

引用格式:

谢展, 穆麟, 张志飞, 刘洋, 高帅, 魏仲珊. 尿素对紫花苜蓿和稻秸与豆粕混合青贮的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2022, 48(4): 483–487.

XIE Z, MU L, ZHANG Z F, LIU Y, GAO S, WEI Z S. Effect of urea on mixed silage from alfalfa, rice straw and soybean meal[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2022, 48(4): 483–487.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



尿素对紫花苜蓿和稻秸与豆粕混合青贮的影响

谢展¹, 穆麟¹, 张志飞^{1*}, 刘洋², 高帅², 魏仲珊²

(1.湖南农业大学农学院, 湖南 长沙 410128; 2.湖南德人草业科技发展有限公司, 湖南 常德 415921)

摘要:以质量比为8:1:1的紫花苜蓿、水稻秸秆、豆粕为混合青贮原料,分别添加0.0(CK)、1.5(U1)、3.0(U2)、4.5 g/kg(U3)尿素进行混合青贮发酵,探讨尿素对混合青贮的发酵品质、营养品质和有氧稳定性的影响。结果表明:随尿素添加量的增加,混合青贮的氨态氮质量分数和pH值显著($P<0.05$)升高,V-score均在83以上,青贮发酵品质等级为优;添加尿素处理的干物质损失率显著($P<0.05$)低于CK的;U1的酸性洗涤纤维质量分数显著($P<0.05$)低于其他处理的,U1的中性洗涤纤维质量分数低于CK的,U1的相对饲料价值最高,为213.69;U1的有氧稳定性在8d以上。可见,紫花苜蓿、水稻秸秆、豆粕以质量比8:1:1混合青贮时添加1.5 g/kg尿素的青贮效果最好。

关键词:紫花苜蓿; 豆粕; 水稻秸秆; 混合青贮; 尿素; V-score; 相对饲料价值; pH值

中图分类号: S816.5⁺³

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2022)04-0483-05

Effect of urea on mixed silage from alfalfa, rice straw and soybean meal

XIE Zhan¹, MU Lin¹, ZHANG Zhifei^{1*}, LIU Yang², GAO Shuai², WEI Zhongshan²

(1.College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China; 2.Hunan Deren Husbandry Science and Technology Co. Ltd, Changde, Hunan 415921, China)

Abstract: Alfalfa, rice straw and soybean meal with a mass ratio of 8:1:1 were mixed, and applied by 0.0(CK), 1.5(U1), 3.0(U2), 4.5 g/kg(U3) of urea respectively for four groups to prepare mixed silage with an aim to investigate the effect of urea on fermentation quality, nutritional quality and aerobic stability. The results showed that the ammonia nitrogen mass fraction and pH value of mixed silage increased significantly($P<0.05$) over the urea increase. The V-score of all treatments were above 83, and the fermentation quality of all treatments were excellent. Meanwhile, the urea-treated treatments dry matter loss rate were significantly($P<0.05$) lower than that of CK and the mass fraction of acid detergent fiber in U1 was significantly($P<0.05$) lower than other treatments with the mass fraction of neutral detergent fiber in U1 lower than that in CK. And the relative feed value of U1 was the highest, which was 213.69. The aerobic stability of U1 was above 8 d. Conclusively, it can be seen that when alfalfa, rice straw and soybean meal are mixed silage at a mass ratio of 8:1:1, 1.5 g/kg urea has the best effect.

Keywords: alfalfa; soybean meal; rice straw; mixed silage; urea; V-score; relative feed value; pH value

紫花苜蓿(*Medicago sativa*)是优质多年生豆科牧草,营养价值高,适口性好,有“牧草之王”的美誉^[1]。罗颖洁^[2]对稻秸、豆粕与紫花苜蓿进行混合

青贮,发现在保证适宜含水量((65±5)%)的前提下,添加≤15%稻秸的处理组青贮饲料的V-score较高,属于良好青贮饲料;添加稻秸可增加混合青贮的毛

收稿日期: 2021-03-12

修回日期: 2022-07-30

基金项目: 湖南省重点研发计划项目(2020NK2061); 湖南省科技计划项目(2020NK3008)

作者简介: 谢展(1993—),男,湖南邵阳人,硕士研究生,主要从事饲草学研究,1159778124@qq.com; *通信作者,张志飞,博士,教授,主要从事饲草学研究, zhangzf@hunau.edu.cn

