

绿汁发酵液和乳酸菌剂 MMD3 在不同含水率苜蓿青贮中的添加试验

张涛 崔宗均 高丽娟 康文启 王小芬 胡跃高

(中国农业大学 农学与生物技术学院,北京 100094)

摘要 为评价绿汁发酵液和乳酸菌剂 MMD3 在苜蓿青贮中的适宜含水率范围,以及两者在不同含水率时对苜蓿青贮品质的影响,用 3 个不同的含水率水平 72.72%,47.30%和 28.48%做苜蓿青贮试验。结果表明:1)在本试验中,苜蓿青贮以 47.30%含水率的效果最好;2)添加乳酸菌剂 MMD3 和绿汁发酵液提高了青贮苜蓿的营养价值,乳酸菌剂 MMD3 的青贮效果要优于绿汁发酵液;3)高含水率水平(72.72%)和中等含水率水平(47.30%)苜蓿青贮中添加 MMD3 和绿汁发酵液对苜蓿青贮效果显著,在低含水率(28.48%)苜蓿青贮时添加效果不明显;4)添加乳酸菌剂 MMD3 苜蓿青贮中乙酸含量高于对照。

关键词 绿汁发酵液;青贮菌剂;苜蓿;青贮;含水率

中图分类号 S 816.5

文章编号 1007-4333(2004)05-0032-06

文献标识码 A

The effect of fermented green juice and silage inoculant bacteria MMD3 on the fermentation of Alfalfa silage

Zhang Tao, Cui Zongjun, Gao Lijuan, Kang Wenqi, Wang Xiaofen, Hu Yuegao

(College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract The suitable water content of Alfalfa silage and the effect of FGJ and silage inoculant bacteria-MMD3 on the fermentation of Alfalfa silage are studied under laboratory condition at 72.72%, 47.30% and 28.48% water content of Alfalfa silage. Results show that: 1) the effect of Alfalfa silage fermentation is the best at 47.30% water content. 2) addition of FGJ and silage inoculant bacteria-MMD3 can improve the level of silage nutrition, and the silage effect of silage inoculant bacteria-MMD3 is better than FGJ. 3) the silage effect of addition FGJ and silage inoculant bacteria-MMD3 is obvious at 72.72% and 47.30% water content, but is not so at 28.48%. 4) The Acetic acid content of silage inoculant bacteria-MMD3 is higher than the control.

Key words fermented green juice (FGJ); silage inoculants bacteria; Alfalfa; silage; water content

紫花苜蓿 (*Medicago sativa* L.) 简称苜蓿,近年来大规模的苜蓿生产实践表明,当苜蓿干草面临雨季或南方潮湿气候时,由于雨淋、落叶等因素引起的损失一般达到 20%~30%。有报道显示,苜蓿青贮可以保持饲料营养成分,有效杀死牧草中的病菌虫卵,具有适口性好,消化率高、保存期长、便于机械操作等特点,因此,苜蓿青贮是解决该问题较为理想的措施。但此方法难以推广的原因是苜蓿原料缓冲性高,水溶性碳水化合物含量偏低,干物质含量一般也偏低。

传统青贮方法是添加甲酸、甲醛等化学试剂,但往往具有腐蚀性,存在家畜采食安全隐患,有添加量较大,成本高和操作不便等缺陷,而微生物添加剂具有生态安全、应用简易,成本低廉的特点。Ohshima 等 1997 年报道用绿汁发酵液 (fermented green juice) 作为天然生物添加剂适合苜蓿青贮^[1]。该方法是在青贮装填之前将原料鲜草绿汁在厌氧条件下进行发酵,制备绿汁发酵液,使野生乳酸菌大量繁殖,作类似乳酸菌添加剂使用。经绿汁发酵液 (FGJ) 处理后的青贮中乳酸含量明显增加,丁酸及

收稿日期: 2004-06-08

基金项目: 国家十五重点科技攻关重大资助项目 (2002BA517A02)

