



# 青贮玉米与全株大豆混合比例对青贮品质的影响

王晓春<sup>1</sup>, 马晓霞<sup>1,2</sup>, 杨天辉<sup>1</sup>, 高 婷<sup>1</sup>, 梁小军<sup>1</sup>

(1. 宁夏农林科学院 动物科学研究所, 宁夏 银川 750002; 2. 宁夏茂盛草业有限公司, 宁夏 银川 750023)

**摘 要:**为探讨青贮玉米与全株大豆不同混合比例对青贮品质的影响,以2种饲草鲜重比设置青贮玉米单贮(CK1)、全株大豆单贮(CK2)、青贮玉米与全株大豆1:1(M1)、2:1(M2)、3:1(M3)、4:1(M4)、1:2(M5)混合,共7个处理。青贮90 d后,进行感官评定、发酵品质、营养价值和有氧稳定性评价。结果表明:CK1、CK2感官评定为“良好”,混合处理均为“优等”;CK2的pH最高(4.69),其余处理pH<4.2。乳酸含量在混合处理中都显著高于CK1、CK2,乙酸含量在CK2中显著高于其他处理( $P<0.05$ )。粗蛋白含量随着全株大豆比例的增加而增加,淀粉含量随着青贮玉米比例的增加而增加。混合处理的中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维含量都显著低于CK1、CK2( $P<0.05$ )。RFV由高到低为M1>M2>M3>M4>M5>CK2>CK1;混合处理的有氧稳定性优于CK1、CK2。青贮玉米与全株大豆混合改善了青贮料的发酵品质,提高了营养价值和有氧稳定性,其中混合比例为1:1时效果最佳。

**关键词:**青贮玉米;全株大豆;混合比例;发酵品质;营养价值;有氧稳定性

## Effects of Different Mixing Ratios on the Quality of Corn-soybean Whole Plant Mixed Silage

WANG Xiaochun<sup>1</sup>, MA Xiaoxia<sup>1,2</sup>, YANG Tianhui<sup>1</sup>, GAO Ting<sup>1</sup>, LIANG Xiaojun<sup>1</sup>

(1. Institute of Animal Science, Ningxia Academy of Agriculture-Forestry Sciences, Yinchuan 750002, China; 2. Ningxia Agricultural Reclamation Flourishing Grass Industry Company, Yinchuan 750023, China)

**Abstract:** In order to explore the effect of different mixing ratios on the silage of whole corn and soybean, the 7 treatments were set to ensiled: Silage corn (CK1), whole soybean (CK2), silage corn with soybean 1:1 (M1), silage corn with soybean 2:1 (M2), silage corn with soybean 3:1 (M3), silage corn with soybean 4:1 (M4), and silage corn with soybean 1:2 (M5). After 90 days of silage, the sensory evaluation, fermentation quality, nutritional value and aerobic stability were determined. The results showed that the sensory evaluation of CK1 and CK2 were rated as ‘good’, and the rest were rated as ‘excellent’. CK2 had the highest pH (4.69) and the pH of the rest treatments was below 4.2. The lactic acid content in M1, M2 and M3 was significantly higher than that in other treatments. The acetic acid in CK2 was significantly higher than that in other treatments ( $P<0.05$ ). The content of crude protein increased with the increase of the proportion of whole soybean, and the content of starch increased with the increase of the proportion of silage corn. The content of medium detergent fiber and acid detergent fiber in mixed treatments were significantly lower than that in CK1 and CK2. The RFV from high to low was M1>M2>M3>M4>M5>CK2>CK1. The aerobic stability of mixed silage was better than CK1 and CK2. It can be seen that the fermentation quality, nutritional value and aerobic stability can be improved by mixing corn and bean, and the best mixing ratio of corn and bean was 1:1.

