添加蔗糖可以直接为乳酸菌发酵提供充足的底物^[2]。添加乳酸菌制剂能直接提高乳酸菌数量,乳酸菌的数量可以保证发酵初期良好发酵^[4]。纤维素酶能够将植物细胞壁的结构性多糖降解为单糖,进而为乳酸菌发酵增加底物含量^[5]。青贮品质除了受添加剂的影响外,青贮密度的高低也对青贮发酵有重要的影响^[6],合理青贮密度会促进窖内空气的排出,营造一个良好的厌氧环境,对青贮发酵具有积极的影响。因此,本试验选择添加剂和不同青贮密度两个因素,旨在研究两因素及其互作效应对苜蓿青贮品质的影响,为生产实践提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 原料与添加剂

本试验以 2015 年内蒙古鄂尔多斯骑士乳业苜蓿种植基地(内蒙古自治区达拉特旗)种植的第二茬紫花苜蓿为原料,在初花期刈割后进行晾晒至含水量约 60%。其特性见表 1。乳酸菌制剂(*Lactobacillus. plantarum*, LP 和 *Lactobacillus. casei*, LC)由中国农业大学青贮实验室研发;蔗糖:购自北京化学试剂公司;纤维素酶(acremonium cellulose, CE):固态酶,多组分的复合生物催化剂,标准活力单位(CMC 酶) $1.06 \times 10^3 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$,由日本雪印公司生产。

1.2 试验设计

本试验采用 2×9 双因素试验设计,两个密度处理,即 600 和 $650 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,8 种添加剂(S、LP、LC、CE、LP+S、LC+S、LP+CE 和 LC+CE)和 1 个空白处理(CK)。将刈割后的紫花苜蓿晾晒至含水量为 60%左右,切碎至 1~2 cm,将切短的青贮原料与添加剂充分混合均匀后,按不同密度称取原料,分别按两个密度称取 300 和 325 g 装入 500 mL 的聚乙烯青贮罐中。共 18 个处理,每个处理 3 个重复,见表 2。发酵 45 d 后开罐,分析其发酵品质和营养成分。

1.3 测定项目与方法

发酵 45 d 后打开青贮罐,除去表层发霉青贮饲料,将剩余青贮饲料取出充分混匀,称取 20 g 青贮饲料,加入 180 mL 蒸馏水,搅拌均匀,用榨汁机绞碎

表 1 苜蓿原料特性

Table 1 Pre-ensiled characteristics of the alfalfa (%)

干物质	粗蛋白	中性洗涤纤维	酸性洗涤纤维
Dry matter	Crude protein	Neutral detergent fiber	Acid detergent fiber
41.03	23.23	32.06	22.46

表 2 苜蓿青贮试验处理

Table 2 The treatment of alfalfa silage

处理 Treatment	添加量 Additive amount
CK	0
S	2%
LP	$1 \times 10^6 \text{ CFU} \cdot \text{g}^{-1}$
LC	$1 \times 10^6 \text{ CFU} \cdot \text{g}^{-1}$
CE	0.005%
LP+S	$1 \times 10^6 \text{ CFU} \cdot \text{g}^{-1} + 2\%$
LC+S	$1 \times 10^6 \text{ CFU} \cdot \text{g}^{-1} + 2\%$
LP+CE	$1 \times 10^6 \text{ CFU} \cdot \text{g}^{-1} + 0.005\%$
LC+CE	$1 \times 10^6 \text{ CFU} \cdot \text{g}^{-1} + 0.005\%$

注:CK 为对照;S 为蔗糖;CE 为纤维素酶;LP:植物乳杆菌;LC:乳酪乳杆菌为乳酸菌剂,两种菌剂均由农业大学青贮实验室研发。CFU $\cdot \text{g}^{-1}$ 表示 1 g 鲜草添加的活菌数。

Note: CK: Control group; S: Sucrose; CE: Cellulose enzyme; LP: *Lactobacillus. plantarum*; LC: *Lactobacillus. casei*. CFU $\cdot \text{g}^{-1}$: Colony-forming units per gram fresh herbage.

