

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2020-0081

何玉鹏, 叶文斌, 苏满春, 王华, 陈文东. 添加槐花粉对白三叶青贮发酵品质的影响. 草业科学, 2021, 38(1): 202-208.

HE Y P, YE W B, SUN M C, WANG H, CHEN W D. Adding *Sophora japonica* flower powder affects the fermentation quality of *Trifolium repens* silage. Pratacultural Science, 2021, 38(1): 202-208.

## 添加槐花粉对白三叶青贮发酵品质的影响

何玉鹏, 叶文斌, 苏满春, 王 华, 陈文东

(陇南师范高等专科学校农林技术学院 / 陇南特色农业生物资源研究开发中心, 甘肃 成县 742500)

**摘要:** 采用单因子随机设计, 研究添加不同比例的槐(*Sophora japonica*)花粉对白三叶(*Trifolium repens*)青贮发酵品质的影响, 以期对槐花应用于青贮饲料生产提供科学依据。分别设置白三叶单独青贮(C)、95%白三叶+5%槐花粉青贮(T<sub>1</sub>)、90%白三叶+10%槐花粉青贮(T<sub>2</sub>)、85%白三叶+15%槐花粉青贮(T<sub>3</sub>)、80%白三叶+20%槐花粉青贮(T<sub>4</sub>)共5个处理。结果表明, 白三叶单独青贮品质较差, 添加槐花粉提高了青贮原料的干物质、水溶性碳水化合物含量和发酵系数, 降低了缓冲能值, 使得青贮后的感官评分、乳酸、乳酸:乙酸、干物质、水溶性碳水化合物、粗蛋白质含量显著提高( $P \leq 0.05$ ), pH、氨氮:总氮、乙酸、丁酸含量显著降低( $P \leq 0.05$ )。综合考虑, 80%白三叶+20%槐花粉青贮能获得良好的青贮品质。

**关键词:** 槐花粉; 白三叶; 青贮品质; 发酵系数; 水溶性碳水化合物; 缓冲能值

文献标志码: A 文章编号: 1001-0629(2021)01-0202-07

### Adding *Sophora japonica* flower powder affects the fermentation quality of *Trifolium repens* silage

HE Yupeng, YE Wenbin, SU Manchun, WANG Hua, CHEN Wendong

(College of Agriculture and Forestry Technology, Longnan Teachers College / Center for Research & Development of Longnan Characteristic Agro-bioresources, Chengxian 742500, Gansu, China)

**Abstract:** This experiment investigated the effects of adding *Sophora japonica* flower powder on the fermentation quality of *Trifolium repens* silage. A single factor random experiment design was used. There were five treatments in total with different mixing levels, including *Trifolium repens* alone (C), 95% *Trifolium repens* and 5% *S. japonica* flower powder (T<sub>1</sub>), 90% *Trifolium repens* and 10% *S. japonica* flower powder (T<sub>2</sub>), 85% *Trifolium repens* and 15% *S. japonica* flower powder (T<sub>3</sub>), and 80% *Trifolium repens* and 20% *S. japonica* flower powder (T<sub>4</sub>). The results showed that *Trifolium repens* silage alone had the lowest silage quality, while mixed with *S. japonica* flower powder increased the dry matter content, water soluble carbohydrates content, and fermentation coefficient, and decreased the buffering capacity of the original materials. After ensiling, the sensory evaluation, lactic acid content, lactic acid : acetic acid ratio, dry matter content, water soluble carbohydrates content, and crude protein content significantly increased, and the pH value, NH<sub>3</sub>-N : TN (total nitrogen) ratio, acetic acid content, and butyric acid content of the silage significantly decreased. Therefore, it was concluded that silage with 80% *Trifolium repens* and 20% *S. japonica* flower powder can achieve positive silage quality.

**Keywords:** *Sophora japonica* flower powder; *Trifolium repens*; silage quality; fermentation coefficient; water soluble carbohydrates; buffering capacity

收稿日期: 2020-02-28 接受日期: 2020-10-30

基金项目: 甘肃省高等学校创新能力提升项目 (2019A-190); 甘肃省高等学校创新能力提升项目 (2020B-364)

通信作者: 何玉鹏 (1989-), 男, 甘肃麦积人, 讲师, 硕士, 研究方向为饲草料资源开发利用。E-mail: yihan.happy@163.com

Corresponding author: HE Yupeng E-mail: [yiyan.happy@163.com](mailto:yiyan.happy@163.com)

白三叶 (*Trifolium repens*) 是重要的豆科栽培牧草之一, 含有较高的粗蛋白质、矿物质和维生素<sup>[1]</sup>, 其利用方式主要是直接鲜喂或调制干草和青贮, 其中调制青贮是长期保存营养价值的最好方式。但由于其水分含量高, 水溶性碳水化合物含量低, 缓冲能值高, 单独青贮不易成功, 需要萎蔫处理, 或是添加添加剂、或与其他牧草混合青贮才能调制出优质青贮饲料<sup>[2]</sup>。槐树 (*Sophora japonica*) 在我国普遍种植, 槐花含有丰富的糖类、蛋白质<sup>[3]</sup>, 其提取物芦丁、槲皮素和槐花多糖有抗炎、抑菌、抗病毒、止血、抗氧化、增强免疫等作用, 是一种很有潜力的非常规饲料资源<sup>[4-6]</sup>。槐花的开发利用是解决当前常规饲料资源短缺和饲料禁抗问题的途径之一。但由于槐花花期短, 季节供应不均衡, 而且鲜槐花水分含量高、糖分高, 不易贮藏等原因, 很少被用作饲料。如果经干制粉碎, 可长期贮藏, 而且因其含有较高的干物质和可溶性糖分, 有作为青贮饲料添加剂的潜力。然而, 目前国内外鲜见关于槐花粉作为添加剂的研究。本研究通过添加不同比例的槐花粉到白三叶中, 研究两者混合青贮对白三叶发酵品质的影响, 并探究白三叶与槐花粉青贮的最佳配比, 为槐花应用于青贮饲料生产提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