**Keywords:** silage maize; whole plant soybean; mixing ratio; fermentation quality; nutritional value; aerobic stability

玉米大豆带状复合种植具有充分利用光热资源,提高土壤产出率,培肥土壤等优点<sup>[1]</sup>,连续多年入选全国主推技术,对保障国家粮油安全意义重大<sup>[2]</sup>。青贮玉米(*Zea mays*)是全球种植面积最大的主流饲草,但蛋白含量低,奶牛、肉牛等草食动物饲喂中还需补充大量豆粕。青贮玉米与大豆复合种植是一种可行的优质饲料生产模式<sup>[3]</sup>,既不影响饲草产量又能提高饲草粗蛋白含量。

目前玉米与大豆间作的研究主要集中在栽培技术及种植优势等方面<sup>[3-5]</sup>。瓮巧云等<sup>[5]</sup>研究表明

玉豆间作显著提高了青贮玉米产量、品质,改善土壤营养和微生物菌落。但有关玉豆间作收获后混合青贮生产饲草技术的研究相对欠缺。薛恩玉等<sup>[6]</sup>认为青贮玉米与鼓粒期大豆3:1混配,饲用价值较高(未经青贮发酵后的评价)。丁婉等<sup>[7]</sup>得出青贮玉米与大豆秸秆以4:6或2:8混合时,混合料青贮品质好,秸秆利用价值高。而目前有关青贮玉米与全株大豆混合青贮发酵品质、营养价值等的研究鲜有报道。

本研究以玉豆间作模式下的青贮玉米与全株

收稿日期:2023-05-17

基金项目:宁夏重点研发计划项目子课题(2021BBF02019);宁夏农林科学院-宁夏农业高质量发展和生态保护科技创新示范项目子课题(NGSB-2012-12-09);国家现代农业产业技术体系(CARS-37)。

第一作者:王晓春(1982—),女,硕士,助理研究员,主要从事牧草种质资源、栽培及饲草调制利用研究。E-mail:158851531@qq.com。

通讯作者:梁小军(1971—),男,研究员,主要从事反刍动物繁育与健康养殖研究。E-mail:1092295523@qq.com。

大豆为材料,开展不同混和比例对青贮的感官评价、发酵品质、营养价值及有氧稳定性影响的研究,旨在为玉豆间作模式下玉豆种植密度、玉豆全株混合调制技术提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

青贮玉米品种为先玉 1321,大豆品种(系)为宁黄 LD89。

1.2 试验设计

于 2021 年春季采用玉豆同播一体机将玉米和大豆播种于宁夏吴忠市红寺堡区,玉米 2 行间种 3 行大豆,9 月 15 日同期分开收获,制作青贮饲料。

青贮玉米与全株大豆按鲜草重量混合,分别为:玉米单贮(CK1)、大豆单贮(CK2)、玉豆 1:1(M1)、玉豆 2:1(M2)、玉豆 3:1(M3)、玉豆 4:1(M4)、玉豆 1:2(M5),共 7 个处理,每个处理 3 个重复。

青贮制作:玉米籽粒乳线达 1/2 ~ 2/3,大豆为鼓粒期(R6)时全株收获,留茬高度均为 10 cm。将 2 种饲草切碎至长度为 2 ~ 3 cm,按鲜重比例称重,充分混合。青贮袋抽真空后封口,每袋 1 000 g,室温条件贮藏 90 d 后开袋,观测相关指标。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 感官评价 开袋后,参照德国农业协会(DLG)青贮感官评分标准等级,综合气味、结构、色泽评价:16 ~ 20 分为优,10 ~ 15 分为良好,5 ~ 9 分为中等,0 ~ 4 分为差<sup>[8]</sup>。

1.3.2 发酵品质及霉菌测定 青贮饲料开封后取 30 g 混合均匀的青贮料,与蒸馏水以 1:9 质量比混合后放入榨汁机,匀浆 2 min,用纱布过滤后再用双层滤纸过滤,静置后得浸提液。采用 Mettler FE20 型号酸度计测定浸提液的 pH 值;采用赛默飞 ICS-3000 型号的高效液相色谱仪同步测定浸提液的乳

酸(Lactic Acid, LA)、乙酸(Acetic Acid, AA)、丙酸(Propanoic Acid, PA)、丁酸(Butyric Acid, BA)含量<sup>[9]</sup>;采用涂布平板法计数浸提液的霉菌数量<sup>[10]</sup>。

