

混播比例对拉巴豆/青贮玉米混合青贮发酵质量及有氧稳定性的影响

柯强^{1,2}, 王斌^{1,2}, 王腾飞^{1,2}, 倪旺^{1,2}, 冯琴^{1,2}, 兰剑^{1,2*}

(1. 宁夏大学农学院, 宁夏 银川 750021; 2. 宁夏草牧业工程技术研究中心, 宁夏 银川 750021)

摘要:【目的】探究拉巴豆(*Dolichos lablab*)与青贮玉米(*Zea mays*)混播对混合饲草青贮质量及有氧稳定性的影响。【方法】以青贮玉米单播后青贮为对照(CK), 设置青贮玉米与拉巴豆1:1(D₁)、1:2(D₂)、1:3(D₃)、1:4(D₄)4个混播比例进行混合青贮, 室温发酵60 d后测定各处理营养成分、发酵质量和有氧稳定性。【结果】青贮玉米与拉巴豆混播的混合饲草青贮后, 干物质损失率和粗蛋白含量均显著升高($P < 0.05$), 可溶性碳水化合物显著降低($P < 0.05$); CK pH值显著低于其他处理($P < 0.05$); D₂处理乳酸含量最高, 显著高于CK处理($P < 0.05$); D₁处理乙酸含量最高, 显著高于CK青贮($P < 0.05$), 与其他处理组差异不显著($P > 0.05$)。【结论】青贮玉米/拉巴豆混合青贮能有效延长有氧稳定性时间, 在暴露环境下不易发生二次发酵。综合有氧稳定时间和发酵质量, 建议青贮玉米与拉巴豆的混播比例为1:1时混合青贮较适宜。

关键词:青贮玉米; 拉巴豆; 混播比例; 有氧稳定性; 青贮质量

中图分类号:S816 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2024)01-0131-07

DOI:10.13817/j.cnki.cycp.2024.01.015



近年来, 宁夏全区羊、肉牛存栏量呈逐年攀升趋势, 对饲草的需求量也日趋上升^[1]。建植优质高效的人工混播草地, 不但能充分利用土地资源, 而且可通过青贮的方式将混合牧草贮存, 以此来满足家畜季节性需求^[2]。青贮玉米(*Zea mays*)具有产草量、消化率和含糖量高等特点, 常作为家畜日粮中最主要的饲料来源^[3]。然而, 青贮玉米的蛋白质含量低, 约为7%~8%(干物质基础), 无法满足家畜对营养的需求^[4]。拉巴豆(*Dolichos lablab*)为一年生或多年生豆科牧草, 蛋白含量丰富, 耐阴性强, 但单播时因无攀援条件、导

致产草量低^[5]。将二者混播后的混合饲草青贮既弥补了青贮玉米粗蛋白含量不足的问题, 又增加了拉巴豆青贮所需的可溶性碳水化合物^[6], 且豆科饲草青贮暴露在空气中通常表现较高的有氧稳定性^[7]。此外, 青贮玉米与拉巴豆生育期及生长季节基本相同, 将二者混播可有效利用光、热、水分等资源来提高饲草产量^[8]。

近年来, 国内外对于禾本科和豆科牧草混播后的混合饲草青贮做了大量研究。李蕾蕾等^[9]将燕麦与箭筈豌豆按一定比例混播后探讨不同含水量对青贮质量的影响, 发现燕麦和箭筈豌豆混播比例在15:5, 含水量为50%时效果较佳。连露等^[10]研究不同密度下青贮玉米与秣食豆混播混贮, 经灰色关联度分析比较, 在青贮玉米与秣食豆混播比例1:1时青贮质量最佳。刘美华^[11]综合评定了青贮玉米与拉巴豆混播的产量、营养成分和青贮发酵质量, 结果表明, 混播混贮降低了混合饲草青贮的酸性和中性洗涤纤维含量, 提高了粗蛋白含量。周斐然等^[12]以高糖甜高粱、低糖甜高粱和青贮玉米为原料进行青贮, 发现低糖甜高粱有

收稿日期:2022-06-20; **修回日期:**2022-11-30

基金项目:宁夏抗旱节水优质饲草新品种选育与良种繁育项目(2019NYYZ0402); “一年两熟”人工草地可持续生产模式研究与示范项目(2021BBF02001); 宁夏高等学校一流学科建设(草学学科)项目(NXYLXK2017A01)