试验采用单因子随机设计, 共5个处理, 分别为: 白三叶单独青贮 (C)、95% 白三叶 + 5% 槐花粉青贮 (T<sub>1</sub>)、90% 白三叶 + 10% 槐花粉青贮 (T<sub>2</sub>)、85% 白三叶 + 15% 槐花粉青贮 (T<sub>3</sub>)、80% 白三叶 + 20% 槐花粉青贮 (T<sub>4</sub>), 每个处理3个重复, 每个重复300 g。

### 1.2 青贮饲料的调制

白三叶取自陇南师范高等专科学校牧草栽培试验基地, 初花期刈割。槐花取自陇南师范高等专科学校附近槐树林, 在开花期将总状花序采摘, 65℃烘干至恒重后粉碎, 过0.45 mm分样筛待测。将白三叶切短至2~3 cm, 与槐花粉按照设计比例混合均匀, 逐层装入加厚聚乙烯真空包装袋 (20 cm × 40 cm) 中, 用真空泵抽真空后密封, 置于室温下避光保存。

### 1.3 样品处理

鲜白三叶和槐花粉保存在-20℃, 测定原料中的干物质 (dry matter, DM)、粗蛋白质 (crude protein, CP)、中性洗涤纤维 (neutral detergent fiber, NDF)、酸性洗涤纤维 (acid detergent fiber, ADF)、pH、缓冲能值 (buffering capacity, BC) 和水溶性碳水化合物 (water soluble carbohydrates, WSC) 含量。在青贮的第60天打开青贮袋, 取出全部青贮饲料, 混合均匀, 进行感官评分后, 四分法取样20 g, 加180 mL去离子水, 用组织捣碎机捣碎, 立即测定pH<sup>[7]</sup>。再用4层纱布和定性滤纸过滤, 得到浸提液, 于-20℃冷冻保存测定氨态氮 (ammonia nitrogen, NH<sub>3</sub>-N)、乳酸 (lactic acid, LA)、乙酸 (acetic acid, AA)、丁酸 (butyric acid, BA) 含量。剩余的青贮饲料在65℃烘干制成风干样品, 用于测定DM、WSC、CP、NDF、ADF含量。

### 1.4 指标测定

原料和青贮料的DM、CP按照杨胜<sup>[8]</sup>的方法测定。NDF和ADF含量采用Van Soest等的方法<sup>[9]</sup>测定。半纤维素含量 =  $NDF - ADF$ 。取白三叶风干样品和槐花粉2.0 g, 加入250 mL蒸馏水浸提, 边搅拌边测定pH, 待数值稳定后记录原料的pH<sup>[10]</sup>。BC采用滴定法<sup>[10]</sup>测定。WSC含量采用苯酚-硫酸法<sup>[11]</sup>测定。pH采用酸度计测定。按照青贮饲料质量评定标准<sup>[12]</sup>中紫花苜蓿 (*Medicago sativa*) 青贮饲料质量评定的方法进行感官评分, 总评 (满分100分) 分为以下4个等级: 优 (76~100分)、良 (51~75分)、一般 (26~50分) 和劣 (<25分)。NH<sub>3</sub>-N含量采用冯宗慈和高民<sup>[13]</sup>改进的比色法测定。LA含量采用对羟基联苯比色法<sup>[14]</sup>测定。AA和BA含量使用气相色谱仪 (6890N, Agilent, 美国) 测定。相对饲喂价值 (relative feeding value, RFV)<sup>[15]</sup>:  $RFV = DMI (\%BW) \times DDM (\%DM) / 1.29$ ,  $DMI (\%BW) = 120 / NDF (\%DM)$ ,  $DDM (\%DM) = 88.9 - 0.779ADF (\%DM)$ 。式中: DMI为粗饲料干物质随意采食量, DDM为可消化的干物质含量。发酵系数 (fermentation coefficient, FC)<sup>[16]</sup>:  $FC = DM (\%) + 8 \times WSC (\%) / BC$ 。

### 1.5 数据统计

采用SPSS 19.0软件对不同混合比例处理的感官指标、发酵品质和营养成分进行单因素方差分析,

以  $P \leq 0.05$  表示差异显著, 以  $0.05 < P \leq 0.10$  表示有显著变化趋势。当方差分析差异显著时用 Duncan 法进行多重比较。结果用“平均值  $\pm$  标准差”表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 原料的营养成分与青贮特性

白三叶的 CP、NDF、BC、半纤维素含量高于槐花粉, 而槐花粉的 DM、WSC、FC、RFV、pH、ADF 含量高于白三叶 (表 1)。与白三叶单独青贮相比, 添加槐花粉后降低了青贮原料的 BC, 提高了青贮原料的 DM、WSC 含量和 FC (表 2)。