作者简介: 张涛,博士研究生;胡跃高,教授,通讯作者,主要从事农牧结合和荒漠化治理研究, Tel: 010-62733847。

氨态氮含量显著减少,发酵品质明显改善。FGI 是由纯自然微生物群落组成,作为牧草青贮的生物添加剂是一项新的尝试。

青贮原料含水率是影响苜蓿青贮品质的重要因素。含水率越高,生产中的 pH 就越要求稳定在一定的数值。干物质(DM)含量为 $200 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,要求青贮饲料的 pH 稳定在 4.2 以下。当 DM 小于 $150 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,即使 pH 为 4.0 也不能抑制梭状芽孢杆菌的发酵。青贮含水率会影响到发酵过程中乳酸菌的竞争,有些乳酸菌可以耐高渗透($\text{DM } 700 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$),但是当 DM 高于 $450 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,其繁殖率、代谢能力会明显减弱^[2]。在生产实践中,苜蓿青贮含水率受生产条件、气候因素等影响很难保证在一定的范围。另外苜蓿叶片、花序等幼嫩部分营养价值高,但极易脱落,并且随着含水率的降低,其脱落程度增加。因此青贮含水率对青贮产物的营养品质,乃至于青贮成败联系密切,理想的 FGI 与微生物菌剂方法应当适应在较大原料含水率范围内使用。本试验通过在高、中、低 3 个含水率水平的苜蓿青贮试验,研究绿汁发酵液和乳酸菌混合菌剂在苜蓿青贮中适宜含水率范围,以及在不同含水率青贮的品质表现。

1 材料与方法

1.1 青贮的调制

试验于 2003 年 8 月 12 日在中国农业大学进行。所用材料为中国农业大学昌平实验站 2000 年种植的首蓿品种 Key (FD5),处于第 4 茬初花期。苜蓿的可溶性碳水化合物质量分数为 3.93%,粗蛋白质质量分数为 21.28%。将刈割后的苜蓿搂成条堆晾晒,适时翻堆,以保持苜蓿含水率均匀,期间不时多点采样,用微波炉进行快速干燥,以掌握苜蓿含水率。当达到所需苜蓿含水率 70%,50%和 30%时取回室内做实验室青贮。

试验所用 MMD3 菌系,筛选自北京苜蓿样品,以 MRS 做为培养基^[3],以 pH 值为主要筛选指标,经过 20 余代继代筛选,其性能表现稳定,添加时 pH 值为 3.6。试验所用绿汁发酵液为 2003 年 8 月 9 日采集青贮所用相同苜蓿,剪碎放入榨汁机加入等量蒸馏水,粉碎榨汁,用双层纱布过滤。在滤液中加入 $5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl, $20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 葡萄糖,30 ℃ 恒温箱中厌氧培养 3 d,添加时 pH 值为 3.7。

青贮填充在试验室进行,苜蓿剪至 1.5 cm 左

右,将绿汁发酵液和 MMD3 乳酸菌菌剂用等量蒸馏水稀释后,用喷壶均匀喷洒于苜蓿青贮材料,喷洒量为 $10 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1}$,对照为喷洒等量蒸馏水。将喷洒后的苜蓿装入封口瓶中,密度保持在 $550 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,每个处理重复 3 次。于 2003 年 12 月 4 日,取样分析。

1.2 分析方法

样品处理:青贮开封后,样品及时分析处理(需处理为干样待检测);将样品置于 60 ℃ 烘箱中 48 h,烘后用 1 mm 的粉碎机粉碎,保存。测定指标包括 pH 值、乳酸、乙酸、丙酸、丁酸、可溶性碳水化合物(WSC)、粗蛋白质(CP)、氨态氮($\text{NH}_3\text{-N}$)和 DM 含量。

测定方法:pH 值的测定,取青贮料鲜样 1.5 g 置于 10 mL 离心管中,加入 4 mL 蒸馏水振荡,放于冰箱冷藏室静置 12 h,用 HORIBA TWIN pH 仪测定青贮料浸出液的 pH 值;可溶性糖测定为蒽酮比色法;氨态氮的测定用改良的茚满三酮测定法;粗蛋白质的测定为凯氏定氮法;挥发性酸的测定用岛津 GC-14A 气相色谱仪测定乙酸、丙酸和丁酸的含量。取 1.5 g 青贮鲜样,加 4 mL 蒸馏水用玻棒搅拌,振荡,(加入质量分数为 25%的偏磷酸 0.8 mL 溶液,即两者的体积比为 5:1,在 0 ℃ 冰箱静置 24 h,取出后用 $6000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 的离心机离心 10 min,取上清液通过 Whatman 54 滤纸过滤,进样量 2 μL ,色谱柱为 2 m 长 3 mm 内径玻璃钢柱 GDX-101,柱温 180 ℃,汽化室 200 ℃,氢焰检测器 190 ℃,进行挥发酸的测定。所用仪器与乙酸等相同,进样量 2 μL ,柱温 140 ℃,汽化室 150 ℃,氢焰检测器 160 ℃,取乙酸等测定添加偏磷酸后的上清液 200 μL 与等量 $100 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的高碘酸振荡混合,进行乳酸的测定 2 μL ^[4]。