作者简介:柯强(1994-), 男, 宁夏固原人, 硕士研究生。

E-mail: 2547784713@qq.com

*通信作者。E-mail: ndlanjian@163.com

氧稳定性最好,高糖青贮玉米更容易发生二次发酵。纵观以往研究发现,适宜比例的豆禾牧草混播均可改善青贮品质。同时,也有研究发现,青贮饲料有氧稳定性不仅受到微生物添加剂^[13]和有机酸^[14]的影响,还受到原料组成^[15-16]的影响。目前,关于不同比例拉巴豆与青贮玉米混播后的混合饲草对青贮发酵特性及有氧稳定性的影响的研究较少。鉴于此,本试验将不同比例拉巴豆与青贮玉米混播再对混合饲草进行青贮,旨在探讨不同混播比例对青贮发酵质量及有氧稳定性的影响,为宁夏青贮玉米的科学利用提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验地位于固原市隆德县杨河乡(35°21' N, 106°03' E, 海拔2 021 m),该区属典型大陆性季风季候,是典型的半干旱雨养农业区,年日照时数2 330.9 h,年平均气温5.3℃。无霜期约为130 d,年降水量在500 mm左右。试验地土壤类型为黄棉土,其中0~20 cm土层pH值为8.5,土壤有机质含量为5.45 g/kg,碱解氮含量为54.8 mg/kg,速效磷含量为12.6 mg/kg,速效钾含量为79.5 mg/kg。

1.2 试验材料

供试青贮玉米‘宁单46’由隆德县畜牧技术推广服务中心提供,拉巴豆‘海沃’由北京百斯特草业有限公司提供。青贮原料为2/3乳线期的青贮玉米和开花末期的拉巴豆同时刈割收获的混合饲草。

1.3 试验设计

试验于2019年4月下旬进行播种,以青贮玉米单播(7.58万株/hm²)作为对照(CK),青贮玉米种植密度不变,拉巴豆以4种比例1:1(D₁)、1:2(D₂)、1:3(D₃)、1:4(D₄)分别点播在青贮玉米穴间。青贮玉米行距0.55 m,株距0.24 m,小区面积55 m²(10 m×5.5 m),每个处理3次重复,种植前统一施入6 000 kg/hm²有机肥和150 kg/hm²尿素(总氮≥46.4%),整个生长期除除草2次。

青贮发酵试验采用单因素完全随机设计,在青贮玉米2/3乳线期进行全株刈割,此时拉巴豆正处于开花末期,将刈割后的混合饲草立即带回实验室,铡至

2~3 cm左右,称取2 kg青贮物料装入33 cm×45 cm带有单向排气阀的青贮袋中,压实,排真空,封口,室温避光保存。每个处理3次重复,于发酵第60 d时进行青贮质量测定。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 原料与青贮营养品质的测定 原料及剩余青贮饲料取100 g装入信封于105℃杀青30 min,65℃烘箱烘干至恒重进行干物质含量的测定。烘干样品粉碎后过2 mm筛进行化学分析。原料和青贮样品的粗蛋白(crude protein, CP)、中性洗涤纤维(neutral detergent fiber, NDF)、酸性洗涤纤维(acid detergent fiber, ADF)和粗脂肪含量(ether extract, EE)测定参照《饲料分析及饲料质量检测技术》^[17]。萘酚比色法测定可溶性碳水化合物(water soluble carbohydrates, WSC)含量。干物质损失率为青贮后干物质减少量占青贮前干物质的百分数。

1.4.2 青贮发酵质量的测定 取10 g青贮饲料样品置于100 mL锥形瓶中,加入90 mL蒸馏水稀释10倍后,匀浆1 min,4℃下浸提24 h,经4层纱布和双层滤纸过滤后获得青贮饲料浸提液,每个样品取4份浸提液-20℃保存。pH值测定采用雷磁PHS-3G精密pH计。苯酚一次氯酸钠比色法测定氨态氮(NH₃-N)含量。乳酸(lactic acid, LA)、乙酸(acetic acid, AA)、丙酸(propionic acid, PA)和丁酸(butyric acid, BA)含量用超快速液相色谱仪(COMOSIL 5C18-PAD色谱柱;柱温30℃;流速1 mL/min;波长215 nm)测定。