1.3.3 营养成分测定及相对饲喂价值计算 干物质(Dry Matter, DM)、粗蛋白(Crude Protein, CP)、粗脂肪(Crude Fat, CF)、粗灰分(Crude Ash, CA)、中性洗涤纤维(Neutral Detergent Fiber, NDF)、酸性洗涤纤维(Acid Detergent Fiber, ADF)、淀粉(Starch)、水溶性碳水化合物(Water-Soluble Carbohydrates, WSC)含量分别采用《饲料分析及饲料质量检测技术》<sup>[11]</sup>中方法测定。根据文献<sup>[12]</sup>计算粗饲料的相对饲喂价值(Relative Feed Value, RFV), $RFV = DMI \times DDM / 1.29$ ,其中  $DMI = 120 / NDF$ ,  $DDM = 88.9 - 0.779ADF$ ,DMI 为粗饲料干物质采食量,DDM 为粗饲料可消化的干物质。

1.3.4 有氧稳定性评价 以 pH 值变化评价青贮饲料的有氧稳定性。青贮袋开封后,待取样测定发酵、营养指标及备份后,剩余青贮料搅动松散,有氧暴露后第 0,3,6,9,11 天测定 pH,为防止青贮饲料水分蒸发,用湿纱布覆盖袋口。

1.4 数据分析

结果以平均值 ± 标准差表示,数据处理与分析采用 SPASS 18.0 进行,其中处理间以 Duncan 法进行单因素方差分析,多重比较以  $P < 0.05$  作为差异显著性判断标准。

2 结果与分析

2.1 青贮玉米与全株大豆不同混合比例青贮料感官评定

感官评价结果如表 1 所示,CK1、CK2 的总得分均为 15,等级为良好,M1 的总分为 20,其余混合处理的总分都为 19,等级均为优等。可见,青贮玉米与大豆混合料的感官评价价值优于青贮玉米、大豆单贮。

表 1 青贮玉米与全株大豆不同混合比例青贮料的感官评价  
Table 1 Sensory evaluation of corn and bean mixed silage with different mixing ratios

处理 Treatment	指标得分 Index score			总分 Score	等级 Rank
	气味 Odor	结构 Texture	色泽 Color		
CK1	10	4	1	15	良好
CK2	10	4	1	15	良好
M1	14	4	2	20	优等
M2	14	4	1	19	优等
M3	14	4	1	19	优等
M4	14	4	1	19	优等
M5	14	4	1	19	优等

2.2 青贮玉米与全株大豆不同混合比例对青贮料发酵品质影响

pH 及乳酸、乙酸等有机酸反映了青贮料酸化程度。酸化环境会抑制杂菌的繁衍。青贮料发酵成功与否主要取决于杂菌控制效果<sup>[13]</sup>。由表 2 可知, pH 最高的是 CK2 处理, 显著高于 CK1 与其他混合处理( $P < 0.05$ ), 可见全株大豆单贮的 pH 最高。这是由豆科牧草具有蛋白含量高、缓冲能值高等特性造成的。其次, 混合处理中大豆比例较高的 M5 处理的 pH 较高, 但  $pH < 4.2$ , 且与其他混合处理及 CK1 差异不显著。混合处理中的乳酸含量均显著

高于 CK2、CK1, 且在 CK2 中显著低于 CK1。在混合处理间, 乳酸含量在 M1 中显著高于其他处理。其次, 随着青贮玉米比例的增加, 乳酸含量逐渐降低。但乳酸含量最低的是全株大豆比例最高的 M5, 但与 M4 差异不显著。乙酸含量在 CK2 中最高, 为  $10.29\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 是 CK1 与其他混合处理的 1.6 ~ 2.13 倍。各处理中丙酸含量差异不显著, 而所有处理中均未检出丁酸。混合处理的 LA/AA 值均高于 CK1、CK2, 其中 M1 处理最高, M5 处理最低。可见, 玉豆 1:1 混合青贮料的发酵品质最好。仅在 CK1 处理中检测出霉菌。

表 2 青贮玉米与全株大豆不同混合比例处理青贮料发酵指标

Table 2 Fermentation indicators of corn and bean mixed silage with different mixing ratios