1.3 数据分析

化学成分都以干物质基础表示,各成分含量为质量分数。用 SAS 软件对试验结果进行方差分析和 Duncan 多重比较。

2 结果与讨论

2.1 绿汁发酵液和微生物菌剂对常规营养成分的影响

从表 1 可见 DM 含量水平之间差异极其显著($P < 0.01$),平均干物质质量分数分别为 27.28%,52.70%和 71.52%,即对应含水率为 72.72%,47.30%和 28.24% 3 个水平。在各干物质含量水平内的添加处理之间,干物质含量并无显著差异。

表 1 不同含水率苜蓿青贮的干物质含量、pH 值和可溶性糖含量
Table 1 DM, pH and WSC content in different water content alfalfa silage

处 理		N	干物质质量分数/ %		pH 值		可溶性糖质量分数/ %	
含水率	添加剂		平均值	标准差	平均值	标准差	平均	标准
高	CK	3	25.44	0.50	7.07	0.21 a	0.55	0.32 b
	MMD3	3	28.02	1.32	6.03	1.53 ab	1.09	0.18 b
	FG	3	28.38	1.26	5.03	0.06 b	0.93	0.12 b
中	CK	3	52.25	4.23	6.70	0.71 a	0.73	0.06 b
	MMD3	3	55.01	1.37	5.00	0.14 b	2.02	0.81 a
	FG	3	50.83	2.17	5.25	0.07 b	1.77	0.02 a
低	CK	3	71.78	0.73	6.80	0.26 a	1.99	0.06 a
	MMD3	3	72.26	2.45	6.63	0.90 a	1.78	0.15 a
	FG	3	71.22	4.25	5.80	0.17 ab	1.75	0.66 a
高		9	27.28 c		6.04		0.86 b	
中		9	52.70 b		5.65		1.50 a	
低		9	71.52 a		6.41		1.84 a	
	CK	9	51.36		6.88 a		1.14 b	
	MMD3	9	50.06		6.00 b		1.58 a	
	FG	9	49.52		5.38 b		1.45 ab	
P 值	含水率		< 0.000 1		0.142 8		0.000 1	
	添加剂		0.294 1		0.002 1		0.065 8	
	含水率 * 添加剂		0.452 3		0.364 8		0.045 6	

注：高含水率 70 % 左右；中等含水率 50 % 左右；较低含水率 30 % 左右。CK 为只添加蒸馏水；MMD3 为乳酸菌剂；FG 为绿汁发酵液。同例不同字母表示差异显著。下同。

青贮添加剂添加水平与对照 pH 值存在显著差异，MMD3 和 FG 的 pH 值极显著低于对照 ($P < 0.01$)，pH 值分别比对照降低 0.88 和 1.5。在高含水率水平，FG 处理 pH 值显著低于对照 ($P < 0.05$)，MMD3 和 FG 之间 pH 值无显著差异。在中等含水率水平，MMD3 和 FG 处理 pH 值都显著低于对照 ($P < 0.05$)，pH 值分别比对照降低 1.7 和 1.45。在低含水率水平，各处理之间没有显著差异。

WSC 在不同含水率水平之间有显著差异，中、低含水率水平的 WSC 极显著高于高含水率水平 ($P < 0.01$)。添加剂水平，MMD3 的青贮 WSC 含量比对照高 38.60 % ($P < 0.05$)，而 FG 与对照没有显著差异。WSC 含量在高、低 2 个含水率水平、各添加处理和对照没有显著差异。在中等含水率水平，MMD3 和 FG 处理分别是对照的 2.77 和 2.42 倍 ($P < 0.05$)。说明对于高含水率青贮，添加乳酸

菌制剂 MMD3 和 FG 对抑制青贮过程中有害微生物对可溶性碳水化合物利用效果并不明显。当含水率水平为 50 % 左右时，添加 MMD3 和 FG 可以有效的保持 WSC 水平。