1.4.3 有氧稳定性 有氧稳定性的测定,在发酵60 d后打开全部发酵袋,将温度传感器放入青贮饲料块几何中心处,并设置为每30 min记录一次温度,此外,在室内不同位置放置3个温度传感器连续监测室温。若青贮袋中的温度高于室温2℃,则说明青贮开始腐败变质,计算开袋至腐败变质的时间,即为有氧稳定性。

1.5 数据处理

采用Excel 2016对数据进行处理,JMP软件通过拟合最小二乘法进行方差分析,利用Tukey HSD法进行多重比较,数据用平均值和均值标准误(SEM)表示,显著水平为0.05,并用Origin 2019b作图。

2 结果与分析

2.1 青贮前混合饲草特性

混播处理 DM 含量均低于单播青贮玉米, CK 虽与 D₁ 处理 DM 含量无显著差异, 但显著高于 D₂、D₃ 和 D₄ 处理 ($P < 0.05$)。混合饲草的 CP 含量显著高于单播青贮玉米处理 ($P < 0.05$), 随着拉巴豆播种量的增加, 混合饲草 CP 含量呈先升高后降低趋势, 其中 D₃ 处理 CP 含量最高, 达 9.40%, 较单播青贮玉米提高

23.35%。混合饲草 WSC 含量随拉巴豆播种比例的增加而减小, 其中 CK 处理 WSC 含量最高, 达到 15.73%, D₄ 处理 WSC 含量最低, 仅 12.51%, 二者相差 3.22%。混合饲草中 NDF 和 ADF 含量均高于单播青贮玉米处理, NDF 含量最高的是 D₄ 处理, 显著高于 CK ($P < 0.05$), 与 D₁、D₂ 和 D₃ 处理无显著差异 ($P > 0.05$)。各处理组 EE 含量无显著差异 ($P > 0.05$) (表 1)。

表 1 青贮原料营养成分含量

Table 1 Nutrient content of silage raw materials

指标	组别					SEM	P 值
	CK	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄		
干物质/%	36.50 ^a	35.80 ^{ab}	34.88 ^b	34.63 ^b	34.98 ^b	0.297	0.007
粗蛋白/%	7.62 ^c	8.61 ^b	9.17 ^{ab}	9.40 ^a	8.63 ^b	0.150	<0.001
可溶性碳水化合物/%	15.73 ^a	14.48 ^{ab}	13.77 ^{ab}	12.95 ^b	12.51 ^b	0.565	0.017
中性洗涤纤维/%	57.59 ^a	58.19 ^{ab}	59.70 ^{ab}	60.66 ^{ab}	61.54 ^a	0.842	0.038
酸性洗涤纤维/%	36.51 ^a	37.11 ^a	37.57 ^a	38.93 ^a	40.01 ^a	0.975	0.151
粗脂肪/%	1.19 ^a	1.25 ^a	1.35 ^a	1.39 ^a	1.44 ^a	0.102	0.445

注: 同行不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 下同。

2.2 不同混播比例对青贮饲料营养成分的影响

各处理中青贮特性的变化趋势与青贮前混合饲草相似。CK 处理的 DM 含量显著高于 D₂、D₃ 和 D₄ 处理 ($P < 0.05$), 与 D₁ 处理无显著差异。CP 含量随拉巴豆种植密度的增加呈先上升后降低趋势, 其中 D₃ 处理组 CP 含量最高 (9.23%)。混合青贮饲料 NDF 含量随拉巴豆种植密度的增大呈增加趋势, 在 D₄ 处理下达

到最大, 为 61.13%; 但各处理 ADF 含量无显著差异。CK 处理的 WSC 含量最高, 为 2.87%, 显著高于混播处理 ($P < 0.05$)。混播处理干物质损失率显著高于单播青贮玉米 ($P < 0.05$), 但混播处理组间干物质损失率无显著差异。混播比例对混合青贮饲料 EE 含量无显著影响 (表 2)。

表 2 不同混播比例青贮饲料的营养品质

Table 2 Effects of different mix-sowing rates on the nutritional components of silage