处理 Treatment	pH	乳酸 LA/ ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	乙酸 AA/ ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	丙酸 PA/ ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	丁酸 BA/ ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	乳酸/乙酸 LA/AA	霉菌 Mold/ [ $\lg(\text{cfu}\cdot\text{g}^{-1})$ ]
CK1	3.98 ± 0.01 b	15.92 ± 0.12 d	5.34 ± 0.02 c	0.22 ± 0.07 a	ND	2.98 ± 0.75 c	2.27 ± 0.08
CK2	4.69 ± 0.07 a	13.78 ± 0.08 e	10.29 ± 0.36 a	0.13 ± 0.18 a	ND	1.34 ± 0.20 d	ND
M1	3.92 ± 0.01 b	33.37 ± 0.21 a	5.41 ± 0.16 bc	0.09 ± 0.01 a	ND	6.17 ± 0.28 a	ND
M2	4.08 ± 0.04 b	31.65 ± 0.14 b	5.89 ± 0.07 b	0.20 ± 0.02 a	ND	4.86 ± 0.17 b	ND
M3	3.95 ± 0.02 b	28.29 ± 0.52 b	6.59 ± 0.11 b	0.17 ± 0.08 a	ND	4.75 ± 0.21 b	ND
M4	3.87 ± 0.06 b	22.62 ± 0.40 c	4.82 ± 0.04 c	0.14 ± 0.04 a	ND	4.69 ± 0.33 b	ND
M5	4.12 ± 0.02 b	21.09 ± 0.26 c	6.30 ± 0.06 b	0.19 ± 0.06 a	ND	3.35 ± 0.27 c	ND

注:表中各指标均根据样品鲜重计算;同列不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ );ND 表示未检出。  
Note: All indexes in the table are calculated based on the fresh weight of the sample; Different lowercase in the same column means significant difference ( $P < 0.05$ ); ND mean not detected.

2.3 青贮玉米与全株大豆不同混合比例对青贮料营养价值影响

由表 3 可见, 各处理的干物质含量为 29.42% ~ 31.20%, 且处理间差异不显著。粗蛋白含量随全株大豆混合比例增加而增加, CK2 最高 (16.65%), CK1 最低 (8.68%)。与 CK1 相比, M5、M1、M2、M3、M4 的粗蛋白含量分别提高了 57.26%、39.40%、25.69%、16.24% 和 10.48%, 各处理间粗脂肪含量差异不显著。M1 的水溶性碳水化合物含量最高, 显著高于其他处理( $P < 0.05$ )。淀粉含量随着青贮玉米混合比例的增加而增加, 最高的为 CK1 处理, 最低的是 CK2 处理。说明混合青贮料中的粗蛋白主要来源于全株大豆, 淀粉主要来源于青贮玉米。CK2 处理粗灰分含量显著高于其他处理( $P < 0.05$ )。CK1 处理中性洗涤纤维含量最高, CK2 处理酸性洗涤纤维含量最高, 且均在 M1 处理中最低, 与 CK1、CK2 处理差异显著( $P < 0.05$ )。相对饲喂价值由高到低排

序为: M1 > M2 > M3 > M4 > M5 > CK2 > CK1。

2.4 青贮玉米与全株大豆不同混合比例对青贮料有氧稳定性的影响

通常认为, 青贮饲料与空气接触后有氧变质是从酵母菌降解有机酸开始, 而有机酸的消耗使得 pH 值升高, 促使大肠杆菌、芽孢杆菌、霉菌等微生物生长<sup>[14]</sup>。由此以 pH 值变化判断青贮饲料的有氧稳定性, pH 值变化幅度小, 有氧稳定性好, 反之则较差。由图 1 可见, 有氧暴露第 6 天, CK1 的 pH 值变化最大, 升高了 13.18%, 其次为 CK2, 升高了 9.30%, 其他处理 pH 基本没变化。当有氧暴露第 9 天, CK1、CK2 的 pH 值急剧升高, 分别升高至 pH7.34 和 pH5.82, 增加了 89.66% 和 25.43%。而其他混合处理的 pH 值变化较小, 说明青贮玉米与全株大豆混合提高了青贮料有氧稳定性。有氧暴露第 11 天, 所有处理的 pH 值都大幅度增加, 青贮料开始出现不同程度腐败。

表 3 青贮玉米与全株大豆不同混合比例处理青贮料营养指标

Table 3 Nutritional indicators of corn and bean mixed silage with different mixing ratios