表 1 原料的营养成分与青贮特性  
Table 1 Nutrient composition and fermentation characteristics of the original materials

| 指标<br>Parameter                                                     | 白三叶<br><i>Trifolium repens</i> | 槐花粉<br><i>Sophora japonica</i><br>flower powder |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|
| 干物质<br>Dry matter (DM)/(g·kg <sup>-1</sup> )                        | 147.1                          | 918.0                                           |
| 粗蛋白质<br>Crude protein (CP)/(g·kg <sup>-1</sup> )                    | 175.0                          | 162.8                                           |
| 中性洗涤纤维<br>Neutral detergent fiber (NDF)/(g·kg <sup>-1</sup> )       | 387.1                          | 323.2                                           |
| 酸性洗涤纤维<br>Acid detergent fiber (ADF)/(g·kg <sup>-1</sup> )          | 280.4                          | 290.6                                           |
| 半纤维素<br>Hemicellulose/(g·kg <sup>-1</sup> )                         | 106.7                          | 32.6                                            |
| 相对饲喂价值<br>Relative feeding value (RFV)                              | 179.7                          | 213.0                                           |
| pH                                                                  | 5.78                           | 6.34                                            |
| 水溶性碳水化合物<br>Water soluble carbohydrates (WSC)/(g·kg <sup>-1</sup> ) | 69.1                           | 91.1                                            |
| 缓冲能值<br>Buffering capacity (BC)/(mE·kg <sup>-1</sup> )              | 770.35                         | 348.84                                          |
| 发酵系数<br>Fermentation coefficient (FC)                               | 15.12                          | 93.20                                           |

### 2.2 添加槐花粉对白三叶青贮饲料感官指标的影响

白三叶单独青贮的气味、色泽、质地、水分、pH 评分均较低, 添加槐花粉显著 ( $P < 0.001$ ) 提高了青贮饲料的感官评分 (表 3)。其中,  $T_1$  和  $T_2$  的气味评分显著 ( $P < 0.05$ ) 高于白三叶单独青贮, 但显著低于  $T_3$  和  $T_4$ 。  $T_1$  的色泽评分显著高于白三叶单独青贮, 显著低于  $T_2$ 、 $T_3$  和  $T_4$ 。  $T_1$  和  $T_2$  的 pH 评分显著高于白三叶单独青贮,  $T_3$  和  $T_4$  的 pH 评分显著高于

表 2 混合原料的青贮特性  
Table 2 Silage characteristics of the mixtures

| 指标 Parameter                                                     | C      | T <sub>1</sub> | T <sub>2</sub> | T <sub>3</sub> | T <sub>4</sub> |
|------------------------------------------------------------------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 干物质 Dry matter (DM)/(g·kg <sup>-1</sup> )                        | 147.1  | 185.1          | 223.2          | 261.2          | 299.3          |
| 水溶性碳水化合物 Water soluble carbohydrates (WSC)/(g·kg <sup>-1</sup> ) | 69.1   | 70.2           | 71.3           | 72.4           | 73.5           |
| 缓冲能值 Buffering capacity (BC)/(mE·kg <sup>-1</sup> )              | 770.35 | 749.27         | 728.2          | 707.12         | 686.05         |
| 发酵系数 Fermentation coefficient (FC)                               | 15.12  | 19.02          | 22.93          | 26.83          | 30.74          |

混合原料的青贮特性为计算值; C: 白三叶单独青贮;  $T_1$ : 95%白三叶 + 5%槐花粉青贮;  $T_2$ : 90%白三叶 + 10%槐花粉青贮;  $T_3$ : 85%白三叶 + 15%槐花粉青贮;  $T_4$ : 80%白三叶 + 20%槐花粉青贮; 下表同。

The silage characteristics of the mixtures were calculated; C: *Trifolium repens* alone;  $T_1$ : 95% *Trifolium repens* and 5% *S. japonica* flower powder;  $T_2$ : 90% *Trifolium repens* and 10% *S. japonica* flower powder;  $T_3$ : 85% *Trifolium repens* and 15% *S. japonica* flower powder;  $T_4$ : 80% *Trifolium repens* and 20% *S. japonica* flower powder; this is applicable for the following tables as well.

$T_1$ 。  $T_1$  的质地、水分和总评分显著高于白三叶单独青贮,  $T_2$  的质地、水分和总评分显著高于  $T_1$ ,  $T_3$  和  $T_4$  显著高于  $T_2$ ,  $T_3$ 、 $T_4$  的感官总评分差异不显著,  $T_4$  的感官评分为优。

### 2.3 添加槐花粉对白三叶青贮饲料发酵品质的影响

白三叶单独青贮的 pH、 $NH_3-N$ : TN、AA、BA 含量高, LA 含量和 LA: AA 低, 青贮发酵品质差 (表 4)。随着槐花粉添加量的提高,  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$  和  $T_4$  的 pH 显著 ( $P < 0.001$ ) 低于对照组。  $T_1$  的 LA 含量显著高于对照组,  $T_2$  的 LA 含量显著高于  $T_1$ ,  $T_3$  和  $T_4$  显著高于  $T_2$ , 但  $T_3$  和  $T_4$  差异不显著 ( $P = 0.123$ )。  $T_1$  和  $T_2$  的 AA 含量显著低于对照组,  $T_3$  和  $T_4$  显著低于  $T_1$  和  $T_2$ 。  $T_1$  的 BA 含量显著低于对照组,  $T_2$ 、 $T_3$  和  $T_4$  的 BA 含量显著低于  $T_1$ ,  $T_2$ 、 $T_3$  和  $T_4$  的 BA 含量差异不显著 ( $P = 0.219$ )。  $T_1$  和  $T_2$  的 LA: AA 显著高于对照组,  $T_3$  的 LA: AA 显著高于  $T_1$  和  $T_2$ ,  $T_4$  显著高于  $T_3$ 。  $T_2$ 、 $T_3$  和  $T_4$  的  $NH_3-N$ : TN 显著低于  $T_1$  和对照组,  $T_4$  的  $NH_3-N$ : TN 最低。