1 min,先后用4层纱布和定性滤纸过滤,将滤液置于-20℃冰箱中保存,用于pH值、有机酸(乳酸、乙酸、丙酸和丁酸)及氨态氮的测定;从剩余青贮饲料中称取150 g左右的青贮饲料,放于65℃烘箱烘48 h至恒重,将烘干的样品粉碎,过1 mm筛,置于自封袋中保存,用于测定干物质(DM)、粗蛋白(CP)、中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)。

pH值用雷磁PHS-3C型pH计测定;使用SHIMADZE-10A型高效液相色谱分析乳酸(LA)、乙酸(AA)、丙酸(PA)和丁酸(BA)含量;色谱柱:Shodex Rspak Kc-811s-DVB gel Column 30 mm×8 mm,检测器:SPD-M10AVP,流动相:3 mmol·L⁻¹高氯酸,流速:1 mL·min⁻¹,柱温50℃,检测波长210 nm,进样量5 μL^[7];采用苯酚-次氯酸钠比色法测氨态氮占总氮含量^[8]。样品干物质(DM)采用烘箱烘干法测定;中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)采用Van Soest方法测定^[9];用凯氏定氮法测定粗蛋白(CP)的含量^[10]。

1.4 数据分析

用SPSS 21.0中的比较均值进行双因素方差分析,用Duncan进行两两比较。以P<0.05作为差异显著性判断。

表3 苜蓿青贮的发酵品质

Table 3 The fermentation quality of alfalfa silage

密度 Density	处理 Treatments	pH	乳酸 Lactic acid (%DM)	乙酸 Acetic acid (%DM)	丙酸 Propionic acid (%DM)	丁酸 Butyric acid (%DM)	氨态氮/总氮 NH ₃ -N/TN (%)
600 kg·m ⁻³	CK	5.62a	1.89d	1.51bcd	0.05ab	0.07	17.96a
	LP	5.44abc	1.97d	1.56bcd	0.05ab	ND	12.81bc
	LC	5.31abc	2.23cd	1.72bcd	0.03abc	ND	15.03ab
	S	4.51ef	4.37bcd	1.09cd	0.04abc	ND	9.58cdef
	CE	5.57ab	2.26cd	1.84bcd	0.02bc	ND	12.60bcd
	LP+CE	5.52abc	3.20bcd	2.45abc	0.02bc	ND	14.96ab
	LC+CE	5.10bcd	3.08bcd	2.77ab	0.05ab	ND	15.13ab
	LP+S	4.29ef	7.24a	1.58bcd	0.05ab	ND	7.89ef
	LC+S	4.35ef	5.52abc	0.85d	0.05ab	ND	8.28ef
	CK	5.57a	2.35cd	1.77bcd	ND	0.05	15.12ab
650 kg·m ⁻³	LP	5.26abc	2.76cd	2.40abc	0.05ab	ND	12.63bc
	LC	5.29abc	2.21cd	1.44bcd	0.05ab	ND	10.38cde
	S	4.73de	3.82bcd	1.33bcd	0.03abc	ND	8.56cdef
	CE	5.41abc	2.95cd	1.60bcd	0.05ab	ND	10.30cde
	LP+CE	5.24abc	3.29bcd	2.35abc	ND	ND	12.42bcd
	LC+CE	5.26abc	3.93bcd	3.63a	0.08a	ND	13.47bc
	LP+S	4.30ef	5.80ab	1.40bcd	0.03abc	ND	7.17ef
	LC+S	4.19f	5.65ab	1.40bcd	0.06ab	ND	6.16f
显著性检验 Significance testing	密度 Density 添加剂 Additive 密度×添加剂 Density×additive	NS * * * NS	NS * * * NS	NS * * NS	NS NS NS	NS NS NS	* * * * * NS

注:同一列不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。ND:未检测到;NS:差异不显著;* * *:P<0.001;* * :P<0.01;*:P<0.05。下同。

Note: Different letters in the same line mean significant difference at 0.05 level. ND: Not detection; NS: Not significant. * * *: P<0.001;

* * : P<0.01; * : P<0.05. The same below.

