

乳酸菌添加剂对王草青贮发酵品质及有氧稳定性的影响

刘秦华, 张建国*, 卢小良

(华南农业大学农学院草业科学系, 广东 广州 510642)

摘要:为提高王草青贮发酵品质与有氧稳定性,对材料水分含量(高、中、低)和添加剂(无添加:CK;乳酸菌 A:LA;乳酸菌 B:LB;乳酸菌 A 与 B 混合添加:LA+LB)的影响进行了研究。试验结果表明,所有处理的王草发酵品质良好,中水分含量王草的发酵品质优于高水分和低水分。LA 对王草发酵品质无显著影响,但使高、中水分含量王草发酵品质达到最佳。LB 与 LA+LB 显著增加了高、中水分含量王草的 pH 值($P < 0.05$),极显著降低了乳酸/乙酸、乳酸/总酸和乳酸含量($P < 0.01$),明显增加了乙酸含量。青贮开封后, LB 与 LA+LB 处理的王草青贮料有氧稳定性较好。

关键词:乳酸菌;王草;青贮;发酵品质;有氧稳定性

中图分类号:S816.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-5759(2009)04-0131-07

* 王草(*Pennisetum purpureum* × *P. americanum*),英文名 King grass,又叫皇草、杂交狼尾草、皇竹草等。是由象草(*P. purpureum*)和美洲狼尾草(*P. americanum*)杂交育成,属热带多年生禾本科牧草^[1]。王草可以通过种茎进行无性繁殖,一年能刈割 4~5 次,亩产鲜草 10 t 左右,适口性较好。近年来,拉美热带、亚热带国家对王草青贮发酵品质进行了研究,并以此作为促进畜牧业发展的重要途径^[2,3]。自 1983 年中国从哥伦比亚引种后,许多学者对王草栽培技术、生物产量、饲用价值等进行了研究^[4~6],但关于王草青贮发酵品质及有氧稳定性的研究较少。

青贮是指厌氧条件下经乳酸发酵来贮藏牧草的方法,当乳酸发酵占优势并抑制有害微生物活动时就可以获得较佳的青贮饲料。Michelena 等^[2]通过萎焉或添加甲酸或丙酸提高了王草的发酵品质,但由于操作安全及成本方面的原因,甲酸或丙酸在生产上的应用并不普遍。近年来,研究证明添加乳酸菌可以提高象草的发酵品质和有氧稳定性^[7,8],但对王草的影响尚不清楚。因此,本研究通过预干(调节水分含量)和添加乳酸菌,研究其青贮特性,为王草青贮加工提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2007 年 10 月 26 日收割株高 1.8~2.0 m 的王草为试验材料。添加剂分别为鼠李糖乳杆菌(*Lactobacillus rhamnosus*,从青贮饲料中分离所得,含活菌 1.0×10^{10} cfu/g)、布氏乳杆菌(*Lactobacillus buchneri*,含活菌 4.0×10^{10} cfu/g)粉剂(Pioneer Hi-Bred International Inc., U. S. A)。

1.2 试验设计

对高、中、低含水量的王草材料(室温自然风干 4, 12 和 24 h)进行如下处理:无添加(CK)、添加鼠李糖乳杆菌(LA) 4.0×10^5 cfu/g FM、添加布氏乳杆菌(LB) 4.0×10^5 cfu/g FM、添加鼠李糖乳杆菌和布氏乳杆菌(LA+LB)各 2.0×10^5 cfu/g FM,每个处理 3 个重复。

1.3 试验方法

1.3.1 青贮饲料的调制 王草切短至 20~30 mm 后,混匀,室温自然风干获取高、中、低含水量的王草材料,然

* 收稿日期:2008-07-31;改回日期:2008-12-29

基金项目:华南农业大学高级人才引进基金,“十一五”国家科技支撑项目(2006BAD16B03-08)和公益性行业(农业)科研专项经费项目(ny-hyzz07-022)资助。

作者简介:刘秦华(1983-),男,重庆璧山人,在读硕士。

* 通讯作者。E-mail:zhangjg@scau.edu.cn

后分别经过不同添加剂处理后再次混匀并装入 30 cm×20 cm 的聚乙烯青贮袋中,每袋 200 g,用真空打包机(SINBO Vacuum Sealer)抽真空后密封,置于室温贮藏 200 d 后开封。