### 2.4 添加槐花粉对白三叶青贮饲料营养成分的影响

白三叶单独青贮的 DM 和残余 WSC 含量低 (表 5)。随着槐花粉添加量的提高,  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$  和  $T_4$

表 3 添加槐花粉对白三叶青贮饲料感官评分的影响  
Table 3 Effects of adding *Sophora japonica* flower powder on the sensory evaluation of *Trifolium repens* silage

| 处理 Treatment   | 气味 Odor     | 色泽 Color    | 质地 Texture | 水分 Moisture | pH          | 总评分 Total score |
|----------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-----------------|
| C              | 12.7 ± 2.5c | 2.0 ± 0.0c  | 2.0 ± 0.0d | 4.0 ± 1.0d  | 0.0 ± 0.0c  | 20.7 ± 1.5d     |
| T <sub>1</sub> | 16.3 ± 1.5b | 9.7 ± 3.5b  | 4.3 ± 0.6c | 7.3 ± 1.2c  | 5.0 ± 1.0b  | 42.7 ± 5.0c     |
| T <sub>2</sub> | 18.3 ± 1.5b | 16.3 ± 1.2a | 7.3 ± 0.6b | 12.7 ± 1.2b | 6.0 ± 0.0ab | 60.7 ± 2.3b     |
| T <sub>3</sub> | 23.3 ± 0.6a | 17.7 ± 1.5a | 9.0 ± 1.0a | 18.3 ± 1.2a | 6.3 ± 0.6a  | 74.7 ± 2.1a     |
| T <sub>4</sub> | 24.0 ± 1.0a | 19.0 ± 1.0a | 9.3 ± 0.6a | 20.0 ± 0.0a | 7.0 ± 1.0a  | 79.3 ± 3.5a     |
| P              | < 0.001     | < 0.001     | < 0.001    | < 0.001     | < 0.001     | < 0.001         |

同列不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ ); 下表同。  
Different lowercase letters within the same column indicate significant difference between the different treatments at the 0.05 level; this is applicable for the following tables as well.

表 4 添加槐花粉对白三叶青贮发酵品质的影响  
Table 4 Effect of adding *Sophora japonica* flower powder on the fermentation quality of *Trifolium repens* silage

| 处理 Treatment   | pH           | 氨态氮 : 总氮<br>NH <sub>3</sub> -N : TN/(g·kg <sup>-1</sup> ) | 乳酸 Lactic<br>acid (LA)/(g·kg <sup>-1</sup> ) | 乙酸 Acetic<br>acid (AA)/(g·kg <sup>-1</sup> ) | 丁酸 Butyric<br>acid (BA)/(g·kg <sup>-1</sup> ) | 乳酸 : 乙酸 Lactic :<br>Acetic acid (LA : AA) |
|----------------|--------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------|
| C              | 5.30 ± 0.20a | 46.32 ± 8.16a                                             | 7.76 ± 0.33d                                 | 58.76 ± 3.67a                                | 10.26 ± 0.39a                                 | 0.13 ± 0.01d                              |
| T <sub>1</sub> | 4.73 ± 0.11b | 45.39 ± 4.89a                                             | 22.22 ± 0.71c                                | 49.19 ± 1.58b                                | 8.40 ± 0.18b                                  | 0.45 ± 0.01c                              |
| T <sub>2</sub> | 4.62 ± 0.02b | 22.90 ± 7.96b                                             | 24.48 ± 1.88b                                | 43.73 ± 2.58b                                | 5.76 ± 0.59c                                  | 0.56 ± 0.03c                              |
| T <sub>3</sub> | 4.56 ± 0.04b | 21.45 ± 4.22b                                             | 27.54 ± 0.65a                                | 31.17 ± 0.67c                                | 5.35 ± 0.54c                                  | 0.88 ± 0.01b                              |
| T <sub>4</sub> | 4.51 ± 0.06b | 20.60 ± 5.85b                                             | 29.13 ± 0.88a                                | 27.14 ± 4.60c                                | 5.25 ± 0.39c                                  | 1.09 ± 0.18a                              |
| P              | < 0.001      | < 0.001                                                   | < 0.001                                      | < 0.001                                      | < 0.001                                       | < 0.001                                   |

表 5 添加槐花粉对白三叶青贮饲料营养成分的影响  
Table 5 Effect of adding *Sophora japonica* flower powder on the nutrient content of *Trifolium repens* silage

