

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2018-0309

马健, 孙国庆, 卡德尔亚·库尔班, 赵尚尚, 邱昊日, 森巴提·黑力木别克, 李胜利, 余雄. 不同生长期对籽粒苋干草和青贮饲料品质的影响. 草业科学, 2019, 36(3): 871-877.

MA J, SUN G Q, Cardela·Kurban, ZHAO S S, QIU H R, Senbati·Heilimubick, LI S L, YU X. Effect of growth stage on the quality of hay and silage of *Amaranthus hypochondriacus*. Pratacultural Science, 2019, 36(3): 871-877.



不同生长期对籽粒苋干草和青贮 饲料品质的影响

马 健^{1,2}, 孙国庆^{1,2}, 卡德尔亚·库尔班¹, 赵尚尚¹, 邱昊日¹,
森巴提·黑力木别克¹, 李胜利², 余 雄¹

(1. 新疆农业大学动物科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 中国农业大学动物科技学院, 北京 100193)

摘要: 为分析不同生长期对籽粒苋 (*Amaranthus hypochondriacus*) 干草和青贮饲料品质的影响, 从而确定籽粒苋的最佳刈割时期, 本研究以籽粒苋为试验材料, 比较现蕾期、初花期、盛花期和成熟期 4 种生长期的籽粒苋调制的干草和青贮饲料的营养成分, 以及籽粒苋青贮饲料的发酵品质。结果表明, 1) 随着籽粒苋生长期的延长, 干草的粗蛋白含量和粗饲料相对价值指数均呈现逐渐下降的趋势, 而中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量的变化趋势则相反。2) 除现蕾期青贮饲料以外, 其他时期的青贮饲料 pH 均在 4.2 以下, 现蕾期青贮饲料发酵品质较差; 成熟期青贮饲料乳酸含量与盛花期差异不显著 ($P > 0.05$), 显著高于其他生长期 ($P < 0.05$); 成熟期籽粒苋青贮饲料的乙酸含量最低, 氨态氮/总氮显著小于现蕾期青贮饲料 ($P < 0.05$)。随着籽粒苋生长期的延长, 青贮饲料的粗蛋白含量逐渐降低, 粗纤维含量则逐渐增加, 成熟期青贮饲料的可溶性碳水化合物和淀粉含量显著高于其他时期 ($P < 0.05$)。综上所述, 成熟期刈割的籽粒苋调制为干草和青贮饲料最为合适。

关键词: 刈割时期; 营养成分; 发酵品质; 粗蛋白; 粗纤维; 氨态氮

中图分类号: S816.11

文献标志码: A

文章编号: 1001-0629(2019)03-0871-07

Effect of growth stage on the quality of hay and silage of *Amaranthus hypochondriacus*

MA Jian^{1,2}, SUN Guoqing^{1,2}, Cardela·Kurban¹, ZHAO Shangshang¹, QIU Haori¹,
Senbati·Heilimubick¹, LI Shengli², YU Xiong¹

(1. College of Animal Science and Technology, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, Xinjiang, China;

2. College of Animal Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract: This experiment was conducted to investigate the effects of growth stage on the quality of *Amaranthus hypochondriacus* hay and silage and thus determine the optimum cutting time for *A. hypochondriacus*. *A. hypochondriacus* at the squaring stage, initial bloom stage, full-bloom stage, and mature stage were used as experimental materials to make hay and silage, and to compare the nutrient composition of hay and silage and the fermentation quality of the silage. The results were as follows: 1) with the extension of growth stage, the contents of neutral detergent fiber and acid detergent fiber in *A. hypochondriacus* hay gradually increased, but the relative feed value decreased; meanwhile, the content of crude protein

收稿日期: 2018-05-18 接受日期: 2018-09-19

基金项目: 现代农业(奶牛)产业技术体系建设专项资金(CARS-36); 新疆农业大学大学生创新项目平台; 国家级大学生创新训练项目(201810758009)