1.3.2 材料成分及微生物分析 干物质(DM)含量采用 70℃干燥法测定,粗蛋白含量采用凯氏定氮法测定,粗脂肪含量采用残余法测定,粗灰分含量采用灼烧法测定^[9]。可溶性碳水化合物(water-soluble carbohydrates, WSC)含量采用蒽酮-硫酸法测定^[10],氨态氮(NH₃-N)含量用凯氏定氮仪(杭州托普 QSY-II)进行直接蒸馏测定,缓冲能采用盐酸、氢氧化钠滴定法测定^[11],粗纤维(CF)含量采用滤袋法测定^[9],乳酸菌、细菌、酵母菌和霉菌数量分别采用 MRS(deMan-Rogosa-Sharpe)琼脂培养基、营养琼脂培养基(nutrient agar)、马铃薯葡萄糖琼脂培养基(potato dextrose aga)计数^[12]。乳酸菌用厌氧箱(YQX-II型),37℃培养 2 d;细菌、酵母菌、霉菌在有氧条件下 37℃培养 2~4 d。

1.3.3 发酵品质分析 在青贮袋开封后取 20 g 混匀的青贮饲料放入聚乙烯塑料封口袋中,加入 80 mL 蒸馏水,冰箱里 4℃下浸泡 18 h 后过滤,用 pH 计(PHS-3C)测定浸提液 pH 值。有机酸含量采用 Agilent 1100 型高效液相色谱仪测定^[13];浸提液加入少量阳离子交换树脂,在 12 000 r/mim 下离心 3 min 后,0.45 μm 微孔滤膜过滤后测定乳酸、乙酸、丙酸、丁酸含量。色谱条件:色谱柱(RSpak KC-811 昭和电气),流动相为 3 mmol/L 的高氯酸溶液,流速 1 mL/mim,柱温为室温(22~27℃),检测波长 210 nm。NH₃-N 含量用凯氏定氮仪直接蒸馏测定。

1.3.4 V-Score 评分 V-Score 评分体系^[14]是以青贮饲料中的 NH₃-N 和挥发性脂肪酸(VFA)含量多少来评定发酵品质的优劣,满分为 100 分。根据这个评分,将青贮饲料品质分为良好(>80 分)、尚可(60~80 分)、不良(<60 分)3 个级别。

1.3.5 有氧稳定性分析 青贮袋开封后,混匀样品,然后取出一部分进行发酵品质分析,剩下的样品不封口放置,进行有氧稳定性分析。分别于开封后 72,144 和 216 h 取出袋中已混匀样品 20 g,测定 pH 值。pH 值上升幅度小,有氧稳定性则较好,反之则较差。

1.4 数据处理

试验数据采用 Excel 和 SPSS 10 软件进行方差分析,并用 Duncan 法对均值进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 青贮原料化学成分

一般认为,在不使用添加剂青贮时,对于植物来说,鲜物质中 WSC 含量为 25~35 g/kg 是成功青贮的最小含量^[15]。本试验所用王草粗蛋白含量、WSC 含量、缓冲能较低,粗纤维含量较高,乳酸菌、细菌、酵母菌较多(表 1)。因此,WSC 含量低可能是限制王草成功青贮的主要因素。

2.2 王草青贮发酵品质

2.2.1 含水量对王草发酵品质的影响 一般来说,青贮饲料调制需要原料含水量适中(60%~70%)。原料水分过低,不易压实,容易引起发霉变质,导致营养物质损失和过度产热。原料水分过高,可溶性营养物质容易随渗液流失并导致梭菌发酵^[16,17]。含水量对 pH 值、NH₃-N、乳酸、乙酸、丙酸、乳酸/乙酸和乳酸/总酸有极显著影响($P<0.01$)(表 2)。随着含水量的降低,CK 组 pH 值、乙酸含量增加($P<0.01$),乳酸/乙酸、乳酸/总酸和乳酸含量降低($P<0.01$),NH₃-N 含量降低($P<0.05$),说明随着水分含量的降低乳酸发酵转变为乙酸发酵。这与 Panditharatne 等^[18]报道的高水分条件下象草以乙酸发酵为主的结果不一致,与 Yokota 等^[19]报道的象草高水分条件下的乳酸发酵为主相一致,其可能原因是王草的缓冲能较低,WSC 能够满足乳酸菌繁殖,在水分含量适宜时以同型乳酸发酵为主,亏缺时以异型乳酸发酵为主。随水分含量降低,LA 组 pH 值增加($P<0.01$),乳酸/乙酸、乳酸/总酸和 NH₃-N 含量降低($P<0.05$);LB 和 LA+LB 组乳酸含量增加,pH 值降低,并且中水分条件下的 NH₃-N 含量>高水分>低水分。从评分结果来看(图 1),无论是无添加还是乳酸菌处理,高含水量和低含水量王草的发酵品质都低于中含水量。其可能原因是高与低含水量王草青贮料乙酸、丙酸含量较高。