表 2 中，含水率水平对氨态氮有极显著的影响，中、低含水率水平显著低于高含水率水平的氨态氮含量 ($P < 0.01$)。MMD3 的氨态氮含量显著低于 FG 和对照水平。在不同含水率水平中，低含水率水平的各添加处理没有显著差异。在高含水率水平，MMD3 的氨态氮含量显著低于 FG 和对照 ($P < 0.05$)。在高含水率苜蓿青贮时，利于有害微生物对蛋白质的水解作用，而中低含水率水平蛋白质的水解受到抑制。

青贮添加剂、含水率以及两者交互作用对青贮的粗蛋白含量没有显著影响。

表 2 不同含水率苜蓿青贮的氨态氮、粗蛋白和乳酸含量
Table 2 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、CP and Lactic acid content in different water content alfalfa silage

处 理		N	氨态氮质量分数/ %		粗蛋白质量分数/ %		乳酸质量分数/ %	
含水率	添加剂		平均值	标准差	平均值	标准差	平均	标准
高	CK	3	0.26	0.005 a	19.54	5.37	3.62	0.53 b
	MMD3	3	0.19	0.053 b	19.30	2.66	3.43	1.12 b
	FG	3	0.24	0.011 a	20.09	0.74	3.43	0.77 b
中	CK	3	0.15	0.027 bc	19.75	0.62	1.98	0.40 b
	MMD3	3	0.13	0.004 cd	20.27	0.44	2.98	2.33 b
	FG	3	0.15	0.010 c	19.89	1.20	6.60	4.41 a
低	CK	3	0.09	0.007 d	17.47	1.40	1.68	0.63 b
	MMD3	3	0.09	0.014 d	19.46	0.94	1.35	0.36 b
	FG	3	0.09	0.006 d	17.19	1.48	1.50	0.12 b
高		9	0.23 a		19.65		3.49 a	
中		9	0.14 b		19.97		3.58 a	
低		9	0.09 c		17.90		1.51 b	
	CK	9	0.17 a		19.68		2.43	
	MMD3	9	0.14 b		19.06		2.54	
	FG	9	0.16 a		18.78		3.50	
	含水率		< 0.000 1		0.682 6		0.010 2	
P 值	添加剂		0.022 5		0.128 6		0.255 9	
	含水率 * 添加剂		0.153 8		0.774 2		0.063 1	

2.2 绿汁发酵液和微生物菌剂对有机酸含量的影响

乳酸含量添加剂水平无显著差异。高、中含水率水平乳酸含量显著高于低含水率水平 ($P < 0.05$), 分别为低含水率水平的 2.31 倍和 2.37 倍。在高和低含水率水平中, 各添加处理之间没有显著差异。在中等含水率水平, FG 的乳酸含量显著高于 MMD3 和对照 ($P < 0.05$)。

表 3 中, 高、中、低 3 个含水率水平相互之间乙酸含量存在有极显著差异 ($P < 0.01$), 其中以高含水率水平的乙酸含量最高, 低含水率水平乙酸含量最低。青贮添加剂处理以 MMD3 的乙酸含量最高, 显著高于对照 ($P < 0.05$)。各含水率水平内, 高、低含水率水平的添加处理之间没有显著差异, 但是两含水率水平中都以 MMD3 的乙酸含量最高。中等含水率水平, MMD3 的乙酸含量显著高于对照 ($P < 0.05$)。

丙酸含量在含水率水平和青贮添加剂水平没有

显著差异。在高含水率水平, MMD3 的丙酸含量显著低于对照 ($P < 0.05$)。中、低含水率水平的各添加处理没有显著差异。

青贮添加剂、含水率水平以及两者交互作用对青贮的丁酸含量没有显著影响。但是 MMD3 的丁酸含量在 3 个含水率水平均为 0, 而对照在各含水率水平中丁酸含量都为最高。中等含水率水平的丁酸含量最低。

3 讨 论

1) 本试验中, 苜蓿青贮高含水率水平为 72.72%, 由于苜蓿含碳水化合物低, 缓冲性能高属于难青贮作物。高含水率苜蓿青贮的 WSC 含量极显著低于中、低含水率水平 ($P < 0.01$), 而高含水率水平的氨态氮含量又极显著高于中、低含水率水平 ($P < 0.01$)。苜蓿在含水率水平为 70% 进行青贮, 碳水化合物和蛋白质等营养物质不能得到好的保存。

表 3 不同含水率苜蓿青贮的乙酸、丙酸和丁酸含量

Table 3 Acetic acid, propionic acid and Butyric acid content in different water content alfalfa silage