2 结果与分析

2.1 不同青贮密度和添加剂对紫花苜蓿青贮发酵品质的影响

各处理的发酵品质分析结果见表 3, 在相同青贮密度条件下, 与对照组相比, 各处理组的 pH 值均降低, 其中处理组 S、LP+S 和 LC+S 的 pH 值显著低于对照组 ($P < 0.05$), 复合添加 LP+S 和 LC+S 的 pH 值显著低于 LP 和 LC 组 ($P < 0.05$), 处理组 LP+CE 和 LC+CE 的 pH 值与处理组 LP 和 LC 相比较无显著差异 ($P > 0.05$)。处理组 LP+S 和 LC+S 的乳酸含量显著高于对照组 ($P < 0.05$), 其他处理组与对照组的乳酸含量差异不显著 ($P > 0.05$)。不同处理组乙酸含量与对照组比较差异不显著 ($P > 0.05$)。各个处理组间的丙酸含量无显著差异 ($P > 0.05$)。丁酸只有在对照组检测出。处理组的氨态氮占总氮的比(以下简称氨态氮)均低于对照组, 其中 S、LP+S 和 LC+S 这 3 个处理组的氨态氮含量与对照组相比, 差异最为显著 ($P < 0.05$)。本试验的两种青贮密度对 pH 值和有机酸含量无显著影响 ($P > 0.05$), 对氨态氮含量有显著影响 ($P < 0.05$)。不同密度和添加剂对紫花苜蓿青贮发酵品质无交互作用。

2.2 不同青贮密度和添加剂对紫花苜蓿青贮营养品质的影响

表 4 列出了各处理营养成分分析结果, 在相同青贮密度条件下, 与对照组相比, 处理组 S、LP+S 和 LC+S 的干物质含量显著上升 ($P < 0.05$), 其他处理组的干物质含量与对照组无显著差异 ($P > 0.05$)。与对照组相比,

表 4 苜蓿青贮的营养成分

Table 4 The chemical components of alfalfa silage treated

密度 Density	处理 Treatments	干物质 Dry matter (%)	粗蛋白 CP (% DM)	中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber (% DM)	酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber (% DM)
600 kg • m ⁻³	CK	30.77def	20.71cd	33.04abcde	26.75a
	LP	30.70def	22.08ab	34.21a	26.85a
	LC	32.19bcde	22.81a	33.99abcd	26.82a
	S	34.68a	21.47abcd	31.04cde	24.50bcd
	CE	30.86def	21.04bcd	32.67abcde	26.32ab
	LP+CE	32.30bcde	20.85cd	32.46abcde	24.88abcd
	LC+CE	32.72bcde	21.17bcd	33.01abcde	25.18abcd
	LP+S	33.50abc	21.72abc	30.91de	24.45bcd
	LC+S	33.30abc	21.83abcd	31.33cde	24.32bcd
	SEM	0.13	0.08	0.20	0.15
显著性检验 Significance testing	密度 Density 添加剂 Additive 密度×添加剂 Density×additive	* * *	NS	NS	NS
		* * *	* *	* *	* *
		NS	NS	NS	NS

处理组的粗蛋白含量都高于对照组,其中添加 LP 和 LC 的粗蛋白含量显著高于对照组($P<0.05$)。与对照组相比较,各处理组中性洗涤纤维的含量与对照组差异不显著($P>0.05$),处理组 S、LP+S 和 LC+S 酸性洗涤纤维含量与对照组有显著差异($P<0.05$)。在相同处理条件下,不同青贮密度条件下的干物质含量的影响有显著差异($P<0.05$),粗蛋白、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量的无显著差异($P>0.05$)。添加剂对青贮后的干物质、粗蛋白、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维的含量都有显著影响($P<0.05$)。密度和添加剂的交互作用对青贮后的营养品质无显著性影响($P>0.05$)。