2.2.2 乳酸菌对王草发酵品质的影响 一般来说,成功调制青贮饲料的关键在于促进乳酸菌的大量繁殖。通常情况下,材料上附着的乳酸菌远少于好气性微生物(好气细菌和真菌等)^[20],在厌氧条件下,当材料水分、缓冲能、

表 1 青贮前王草化学成分

Table 1 Before ensiling the chemical composition of *P. purpureum* × *P. americanum*

项目 Item	高水分 High moisture	中水分 Moderate moisture	低水分 Low moisture
干物质 Dry matter (DM, %)	26.32	39.76	71.12
粗蛋白 Crude protein (% DM)	3.71	3.39	4.34
粗脂肪 Crude fat (% DM)	1.45	1.34	1.62
粗纤维 Crude fiber (% DM)	31.44	34.24	30.53
粗灰分 Crude ash (% DM)	5.19	5.20	6.34
无氮浸出物 Nitrogen free extract (% DM)	58.22	55.82	57.17
可溶性碳水化合物 Water-soluble carbohydrates (% DM)	6.99	5.98	6.59
NH ₃ -N (% TN)	0.026	0.021	0.006
pH 值 pH value	5.30	5.03	5.30
缓冲能 Buffering capacity (mE/kg DM)	97.83	76.63	92.10
乳酸菌 Lactic acid bacteria (Log cfu/g FM)	7.59	7.43	7.16
好气细菌 Aerobic bacteria (Log cfu/g FM)	7.66	8.58	8.34
酵母菌 Yeast (Log cfu/g FM)	5.04	5.11	4.70
霉菌 Mold (Log cfu/g FM)	1.00	1.00	3.70

TN: 总氮含量 Total nitrogen; FM: 鲜物质 Fresh matter; Log: 菌数取对数 Denary logarithm of the numbers of bacteria.

表 2 乳酸菌对不同含水量王草发酵品质的影响

Table 2 Effects of lactic acid bacteria on the fermentation quality of different moisture *P. purpureum* × *P. americanum* silage

水分 Moisture	添加剂 Additives	DM (%)	pH 值 pH value	NH ₃ -N (% TN)	乳酸 Lactic acid (% FM)	乙酸 Acetic acid (% FM)	丙酸 Propionic acid (% FM)	丁酸 Butyric acid (% FM)	乳酸/乙酸 Lactic acid/ acetic acid	乳酸/总酸 Lactic acid/ total acid
低水分 Low moisture	CK	67.81 A	4.77 A	4.61 d	0.30 E	1.16 A	0.24 AB	0.00	0.27 B	0.18 C
	LA	66.15 AB	4.74 AB	4.73 d	0.63 BCDE	0.71 ABC	0.22 AB	0.00	1.01 B	0.39 B
	LB	64.55 BC	4.32 CD	4.85 d	0.59 CDE	0.59 BCD	0.20 AB	0.00	0.99 B	0.42 B
	LA+LB	62.82 C	4.41 CD	4.98 d	0.89 ABCD	0.83 AB	0.32 A	0.00	1.14 B	0.44 B
中水分 Moderate moisture	CK	35.81 D	4.20 CDE	15.34 bc	1.09 ABC	0.33 CD	0.25 AB	0.00	3.42 A	0.66 A
	LA	35.30 D	4.13 DE	13.70 bc	1.20 AB	0.32 D	0.25 AB	0.00	3.77 A	0.68 A
	LB	32.75 D	4.41 CD	20.36 a	0.22 E	0.51 BCD	0.12 B	0.00	0.43 B	0.26 BC
	LA+LB	33.99 D	4.43 CD	19.60 a	0.48 DE	0.44 BCD	0.13 B	0.00	1.11 B	0.45 B
高水分 High moisture	CK	24.10 E	3.96 E	12.85 c	1.23 A	0.33 CD	0.19 AB	0.00	3.97 A	0.70 A
	LA	24.41 E	3.95 E	12.70 c	0.95 ABC	0.28 D	0.14 B	0.00	3.42 A	0.68 A
	LB	23.01 E	4.48 BC	16.24 b	0.40 DE	0.69 ABCD	0.17 AB	0.11	0.61 B	0.30 BC
	LA+LB	24.38 E	4.46 BC	15.15 bc	0.14 E	0.70 ABCD	0.16 AB	0.00	0.20 B	0.14 C
标准误 SE	0.009	0.067	0.973	0.131	0.108	0.035	0.032	0.404	0.044	
显著性	水分 Moisture	**	**	**	N	**	**	N	**	**
Significance	乳酸菌 Lactic acid bacteria	**	*	**	**	N	N	N	**	**
	交互 Interaction	**	**	N	**	**	N	N	**	**