指标	组别					SEM	P 值
	CK	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄		
干物质/%	35.40 ^a	34.66 ^b	34.66 ^b	34.60 ^b	34.54 ^b	0.115	0.002
粗蛋白/%	7.61 ^c	8.57 ^b	9.22 ^a	9.23 ^a	8.59 ^b	0.134	<0.001
可溶性碳水化合物/%	2.87 ^a	1.66 ^b	1.55 ^b	1.38 ^b	1.44 ^b	0.148	<0.001
中性洗涤纤维/%	56.90 ^b	57.67 ^{ab}	59.22 ^{ab}	60.26 ^{ab}	61.13 ^a	0.785	0.018
酸性洗涤纤维/%	36.07 ^a	36.43 ^a	37.39 ^a	38.75 ^a	39.72 ^a	0.841	0.054
粗脂肪/%	1.23 ^a	1.26 ^a	1.26 ^a	1.31 ^a	1.29 ^a	0.042	0.688
干物质损失率/%	4.52 ^b	5.15 ^a	5.28 ^a	5.53 ^a	5.56 ^a	0.130	0.001

2.3 不同混播比例对青贮饲料发酵质量的影响

不同处理 pH 值介于 3.96~4.05, 其中 CK 处理 pH 值显著低于其他处理 ($P < 0.05$), 且随着混播处理中拉巴豆比例的增加, pH 值逐渐升高 (表 3)。从氨态氮/总氮来看, CK 处理氨态氮/总氮显著低于 D₃ 和 D₄ 处理 ($P < 0.05$), 但与 D₁ 和 D₂ 处理无显著差异。各处

理乳酸与乙酸含量高变化一致, 均为 CK 处理显著低于其他处理 ($P < 0.05$), 但所有处理乳酸/乙酸差异不显著。各处理丙酸含量处于 0.15%~0.19%, D₄ 处理组丙酸含量显著高于 D₂ 处理 ($P < 0.05$), 与其他处理间无显著差异。所有处理中, 只在 D₄ 处理组检测到微量丁酸, 其含量为 0.12%。

表3 不同混播比例青贮发酵指标变化

Table 3 The silage fermentation index changes from the different mixed proportion

指标	组别					SEM	P值
	CK	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄		
pH值	3.96 ^c	4.02 ^b	4.03 ^{ab}	4.05 ^a	4.04 ^a	0.004	<0.001
氨态氮/总氮/%	5.65 ^b	6.43 ^{ab}	6.70 ^{ab}	7.25 ^a	7.11 ^a	0.313	0.031
乳酸/%	3.59 ^b	4.12 ^a	4.26 ^a	4.20 ^a	4.25 ^a	0.103	0.005
乙酸/%	1.24 ^b	1.47 ^a	1.46 ^a	1.38 ^{ab}	1.44 ^a	0.040	0.016
乳酸/乙酸/%	2.90 ^a	2.82 ^a	2.92 ^a	3.04 ^a	2.95 ^a	0.136	0.843
丙酸/%	0.16 ^{ab}	0.17 ^{ab}	0.15 ^b	0.16 ^{ab}	0.19 ^a	0.008	0.055
丁酸/%	ND	ND	ND	ND	0.12	0.020	—

注:ND为未检测到该成分。

2.4 不同混播比例对青贮饲料有氧稳定性的影响

混播处理有氧稳定性显著高于单播青贮玉米处理($P<0.05$)(图1)。在有氧暴露后,CK处理最先发生二次发酵,有氧变质时间为44.67 h,各混播处理有氧变质时间由大到小排序为D₁(72.00 h)>D₄(68.67 h)>D₃(66.67 h)>D₂(64.00 h),即在拉巴豆与青贮玉米混播比例为1:1时,最不易发生二次发酵,营养损失最小。