第一作者: 马健(1989-), 男, 山东济宁人, 在读博士生, 研究方向为反刍动物营养。E-mail: CrazyMa0411@163.com

通信作者: 李胜利(1965-), 男, 新疆石河子人, 教授, 博士, 研究方向为反刍动物营养。E-mail: lisheng0677@163.com

gradually decreased. 2) The pH was less than 4.2 in all silages except squaring stage silage, and the quality of silage in the squaring stage was poor. Compared with the squaring stage and initial bloom stage, the content of lactic acid in the mature stage was significantly increased ($P < 0.05$), but it was not significantly different from that of the full-bloom stage ($P > 0.05$). In addition, the content of acetic acid was lowest, and the ammonia nitrogen: total nitrogen ratio was remarkably lower than that of squaring stage silage. The relative feed value of *A. hypochondriacus* silage showed a tendency to be gradually reduced with the extension of growth stage, as did the content of crude protein. In contrast, the contents of neutral detergent fiber and acid detergent fiber both had an inverse trend. The contents of water soluble carbohydrates and starch in the mature stage were significantly higher than those in other stages ($P < 0.05$). It can be concluded that to make hay and silage, it is best to cut *A. hypochondriacus* during the mature stage.

Keywords: mowing dates; nutritional ingredient; fermentation quality; crude protein; crude fiber; ammonia nitrogen

Corresponding author: LI Shengli E-mail: lisheng0677@163.com

据中国海关统计, 2017 年国内进口苜干草总计达 1.82×10^6 t, 同比增加 8%, 进口苜蓿 (*Medicago sativa*) 干草 1.40×10^6 t, 同比增加 0.8%, 进口燕麦 (*Avena sativa*) 3.1×10^5 t, 同比增加 38%; 2018 年 1–2 月, 我国进口干草累计 2.76×10^5 t, 同比增长 1.48%, 其中进口苜蓿干草 2.09×10^5 t, 同比增长 3.43%。现有饲料资源越来越难以满足牧场生产需求, 优质粗饲料资源短缺的问题将长期存在。籽粒苋 (*Amaranthus hypochondriacus*) (又名千穗谷) 是苋科苋属植物, 一种粮饲兼用作物, 生长速度快, 产量高, 起源于中美洲和东南亚的热带和亚热带地区^[1]。籽粒苋的再生能力较强, 每年可收割 3~5 次, 但在中国北方地区, 由于机械及人工成本等因素, 一般情况下, 每年收割 1 次。在成熟期收割, 其鲜草产量可达 $130 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 干草产量可达 $20 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 在现蕾期收割时, 籽粒苋粗蛋白可达到 14%, 籽粒苋调制的青贮饲料品质较优, 营养成分含量损失小, 可以作为一种优质的粗饲料资源^[2]。

牧草不同的生长阶段对牧草的品质和产量均有明显影响, 当收获过早时, 牧草产量较低, 水分含量高, 不利于调制青贮饲料; 但当牧草收获过晚时, 其营养成分含量下降, 降低了饲用价值。因此, 在合适的时期对牧草进行刈割是影响牧草饲用价值的重要因素^[3]。马健等^[4]以王草 (*Pennisetum* sp.) 为研究对象, 发现刈割 2~2.5 m 高度的禾王草调制干草和青贮饲料最为合适。张娇娇等^[5]对青藏高原天然牧草进行研究, 指出在牧草生长中期进行刈割, 调制青干草, 可提高牧草的产量和干草品质。本研究以籽粒苋为试验对象, 比较不同生长期 (现蕾期、初花期、盛花期、成熟期) 对籽粒

苋干草、青贮饲料发酵品质及营养价值的影响, 以期确定籽粒苋的最佳收获时期, 为籽粒苋在畜牧业中的利用提供相关数据参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

籽粒苋种植于山东高唐县, $116^{\circ}23'E$, $36^{\circ}87'N$ 。暖温带半干旱季风区域大陆性气候, 光照充足, 热量丰富, 降水期一般集中在 7–8 月, 年均降水量为 574.8 mm。全年平均气温为 13.1°C , 平均年霜冻期为 170 d, 平均年无霜期为 195 d, 平均海拔 27 m。

1.2 试验材料

试验所用的籽粒苋品种为 K112, 试验田位于山东高唐县, 此前种植过一期小麦 (*Triticum aestivum*) 和一期玉米 (*Zea mays*), 所有籽粒苋于 2016 年 6 月 5 日播种, 籽粒苋的生长过程中没有施肥, 所有籽粒苋均在自然环境下生长。

1.3 试验设计

本研究设 4 个处理组, 按生长期的不同对籽粒苋进行刈割, 按照 5 点取样法进行取样, 分别刈割现蕾期、初花期、盛花期和成熟期的籽粒苋, 整株切碎至 3 cm 左右, 将切碎的籽粒苋分别调制干草和青贮饲料。不同生长时期籽粒苋原料的营养成分如表 1 所列。干草的调制采用自然晾干的方法。为方便调制青贮饲料, 将 2.5 kg 左右的籽粒苋鲜样装至 2 L 发酵容器中进行青贮, 层层压紧, 完全压实后封口, 在室内避光条件下保存。常温厌氧发酵 60 d 后, 开罐取样品。试验中每个处理组含有 4 个重复, 合计 16 个样本。