同列大写字母不同者为差异极显著 ($P < 0.01$), 同列小写字母不同者为差异显著 ($P < 0.05$); * 表示 0.05 水平作用显著; ** 表示 0.01 水平作用显著; N 表示作用不显著。

Values within the same column with different lowercase and capital letter differ significantly from each other at $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively; * and **: Significant at $P < 0.05$ and 0.01, respectively; N: Not significant. CK: No additive; LA: Lactic acid bacteria A; LB: Lactic bacteria B; LA+LB: Lactic acid bacteria A and B.

WSC含量适宜时,附着的乳酸菌大量繁殖,青贮环境pH值迅速降低,有害菌(大肠杆菌、梭菌、芽孢杆菌、酵母菌、霉菌等)受到抑制。然而,光靠材料上附着的乳酸菌进行乳酸发酵来获得优质青贮饲料较为困难,特别是WSC含量较低的热带牧草^[20]。近年来,各国研究实践证明接种产酸能力强的乳酸菌提高牧草发酵品质经济有效^[21~23],然而这些研究多针对温带牧草或作物而言。Uchida和Kitamura^[24]指出接种乳酸菌到WSC含量低的热带牧草中对改善发酵品质的效果不明显。然而从表2可知,乳酸菌添加对pH值有显著影响($P < 0.05$),对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、乳酸、乳酸/乙酸和乳酸/总酸有极显著影响($P < 0.01$)。另外,在低含水量组中,添加乳酸菌有降低pH值、乙酸、丙酸含量,增加乳酸/乙酸、乳酸/总酸、乳酸含量的趋势,说明添加乳酸菌能够提高低含水量王草乳酸的转化效率;LB或LA+LB对降低pH值的效果比LA好($P < 0.01$),其原因可能是LA耐低水分的能力比LB差。在中水分含量组中,与CK相比,LA处理对所有指标都无显著影响($P > 0.05$);LB和LA+LB处理降低了乳酸/乙酸、乳酸/总酸和乳酸含量($P < 0.01$),增加了 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量($P < 0.05$)。在高含水量王草中,与CK相比,LA处理对所有指标都无显著影响($P > 0.05$);LB处理增加了pH值($P < 0.01$),降低了乳酸/乙酸、乳酸/总酸和乳酸含量($P < 0.01$),增加了 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和乙酸含量($P < 0.05$),并产生了丁酸;LA+LB增加了pH值($P < 0.01$),降低了乳酸/乙酸、乳酸/总酸和乳酸含量($P < 0.01$),增加了乙酸含量($P < 0.05$)。总体来看,在高、中含水量条件下,LA在促进乳酸发酵方面好于LB与LA+LB。综上所述,添加LA可以改善高、中水分王草的发酵品质,但并不显著,LB显著地改善了低水分王草的发酵品质。

2.2.3 乳酸菌与水分含量间交互作用对王草发酵品质的影响 一般来说,适当降低水分活性来抑制有害菌繁殖或添加乳酸菌促进乳酸发酵是提高发酵品质的有效措施^[25,26]。乳酸菌与含水量的交互作用对pH值、乳酸、乙酸、乳酸/乙酸和乳酸/总酸有极显著影响($P < 0.01$) (表2)。另外,在低水分含量条件下,LA在降低pH值方面差于LB($P < 0.01$);在高、中含水量条件下,LA在降低pH值,增加乳酸/乙酸、乳酸/总酸和乳酸含量方面优于LB($P < 0.01$);不同含水量条件下,LB与LA+LB间无显著差异($P > 0.05$)。从评分结果来看,所有处理得分都高于85分,发酵品质良好,但王草高、中水分条件下添加LA得分最高,发酵品质最佳。