3 讨论

苜蓿由于碳水化合物含量少,缓冲能值高,属于不易青贮的牧草作物^[11]。在实践生产中,需要适量的加入不同的添加剂来改善青贮效果。青贮饲料中可溶性糖分的含量是青贮饲料制作的关键。糖类是乳酸菌发酵的底物,一般要求其含量在 2%以上,以提供乳酸菌生长繁殖所需的营养^[12]。蔗糖为青贮发酵促进剂,它通过增强乳酸菌的活动,产生更多的乳酸,使青贮饲料的 pH 值迅速下降,达到成功青贮的目的^[13]。朱慧森等^[14]将 1%,2% 和 3% 这 3 个浓度的蔗糖添加到紫花苜蓿中,3 个处理组的氨态氮含量较对照组显著降低,青贮品质最好。本试验中蔗糖的添加量为 2%,达到乳酸菌发酵的底物要求,促进乳酸发酵,使 pH 值和氨态氮显著低于对照组,抑制了蛋白质的分解。有机酸含量可以反映青贮饲料的质量,青贮饲料中丰富的乳酸含量可以降低 pH 值,提供酸性环境,从而抑制有害微生物的繁殖^[15]。本试验蔗糖处理组的乳酸含量显著高于对照组,说明蔗糖可以为乳酸菌提供更多底物,从而促进发酵,产生更多的乳酸,于国辉等^[16]的试验也得出类似结果。

青贮中添加乳酸菌很有必要,很多研究^[17~19]表明,添加乳酸菌制剂可以保证青贮发酵初期所需的乳酸菌数量,使之尽早的进入发酵阶段,使 pH 值迅速下降,抑制微生物对蛋白质的水解作用,减少青贮饲料中氨态氮的生成。本试验中,添加 LP 和 LC 使青贮 pH 值和氨态氮含量下降,乳酸含量升高,CP 含量显著高于对照组,表明在苜蓿青贮中添加乳酸菌可以提高青贮品质。Fllya 等^[20]研究表明,乳酸菌制剂对苜蓿青贮有促进的效果,可以改善发酵品质。

在苜蓿青贮中混合添加蔗糖和乳酸菌后,直接增加发酵初期的乳酸菌数量和底物的含量,促进发酵进程,产生大量乳酸,迅速降低 pH 值,达到一个良好的发酵环境,从而有效的保障青贮饲料的品质。本试验 LP+S 和 LC+S 这两个处理组的乳酸含量显著升高,pH 值和氨态氮含量显著降低,粗蛋白含量高于对照组,说明乳酸菌和蔗糖混合处理可以改善青贮饲料的品质,张丽英^[9]也得出类似结果。

研究表明^[21],纤维素酶可以降解植物细胞壁,将植物性多糖降解为单糖,为乳酸菌发酵提供底物,促进青贮的发酵,从而改善青贮品质。添加纤维素酶后,氨态氮含量显著降低,与 Hristov^[22]的试验结果相同。混合添加乳酸菌和纤维素酶后进行青贮,与对照组在粗蛋白、氨态氮含量、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维上差异并不显著,可能是因为干物质含量(41.03%)比较高,属于半干青贮,混合添加乳酸菌和纤维素酶对苜蓿青贮的发酵品质和营养成分影响不大。有研究表明^[23],苜蓿青贮水分含量过低,多数细菌处于生理干旱状态,因此添加剂没能够有效地发挥作用,但苜蓿青贮仍可以保存完好。