表 1 不同生长期的籽粒苋原料的营养成分

Table 1 Nutrient composition of *Amaranthus hypochondriacus* material in different growth stages

项目 Item	生长期 Growing stage			
	现蕾期 Squaring stage	初花期 Initial bloom stage	盛花期 Full-bloom stage	成熟期 Mature stage
初水分 Original moisture/%	89.59	87.79	86.48	82.77
粗蛋白 Curde protein(CP)/%	13.74	12.21	11.69	10.28
中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber(NDF)/%	52.33	52.62	56.86	59.27
酸性洗涤纤维Acid detergent fiber(ADF)/%	32.24	34.38	36.82	40.77
可溶性碳水化合物Water soluble carbohydate (WSC)/%	5.29	6.11	6.16	9.06
淀粉 Starch/%	2.23	2.30	2.01	7.86

粗蛋白、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、可溶性碳水化合物和淀粉均以干物质为基础测算。
CP, NDF, ADF, WSC, starch were measured based on dry matter.

1.4 测定指标与方法

1.4.1 测定指标

开罐取样后，按照德国农业协会的感官评定标准对籽粒苋青贮饲料进行感官评定^[6]。分气味 (0~14 分)、色泽 (0~2 分) 和质地 (0~4 分)3 个方面进行评价，腐败青贮饲料总分为 0~4 分，中等为 5~9 分，良好为 10~15 分，优为 16~20 分。对籽粒苋青贮饲料感官评定的同时，随机取样检测青贮饲料的 pH、NH₃-N 和有机酸等发酵指标。并检测籽粒苋干草和青贮饲料的干物质 (dry matter, DM)、粗蛋白 (crude protein, CP)、中性洗涤纤维 (neutral detergent fiber, NDF)、酸性洗涤纤维 (acid detergent fiber, ADF)、可溶性碳水化合物 (water soluble carbohydate, WSC) 和淀粉 (Starch) 等营养成分含量，计算粗饲料相对价值指数 (relative feed value, RFV)。

1.4.2 测定方法

pH 采用 Han 等^[7]的方法测定，有机酸利用 SHIMADZE-10A 型高效气相色谱进行分析，NH₃-N：使用苯酚-次氯酸钠比色法进行测定^[8]，WSC 采用蒽酮-硫酸比色法进行测定^[9]。淀粉采用淀粉试剂盒法测定，试剂盒购自北京中检葆泰生物技术有限公司。其他营养成分测定参考张丽英^[10]的方法。

1.5 统计分析

用 Excel 对籽粒苋干草和青贮饲料的营养成分及籽粒苋青贮饲料的发酵品质等数据进行整理，再用 SPSS 19.0 统计分析软件中的 One-way ANOVA 对这些数据进行分析，并用 Duncan 氏法进行多重

比较，结果用平均数 ± 标准差表示，差异显著性的判断标准为 $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 籽粒苋干草饲料的营养成分

不同生长期对籽粒苋干草的营养成分有明显的影 响 (表 2)。随着生长期的延长，籽粒苋干草的 NDF 和 ADF 含量线性增加：成熟期的 NDF 含量最高，但与盛花期差异不显著 ($P > 0.05$)，显著高于现蕾期和初花期 ($P < 0.05$)；ADF 含量逐渐增加，各时期差异显著 ($P < 0.05$)。成熟期的 DM 含量最高，与初花期和盛花期差异不显著 ($P > 0.05$)，显著高于现蕾期 ($P < 0.05$)。Ash 和 CP 含量、RFV 值随生长期的延长逐渐降低：现蕾期干草 CP 含量显著高于其他时期 ($P < 0.05$)，初花期和盛花期干草 CP 差异不显著 ($P > 0.05$)，显著高于成熟期 ($P < 0.05$)。