处 理		N	乙酸/ %		丙酸/ %		丁酸/ %	
含水率	添加剂		平均值	标准差	平均值	标准差	平均	标准差
高	CK	3	4.55	3.41 ab	1.07	0.93 a	1.79	2.87
	MMD3	3	6.36	1.03 a	0.11	0.19 b	0.00	0.00
	FG	3	4.92	0.66 ab	0.20	0.17 ab	0.00	0.00
中	CK	3	0.73	1.03 c	0.20	0.01 ab	0.25	0.35
	MMD3	3	4.56	1.51 ab	0.00	0.00 b	0.00	0.00
	FG	3	2.05	0.01 bc	0.15	0.05 ab	0.00	0.00
低	CK	3	0.16	0.04 c	0.21	0.27 ab	0.35	0.35
	MMD3	3	1.25	0.31 c	0.35	0.35 ab	0.00	0.00
	FG	3	0.79	0.34 c	0.45	0.53 ab	0.20	0.35
高		9	5.28 a		0.46		0.60	
中		9	2.44 b		0.11		0.08	
低		9	0.73 c		0.34		0.18	
	CK	9	1.95 b		0.53		0.86	
	MMD3	9	3.99 a		0.17		0.00	
	FG	9	2.65 ab		0.28		0.08	
P 值	含水率		<0.000 1		0.35			
	添加剂		0.033 3		0.27			
	含水率 * 添加剂		0.636 0		0.20			

低含水率青贮中,部分青贮有腐败现象。在生产实践当中也会发现青贮时并非含水率越低越好,在含水率低到一定的水平,青贮中发生腐败的几率会增加。Ohyama 等指出,DM 含量高的青贮饲料较容易感染酵母菌。而酵母菌,会造成青贮饲料的好氧损耗^[5]。在试验中苜蓿青贮在含水率 3 个水平中以含水率 50 % 的效果最好。

2) Kung 等报道在 DM 含量为 45 % 青贮的青贮中添加乳酸菌可以降低氨态氮的含量^[6]。本试验添加水平中,MMD3 处理 pH 值极显著低于对照 ($P < 0.01$),WSC 含量比对照高 38.60 % ($P < 0.05$),乙酸含量最高,显著高于对照 ($P < 0.05$),氨态氮含量显著低于 FG 和对照水平 ($P < 0.05$)。添加乳酸菌剂 MMD3 后显著降低了 pH 值和氨态氮含量,而青贮物中 WSC 含量最高,说明添加乳酸菌剂 MMD3 抑制了有害微生物对蛋白质的水解作用和对可溶性碳水化合物的利用,提高了青贮苜蓿的

营养价值。FG 处理 pH 值极显著低于对照 ($P < 0.01$),其余指标差异不显著。绿汁发酵液对于苜蓿青贮有一定的效果,但综合来看乳酸菌剂 MMD3 的青贮效果要优于绿汁发酵液。

3) 在高水平含水率青贮中,乳酸菌剂 MMD3 处理的氨态氮含量显著低于绿汁发酵液 (FG) 处理和对照,乳酸菌剂 MMD3 处理的乙酸含量最高。说明乳酸菌剂 MMD3 相对于绿汁发酵液 (FG) 在高含水率苜蓿青贮 (72.72 %) 更利于抑制蛋白质的水解和抗有氧青贮腐败。在中等含水率水平青贮 (47.3 %) 中,乳酸菌剂 MMD3 处理的乙酸含量显著高于对照,绿汁发酵液的乳酸含量显著高于乳酸菌剂 MMD3 处理和对照。乳酸菌剂 MMD3 和绿汁发酵液的 pH 值显著低于对照,WSC 含量 2 处理显著高于对照。在低含水率水平青贮 (28.48 %) 中,乳酸菌剂和绿汁发酵液中的乳酸菌受到抑制,2 个添加处理和对照之间没有显著差异。乳酸菌剂 MMD3