利润率,但随着稻秸添加量的增加,中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量显著($P<0.05$)升高,相对饲料价值大幅降低。尿素作为青贮营养型添加剂能增加青贮饲料的粗蛋白含量^[3],并对植物细胞壁中的结构性碳水化合物有一定的降解作用^[4]。谭树义等^[5]在苏丹草(*Sorghum sudanense*)青贮中添加 3 kg/t 尿素,发现干物质和粗蛋白含量显著($P<0.05$)增加,中性洗涤纤维含量显著($P<0.05$)降低。付彤^[6]在研究添加尿素对全株玉米(*Zea mays*)青贮发酵过程中微生物变化的影响时发现,尿素添加组抑制了酵母菌的生长,且减缓了乳酸菌数量的下降速度,在发酵后期(>21 d)具有比对照组更高的乳酸菌数量;当尿素添加量为 0.2%和 0.4%时,乳酸、乙酸和总有机酸含量高于对照的,乳酸菌的活性未受到抑制。FANG 等^[7]在动物试验中发现,水稻秸秆青贮时添加尿素能有效提高青贮中粗蛋白、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维的消化率。

本研究中,以团队前期所获得的紫花苜蓿、水稻秸秆、豆粕混合青贮适宜比例(质量比 8 : 1 : 1)

为原料配方,通过添加商用乳酸菌(添加量 2 g/t)来保证充分发酵的乳酸菌数量,探讨尿素不同添加水平对紫花苜蓿、水稻秸秆和豆粕混合青贮发酵品质、营养品质和有氧稳定性的影响,旨在探究较高粗蛋白含量的青贮原料中是否适宜添加尿素及适宜的添加剂量。

1 材料与方法

1.1 供试材料

紫花苜蓿为 2019 年 9 月 26 日收割的第 5 茬现蕾期紫花苜蓿,使用粉碎机处理至 1~2 cm。水稻秸秆为当年风干贮藏的干稻草,粉碎机处理至 2~3 cm。豆粕购于中粮东海粮油工业有限公司,执行标准为 Q/320582DLY57(二级品)。青贮材料的化学成分列于表 1。尿素(总氮量>46.5%)购于湖北省三宁化工股份有限公司,执行标准为 GB/T 2440—2017。乳酸菌剂购于台湾亚芯生物科技有限公司,添加量为 2 g/t,含有植物乳杆菌(*Lactobacillus plantarum*)及其他乳酸菌类,活菌数为 1.0×10^{11} cfu/g。

表 1 青贮原料的化学成分

青贮原料	干物质	粗蛋白	酸性洗涤纤维	中性洗涤纤维	可溶性碳水化合物	%
紫花苜蓿	26.64±0.45	22.00±0.35	28.46±0.23	42.92±0.18	4.12±0.05	
水稻秸秆	89.30±0.00	4.13±0.15	39.84±0.75	70.98±0.23	1.64±0.08	
豆粕	90.55±0.15	42.59±0.14	9.99±2.71	11.13±4.00	5.20±0.06	

干物质质量分数为干物质质量在样品鲜质量中的占比,其他指标均以干基计算。

1.2 试验设计

试验地位于湖南省常德市西湖管理区(海拔高度 32 m,经纬度分别为 112°03'46"E、29°07'04"N)。紫花苜蓿、水稻秸秆、豆粕混合青贮的鲜质量比为 8 : 1 : 1。设 1.5 g/kg(U1)、3.0 g/kg(U2)、4.5 g/kg(U3)共 3 种尿素添加量,将不同添加量的尿素溶解在等量水中,均匀喷洒于水稻秸秆上,对照组(CK)不添加尿素,喷洒等量水;将乳酸菌均匀喷洒于紫花苜蓿上,并与豆粕混合均匀;再将水稻秸秆与紫花苜蓿、豆粕充分混合,使用聚乙烯包装袋抽真空包装青贮料,每袋 600 g。每个处理重复 5 次。避光室温保存 45 d 后开包取样,用于测定各项指标。