2.2 籽粒苋青贮饲料的感官评定

盛花期和成熟期的籽粒苋青贮饲料气味评分最高，现蕾期青贮饲料具有微弱的丁酸味，其余各生长期均具有芳香气味 (表 3)；盛花期和成熟期籽粒苋调制的青贮饲料色泽黄绿，色泽评分为最高分 2 分；从质地品质上看，盛花期和成熟期的青贮饲料茎叶结构保持良好，现蕾期的青贮饲料较为柔软，水分较多，青贮发酵罐顶层出现发霉现象。总体来说，现蕾期和初花期青贮饲料评定级别为良好，盛花期和成熟期评定等级为优质青贮饲料。

表 2 不同生长期的籽粒苋干草的营养成分
Table 2 Nutrient composition of *Amaranthus hypochondriacus* hay in different growing stages

项目 Item	生长期 Growth stage				P		
	现蕾期 Squaring stage	初花期 Initial bloom stage	盛花期 Full-bloom stage	成熟期 Mature stage	总体 Total	线性 Linear	二次 Quadratic
干物质 DM/%	92.21 ± 0.12b	92.48 ± 0.42ab	92.37 ± 0.23ab	92.81 ± 0.15a	0.101	0.021	0.599
粗灰分 Ash/%	22.21 ± 1.78a	17.10 ± 0.46b	16.32 ± 1.44b	15.61 ± 0.71c	0.001	<0.001	0.015
粗蛋白 CP/%	13.57 ± 0.39a	12.14 ± 0.40b	11.58 ± 0.87b	10.14 ± 0.12c	<0.001	<0.001	0.987
中性洗涤纤维 NDF/%	52.13 ± 2.27b	52.42 ± 1.62b	56.36 ± 1.80a	58.87 ± 1.04a	0.004	0.001	0.302
酸性洗涤纤维 ADF/%	31.94 ± 0.56d	34.08 ± 0.50c	36.22 ± 1.02b	40.27 ± 0.16a	<0.001	<0.001	0.033
粗饲料相对价值 RFV	114.41 ± 5.89a	110.70 ± 2.88a	100.24 ± 4.45b	90.91 ± 1.58c	<0.001	<0.001	0.263

同行不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。表4、5同; 简写同表1。
Different lowercase letters indicate significant differences at the 0.05 level. similarly for Table 4 and Table 5; abbreviation similarly for Table 1.

表 3 不同生长期的籽粒苋青贮饲料的感官评定
Table 3 Sensory evaluation of *Amaranthus hypochondriacus* silage in different growing stages

项目 Item	现蕾期 Squaring stage	初花期 Initial bloom stage	盛花期 Full-bloom stage	成熟期 Mature stage
气味 Odor	10	12	14	14
色泽 Color	1	1	2	2
质地 Texture	2	2	4	4
评分 Scores	13	15	20	20
级别 Grade	良好 Acceptable	良好 Acceptable	优 Excellent	优 Excellent

2.3 籽粒苋青贮饲料的发酵品质

随着生长期的延长, 籽粒苋青贮饲料的 pH 逐渐降低, 现蕾期 pH 最高, 显著高于其他时期 ($P < 0.05$), 除现蕾期外, 其他生长期的 pH 低于 4.2(表 4)。成熟期和盛花期青贮饲料的乳酸含量差异不显著 ($P > 0.05$), 显著高于现蕾期和初花期 ($P < 0.05$)。初花期乙酸含量最高, 与现蕾期差异不显著 ($P > 0.05$), 显著高于盛花期和成熟期 ($P < 0.05$), 成熟期乙酸含量最低; 现蕾期和初花期青贮饲料含有少量丙酸, 现蕾期青贮饲料还含有少量的丁酸, 其余各时期均不含丙酸和丁酸。现蕾期青贮饲料的 $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ 较成熟期高 85.52%, 成熟期的比值最小, 与盛花期和初花期差异不显著 ($P > 0.05$)。

2.4 籽粒苋青贮饲料的营养成分

成熟期的籽粒苋青贮饲料 DM 含量显著高于其他时期 ($P < 0.05$), 初花期和盛花期差异不显著 ($P >$

0.05)(表 5)。CP 含量最高的是现蕾期, 与初花期和盛花期差异不显著 ($P > 0.05$), 显著高于成熟期 ($P < 0.05$)。随着生长期的延长, 籽粒苋青贮饲料的 NDF 含量线性升高, 成熟期青贮饲料的 NDF 含量显著高于现蕾期 ($P < 0.05$), 与盛花期和初花期差异不显著 ($P > 0.05$); 各时期青贮饲料的 ADF 含量也随着生长期的延长而增加, 但差异不显著 ($P > 0.05$)。成熟期青贮饲料的 WSC 和淀粉含量最高, 显著高于其他 3 个时期 ($P < 0.05$)。