较绿汁发酵液适应的青贮含水率范围要大,两者在中等含水率水平苜蓿青贮中都可以改善青贮品质。

4) 乙酸具有强抗真菌作用。Oude 等报道,青贮接种 *L. buchneri* 可以提高青贮物有氧稳定性,其原因是发酵生成的乳酸转变为乙酸和 1,2-propanedial^[7]。在大麦青贮中,添加异型发酵乳酸菌-*L. buchneri*,其青贮物中乙酸浓度是对照的 3 到 4 倍。添加 *L. buchneri* 后青贮物中含有较高浓度的乙酸是青贮物有氧稳定性提高的基本原因^[8]。在其他试验中如:Driehuis 等^[9],Ranjit 等^[10]的玉米青贮试验,Weinberg 等小麦青贮试验^[11],添加 *L. buchneri* 后,青贮物有氧稳定性都得到提高。在本试验中,添加处理水平乳酸菌剂 MMD3 的乙酸含量显著高于对照 ($P < 0.05$),是对照处理的 2.05 倍。在中等含水率水平,添加 MMD3 的乙酸含量显著高于对照。苜蓿青贮中添加乳酸菌剂 MMD3 可提高青贮物中的乙酸含量,有利于提高青贮苜蓿的有氧稳定性。

4 结 论

1) 在本试验中苜蓿青贮在 3 个含水率水平中 47.30% 含水率的青贮效果最好。

2) 添加乳酸菌剂 MMD3 抑制了有害微生物对蛋白质的水解作用和对可溶性碳水化合物的利用,提高了青贮苜蓿的营养价值。绿汁发酵液 (FG) 对于苜蓿青贮有一定的效果。综合来看乳酸菌剂 MMD3 效果要好。

3) 高含水率水平 (72.72%) 和中等含水率水平 (47.30%) 苜蓿青贮中添加 MMD3 和 FG 对苜蓿青贮效果显著,在低含水率 (28.48%) 苜蓿青贮时效果不显著。乳酸菌剂 MMD3 较绿汁发酵液适应的青贮含水率范围要广。

4) 添加处理中,乳酸菌剂 MMD3 乙酸含量高于对照,乳酸、丙酸的含量,添加处理和对照之间没有显著差异。苜蓿青贮中添加乳酸菌剂 MMD3 有利于提高苜蓿青贮的有氧稳定性。

参 考 文 献

[1] Ohshima M, Ohshima Y, Kimura E, et al Fermentation quality of alfalfa and Italian ryegrass silages treated with

previously fermented juices prepared from both the herbage[J]. The journal of veterinary medical science, 1997, 68(1): 41~44

- [2] Pahlow G, Weissbach F. Effect of numbers of epiphytic lactic acid bacteria (LAB) and of inoculation on the rate of pH decline in direct cut and wilted grass silage [A]. Proceedings of the Eleventh International Silage Conference [C]. Aberystwyth, 1996. 104~105
- [3] 凌代文. 乳酸细菌分类鉴定及实验方法 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1999. 85~86
- [4] 王铎. 继发龋牙本质中有机酸含量的气象色谱法研究 [J]. 口腔医学, 2003, 6: 132~133
- [5] Ohyama Y, Hara S, Masaki S. Analysis of the factors affecting aerobic deterioration of grass silages [J]. Occasional Symposium of the British Grassland Society, 1980, (11): 257~261
- [6] Kung L Jr, Tung R S, Maciorowski K. Effect of a microbial inoculant and/or glycopeptide on fermentation and aerobic stability of wilted alfalfa silage [J]. Anim Feed Sci Tech, 1991, 35: 37~48
- [7] Oude Elferink S J W H, Driehuis F, Gottschal J C, et al Anaerobic degradation of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanedial, a novel fermentation pathway in *Lactobacillus buchneri* helps to improve the aerobic stability of maize silage [C]. in proc Int Silage Conf, Uppsala, Sweden, 1999. 266~267
- [8] Kung Jr L, Ranjit N K. The Effect of *Lactobacillus buchneri* and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage [J]. J Dairy Sci, 2001, 84: 1149~1155
- [9] Driehuis F, Oude Elferink S J W H, Van Wijkelaar P G. *Lactobacillus buchneri* improves aerobic stability of laboratory and farm scale whole crop maize silage but does not affect feed intake and milk production of dairy cows [C]. in Proc Int Silage Conf, Uppsala, Sweden, 1999. 264~265
- [10] Ranjit N K, Kung Jr L. The effect of *Lactobacillus plantarum* and *L. buchneri* on the fermentation and aerobic stability of corn silage [J]. J Dairy Sci, 2000, 83: 526~535
- [11] Weinberg Z G, Ashbell G, Hen Y. The effect of *Lactobacillus buchneri* and *L. plantarum*, applied at ensiling, on the ensiling fermentation and aerobic stability of wheat and sorghum silages [J]. J Industr Microbiol, 1999, 23: 218~222