1.3 测定指标及方法

开包后取 20 g 青贮料装入榨汁机(九阳 JYL-

C012 型多功能搅拌机)中,加入 180 mL 蒸馏水,运行 1 min,间隔 30 s 后再运行 1 min,用 2 层纱布过滤后再用中速定性滤纸进行过滤,得到青贮饲料浸提液,用于 pH 值和氨态氮、乳酸、乙酸、丙酸、丁酸质量分数的测定。另取 150 g 开包后的青贮饲料于 105 °C 杀青 15 min,65 °C 烘干至恒重,测定干物质、粗蛋白、可溶性碳水化合物、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维质量分数。各指标均重复测定 3 次,结果取平均值。

采用 pH 计(Spectrum, SI400 型)测定 pH 值。采用高效液相色谱仪(Agilent 1260)测定乳酸质量分数,色谱条件:色谱柱为 Acclaim™ Organic acid (4.00 mm×150 mm, 5 μm);进样体积 5 μL;流速 0.6 mL/min;柱温 30 °C;流动相 50 mmol/L 磷酸二氢钠溶液,运行时间 10 min;检测波长 210 nm。采

用液体进样气相色谱仪(安捷伦 7890A)测定乙酸、丙酸、丁酸质量分数,色谱条件:色谱柱 DB-FFAP (30 m×0.25 mm×0.25 μm);流速 0.8 mL/min;进样量 1 μL;分流比 50:1;程序升温条件为 60 °C 保持 2 min,以 20 °C/min 升温至 220 °C,220 °C 保持 3.5 min;检测器为氢火焰离子化检测器;温度 250 °C。采用苯酚-次氯酸钠比色法^[8]测定氨态氮质量分数。参考文献[9-10],采用凯氏定氮法测定粗蛋白质量分数;采用范氏法测定酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维质量分数;采用蒽酮比色法测定可溶性碳水化合物质量分数。参考文献[11],根据酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维质量分数计算相对饲料价值。干物质质量分数为干物质质量在样品鲜质量中的占比,其他指标均以干基计算。

1.4 青贮饲料发酵品质的评分

参考文献[10]的青贮饲料发酵品质 V-score 标准,以氨态氮与总氮质量分数之比和鲜质量中乙酸、丙酸及丁酸的质量分数作为评定指标。各指标因含量不同而分配的计分公式也不同,将所有指标分数累加在一起为总评分,满分为 100 分,得分越高,发酵品质越好。

1.5 青贮饲料有氧稳定性分析

参考文献[12]的方法,开包后取完好的青贮料 700 g 置于半径 12 cm、高 20 cm 的玻璃瓶中,盖上

湿润纱布(防止交叉污染和减少水分损失),于室温中存放,进行有氧稳定性分析。采用高精度温度记录仪(天贺 MDL-1048A)测量并记录样品瓶中的实时温度,玻璃瓶中心插入温度采集探头,每隔 30 min 记录 1 次温度,8 d 结束试验。为防止环境因素引起试验误差,以玻璃瓶装着的蒸馏水温度为空白对照;分别于有氧稳定性过程中 0、2、4、6、8 d 取 20 g 样品测定 pH 值。每个处理重复 3 次。

1.6 数据分析

数据采用 Excel 2007 整理;运用 DPS 7.05 进行单因素方差分析,并选用 LSD 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 尿素对紫花苜蓿混合青贮发酵品质的影响

由表 2 可知,随尿素添加量的增加,各处理的 pH 值和氨态氮质量分数均显著($P<0.05$)上升,且 U3 的氨态氮质量分数和氨态氮与总氮质量分数之比均高出其他 3 个处理 2 倍多;除 U1 的乳酸质量分数略低于 CK 的外,各处理的乳酸、乙酸质量分数均随尿素添加量的增加呈上升趋势,且 U1、U2 和 U3 的乙酸质量分数显著($P<0.05$)高于 CK 的;各处理的丙酸和丁酸质量分数均较低;U3 的 V-score 为 83.46,CK、U1 和 U2 处理组的 V-score 均在 98 以上,青贮发酵品质均为优。

表 2 添加尿素的紫花苜蓿混合青贮的发酵品质

Table 2 Fermentation quality of urea-added alfalfa mixed silage

处理	pH 值	氨态氮/%	氨态氮与总氮质量分数之比/%	乳酸/%	乙酸/%	丙酸/%	丁酸/%	V-score
CK	(4.30±0.01)d	(10.79±0.24)d	(2.69±0.04)c	(7.22±0.02)b	(0.92±0.04)c	0.03±0.01	ND	98.58
U1	(4.36±0.01)c	(13.52±0.65)c	(2.85±0.14)c	(7.12±0.00)b	(1.00±0.01)b	ND	ND	98.33
U2	(4.45±0.00)b	(17.87±1.79)b	(4.63±0.49)b	(7.60±0.04)a	(1.06±0.02)b	0.03±0.00	ND	98.22
U3	(5.04±0.01)a	(40.98±2.03)a	(10.82±0.35)a	(7.77±0.16)a	(1.20±0.00)a	0.03±0.00	0.04±0.00	83.46