3 讨论

3.1 生长期对籽粒苋干草品质的影响

影响干草品质的主要因素是牧草自身的营养成分含量, 牧草的 DM 产量随着生长期的延长逐渐增加, 但营养成分含量却逐渐降低, 因此, 收割牧草时要兼顾牧草产量和营养价值^[11]。对籽粒苋而言, 现蕾期收割时鲜草产量为 $85 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 初花期为 $106 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 盛花期可达 $110 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 成熟期高达 $130 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 这与张莹等^[12]对燕麦草的研究结果类似。在本研究中, 籽粒苋干草的 CP 含量随着生长期的延长而逐渐降低, 但 NDF 和 ADF 含量逐渐升高, 成熟期的 NDF 含量最高, 这与生长期有关, 随着牧草生长, 叶含量降低, 茎叶比升高, 茎中含有大量的粗纤维。Coblentz 等^[13]研究表明, 在盛花期刈割苜蓿时, 其 DM 产量比现蕾期刈割高 18%, 但 CP 低 7.5%; 张晓佩等^[14]发现, 随着刈割高度的增大, 黑麦草 (*Lolium perenne*) 的粗纤维含量逐渐增加, 这与本研究结果一致。RFV 值是美

表 4 不同生长期的籽粒苋青贮饲料的发酵品质
Table 4 Fermentation quality of *Amaranthus hypochondriacus* silage in different growing stages

项目 Item	生长期 Growing stage				P		
	现蕾期 Squaring stage	初花期 Initial bloom stage	盛花期 Full-bloom stage	成熟期 Mature stage	总体 Total	线性 Linear	二次 Quadratic
pH	4.65 ± 0.35a	4.01 ± 0.63b	3.86 ± 0.13b	3.74 ± 0.35b	<0.001	<0.001	0.436
乳酸 Lactic acid/%	2.75 ± 1.01b	3.50 ± 0.42b	4.33 ± 0.23a	5.13 ± 0.62a	<0.001	<0.001	0.233
乙酸 Acetic/%	1.90 ± 0.06a	1.95 ± 0.08a	1.64 ± 0.12b	0.99 ± 0.03c	<0.001	0.001	0.017
丙酸 Propionic acid/%	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.01	—	—	0.214	0.731	0.612
丁酸 Butyric acid/%	0.02 ± 0.01	—	—	—	0.306	0.048	0.393
乳酸/乙酸 Lactic/acetic	1.45 ± 0.28c	1.79 ± 0.36c	2.64 ± 0.20b	5.18 ± 0.14a	<0.001	<0.001	0.314
氨态氮/总氮 NH ₃ -N/TN/%	9.61 ± 0.60a	5.69 ± 2.05b	5.25 ± 1.63b	5.18 ± 1.06b	<0.001	<0.001	0.249

表 5 不同生长期的籽粒苋青贮饲料的营养成分
Table 5 Nutrient composition of *Amaranthus hypochondriacus* silage in different growing stages

项目 Item	生长期 Growing stage				P		
	现蕾期 Squaring stage	初花期 Initial bloom stage	盛花期 Full-bloom stage	成熟期 Mature stage	总体 Total	线性 Linear	二次 Quadratic
干物质 DM/%	13.51 ± 1.99c	15.75 ± 0.58bc	17.89 ± 2.34b	21.12 ± 1.15a	<0.001	<0.001	0.198
粗蛋白 CP/%	11.14 ± 0.55a	10.59 ± 0.21a	10.39 ± 0.71a	9.49 ± 0.44b	0.005	<0.001	0.028
粗灰分 Ash/%	22.57 ± 2.66a	16.72 ± 0.37b	15.77 ± 0.34b	13.73 ± 1.57b	<0.001	<0.001	0.627
中性洗涤纤维 NDF/%	47.92 ± 1.61b	50.89 ± 3.04ab	53.59 ± 1.77a	54.16 ± 1.28a	<0.001	<0.001	0.361
酸性洗涤纤维 ADF/%	35.79 ± 1.78	37.03 ± 1.71	38.17 ± 0.58	38.23 ± 1.22	0.237	0.138	0.711
可溶性碳水化合物 WSC/%	2.07 ± 0.67b	3.12 ± 0.46b	2.38 ± 0.35b	4.47 ± 0.27a	<0.001	<0.001	0.004
淀粉 Starch/%	1.64 ± 0.10b	1.65 ± 0.49b	1.34 ± 0.42b	5.88 ± 0.21a	<0.001	<0.001	<0.001