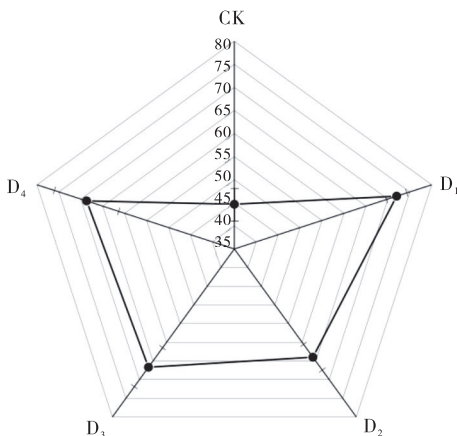


图1 混播比例对混合饲草有氧稳定性的影响

Fig. 1 Effect of mixed sowing ratio on aerobic stability of mixed forage

3 讨论

3.1 不同混播比例对青贮饲料营养成分的影响

青贮发酵产生的DM损失率主要由需氧微生物引起,其利用可溶性碳水化合物产生水和热量,并释放出二氧化碳,增加发酵损失^[18]。相较青贮玉米单播青贮,混合饲草青贮的DM损失率随拉巴豆种植密度的增大而升高,可能是拉巴豆的加入刺激了混合饲草的

蛋白水解与异源发酵,在发酵过程中产生乙酸和其他挥发性有机化合物,增加了营养成分的损失。有研究发现与玉米单独青贮相比,四季豆(*Phaseolus vulgaris*)与玉米混合青贮的CP含量和NDF含量增加^[19]。本试验中,随着拉巴豆混播比例的增加,混合饲草的CP、NDF和ADF含量均提高,这与ZENG等^[20]研究结果一致。产生这一结果的原因可能是混合饲草的收获时期,当青贮玉米刈割时,拉巴豆正处于开花末期,NDF和ADF含量高于青贮玉米,当两者混合后总NDF和ADF含量增大。

原料中充足的WSC是保证青贮成功发酵的关键因素之一^[12],WSC也被认为是乳酸菌生长所必需的底物,可以促进乳酸的生成来抑制不良发酵^[21]。在本研究中,混合饲草青贮的WSC含量低于青贮玉米单贮,一方面,拉巴豆自身WSC含量低于青贮玉米,二者混合后降低了整体的WSC含量,同时与青贮玉米在未发酵前富含WSC(15.73%)有关;另一方面,随拉巴豆混播比例增加,缓冲能升高,使得发酵时间延长,对WSC的利用率变高。

3.2 不同混播比例对青贮饲料发酵质量的影响

青贮原料所附着微生物数量及活性与青贮材料水分含量有关,水分含量较高,发酵底物充足,利于乳酸菌发酵繁殖;反之,则会抑制乳酸菌等微生物增殖^[22]。有研究指出混合青贮通过调萎将原料水分含量分别调至75%、65%和55%,发现青贮原料在65%和55%水分下,乳酸和乙酸含量均显著高于55%水分下^[23]。也有研究发现混合青贮适宜的含水量为50%~60%^[9]。本试验中,随着拉巴豆混播比例的增加

加,乳酸含量较单播青贮玉米显著升高($P<0.05$),这可能是青贮玉米与拉巴豆混播条件下乳酸菌丰度更高,产生大量乳酸,而随拉巴豆比例增加,混合饲草缓冲能升高,限制乳酸菌增殖。BA和 $\text{NH}_3\text{-N}/\text{TN}$ 是衡量青贮发酵优劣的重要标准,一般认为优质青贮饲料的 $\text{NH}_3\text{-N}/\text{TN}$ 不高于10%,BA含量应低于1%^[24]。 $\text{NH}_3\text{-N}/\text{TN}$ 越高意味着肠杆菌或梭状芽孢杆菌活性较高^[25]。玉柱等^[26]研究了混合比例对豌豆与玉米青贮的影响,增加豌豆的比例会提高青贮饲料中的蛋白水解, $\text{NH}_3\text{-N}/\text{TN}$ 显著升高。葛剑等^[27]对紫花苜蓿与裸燕麦混贮分析得出,随紫花苜蓿比例升高,蛋白降解程度增大。本研究中,各处理组 $\text{NH}_3\text{-N}/\text{TN}$ 和BA含量均低于这一标准,表明本研究青贮饲料发酵质量较优。 $\text{NH}_3\text{-N}/\text{TN}$ 含量随混播比例增加呈上升趋势,主要原因是拉巴豆较青贮玉米具有更高的缓冲能,故而蛋白水解活性更高;同时 D_4 处理检测到微量丁酸也可以间接证明这一假设。