同列不同字母示处理间的差异有统计学意义($P<0.05$);ND 示未检测到。

2.2 尿素对紫花苜蓿混合青贮营养品质的影响

由表 3 可知,U1、U2 和 U3 的干物质质量分数均显著($P<0.05$)高于 CK 的,其中 U1 的最高,为 40.87%;U1、U2 和 U3 的干物质损失率均显著($P<0.05$)低于 CK 的;U1 的粗蛋白质量分数显著($P<0.05$)高于 U2、U3 和 CK 的;各处理的中性洗涤

纤维质量分数均低于 38%,其中 U1 的最低,为 31.18%,显著($P<0.05$)低于 U2 和 U3 的;U1 的酸性洗涤纤维质量分数最低,为 18.17%,显著($P<0.05$)低于其他处理的;U1 和 CK 的可溶性碳水化合物质量分数显著($P<0.05$)高于 U2 和 U3 的;U1 和 CK 的相对饲料价值均大于 210,U2 和 U3 的相对饲料价值均低于 180。

表3 添加尿素的紫花苜蓿混合青贮的营养品质

处理	干物质/%	干物质损失率/%	粗蛋白/%	中性洗涤纤维/%	酸性洗涤纤维/%	可溶性碳水化合物/%	相对饲料价值
CK	(36.47±0.29)d	(12.46±0.69)a	(25.09±0.06)b	(32.61±0.41b)c	(19.51±0.12)b	(1.62±0.11)a	210.23
U1	(40.87±0.12)a	(6.31±0.26)b	(29.63±0.01)a	(31.18±1.26)c	(18.17±0.11)c	(1.80±0.16)a	213.69
U2	(39.60±0.78)b	(7.40±1.83)b	(24.13±0.01)c	(37.36±1.14)a	(21.89±0.48)a	(1.00±0.17)c	179.03
U3	(37.90±0.79)c	(6.37±1.96)b	(23.66±0.53)c	(33.64±0.49)b	(22.17±0.24)a	(1.27±0.08)b	173.23

同列不同字母示处理间的差异有统计学意义($P<0.05$)。

2.3 尿素对紫花苜蓿混合青贮有氧稳定性的影响

温度记录仪测定并记录的实时温度显示, 8 d 内, 4 个处理的青贮料核心温度均没有超过室温 2 °C。试验中观察到, U2 和 U3 在有氧暴露 8 d 时青贮表面可见霉菌菌丝, 而 U1 的未观察到。由图 1 可知, CK 和 U1 有氧暴露过程中的 pH 值变化较小; U2 在有氧暴露 4 d 后 pH 值上升, 而 U3 有氧暴露后 pH 值先下降, 2 d 时最低, 随后又上升。可见, U1 的有氧稳定性在 8 d 以上。

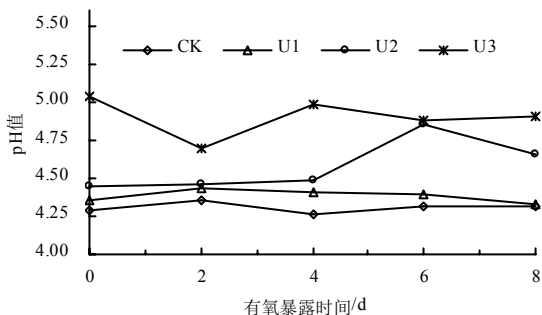


图1 添加尿素的紫花苜蓿混合青贮饲料有氧暴露后的 pH 值
Fig.1 pH value of urea-added alfalfa mixed silage after aerobic exposure