处理 Treatment	干物质 DM/%	粗蛋白 CP/%	粗脂肪 CF/%	水溶性碳水 化合物 WSC/%	淀粉 Starch/%	粗灰分 CA/%	中性洗涤 纤维 NDF/ %	酸性洗涤 纤维 ADF/ %	相对饲喂 价值 RFV
CK1	29.42±0.62 a	8.68±0.27 e	2.34±0.03 a	0.90±0.02 b	35.77±0.85 a	4.64±0.24 c	53.55±2.11 a	31.39±0.35 b	112
CK2	30.14±0.22 a	16.65±0.45 a	2.02±0.01 a	0.74±0.01 c	11.38±0.78 e	6.91±0.08 a	45.67±0.36 bc	34.27±0.42 a	127
M1	29.85±0.78 a	12.10±0.55 c	2.25±0.02 a	1.23±0.04 a	24.91±1.04 c	4.53±0.04 c	43.30±5.21 d	25.83±0.44 d	148
M2	28.61±0.74 a	10.91±0.19 d	2.22±0.01 a	0.94±0.04 b	31.39±0.87 b	4.72±0.05 c	44.82±2.21 cd	26.24±0.79 cd	142
M3	29.48±0.21 a	10.09±0.37 d	2.33±0.04 a	0.97±0.05 b	32.61±0.26 b	4.47±0.02 c	46.18±0.65 b	27.99±2.32 c	135
M4	31.20±0.16 a	9.59±0.56 d	2.14±0.65 a	1.05±0.07 b	35.18±0.95 a	5.06±0.01 bc	47.21±2.12 b	28.74±1.44 bc	131
M5	30.96±0.89 a	13.65±0.25 b	2.51±0.32 a	0.89±0.02 bc	19.82±0.56 d	5.70±0.23 b	45.21±2.65 c	33.22±2.78 a	130

注:表中各指标均根据样品干重计算;同列不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

Note: All indexes in the table are calculated based on the fresh weight of the sample; Different lowercase in the same column means significant difference ( $P<0.05$ ).

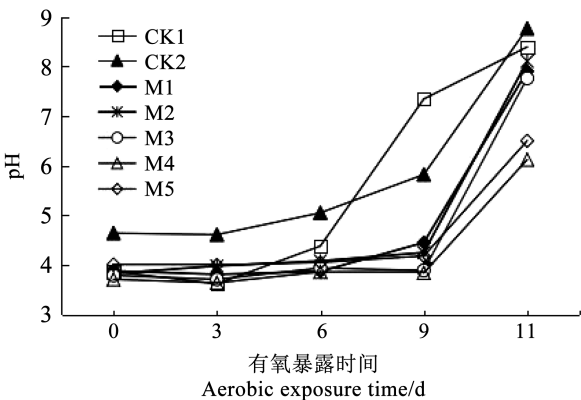


图 1 有氧条件下不同混合比例玉米青贮料 pH 值变化

Fig. 1 pH value changes of corn and bean silage with different mixing ratio exposed to the air

3 讨论

3.1 青贮玉米与全株大豆混合的感官评价及发酵品质

青贮饲料是一种适口性好、存储时间长且可供全年使用的饲料<sup>[15]</sup>。通常青贮玉米贮藏 45 d 后品质达到稳定<sup>[16]</sup>。而本研究中选择 90 d 时开袋(9 月 15 日制作青贮,12 月 13 日开袋)是因为此时期室温较低,利于相关指标的测定。本研究中青贮玉米与全株大豆混合青贮料感官评价都属于优等,优于青贮玉米与全株大豆单贮。原因可能是大豆叶片丰富且柔软,在结构上与青贮玉米互补,混合制作青贮,挤压贴合较紧密,快速进入厌氧发酵环境。

青贮发酵品质与 pH 值和乳酸含量等紧密相关。除了全株大豆单贮外,青贮玉米单贮及混合处理料均 pH < 4.2,都达到理想青贮料的要求<sup>[17]</sup>。

全株大豆单贮 pH4.69,高于青贮玉米单贮和青贮玉米与全株大豆不同比例混合处理的 pH 值,与豆科牧草苜蓿青贮料有较高的 pH 值情况<sup>[18]</sup>一致。乳酸和乙酸在青贮过程中大量产生,是青贮发酵品质的重要判断指标。乳酸含量在混合处理中分别高于青贮玉米与全株大豆单贮,说明青贮玉米与全株大豆混合促进乳酸菌发酵,且以青贮玉米混合比例高于大豆效果明显,与苜蓿和高丹草<sup>[19]</sup>、苜蓿与燕麦混合青贮情况<sup>[20]</sup>相同,即禾本科草比例高,利于乳酸发酵。乙酸含量在大豆单贮中显著高于其他处理,与苜蓿发酵情况<sup>[21]</sup>相同,说明豆科植物青贮异型乳酸发酵程度高。综上,青贮玉米与全株大豆混合青贮的发酵品质较两种饲草单贮有所提高,当混合比例为 1:1 时,乳酸含量最高,发酵品质最优。