2.3 王草青贮料有氧稳定性

2.3.1 无添加王草青贮料有氧稳定性 青贮袋开封后,厌氧环境立即变成有氧环境,好气微生物开始活动。一般来说,青贮饲料的好气变质主要是由酵母、霉菌等好气微生物的活动所引起^[16]。当青贮饲料暴露于空气中时,酵母和霉菌会利用青贮发酵产生的乳酸及牧草的氨基酸、蛋白质和糖类,使整个青贮饲料的pH值、 CO_2 、水和氨气逐渐增加,热量不断释放,好气变质不断加剧^[27]。也有报道指出水分含量低、乳酸多的青贮饲料比水分含量高、挥发性脂肪酸多的材料容易发生好气变质,其原因是由于低水分限制了微生物活动,有更多的糖可供酵母生育利用,而挥发性脂肪酸(乙酸,丙酸等)比乳酸有更强的抗真菌力^[28]。然而,开封后9d内,高、中、低水分含量无添加王草青贮料pH值变化程度由大到小依次为高水分含量>中水分含量>低水分含量(图2)。这说明低水分含量无添加王草青贮料的有氧稳定性较佳,原因可能是其乳酸含量(0.30% FM)较低,乙酸(1.4% FM)含量较高。

2.3.2 乳酸菌对王草青贮料有氧稳定性的影响 Muck^[29]最早报道了添加进行异型发酵的布氏乳杆菌(*L. buchneri*)可以抑制青贮饲料中酵母和霉菌的生育从而改善有氧稳定性。研究发现,布氏乳杆菌不仅可以直接发酵果糖或葡萄糖与果糖混合物产生乳酸与乙酸,并且在厌氧条件下还能分解乳酸产生乙酸^[30],而乙酸则被认为

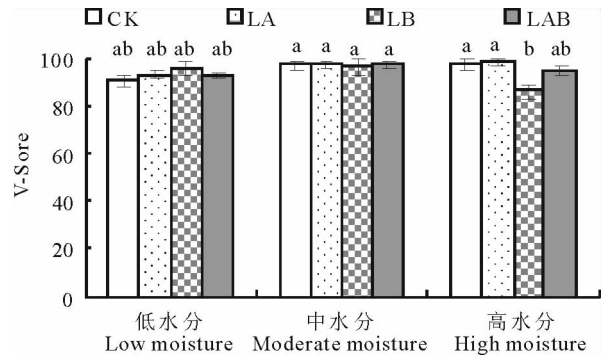


图1 王草青贮料 V-Score 得分

Fig. 1 V-Scores of various *P. purpureum* × *P. americanum* silage

CK: No additive; LA: Lactic acid bacteria A; LB: Lactic acid bacteria B; LA+LB: Lactic acid bacteria A and B