3 结论与讨论

尿素是含糖量较高而粗蛋白含量低的原料青贮时较常用的营养型添加剂, 具有增加青贮发酵料中粗蛋白含量的作用, 在苏丹草^[5]、玉米^[6]、高粱 (*Sorghum bicolor*)^[13] 等禾本科饲草青贮中应用较多。DOS SANTOS 等^[13] 发现高粱青贮原料中尿素添加量(0.175 6、0.351 2、0.702 4、1.404 8 g/10 kg) 与青贮发酵料中粗蛋白含量呈线性极显著($P<0.01$) 正相关。本研究中, 以紫花苜蓿、豆粕等粗蛋白含量较高的原料进行青贮, 添加 1.5 g/kg 尿素较未添加尿素处理可显著($P<0.05$) 提高青贮发酵料的粗蛋白质量分数, 但当尿素添加量增加至 3.0、4.5 g/kg 时, 青贮发酵料的粗蛋白质量分数反而显著($P<0.05$) 低于未添加尿素处理的, 这与禾本科饲草青贮时的结果不尽相同。适量的尿素仍旧有增加高蛋白青贮

料中粗蛋白含量的作用, 但过量的尿素增加了青贮料缓冲能^[3], 且由于原料中可溶性糖含量不足, 不能提供充足发酵底物, 造成乳酸发酵不足而引起其他有害微生物的繁殖, 造成粗蛋白损失。

青贮原料中蛋白损失生成的氨、胺^[14-15] 是常规青贮中氨态氮的主要来源。原料蛋白损失及外源添加尿素均会产生氨, 增加青贮发酵料的 pH 和氨态氮质量分数, 这解释了本研究中 4.5 g/kg 尿素添加处理的氨态氮质量分数高出其他处理 2 倍以上的现象。薛祝林等^[16]、纪苗苗等^[17] 研究均表明, 添加尿素后青贮饲料氨态氮与总氮质量分数之比显著 ($P<0.05$) 高于对照的。可见, 较高粗蛋白含量的原料青贮过程中添加尿素应严格控制添加量, 以免影响青贮发酵品质并造成粗蛋白损失。

添加适量尿素还可降低青贮发酵料中的纤维含量。高粱青贮中尿素添加量与青贮饲料的中性洗涤纤维含量呈线性负相关($P<0.05$), 酸性洗涤纤维含量也较未添加对照的低^[13]; 谭树义等^[5] 在苏丹草青贮中添加 3 kg/t 尿素, 发现中性洗涤纤维含量显著 ($P<0.05$) 降低。但荣辉等^[18] 研究发现, 添加 0.4% 尿素的象草青贮处理的中性洗涤纤维含量显著 ($P<0.05$) 高于对照的, 酸性洗涤纤维含量略高于对照。本研究中, 添加 1.5 g/kg 尿素处理的中性洗涤纤维质量分数略低于对照的, 酸性洗涤纤维质量分数显著 ($P<0.05$) 低于对照的, 但添加 3.0、4.5 g/kg 尿素处理的中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维质量分数均高于对照的。可见, 尿素添加量同样会影响青贮饲料的纤维品质。目前, 尚不能确认尿素在中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维降解中发挥作用的机制。尿素溶解后会产生 OH^- ^[5], 对青贮过程中 pH 下降有阻碍作用, 还会抑制乳酸菌的繁殖^[6,18], 理论上会抑制乳酸含量的增加, 但本研究中随尿素添加量的增加, 青贮饲料中乳酸含量显著 ($P<0.05$) 增加。在谭树义等^[5]、柳珊等^[19]、朱欣等^[20] 的研究中也有

类似的现象。谭树义等^[5]在苏丹草青贮中研究发现,添加尿素可显著($P<0.05$)提高乳酸含量;柳珊等^[19]在芦竹(*Arundo donax*)青贮中研究发现,0.8%尿素添加使当年 10 月初收获的芦竹青贮 90 d 过程中乳酸累积产量增加 237.5%;朱欣等^[20]在甘蔗(*Saccharum officinarum*)叶鞘青贮中研究发现,添加 0.6%的尿素显著($P<0.05$)提高了青贮中乳酸的含量。但也有不同的研究结果,如付彤^[6]研究发现,随着尿素添加量(0.2%、0.4%、0.6%和 0.8%)的增加,全株玉米青贮的乳酸含量呈现下降的趋势,尿素添加组乳酸菌数量在发酵后期(>21 d)显著($P<0.05$)高于对照组的。DOS SANTOS 等^[13]发现,高粱青贮时添加尿素,青贮饲料的乳酸含量变化不大,且没有规律性。青贮过程中,尿素对乳酸菌等微生物的影响会直接影响到发酵品质和营养品质,后续应进一步研究尿素对青贮过程中微生物菌群变化的影响,以明晰尿素作为青贮营养型添加剂的作用机理。