| 处理 Treatment   | 干物质 Dry<br>matter (DM)/<br>(g·kg <sup>-1</sup> ) | 水溶性碳水化合物<br>Water soluble<br>carbohydrates<br>(WSC)/(g·kg <sup>-1</sup> ) | 粗蛋白质<br>Crude protein<br>(CP)/(g·kg <sup>-1</sup> ) | 中性洗涤纤维<br>Neutral detergent<br>fiber (NDF)/(g·kg <sup>-1</sup> ) | 酸性洗涤纤维 Acid<br>detergent fiber<br>(ADF)/(g·kg <sup>-1</sup> ) | 半纤维素<br>Hemicellulose/<br>(g·kg <sup>-1</sup> ) | 相对饲喂价值<br>Relative feeding<br>value (RFV) |
|----------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| C              | 164.8 ± 8.5e                                     | 14.3 ± 0.8c                                                               | 262.4 ± 10.7b                                       | 319.4 ± 14.4a                                                    | 283.9 ± 11.1a                                                 | 35.5 ± 3.4a                                     | 195.4 ± 8.5a                              |
| T <sub>1</sub> | 196.6 ± 11.2d                                    | 17.3 ± 1.4b                                                               | 241.4 ± 8.3c                                        | 325.1 ± 13.3a                                                    | 291.9 ± 11.0a                                                 | 33.2 ± 3.9a                                     | 190.2 ± 9.9a                              |
| T <sub>2</sub> | 234.9 ± 15.5c                                    | 18.1 ± 2.1b                                                               | 262.3 ± 5.4b                                        | 314.2 ± 18.6a                                                    | 276.2 ± 19.5a                                                 | 37.9 ± 5.3a                                     | 201.4 ± 15.6a                             |
| T <sub>3</sub> | 280.9 ± 19.0b                                    | 24.3 ± 0.7a                                                               | 300.5 ± 5.4a                                        | 317.8 ± 15.1a                                                    | 283.7 ± 13.7a                                                 | 34.1 ± 1.5a                                     | 196.4 ± 10.9a                             |
| T <sub>4</sub> | 328.5 ± 17.4a                                    | 26.5 ± 1.2a                                                               | 298.4 ± 3.0a                                        | 311.0 ± 15.6a                                                    | 277.2 ± 9.6a                                                  | 33.8 ± 4.2a                                     | 201.7 ± 6.6a                              |
| P              | < 0.001                                          | < 0.001                                                                   | 0.002                                               | 0.564                                                            | 0.392                                                         | 0.611                                           | 0.549                                     |

的 DM 含量显著 ( $P < 0.001$ ) 提高, 且 T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub> 之间差异显著。T<sub>1</sub> 和 T<sub>2</sub> 的残余 WSC 含量显著高于白三叶单独青贮, T<sub>3</sub> 和 T<sub>4</sub> 的残余 WSC 含量显著高于 T<sub>1</sub> 和 T<sub>2</sub>。白三叶单独青贮和 T<sub>2</sub> 的 CP 含量显著 ( $P = 0.002$ ) 高于 T<sub>1</sub>, T<sub>3</sub> 和 T<sub>4</sub> 的 CP 含量显著 ( $P = 0.002$ ) 高于白三叶单独青贮和 T<sub>2</sub>。T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub> 和 T<sub>4</sub> 之间的 NDF、ADF、半纤维素含量和 RFV 差异不显著 ( $P > 0.1$ )。

3 讨论

牧草在刈割时的成熟度、化学成分、附生微生物及其生长环境等因素对青贮过程和青贮发酵品质具有重要影响<sup>[17]</sup>, 这些因素决定了青贮能否成功。调制优质青贮饲料, 其原料应同时具备有适宜的含水量、适当的含糖量和较低的缓冲能值<sup>[18]</sup>。发酵系数是依据青贮原料的干物质含量、水溶性碳水

化合物含量和缓冲能值综合评价青贮特性的指标。Weissbach 和 Honig<sup>[16]</sup> 研究表明, 当附生乳酸菌数量超过  $10^5 \text{ cfu} \cdot \text{g}^{-1}$  时, 发酵系数达到 35 就可以获得高品质的青贮饲料。本研究中白三叶的青贮发酵系数为 15.12, 添加 20% 槐花粉后使得混合原料的发酵系数提高至 30.74, 表明添加槐花粉改善了白三叶的青贮发酵特性。

### 3.1 添加槐花粉对白三叶青贮饲料干物质含量和发酵品质的影响

适宜的含水量能使得青贮原料足够压实, 快速创造厌氧环境, 乳酸菌大量繁殖并产乳酸, 抑制养分被其他有害微生物分解产生不良代谢产物。一般最适宜的含水量为 65%~75%, 而豆科牧草的含水量以 60%~70% 为好<sup>[18]</sup>。本研究中白三叶的水分含量为 85.29%, 当青贮饲料水分含量高于 85% 时, 即使 pH 低于 4.0 也不能限制梭菌的活动, 梭菌能利用乳酸、水溶性碳水化合物和氨基酸产生丁酸、胺、氨, 从而导致青贮饲料 pH 升高, 产生腐烂味<sup>[19]</sup>。本研究中白三叶单独青贮的感官评分等级为劣, pH、氨态氮: 总氮、乙酸、丁酸含量高, 乳酸含量和乳酸: 乙酸低, 表明白三叶单独青贮感官评分和发酵品质差, 与柳茜等<sup>[20]</sup> 对白三叶青贮的研究结果一致。当添加 20% 的槐花粉后, 青贮原料的水分含量下降至 70%, 满足了豆科牧草适宜青贮的水分条件, 青贮饲料的感官评分等级达到优, pH、氨态氮: 总氮、乙酸、丁酸含量显著降低, 乳酸含量和乳酸: 乙酸显著提高, 青贮发酵品质提高。魏春秋和王明玖<sup>[21]</sup> 研究表明, 含水量 70% 的高加索三叶草可以调制出优质青贮饲料, 与本研究结果一致。因此, 添加槐花粉显著降低了白三叶的含水量, 改善了青贮饲料发酵品质。