3.3 不同混播比例对青贮饲料有氧稳定性的影响

青贮饲料的有氧变质不仅会造成饲草营养成分的损失,还会增加潜在致病微生物或其他不良微生物的繁殖风险,进而影响青贮饲料的卫生质量^[28]。一般认为,酵母菌是导致有氧变质的起始微生物,酵母菌利用青贮饲料剩余的WSC和LA进行生长繁殖生成二氧化碳并释放热量,增加青贮饲料温度。此外,当pH值上升到一定程度,霉菌开始增殖,进一步消耗青贮原料中乳酸和WSC,造成温度二次上升,最终导致青贮饲料开始有氧变质^[29]。本研究中,单播青贮玉米在开袋44h开始有氧变质,而混合饲草的有氧稳定性均大于60h,表明混贮后可以减缓青贮饲料的变质时间,延长存放时间。相比于混播处理,单播青贮玉米在发酵末期残余WSC较多,好氧微生物利用其快速增殖,进一步加速了好氧腐败过程。拉巴豆的添加有助于提高混合饲草青贮的有氧稳定性,这可能与发酵后的乙酸含量有关。乙酸是一种潜在的真菌抑制剂,是影响青贮饲料有氧稳定性的重要因素之一^[30]。李君风等^[31]研究表明,将乙酸作为外源添加剂会显著降低燕麦和紫花苜蓿混合饲草青贮的pH值,有效提高了青贮饲料的有氧稳定性。王思伟等^[32]研究表明,增加花生秧在混贮中的比例会增加异型发酵程度,乙酸

含量显著升高,本试验所得结果与之一致。

4 结论

通过对青贮pH值、乳酸、粗蛋白和氨态氮/总氮含量以及有氧稳定性等指标比较,本试验在拉巴豆与青贮玉米混播比例为1:1时,CP含量较高、发酵质量较佳,有氧稳定时间最长。当拉巴豆混播比例过大会导致混合饲草干物质损失率增高, $\text{NH}_3\text{-N}/\text{TN}$ 含量过多,营养品质变差。综合有氧稳定性和发酵质量,建议拉巴豆与青贮玉米混播比例为1:1的混合饲草调制青贮饲料较适宜。

参考文献:

- [1] 宁夏回族自治区统计局. 宁夏科技统计年鉴—2019[M]. 银川:宁夏回族自治区统计局,2019.
- [2] 邝肖,季婧,梁文学,等. 北方寒区紫花苜蓿/无芒雀麦混播比例和刘割时期对青贮品质的影响[J]. 草业学报,2018,27(12):187—198.
- [3] 游永亮,李源,赵海明,等. 播期和种植密度对青贮玉米生产性能和饲用品质的影响[J]. 草地学报,2021,29(11):2615—2624.
- [4] 吴欣明,方志红,池惠武,等. 30个青贮玉米在雁门关地区品种评比试验[J]. 草业学报,2022,31(1):205—216.
- [5] 王斌,董秀,李满有,等. 不同播量拉巴豆与青贮玉米混播对草地生产性能及牧草品质的影响[J]. 草地学报,2021,29(4):828—834.
- [6] 程彬,刘卫国,王莉,等. 种植密度对玉米—大豆带状间作下大豆光合、产量及茎秆抗倒的影响[J]. 中国农业科学,2021,54(19):4084—4096.
- [7] 姬承东,史卉玲,周芸芸. 青贮玉米SC704与拉巴豆混播后的青贮品质测定[J]. 安徽农业科学,2015,43(26):151—154.
- [8] 杨帆,刘卓,韩旭彪,等. 宁夏雨养区拉巴豆与甜高粱混播对草地产量和牧草品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2021,49(5):24—30.
- [9] 李蕾蕾,花登峰,郑兴卫,等. 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[J]. 草业学报,2018,27(7):166—174.
- [10] 连露,胡国富,李冰,等. 青贮玉米种植密度及与秣食豆混播比例对青贮品质的影响[J]. 草地学报,2017,25(1):178—183.
- [11] 刘美华. 青贮玉米与拉巴豆混播营养价值及青贮品质研