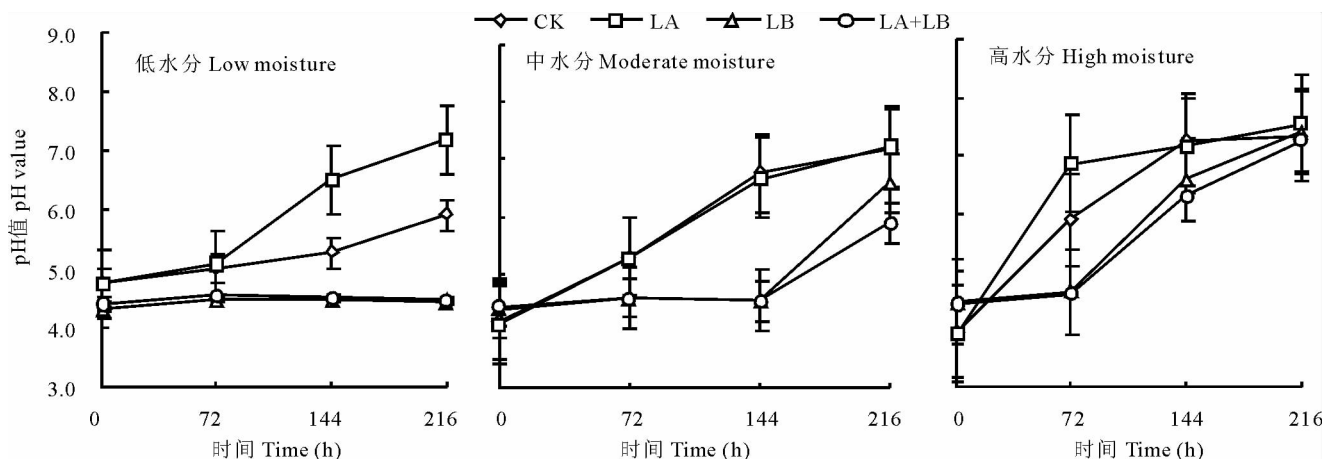


图 2 有氧条件下低、中、高水分含量不同乳酸菌处理的王草青贮料 pH 值变化

Fig. 2 pH value changes of low, moderate and high moisture of *P. purpureum* × *P. americanum* silages during the aerobic period

CK: No additive; LA: Lactic acid bacteria A; LB: Lactic bacteria B; LA+LB: Lactic acid bacteria A and B

可能是抑制好气变质的主要物质^[31]。开封后 9 d 内,与 CK 相比,添加 LB 或混合添加 LA+LB 抑制了不同含水量王草青贮料 pH 值的变化,单独添加 LA 促进 pH 值增加(图 2),其原因在于 CK 与 LA 处理的乳酸含量高, NH₃-N 含量与乙酸、丙酸等挥发性脂肪酸含量较低,发酵品质好,使有氧稳定性变差^[32]。添加 LB 或混合添加 LA+LB 使高、中、低水分含量王草青贮料有氧稳定的时间分别为 72, 144 和 216 h。因此,添加布氏乳杆菌抑制王草青贮饲料好气变质具有显著效果。

3 结论

不论是否添加乳酸菌,各种含水量的王草都有良好的发酵品质,并以中含水量最佳。添加鼠李糖乳杆菌有改善高、中、低含水量王草发酵品质的趋势,添加布氏乳杆菌或二者混合添加对高、中含水量王草发酵品质的改善差于鼠李糖乳杆菌,但在低水分条件下却优于鼠李糖乳杆菌。青贮开封后,添加布氏乳杆菌或布氏乳杆菌与鼠李糖乳杆菌混合物改善了王草青贮料的有氧稳定性。

参考文献:

- [1] 董宽虎,沈益新. 饲草生产学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003. 146-147.
- [2] Michelena J B, Senra A, Fraga C. Effect of formic acid, propionic acid and pre-drying on the nutritive value of king grass (*Pennisetum purpureum*) silage[J]. Cuban Journal of Agricultural Science, 2002, 3: 231-236.
- [3] Kiranadi B, Sastradipradja D, Astuti D A, et al. The effect of king grass silage with chicken manure on the metabolism and glucose production rate of lactating goats[J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2002, 7: 982-985.
- [4] 陈勇,甄莉,罗富成,等. 不同生长年限王草的营养价值的研究[J]. 中国饲料, 2005, 15: 30-31.
- [5] 许岳飞,毕玉芬,涂旭川,等. 王草不同刈割次数、留茬高度与生理性状和产量关系的研究[J]. 草业与畜牧, 2006, 1: 23-27.
- [6] 韦家少,蒋候明. 王草刈割时期探讨[J]. 草业科学, 1994, 2: 52-54.
- [7] Patrizi W L, Madruga Júnior C R F, Minetto T P, et al. Effect of commercial biological additives on elephantgrass (*Pennisetum purpureum* Schum) silage[J]. Revista Brasileira de Zootecnia, 2004, 3: 392-397.
- [8] Guim A, de Andrade P, Iturrino-Schocken R P. Aerobic stability of wilted grass silages (*Pennisetum purpureum* Schum) treated with microbial inoculant[J]. Revista Brasileira de Zootecnia, 2002, 6: 2176-2185.
- [9] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2003. 46-75.
- [10] 韩雅珊. 食品化学实验指导[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1996. 26-29.
- [11] McDonald P, Playne M J. The buffering constituents of herbage and of silage[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1966, 17: 264-265.