3.2 青贮玉米与全株大豆混合的营养价值及有氧稳定性

本研究中青贮玉米与全株大豆单贮料的干物质含量分别为 29.42% 和 30.14%,说明同期播种、收贮两种饲草,干物质含量基本满足制作优质青贮饲料的条件(通常认为原料干物质含量>30%)。粗蛋白含量变化随着大豆混合比例的增加而增加,与全株大豆(豌豆)与玉米秸秆<sup>[22]</sup>、青贮玉米混贮<sup>[23]</sup>情况一致,原因是豆科饲草的粗蛋白含量远高于禾本科饲草。灰分在全株大豆单贮中最高,原因可能是鼓粒期全株大豆饲草矿物质含量高于青贮玉米。青贮玉米单贮料的中性洗涤纤维显著高于全株大豆单贮,但全株大豆单贮料的酸性洗涤纤维又显著高于青贮玉米,所以混合青贮料的中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维介于两者之间。可见,青贮玉米和全株大豆混贮后饲用价值提高。当混合比例为 1:1 时,中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维含量均最低,相对饲喂价值最高,水溶性碳水化合物含量最高。综合认为,混合比例为 1:1 时,混合料饲用价值最高。而文兴金等<sup>[24]</sup>的研究得出玉豆混和比例为 7:3 时,混合料营养价值最高。结果的不同可能是青贮玉米、大豆品种及收获期不同导致的。

有氧稳定性是指青贮饲料在接触空气后,理化性质保持稳定,不会发生变质的时间<sup>[25]</sup>。本研究表明,有氧暴露后,青贮玉米单贮有氧稳定性最差,暴露第 9 天时,由 pH3.87 升高为 pH7.34。而全株大豆单贮料虽然 pH 值较高,但 9 d 后 pH 值仅增加了 0.77,原因可能是大豆单贮料具有较高的乙酸含量,乙酸具有很强的抗真菌作用<sup>[26]</sup>。青贮玉米与全株大豆混合处理的 pH 值变化均小于青贮玉米与全株大豆单贮,反映了两种饲草混合提高了青贮料的有氧稳定性。可能由于两种饲草混合能改善发酵菌群结构,抑制好氧性微生物活动。

4 结论

青贮玉米与全株大豆混合青贮在结构和养分上形成互补,混合青贮料的感官评价、发酵品质、营养价值及有氧稳定性都优于青贮玉米和全株大豆单贮。混合青贮料的粗蛋白含量随着全株大豆比例的增加而增加,淀粉含量随着青贮玉米比例的增加而增加。当玉豆混合比例为 1:1 时,混合料的乳酸、水溶性碳水化合物含量最高,中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维含量最低,相对饲喂价值最高,发酵品质、营养价值最高,混贮效果最佳。

参考文献

[1] 罗艳,赵健,段晓红,等. 玉米-大豆带状复合种植模式研究初报[J]. 宁夏农林科技, 2020, 61(12): 1-3. (LUO Y, ZHAO J, DUAN X H, et al. A study on maize-soybean strip intercropping pattern[J]. Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology, 2020, 61(12): 1-3. )

[2] 杨文钰,杨峰. 发展玉豆带状复合种植,保障国家粮食安全[J]. 中国农业科学, 2019, 52(21): 3748-3750. (YANG W Y, YANG F. Developing maize-soybean strip intercropping for demand security of national food[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2019, 52(21): 3748-3750. )

[3] 张晓艳,陈光荣,王立明,等. 不同熟期大豆品种与青贮玉米带状复合种植对饲草产量及蛋白含量的影响[J]. 饲料研究, 2023, 46(11): 99-105. (ZHANG X Y, CHEN G R, WANG L M, et al. Effect of different soybean varieties and silage maize strip compound planting system on forage yield and crude protein[J]. Feed Research, 2023, 46(11): 99-105. )