### 3.2 添加槐花粉对白三叶青贮饲料水溶性碳水化合物含量和发酵品质的影响

适当的含糖量能够为乳酸菌的快速生长和繁殖创造良好的条件, 乳酸菌利用青贮原料中的水溶性碳水化合物产生乳酸、中和碱性元素、降低 pH, 从而抑制不良微生物的活动<sup>[19]</sup>。一般认为牧草鲜样中的水溶性碳水化合物含量在  $20 \sim 25 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  时才会产生优良的发酵品质<sup>[22]</sup>。另有研究表明, 青贮料的干物质含量较低且同时有较低的水溶性碳水化合物时, 梭菌会竞争性地利用水溶性碳水化合物和乳

酸, 导致青贮饲料品质较差<sup>[23]</sup>。本研究中白三叶干物质中水溶性碳水化合物的含量为  $69.1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  (鲜样基础为  $10.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), 同时有很低的干物质含量, 白三叶单独青贮后丁酸含量、氨态氮含量、pH 高, 乳酸含量低, 青贮发酵品质差。玉柱等<sup>[24]</sup> 也报道了白三叶单独青贮发酵品质差, 与本研究结果一致。

添加 5%、10%、15% 和 20% 的槐花粉后, 混合青贮原料干物质中水溶性碳水化合物含量分别提高至 70.2、71.3、72.4 和  $73.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  (鲜样基础分别为 13.0、15.9、18.9 和  $22.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )。当添加 20% 槐花粉时, 青贮饲料水溶性碳水化合物含量达到了优质青贮饲料所需条件, 青贮饲料的乙酸含量显著降低, 感官评分、乳酸含量和乳酸: 乙酸显著升高, 但 pH、氨态氮: 总氮、丁酸没有随着比例的提高而进一步降低, 可能是由于青贮原料中较少的乳酸菌数量和较高的缓冲能值<sup>[25]</sup>。因此, 可以再添加乳酸菌制剂、酶制剂、糖蜜<sup>[26]</sup> 等来进一步提高青贮发酵品质。青贮饲料中残余水溶性碳水化合物含量占青贮前水溶性碳水化合物含量的比值从对照组的 20% 升高至添加 20% 槐花粉后的 35%, 表明随着槐花粉添加量的提高, 青贮饲料发酵品质和营养价值均提高。

### 3.3 添加槐花粉对白三叶青贮饲料缓冲能值和发酵品质的影响

Playne 和 McDonald<sup>[10]</sup> 研究发现, 缓冲能值的高低与牧草的阴离子 (磷酸根离子、硫酸根离子、硝酸根离子和氯离子) 含量、粗蛋白质含量、有机酸含量有很大关系。豆科牧草由于较高的阴离子和粗蛋白质含量, 使其具有较高的缓冲能值而不利于青贮 pH 的降低<sup>[2]</sup>。本研究白三叶的缓冲能值为  $770.35 \text{ mE} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 比初花期白三叶的 ( $486 \text{ mE} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) 高 58.5%<sup>[24]</sup>, 比营养生长期的研究结果 ( $482.08 \text{ mE} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) 高 59.8%<sup>[26]</sup>, 这可能是本研究对照组白三叶单独青贮 pH 较高、发酵品质差的原因。

本研究添加 5%、10%、15% 和 20% 的槐花粉后, 混合原料的缓冲能值分别降低至 749.27、728.20、707.12 和  $686.05 \text{ mE} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。然而, 通常青贮饲料的缓冲能值低于  $350 \text{ mE} \cdot \text{kg}^{-1}$  才可以调制出优质的青贮饲料<sup>[2]</sup>, 较高的缓冲能值限制了 pH 的进一步降低。这可能是本研究中添加 20% 槐花粉后混合青贮料的 pH 较高的原因。因此, 白三叶较高的缓冲能值是

在干物质、水溶性碳水化合物满足适宜青贮条件后的主要限制因素。研究表明, 对红三叶 (*T. pratense*) 萎蔫处理能使其缓冲能值降低 18%<sup>[10]</sup>, 添加甲酸、甲酸钠等显著降低了苜蓿和白三叶混合青贮饲料的 pH<sup>[2]</sup>。所以, 白三叶在青贮时可经过萎蔫、酸制剂处理, 从而避免较高的缓冲能值对 pH 降低和青贮发酵的限制, 获得更好的青贮发酵品质。

## 4 结论

白三叶含水量和缓冲能值高、水溶性碳水化合物含量较低, 单独青贮品质差。添加槐花粉对白三叶的青贮发酵品质有明显改善作用, 且以 80% 白三叶 + 20% 槐花粉能获得良好的青贮发酵品质, 白三叶较高的缓冲能值是阻碍 pH 下降、影响青贮发酵品质的主要因素。