国常用的粗饲料质量评定指数，粗饲料的品质越好，越容易被动物消化，RFV 值越大。试验中，籽粒苋干草的 RFV 值随着生长期延长逐渐降低，这与宋书红等^[15]的研究结果一致。综合籽粒苋的产量以及营养成分含量，刈割盛花期到成熟期之间的籽粒苋调制干草最为合适。

3.2 生长期对籽粒苋青贮饲料感官评定的影响

所有的籽粒苋青贮饲料，从感官评定上看，均可以调制青贮饲料。本研究中，现蕾期和初花期籽粒苋调制的青贮饲料较为柔软，含水量高，酸味较淡，发酵品质较差。这可能是因为生长前期的籽粒苋含水量较高，虽然可以促进乳酸发酵，但同时会促进丁酸发酵，梭菌对高水分更敏感，导致青贮发酵品质差。张晓娜^[16]以苜蓿青贮饲料为研究对象，指出低含水量处理组在感官评分上

高于高含水量处理组，本研究结果与此一致。马健等^[4]研究表明，牧草成熟度过高，木质化程度加剧，会影响青贮饲料的感官评定。

3.3 生长期对籽粒苋青贮饲料发酵品质的影响

pH 是判断青贮饲料发酵品质高低的一个重要指标，优质青贮饲料的 pH 在 4.2 以下^[17]。试验中，除现蕾期青贮饲料以外，其他各时期青贮饲料的 pH 均在 4.2 以下，说明青贮饲料发酵品质较好。籽粒苋在现蕾期含水量高，植株处于幼嫩阶段，缓冲能值较高，造成青贮饲料 pH 下降缓慢。Muck^[18]研究表明，青贮饲料的 pH 受牧草 DM 含量的影响，本研究结果也表现出相似的规律。NH₃-N/TN 常用来反映青贮饲料中蛋白质和氨基酸的分解程度，比值越大，青贮饲料品质越差。本研究中，现蕾期青贮饲料的比值最高，显著高于

其他时期,而成熟期比值最低,说明品质较好。

有机酸构成比例及其含量可评定青贮饲料发酵过程的好坏,乳酸、乙酸、丙酸和丁酸是重要的几种有机酸,青贮饲料中乳酸比例越大越好,丁酸比例越小越好^[19]。本研究中,成熟期籽粒苋青贮饲料的乳酸含量最高,现蕾期最低,初花期的乙酸含量最高,在现蕾期青贮饲料中检测出少量丙酸和丁酸,这可能是因为现蕾期含水量高,为丁酸菌提供了适宜的生长环境。张晓娜^[16]指出,含水量低,可降低青贮饲料 pH 和 $\text{NH}_3\text{-N/TN}$,乳酸菌数量增加,抑制有害微生物的繁殖,促进发酵,这与本研究结果一致。Fraser 等^[20]研究表明,生长 18 周的羽衣甘蓝 (*Brassica oleracea*) 比 15 周的更容易调制青贮饲料,乳酸含量升高, pH、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和乙酸含量显著降低;马健等^[4]指出,刈割 2.5 m 高度禾王草调制的青贮饲料乳酸含量显著高于 1 m 高度,本研究结果与以上研究一致。

3.4 生长期对籽粒苋青贮饲料营养成分的影响

本研究中,随着刈割生长期的延长,籽粒苋青贮饲料的 DM、NDF 和 ADF 含量逐渐升高,CP 和 Ash 含量逐渐降低。蒋慧^[21]以骆驼刺 (*Alhagi sparsifolia*) 为研究对象,指出随刈割时间的推迟,青贮饲料的 CP 含量下降, NDF 和 ADF 含量上升,本研究结果与此一致。Neylon 和 Yattx^[3]研究表明,刈割时期会对青贮饲料 pH 有显著影响,但对纤维性物质无明显影响,这与本研究中 NDF 含量的变化规