- [12] 傅彤. 微生物接种剂对玉米青贮饲料发酵进程及其品质的影响[D]. 北京: 中国农业科学院硕士学位论文, 2005.
- [13] Zhang J G, Kumai S. Effluent and aerobic stability of cellulase and LAB-treated silage of napier grass (*Pennisetum purpureum* Schum)[J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2000, 8: 1035-1188.
- [14] 自给饲料品质评价研究会. 粗饲料品质评价手册[M]. 东京: 日本草地畜产种子协会, 2001. 93.
- [15] Zhang J G. Roles of biological additives in silage production and utilization[J]. Research Advance in Food Science, 2002, 3: 37-46.
- [16] Muck R E, Pitt R E, Leibensperger R Y. A model of aerobic fungal growth in silage: 1. Microbial characteristics[J]. Grass and Forage Science, 1991, 46: 283-299.
- [17] 万里强, 李向林, 张新平, 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.
- [18] Panditharatne S, Allen V G, Fontenot J P, *et al.* Ensiling characteristics of tropical grasses as influenced by stage of growth, additives and chopping length[J]. Journal of Animal Science, 1986, 63: 197-207.
- [19] Yokota H, Ohshima M, Huang K J, *et al.* Lactic acid production in napier grass (*Pennisetum purpureum* Schum) silage[J]. Grassland Science, 1995, 41: 207-211.
- [20] McDonald P, Henderson A R, Heron S J E. The Biochemistry of Silage[M]. UK: Chalcombe Publ, Marlow, 1991.
- [21] Catchpole V R, Henzell E F. Silage and silage-making from tropical herbage species[J]. Herbage Abstracts, 1971, 41: 213-221.
- [22] 张新平, 万里强, 李向林, 等. 添加乳酸菌和纤维素酶对苜蓿青贮品质的影响[J]. 草业学报, 2007, 16(3): 139-143.
- [23] 张涛, 李蕾, 张燕忠, 等. 青贮菌剂在苜蓿裹包青贮中的应用效果[J]. 草业学报, 2007, 16(1): 100-104.
- [24] Uchida S, Kitamura Y. Silage making from tropical pasture grown in south western islands of Japan[J]. Japan Grassland Science, 1987, 32: 369-374.
- [25] Henderson A R, McDonald P, Arderson D H. The effect of silage additives containing formaldehyde on the fermentation of ryegrass ensiled at different dry matter levels and on the nutritive value of direct-cut silage[J]. Animal Feed Science and Technology, 1982, 7: 303-314.
- [26] 张建国, 熊井清雄, 福见良平, 等. Effects of lactic acid bacteria and cellulase additives at different temperatures on the fermentation quality of corn and guineagrass silages[J]. 草业学报, 1997, 6(3): 66-75.
- [27] 张涛, 崔宗均, 李建平, 等. 不同发酵类型青贮菌制剂对青贮发酵的影响[J]. 草业学报, 2005, 14(3): 67-71.
- [28] 大山嘉信. 青贮饲料的好气变质及对策[J]. 畜产研究, 1976, 30: 772-776.
- [29] Muck R E. A lactic acid bacteria strain to improve aerobic stability of silages[J]. U. S. Dairy Forage Research Center 1996 Research Summaries, 1996, 3(14): 42-43.
- [30] Oude Elferink S J W H, Krooneman J, Gottachal J C, *et al.* Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol by *Lactobacillus buchneri*[J]. Applied Environmental Microbiology, 2001, 67: 125-131.
- [31] Kung L Jr, Ranjit N K. The effect of *Lactobacillus buchneri* and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage[J]. Journal of Dairy Science, 2001, 84: 1149-1155.
- [32] Ohya Y, Hara S, Masaki S. The use of caproic acid to prevent aerobic deterioration of silage after opening, with special reference of the amounts and time of application[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1977, 28: 369-374.

The effects of lactic acid bacteria inoculation on the fermentation quality and aerobic stability of king grass silage

LIU Qin-hua, ZHANG Jian-guo, LU Xiao-liang

(Department of Grassland Science, College of Agriculture, South China Agriculture University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: The effects of moisture contents (high, moderate, and low) and lactic acid bacteria inoculation (LA, LB, and LA+LB) on the fermentation quality and aerobic stability of king grass silage were investigated. All the silages were well preserved. The fermentation quality of king grass silages with moderate moisture content were better than those with high and low moisture content. LA inoculation did not significantly influence the fermentation quality of king grass silage, but the fermentation quality of king grass silages with high and moderate moisture contents was increased. LB or LA+LB inoculation increased the pH value ($P < 0.05$) and acetic acid content, but decreased lactic acid content, the rates of lactic acid to acetic acid and lactic acid to total acid ($P < 0.01$). When the silages of king grass were exposed to air, the aerobic stability of LB and LA+LB inoculated silage were best.

Key words: lactic acid bacteria; king grass; silage; fermentation quality; aerobic stability