## 参考文献 References:

- [1] 谭剑蓉, 干友民, 宋中齐, 李剑, 张涛. 不同比例白三叶草粉对肉兔生产性能的影响. 中国饲料, 2020(1): 23-28.  
TAN J R, GAN Y M, SONG Z Q, LI J, ZHANG T. Effect of different proportions of *Trifolium repens* on production performance of meat rabbit. China Feed, 2020(1): 23-28.
- [2] SOUSA D O, HANSEN H H, NUSSIO L G, NADEAU E. Effects of wilting and ensiling with or without additive on protein quality and fermentation of a lucerne-*Trifolium repens* mixture. Animal Feed Science and Technology, 2019, 258(4): 94-98.
- [3] 李荣乔, 贾东升, 温春秀, 崔施展, 刘灵娣, 谢晓亮. 槐花多糖对免疫抑制小鼠免疫功能的影响研究. 食品研究与开发, 2016, 37(24): 155-159.  
LI R Q, JIA D S, WEN C X, CUI S Z, LIU L D, XIE X L. Investigation on the influence of polysaccharide from *Sophora japonica* flower polysaccharides on immunological function of mice. Food Research and Development, 2016, 37(24): 155-159.
- [4] WANG G, CUI Q, YIN L J, LI Y, GAO M Z, MENG Y, LI J, ZHANG S D, WANG W. Negative pressure cavitation based ultrasound-assisted extraction of main flavonoids from *Flos sophorae* immaturus and evaluation of its extraction kinetics. Separation and Purification Technology, 2019, 257(1): 124-130.
- [5] 赵庆友. 泰山槐花多糖的提取及对鸡兔免疫增强作用的研究. 泰安: 山东农业大学硕士学位论文, 2012.  
ZHAO Q Y. Extraction of Taishan *Robinia pseudoacacia* polysaccharides and its immune enhancement on chickens and rabbits. Master Thesis. Taian: Shandong Agricultural University, 2012.
- [6] 曹小燕, 杨海涛. 槐花多糖提取工艺优化及自由基清除活性研究. 北方园艺, 2016(13): 141-146.  
CAO X Y, YANG H T. Study on enzymatic-ultrasonic assisted extraction polysaccharides from *Sophora japonica* L. and its free radical scavenging activity. Northern Horticulture, 2016(13): 141-146.
- [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] 杨胜. 饲料分析及饲料质量检测技术. 北京: 中国农业出版社, 1999: 19-61.  
YANG S. Feed Analysis and Feed Quality Testing Technology. Beijing: China Agricultural University Press, 1999: 19-61.
- [9] VAN SOEST P J, ROBERTSON J B, LEWIS B A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 1991, 74(10): 3583-3597.
- [10] PLAYNE M J, MCDONALD P. The buffering constituents of herbage and silage. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2010, 17(6): 264-268.
- [11] DUBOIS M, GILLES K A, HAMILTON J K, REBERS P A, SMITH F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry, 1956, 28(3): 350-356.
- [12] 刘建新, 杨振海, 叶均安, 史占全, 吴跃明. 青贮饲料的合理调制与质量评定标准 (续). 饲料工业, 1999, 20(4): 3-5.  
LIU J X, YANG Z H, YE J A, SHI Z Q, WU Y M. Standard for rational preparation and quality assessment of silage (continued).

- Feed Industry, 1999, 20(4): 3-5.
- [13] 冯宗慈, 高民. 通过比色测定瘤胃液氨氮含量方法的改进. 内蒙古畜牧科学, 2010, 31(Z1): 40-41.  
FENG Z C, GAO M. An improved method for determination of ammonia nitrogen in rumen liquid by colorimetry. Animal Husbandry and Feed Science, 2010, 31(Z1): 40-41.
- [14] TAYLOR K A C C. A simple colorimetric assay for muramic acid and lactic acid. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 1996, 56(1): 49-58.
- [15] ROHWEDE D A, BARBES R F, JORGENSEN N. Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluation quality. *Journal of Animal Science*, 1983, 47(3): 747-759.
- [16] WEISSBACH F, HONIG H. On the anticipation and control of the run of fermentation silage making from extensively grown forages. *Landbauforschung Völkenrode*, 1996, 46: 10-17.
- [17] BUTON D R, KIELY P O. Preharvest plant factors affecting ensiling. *Agronomy*, 2003, 42: 199-250.
- [18] 王成章, 王恬. 饲料学 (第二版). 北京: 中国农业出版社, 2011: 96.  
WANG C Z, WANG T. Feed Science, 2nd Edition. Beijing: China Agricultural Press, 2011: 96.
- [19] MCDONALD P, EDWARDS R A, GREENHALGH J F D, MORGEN C A. Animal Nutrition. 7th Edition. UK: Pearson Education, 2011: 501-510.
- [20] 柳茜, 孙启忠, 刘晓波, 何春, 陈刚, 郝虎. 白三叶与全株玉米混合青贮的效果研究. 四川畜牧兽医, 2017, 44(1): 20-22.  
LIU Q, SUN Q Z, LIU X B, HE C, CHEN G, HAO H. Study on the effect of mixed silage of *Trifolium repens* L. and whole corn. Sichuan Animal Husbandry Veterinarian, 2017, 44(1): 20-22.
- [21] 魏春秋, 王明玖. 高加索三叶草青贮饲料的制作及质量变化. *草业科学*, 2010, 27(2): 134-138.  
WEI C Q, WANG M J. The silage making and nutritive variation of *Trifolium ambiguum*. *Pratacultural Science*, 2010, 27(2): 134-138.
- [22] 李蕾蕾, 花登峰, 郑兴卫, 李聪. 含水量和混播比例对青南牧区燕麦-箭筈豌豆/毛苕子混播青贮品质的影响. *草业学报*, 2018, 27(7): 166-174.  
LI L L, HUA D F, ZHENG X W, LI C. Effects of moisture content and sowing-mix ratio on the quality of baled oat and common vetch/hairy vetch silage mixtures in the pastoral area of southern Qinghai. *Acta Prataculturae Sinica*, 2018, 27(7): 166-174.
- [23] 王成, 王益, 周玮, 骈瑞琪, 张庆, 陈晓阳. 植物乳杆菌和含水量对辣木叶青贮品质和单宁含量的影响. *草业学报*, 2019, 28(6): 109-118.  
WANG C, WANG Y, ZHOU W, PIAN R Q, ZHANG Q, CHEN X Y. Effects of lactobacillus *plantarum* (LP) and moisture on feed quality and tannin content of *Moringa oleifera* leaf silage. *Acta Prataculturae Sinica*, 2019, 28(6): 109-118.
- [24] 玉柱, 陈燕, 孙启忠, 于艳东. 不同添加剂对白三叶青贮发酵品质与体外消化率的影响. *中国农业科技导报*, 2009, 11(4): 133-138.  
YU Z, CHEN Y, SUN Q Z, YU Y D. Effects of different additives on silage fermentation quality and in vitro digestibility of *Trifolium repens*. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2009, 11(4): 133-138.
- [25] MCDONALD P, HENDERSON A R, HERON S J E. The Biochemistry of Silage. UK: Chalcombe Publication, Marlow, 1991: 340.
- [26] 王永新, 玉柱, 许庆方, 董宽虎, 孙启忠, 刘建宁. 添加剂对白三叶青贮的影响. *草业科学*, 2010, 27(12): 148-151.  
WANG Y X, YU Z, XU Q F, DONG K H, SUN Q Z, LIU J N. Effect of additives on the white cover silage. *Pratacultural Science*, 2010, 27(12): 148-151.