综上所述,质量比为 8 : 1 : 1 的新鲜紫花苜蓿、水稻秸秆、豆粕混合青贮中添加 1.5 g/kg 尿素,青贮发酵品质较好,同时可提高青贮饲料的粗蛋白质分数和相对饲料价值。

参考文献:

- [1] 王鑫, 马永祥, 李娟. 紫花苜蓿营养成分及主要生物学特性[J]. 草业科学, 2003, 20(10): 39–41.
- [2] 罗颖洁. 添加物和稻秸比例对紫花苜蓿混合青贮品质的影响[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2019.
- [3] MCDONALD P. 青贮饲料的生物化学[M]. 动物营养研究会, 农业部畜牧局饲料机械处, 译. 北京: 北京农业大学出版社, 1988.
- [4] COSTA L A, DE ARAÚJO M J, EDVAN R L, et al. Chemical composition, fermentative characteristics, and in situ ruminal degradability of elephant grass silage containing *Parkia platycephala* pod meal and urea[J]. Tropical Animal Health and Production, 2020, 52(6): 3481–3492.
- [5] 谭树义, 魏立民, 王峰, 等. 尿素对苏丹草青贮发酵品质的影响[J]. 中国饲料, 2014(17): 18–19.
- [6] 付彤. 玉米青贮饲料中优势乳酸菌的筛选与青贮发酵调控技术研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2014.
- [7] FANG J C, MATSUZAKI M, SUZUKI H, et al. Effects of lactic acid bacteria and urea treatment on fermentation quality, digestibility and ruminal fermentation of roll bale rice straw silage in wethers[J]. Grassland Science, 2012, 58(2): 73–78.
- [8] BRODERICK G A, KANG J H. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media[J]. Journal of Dairy Science, 1980, 63(1): 64–75.
- [9] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 3 版. 北京: 中国农业大学出版社, 2007.
- [10] 孙娟娟, 阿拉木斯, 白春生. 青贮饲料质量检测实用手册[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2017.
- [11] 董德宽. 饲草的相对饲料值[J]. 中国奶牛, 1990(4): 28–29.
- [12] HU W, SCHMIDT R J, MCDONELL E E, et al. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 or *Lactobacillus plantarum* MTD-1 on the fermentation and aerobic stability of corn silages ensiled at two dry matter contents[J]. Journal of Dairy Science, 2009, 92(8): 3907–3914.
- [13] DOS SANTOS A P M, SANTOS E M, DE OLIVEIRA J S, et al. Effects of urea addition on the fermentation of sorghum(*Sorghum bicolor*) silage[J]. African Journal of Range & Forage Science, 2018, 35(1): 55–62.
- [14] 王天正, 裴明浩, 王璐娜, 等. 坡位及接种剂对苜蓿青贮品质及 CNCPS 蛋白组分的影响[J]. 中国草地学报, 2018, 40(2): 42–47.
- [15] WINTERS A L, COCKBURN J E, DHANOA M S, et al. Effects of lactic acid bacteria in inoculants on changes in amino acid composition during ensilage of sterile and non-sterile ryegrass[J]. Journal of Applied Microbiology, 2000, 89(3): 442–451.
- [16] 薛祝林, 宋丽梅, 黄必志. 添加尿素或食盐对高丹草青贮品质的影响[J]. 中国草地学报, 2014, 36(1): 75–78.
- [17] 纪苗苗, 吴跃明, 梁权, 等. 添加尿素和甜菜粕对水葫芦茎叶青贮品质的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2011, 37(1): 91–96.
- [18] 荣辉, 余成群, 李志华, 等. 添加糖蜜和尿素对象草青贮发酵品质的影响[J]. 草地学报, 2012, 20(5): 940–946.
- [19] 柳珊, 张紫嘉, 郭建斌, 等. 芦竹青贮特性及其对厌氧消化性能的影响研究[J]. 农业机械学报, 2020, 51(S1): 421–428.
- [20] 朱欣, 郝俊, 刘洪来, 等. 6 种不同添加物对甘蔗叶梢青贮发酵品质的影响[J]. 草地学报, 2015, 23(2): 407–413.

责任编辑: 邹慧玲
英文编辑: 柳 正