[4] 程彬,刘卫国,王莉,等. 青贮玉米-大豆带状间作高产栽培技术[J]. 四川农业科技, 2021(4): 5-6. (CHENG B, LIU W G, WANG L, et al. High-yield cultivation techniques of silage corn-soybean strip intercropping[J]. Sichuan Agricultural Science and Technology, 2021(4): 5-6. )

[5] 瓮巧云,黄新军,许翰林,等. 玉米/大豆间作模式对青贮玉米产量、品质及土壤营养、根际微生物的影响[J]. 核农学报, 2021,35(2):462-470. (WENG Q Y, HUANG X J, XU H L, et al. Effects of corn/soybean intercropping model on yield, quality, soil nutrition and rhizosphere microorganisms of silage corn[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2021,35(2):462-470. )

[6] 薛恩玉,赵荣棠,蒙何,等. 青贮玉米与饲用大豆混配的饲用品质比较[J]. 草业科学, 2022, 39(10): 2229-2236. (XUE E Y, ZHAO Y R, MENG H, et al. Comparative analysis of the forage nutritive value of silage corn mixed with forage soybean[J]. Pratacultural Science, 2022, 39(10): 2229-2236. )

[7] 丁婉,邢宝龙. 青贮玉米与大豆秸秆混合比例及添加剂对青贮品质及微生物数量的影响[J]. 核农学报, 2023, 37(7): 1489-1495. (DING W, XING B L. Effects of mixing ratio and additives on mixed silage quality and microbe quantity of silage maize and soybean straw[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2023, 37(7): 1489-1495. )

[8] 夏明,王育青,吴洪新,等. 添加剂对苜蓿青贮品质及奶牛产奶性能的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2014(21): 1-4. (XIA M, WANG Y Q, WU H X, et al. Effects of the additives on the quality of alfalfa silage and lactating performance of dairy cows[J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2014(21): 1-4. )

[9] 许庆方,玉柱,韩建国,等. 高效液相色谱法测定紫花苜蓿青贮中的有机酸[J]. 草原与草坪, 2007, 27(2): 63-65, 67. (XU Q F, YU Z, HAN J G, et al. Determining organic acid in alfalfa silage by HPLC[J]. Grassland and Turf, 2007, 27(2): 63-65, 67. )

[10] 赵牧其尔,王志军,包健,等. 不同青贮添加剂对饲用谷子青

贮品质的影响[J]. 草地学报, 2022, 30(4): 1021-1026. (ZHAO M Q E, WANG Z J, BAO J, et al. Effect of different silage additives on the silage quality of forage millet[J]. Acta Agrestia Sinica, 2022, 30(4): 1021-1026.)

[11] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 4 版. 北京: 中国农业大学出版社, 2016: 121-123. (ZHANG L Y. Feed analysis and quality test technology[M]. 4th ed. Beijing: China Agricultural University Press, 2016: 121-123.)

[12] 刘高坤, 王思伟, 刘少兴, 等. 不同微生物添加剂组合对全株玉米青贮品质的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2021, 57(8): 215-218, 223. (LIU G K, WANG S W, LIU S X, et al. Effects of different microbial additive combinations on the quality of whole corn silage[J]. Chinese Journal of Animal Science, 2021, 57(8): 215-218, 223.)

[13] 麦提图尔荪·阿卜杜克热木, 努尔哈提·斯拉甫尔, 杨兆岐, 等. 不同添加剂对甜高粱发酵品质及消化率的影响[J]. 饲料工业, 2020, 41(13): 60-64. (Maitituersun Abudukeremu, Nuerhati Silafur, YANG Z Q, et al. Effects of different additives on fermentation quality and digestibility of sweet sorghum[J]. Feed Industry, 2020, 41(13): 60-64.)

[14] DOLCI P, TABACCO E, COCOLIN L, et al. Microbial dynamics during aerobic exposure of corn silage stored under oxygen barrier or polyethylene films [J]. Applied and Environmental Microbiology, 2011, 77(21): 7499-7507.

[15] 郑林峰, 任红阳, 王红亮, 等. 全株玉米混合青贮对其营养品质的影响[J]. 动物营养学报, 2023, 35(8): 4827-4839. (ZHENG L F, REN H Y, WANG H L, et al. Effects of mixed ensiling on nutritional quality of whole plant maize silage[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2023, 35(8): 4827-4839.)