律不一致,这可能是因为试验所用的材料不同。

WSC 含量是青贮饲料成功的关键因素,在一定范围内,青贮饲料中的 WSC 含量越多越好^[22]。在本研究中,成熟期青贮饲料的 WSC 含量最高。随着牧草的生长,DM 含量上升,在青贮过程中损失的汁液较少,为乳酸菌发酵提供了充足的底物,产生了较多乳酸。庄益芬等^[23]将象草 (*Pennisetum purpureum*) 和玉米秸秆混合青贮,提高了青贮饲料的 WSC 含量,明显改善了青贮饲料的品质,乳酸含量增加。籽实是淀粉的最大贡献者,籽粒苋在成熟期结出籽实,因此成熟期的淀粉含量显著高于其他 3 个时期。籽粒苋青贮饲料的营养价值随着生长期的延长有一定的降低,但综合分析青贮原料的调制要求、感官评分以及发酵品质,刈割成熟期的籽粒苋调制青贮饲料最为合适。

4 结论

1) 随着籽粒苋生长期的延长,干草的 RFV 值和 CP 含量逐渐降低, NDF 和 ADF 含量逐渐增加。

2) 除现蕾期青贮饲料以外,其他时期青贮饲料的 pH 均不到 4.2,成熟期乳酸含量最高,与盛花期差异不显著,显著高于其他时期,成熟期 $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ 显著低于现蕾期。随着生长期的延长,青贮饲料的 CP 含量逐渐降低, NDF 和 ADF 含量逐渐增加,成熟期 WSC 和淀粉含量显著高于其他生长期。

综上所述,刈割成熟期的籽粒苋调制为干草和青贮饲料最为合适。

参考文献 References:

- [1] REZAEI J, ROUZBEHAN Y, ZAHEDIFAR M, FZAZELI H. Effects of dietary substitution of maize silage by amaranth silage on feed intake, digestibility, microbial nitrogen, blood parameters, milk production and nitrogen retention in lactating Holstein cows. *Animal Feed Science and Technology*, 2015, 202: 32-41.
- [2] 刘艳芳,邱昊日,余雄,孙国庆,马健,张德隆,森巴提·黑力木别克. 不同处理方式对籽粒苋青贮品质的影响. *草业学报*, 2017, 26(9): 214-220.
LIU Y F, QIU H R, YU X, SUN G Q, MA J, ZHANG D L, Senbati Heilibieke. Effects of addition of lactic acid bacteria, glucose, and formic acid on the quality of *Amaranthus hypochondriacus* silage. *Acta Prataculturae Sinica*, 2017, 26(9): 214-220.
- [3] NEYLON J M, YATTX L. Effects of cutting height and maturity on the nutritive value of corn silage for lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 2003, 86(6): 2163-2169.
- [4] 马健,毛江,刘艳芳,李胜利,余雄,杨基,李锐. 不同刈割高度对禾王草干草和青贮品质的影响. *饲料研究*, 2016(5): 52-56.
MA J, MAO J, LIU Y F, LI S L, YU X, YANG J, LI R. Effect of different cutting height on the quality of hay and silage in *Pennisetum* sp. *Feed Research*, 2016(5): 52-56.
- [5] 张娇娇,刘培培,李小刚,张世挺,丁路明. 施肥和刈割对高寒天然草场牧草产量及营养品质的影响. *草地学报*, 2017, 25(4): 885-887.