青贮密度也是苜蓿青贮成败的至关重要的因素,高密度青贮能有效的营造一个厌氧的环境,利于乳酸菌发酵。研究表明^[6],青贮窖内的空气存量会影响好氧微生物的活动和呼吸作用,进而导致营养物质和乳酸发酵底物损失,因此,排除空气是青贮制作的前体。本试验中设置两个青贮密度 600 和 650 kg·m⁻³,随着密度升高,青贮饲料的营养成分变化不大,而对氨态氮含量有显著影响,这与 Shao 等^[6]的试验结果一致。说明随着青贮密度的升高,能够抑制青贮饲料中蛋白质的降解。

本研究中,密度和添加剂之间的互作作用对苜蓿青贮的发酵品质和营养成分均无显著影响。由于本试验原料水分含量较低,属于半干青贮,在进行青贮装罐时很难做到更大密度的处理,所以随着青贮密度的升高,苜蓿青贮品质没有得到明显的改善。

4 结论

添加蔗糖可以显著的改善苜蓿青贮的发酵品质和营养成分;添加乳酸菌对于苜蓿青贮的发酵品质和营养成分有一定的改善,但效果不如添加蔗糖和乳酸菌混合处理的效果好;添加纤维素酶和混合添加乳酸菌和纤维素酶对苜蓿青贮品质没有明显的改善效果,可能是原料含水量较低,抑制了生物添加剂的活性;本试验随着青贮密度的提升,没有明显改善苜蓿青贮品质。

参考文献 References:

- [1] Wang Y, Yu Z. Effects of different additives on fermentation quality of alfalfa silage. *Acta Agrestia Sinica*, 2010, 32(5): 80—84.
王莹, 玉柱. 不同添加剂对紫花苜蓿青贮发酵品质的影响. 中国草地学报, 2010, 32(5): 80—84.
- [2] Li G Y, Fu T, Gao T Y. Influence of molasses and agro-byproducts additives on the quality of alfalfa silage. *Journal of Gansu Agricultural University*, 2009, (2): 135—139.
李改英, 傅彤, 高腾云. 添加糖蜜和农副产品对苜蓿青贮品质的影响. 甘肃农业大学学报, 2009, (2): 135—139.
- [3] Tian R X, An Y, Liang J F. Effects on additives on the quality of alfalfa silage. *Grassland of China*, 2005, 27(4): 10—14.
田瑞霞, 安渊, 梁金凤. 添加剂对紫花苜蓿青贮品质的影响. 中国草地, 2005, 27(4): 10—14.
- [4] Zhang J G, Cai Y, Kobayashi R, et al. Characteristics of lactic bacteria isolated from forage crops and their effects on silage fermentation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2000, 80(10): 1455—1460.
- [5] Broderick G A, Derosa R, Reynal S. Value of treating alfalfa silage with fibrolytic enzymes prior to feeding the silage to lactating dairy cows. *US Dairy Forage Research Center*, 1997, 12: 81—85.
- [6] Shao T, Ohba N, Shimojo M, et al. Dynamics of early fermentation of Italian ryegrass silage. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 2002, 15(11): 1606—1610.
- [7] Børsen K K, Lin C, Brent A M F, et al. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa corn silages. *Journal of Dairy Science*, 1992, 75(11): 3066—3083.
- [8] Broderick G A, Kang J H. Automated simultaneous determination of ammonia and amino acids in ruminal fluids and in vitro media. *Journal of Dairy Science*, 1980, 63(1): 64—75.
- [9] Zhang L Y. Feed Analysis and Forage Quality Detection Technology. Beijing: China Agriculture Press, 2007: 53—56, 67—78.
张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术. 北京: 中国农业大学出版社, 2007: 53—56, 67—78.
- [10] McDonald P, Henderson A R. Determination of water-soluble carbohydrates in grass. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1964, 15(6): 395—398.
- [11] Yu Z, Sun Q Z. Forage Silage Technology. Beijing: China Agriculture Press, 2011: 8—10, 62—65, 121—122.
玉柱, 孙启忠. 饲草青贮技术. 北京: 中国农业大学出版社, 2011: 8—10, 62—65, 121—122.
- [12] Xue Y L, Bai C S, Yu Z. Effects of different additives on the silage quality of alfalfa fibrous residues. *Acta Agrestia Sinica*, 2007, 15(4): 339—343.
薛艳林, 白春生, 玉柱. 添加剂对苜蓿草渣青贮饲料品质的影响. 草地学报, 2007, 15(4): 339—343.
- [13] Zeng Y, Xun S Q. Research progress of promoting silage additives. *The Chinese Livestock and Poultry Breeding*, 2011, (5): 73—76.
曾影, 郁树乾. 发酵促进型牧草青贮添加剂研究进展. 中国畜禽种业, 2011, (5): 73—76.
- [14] Zhu H S, Dong K H. Effects of different additives on *Medicago sativa* silage quality. *Grassland and Turf*, 2009, (4): 40—44.
朱慧森, 董宽虎. 不同添加剂对苜蓿青贮品质动态变化的影响. 草原与草坪, 2009, (4): 40—44.
- [15] Li X L, Wan L Q. Research progress on *Medicago sativa* silage technology. *Acta Prataculturae Sinica*, 2005, 14(2): 9—15.
李向林, 万里强. 苜蓿青贮技术研究进展. 草业学报, 2005, 14(2): 9—15.
- [16] Yu G H, Xu Q F, Yu Z, et al. Effects of formic acid, sucrose and wilting on smooth brome silage. *Chinese Journal of Grassland*, 2011, 33(1): 100—104.
于国辉, 许庆方, 玉柱, 等. 甲酸、蔗糖及晾晒对无芒雀麦青贮效果的影响. 中国草地学报, 2011, 33(1): 100—104.
- [17] Liu H, Bu D P, Lü Z W, et al. Effects of wilting and additives on fermentation quality of alfalfa (*Medicago sativa*) silage. *Acta Prataculturae Sinica*, 2015, 24(5): 126—133.
刘辉, 卜登攀, 吕中旺, 等. 调萎和不同添加剂对紫花苜蓿青贮品质的影响. 草业学报, 2015, 24(5): 126—133.
- [18] Li J L, Zhang X Q, Yu Z, et al. Effects of moisture content and lactic acid bacteria additive on the quality of Italian ryegrass silage. *Acta Prataculturae Sinica*, 2014, 23(6): 342—348.
李君临, 张新全, 玉柱, 等. 含水量和乳酸菌添加剂对多花黑麦草青贮品质的影响. 草业学报, 2014, 23(6): 342—348.
- [19] Zhao M M, Yu Z. Effects of lactic acid bacteria and cellulase on Napier grass silage. *Acta Agrestia Sinica*, 2015, 23(1): 205—210.

- 赵苗苗, 玉柱. 添加乳酸菌及纤维素酶对象草青贮品质的改善效果. 草地学报, 2015, 23(1): 205—210.
- [20] Fllya I, Muck R E, Contreras Govea F E. Inoculant effects on alfalfa silage; Fermentation products and nutritive value. Journal of Dairy Science, 2007, 90(11): 5108—5114.
- [21] Lü J M, Chen M L, Hu W L. Effect of enzyme preparation on fermentation quality and nutrient value of corn silage. Chinese Journal of Animal Science, 2015, 41(7): 18.
- 吕建敏, 陈民利, 胡伟莲. 添加酶制剂对青贮玉米秸发酵品质和营养价值的影响. 中国畜牧杂志, 2005, 41(7): 18.
- [22] Hristov A N. Effect of a commercial enzyme preparation on alfalfa silage fermentation and protein degradability. Animal Feed Science and Technology, 1993, 42(3/4): 273—282.
- [23] Jaster E H, Moore K J. Quality and fermentation of enzyme treated alfalfa silages at three moisture concentrations. Animal Feed Science and Technology, 1991, 31: 261.