[16] 郑美, 李娟, 王玉芬, 等. 青贮时间对不同品种玉米青贮品质的影响[J]. 草业科学, 2022, 39(1): 202-211. (ZHENG M, LI J, WANG Y F, et al. Effects of silage time on silage quality of different maize varieties [J]. Pratacultural Science, 2022, 39(1): 202-211.)

[17] 郭勇庆, 曹志军, 李胜利, 等. 全株玉米青贮生产与品质评定关键技术: 高成本玉米时代牛场技术与管理策略之一[J]. 中国畜牧杂志, 2012, 48(18): 39-44. (GUO Y Q, CAO Z J, LI S L, et al. Key technology of whole-plant corn silage production and quality evaluation-One of the technology and management strategies of cattle farm in high-cost corn age[J]. Chinese Journal of Animal Science, 2012, 48(18): 39-44.)

[18] 牟兰, 蔡明, 高月娥, 等. 3 种豆科植物青贮品质比较[J]. 河南农业科学, 2017, 46(12): 116-121. (MU L, CAI M, GAO Y E, et al. Comparison on silage quality of three leguminous plants[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2017, 46(12): 116-121.)

[19] 佟明昊, 潘港, 孙娟娟, 等. 混合比例对苜蓿和高丹草混合青贮品质及 CNCPS 蛋白组分的影响[J]. 中国草地学报, 2022, 44(2): 75-81. (TONG M H, PAN G, SUN J J, et al. Effects of mixing ratio on the silage quality and CNCPS protein components of mixed silage of alfalfa and sorghum-sudangrass hybrids [J]. Chinese Journal of Grassland, 2022, 44(2): 75-81.)

[20] 葛剑, 杨翠军, 刘贵河, 等. 添加剂和混合比例对裸燕麦和紫花苜蓿混贮品质的影响[J]. 草业学报, 2015, 24(6): 116-124. (GE J, YANG C J, LIU G H, et al. Effects of additives and crop ratio on quality of mixed naked oat (*Avena nuda*) and alfalfa (*Medicago sativa*) silage[J]. Acta Prataculturae Sinica, 2015, 24(6): 116-124.)

[21] 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. (ZHANG T, CUI Z J, LI J P, et al. The effect of different fermentation type of silage inoculants bacteria on the fermentation of silage[J]. Acta Prataculturae Sinica, 2005, 14(3): 67-71.)

[22] 刘海燕, 王彦靖, 王秀飞, 等. 全株大豆和玉米秸秆混合青贮试验[J]. 中国饲料, 2021(5): 124-126, 130. (LIU H Y, WANG Y J, WANG X F, et al. Study on the mixed silage of whole plant soybean and corn stalk[J]. China Feed, 2021(5): 124-126, 130.)

[23] 段艳珍, 商振达, 谭占坤, 等. 西藏地区玉米与豌豆混合青贮发酵品质及体外降解效果的研究[J]. 饲料工业, 2022, 43(6): 39-44. (DUAN Y Z, SHANG Z D, TAN Z K, et al. Effects of mixed silage on fermentation quality and degradation *in vitro* of corn and pea in Tibet[J]. Feed Industry, 2022, 43(6): 39-44.)

[24] 文兴金, 杨继芝, 肖启银, 等. 川西北高原全株玉米和大豆混贮比例对青贮品质的影响[J]. 中国草地学报, 2022, 44(8): 115-120. (WEN X J, YANG J Z, XIAO Q Y, et al. Effect of mixed silage ratio of whole plant corn and soybean on silage quality in northwest Sichuan Plateau[J]. Chinese Journal of Grassland, 2022, 44(8): 115-120.)

[25] 石子墨, 肖晴, 玉柱. 全株玉米青贮有氧稳定性研究进展[J]. 饲料工业, 2022, 43(23): 14-19. (SHI Z M, XIAO Q, YU Z. Advances in aerobic stability of whole plant corn silage [J]. Feed Industry, 2022, 43(23): 14-19.)

[26] 马旭光, 刘晶晶, 郑泽慧, 等. 乙酸和乳酸对玉米秸秆青贮料有氧稳定性和甲烷产率的影响[J]. 中国农业大学学报, 2015, 20(1): 44-52. (MA X G, LIU J J, ZHENG Z H, et al. Effects of acetic and lactic acid in corn stover silage on aerobic stability and methane yield rate[J]. Journal of China Agricultural University, 2015, 20(1): 44-52.)