- ZHANG J J, LIU P P, LI X G, ZHANG S T, DING L M. Effect of fertilization and mowing on biomass and nutritional quality of alpine natural pasture. *Acta Agrestia Sinica*, 2017, 25(4): 885-887.
- [6] 张子仪. 中国饲料学. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- ZHANG Z Y. *Chinese Feed*. Beijing: Chinese Agricultural Press, 2000.
- [7] HAN K J, COLLINS M, VANZANT E S, DOUGHERTY C T. Bale density and moisture effects on alfalfa round bale silage. *Crop Science*, 2004, 44(3): 914-919.
- [8] BRODERICK G A, KANG J H. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media. *Journal of Dairy Science*, 1980, 63(1): 64-75.
- [9] OWENS V N, ALBRECHT K A, MUCK R E, DUKE S H. Protein degradation and fermentation characteristics of red clover and alfalfa silage harvested with varying levels of total nonstructural carbohydrates. *Crop Science*, 1999, 39(6): 1873-1880.
- [10] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术. 第3版. 北京: 中国农业大学出版社, 2007.
- ZHANG L Y. *The Technology of Analysis and Detection in the Quality of Fodder*. Third Edition. Beijing: Chinese Agricultural University Press, 2007.
- [11] 李胜利, 范学珊. 奶牛饲料与全混合日粮饲养技术. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- LI S L, FAN X S. *The Feeding Technology of Dairy Cow Forage and Total Mixed Ration*. Beijing: Chinese Agriculture Press, 2011.
- [12] 张莹, 陈志飞, 张晓娜, 宋书红, 杨卓, 杨云贵. 不同刈割期对春播、秋播燕麦干草产量和品质的影响. *草业学报*, 2016, 25(11): 124-135.
- ZHANG Y, CHEN Z F, ZHANG X N, SONG S H, YANG Z, YANG Y G. Influence of mowing time yield and quality of spring and autumn sown oat hay. *Acta Prataculturae Sinica*, 2016, 25(11): 124-135.
- [13] COBLENTZ W K, FRITZ J O, FICK W H, COCHRAN R C, SHIRLEY J E. In situ dry matter, nitrogen, and fiber degradation of alfalfa, red clover, and eastern gamagrass at four maturities. *Journal of Dairy Science*, 1998, 81(1): 150-161.
- [14] 张晓佩, 高承芳, 刘远, 李文杨, 陈鑫珠, 董晓宁. 刈割高度对多花黑麦草新品种产量和品质的影响. *热带作物学报*, 2014, 35(9): 1695-1698.
- ZHANG X P, GAO C F, LIU Y, LI W Y, CHEN X Z, DONG X N. Mowing height effects on the yield and quality of new varieties of *Lolium multiflorum*. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2014, 35(9): 1695-1698.
- [15] 宋书红, 杨云贵, 张晓娜, 陈志飞, 张莹. 不同刈割时期对紫花苜蓿和红豆草产量及营养价值的影响. *家畜生态学报*, 2017, 38(2): 44-51.
- SONG S H, YANG Y G, ZHANG X N, CHEN Z F, ZHANG Y. Effect of mowing period on the yield and nutrition level of alfalfa and sainfoin. *Journal of Domestic Animal Ecology*, 2017, 38(2): 44-51.
- [16] 张晓娜. 刈割期、品种及青贮方式对苜蓿品质的影响. 杨凌: 西北农林科技大学硕士学位论文, 2016.
- ZHANG X N. Effect cutting period varieties and silage methods quality of alfalfa. Master Thesis. Yangling: Northwest Agriculture and Forestry University, 2016.
- [17] JR KUNG LIMIN, RANJIT N K. The effect of *Lactobacillus buchneri* and other additives on the fermentation and aerobic stability of barely silage. *Journal of Dairy Science*, 2001, 84(5): 1149-1155.
- [18] MUCK R E. Dry matter level effects on alfalfa silage quality. II. Fermentation products and starch hydrolysis. *Transactions of the Asae*, 1990, 33(2): 373-381.
- [19] 刘祯. 青贮添加剂对全株玉米青贮品质的影响. 乌鲁木齐: 新疆农业大学硕士学位论文, 2012.
- LIU Z. Effects of silage additives on quality of whole corn silage. Master Thesis. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2012.
- [20] FRASER M D, FYCHAN R, JONES R. The effect of harvest date and inoculation on the yield, fermentation characteristics and feeding value of forage pea and field bean silages. *Grass and Forage Science*, 2001, 56(3): 218-230.
- [21] 蒋慧. 骆驼刺与苜蓿混合青贮饲用价值综合评价. 北京: 中国农业大学博士学位论文, 2017.
- JIANG H. The comprehensive evaluation of feed value of *Alhagi sparsifolia* Shap and alfalfa mix-silage. PhD Thesis. Beijing: China Agricultural University, 2017.
- [22] 邵新庆, 刘月华, 刘庭玉, 王志学, 位晓婷, 钟梦莹, 武瑞鑫, 玉柱. 不同刈割期天然牧草青贮品质评价. *草原与草坪*, 2014(4): 8-12.
- SHAO X Q, LIU Y H, LIU T Y, WANG Z X, WEI X T, ZHONG M Y, WU R X, YU Z. Quality evaluation analysis of the natural grass silage in different cutting times. *Grassland and Turf*, 2014(4): 8-12.
- [23] 庄益芬, 廖惠珍, 陈鑫珠, 陈梅芳, 洪志勇, 张文昌. 象草与玉米秸秆混合青贮效果的研究. *草业科学*, 2012, 29(6): 1002-1006.
- ZHUANG Y F, LIAO H Z, CHEN X Z, CHEN M F, HONG Z Y, ZHANG W C. A study on efficiency of napier grass and maize straw mixed silages. *Pratacultural Science*, 2012, 29(6): 1002-1006.

(责任编辑 武艳培)