(责任编辑 张瑾)

## 2020 年 12 月国内市场主要畜产品与饲料价格分析

12 月份,牛肉、羊肉价格同比分别上涨 9.01%、5.37%;猪肉、鸡肉和鸡蛋价格同比分别下降 0.28%、16.37%、17.65%。玉米、豆粕、棉粕、菜粕、DDGS 价格同比分别上涨 24.85%、7.57%、5.09%、10.00%、13.33%。

### 一、12 月份肉类市场价格均上涨

12 月份,猪肉价格为 43.41 CNY·kg<sup>-1</sup>,环比上涨 9.40%,中部地区分别高于东部和西部地区 4.90% 和 2.23%;牛肉和羊肉价格分别为 76.56 和 71.82 CNY·kg<sup>-1</sup>,环比分别上涨 0.80% 和 4.34%,牛肉价格中部地区分别高于东部和西部地区 6.40% 和 0.08%;羊肉价格东部地区分别高于中部和西部地区 2.16% 和 3.39%。鸡肉和鸡蛋价格分别为 16.20 和 7.98 CNY·kg<sup>-1</sup>,环比分别上涨 1.44% 和 3.77%,鸡肉价格西部地区分别高于东部和中部地区 20.30% 和 28.88%;鸡蛋价格中部地区分别高于东部和西部地区 1.39% 和 0.04%。

### 二、除棉粕外,其余饲料市场价格均上涨

12 月份棉粕价格为 2 720.11 CNY·t<sup>-1</sup>,环比下降 1.61%,东部地区分别高于中部和西部地区 10.76% 和 17.96%。玉米和豆粕价格分别为 2 486.72 和 3 384.32 CNY·t<sup>-1</sup>,环比分别上涨 2.11% 和 0.80%,玉米价格东部地区分别高于中部和西部地区 1.88% 和 5.69%;豆粕价格中部地区高于东部和西部地区 3.14% 和 1.87%;菜粕和 DDGS 价格分别为 2 482.53 和 2 246.29 CNY·t<sup>-1</sup>,环比分别上涨 1.08% 和 0.50%;菜粕价格东部地区分别高于中部和西部地区 1.23% 和 0.73%;DDGS 价格东部地区高于中部地区 3.77%。

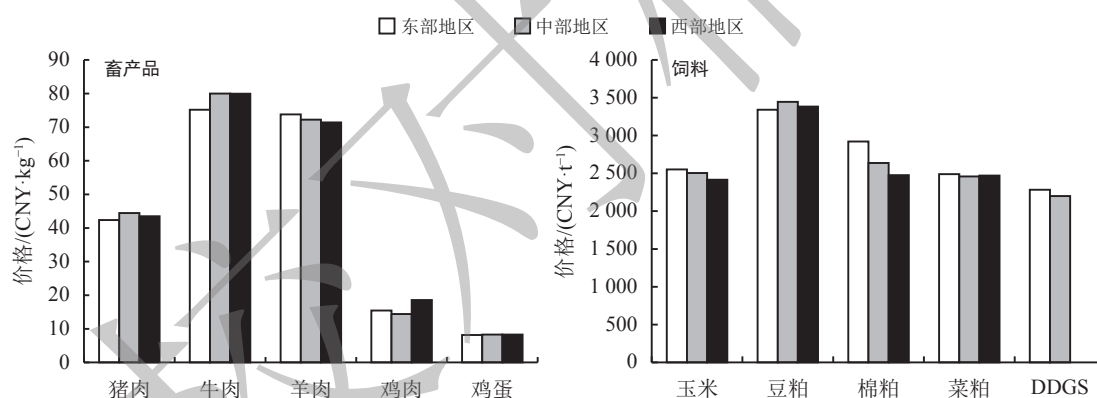


图 1 2020 年 12 月国内市场主要畜产品与饲料价格

数据来源:猪肉、牛肉、羊肉、鸡肉和鸡蛋 <http://pfsnew.agri.gov.cn/>;大豆和豆粕 <http://www.zhuwang.cc/>, <http://www.pigol.cn/>;棉粕 <http://www.feedtrade.com.cn/>, <http://www.chinafeed.org.cn/>。东部、中部和西部的划分依据国家统计局将全国的划分标准,东部:北京、天津、河北、辽宁、上海、福建、浙江、江苏、山东、广东;中部:山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、湖北、湖南、河南;西部:内蒙古、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆、广西、重庆。

(兰州大学草地农业科技学院 潘月婷 整理)