- 究[D]. 阿拉尔:塔里木大学,2014.
- [12] 周斐然,张苏江,王明,等. 甜高粱青贮有氧暴露的稳定性及微生物变化的研究[J]. 草业学报,2017,26(4):106-112.
- [13] 管武太, Ashbell G, Hen Y, 等. 微生物添加剂对青贮高粱发酵品质和稳定性的影响[J]. 中国农业科学,2002,35(11):1401-1405.
- [14] 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.
- [15] 王勇,原现军,郭刚,等. 西藏不同饲草全混合日粮发酵品质和有氧稳定性的研究[J]. 草业学报,2014,23(6):95-102.
- [16] 许庆方,玉柱,李志强,等. 苜蓿、玉米青贮饲料有氧稳定性研究[J]. 草地学报,2007,15(6):519-524.
- [17] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京:中国农业大学出版社,2021.
- [18] Borreani G, Tabacco E, Echmidt R J, *et al.* Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages[J]. Journal of Dairy Science,2018,101(5):3952-3979.
- [19] Anil L, Park J, Phipps R H. The potential of forage - maize intercrops in ruminant nutrition [J]. Animal Feed Science and Technology,2000,86(3):157-164.
- [20] Tairu Z, Xiaoling L, Hao G, *et al.* Dynamic microbial diversity and fermentation quality of the mixed silage of corn and soybean grown in strip intercropping system[J]. Bioresource Technology,2020,313:123655.
- [21] 张玉琳,杨泽毅,李超程,等. 植物乳杆菌对全株杂交构树青贮品质、有氧稳定性及瘤胃体外产气特性的影响[J]. 动物营养学报,2021,33(11):6320-6329.
- [22] 付薇,陈伟,王小利,等. 不同发酵乳酸菌剂及组合添加对甜高粱青贮营养价值、微生物数量及有氧稳定性的影响[J]. 动物营养学报,2021,33(11):6245-6256.
- [23] 冯涛. 凋萎和混合青贮对甜高粱和多花黑麦草青贮饲料品质及营养物质保存效果的影响[D]. 南京:南京农业大学,2018.
- [24] 原现军,余成群,李志华,等. 西藏青稞秸秆与多年生黑麦草混合青贮发酵品质的研究[J]. 草业学报,2012,21(4):325-330.
- [25] Aloba T A, Corea E E, Mendoza M, *et al.* Effects of ensiling length and storage temperature on the nutritive value and fibre-bound protein of three tropical legumes ensiled alone or combined with sorghum[J]. Animal Feed Science and Technology,2022,283:115172.
- [26] Zhu Y, Bai C S, Guo X S, *et al.* Nutritive value of corn silage in mixture with vine peas[J]. Animal Production Science,2011,51(12):1117-1122.
- [27] 葛剑,杨翠军,杨志敏,等. 紫花苜蓿和裸燕麦混贮发酵品质和营养成分分析[J]. 草业学报,2015,24(4):104-113.
- [28] 柳茜,傅平,姚明久,等. 玉米与拉巴豆混合青贮的品质研究[J]. 四川畜牧兽医,2015,42(5):21-23.
- [29] Driehuis, Elferink, Spoelstra. Anaerobic lactic acid degradation during ensilage of whole crop maize inoculated with lactobacillus buchneri inhibits yeast growth and improves aerobic stability [J]. Journal of applied microbiology,1999,87(4):583-594.
- [30] Wilkinson J M, Davies D R. The aerobic stability of silage: key findings and recent developments[J]. Grass and Forage Science,2013,68(1):1-19.
- [31] 李君风,孙肖慧,原现军,等. 添加乙酸对西藏燕麦和紫花苜蓿混合青贮发酵品质和有氧稳定性的影响[J]. 草业学报,2014,23(5):271-278.
- [32] 王思伟,李魁英,张海娜,等. 花生秧、全株玉米不同混合比例及添加剂对青贮发酵品质和营养价值的影响[J]. 草业科学,2019,36(9):2413-2422.

Effect of mixed sowing ratio on the fermentation quality and aerobic stability of mixed silage of laba bean and silage maize

KE Qiang^{1,2}, WANG Bin^{1,2}, WANG Teng-fei^{1,2}, NI Wang^{1,2}, FENG Qin^{1,2},
LAN Jian^{1,2*}

(1. Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 2. Ningxia Grassland and Animal Husbandry Engineering Technology Research Center, Yinchuan 750021, China)

Abstract: **【Objective】** In order to explore the effects of mixed sowing of Dolichos lablab and silage corn (*Zea mays*) on the quality and aerobic stability of mixed forage silage. **【Method】** The silage of silage corn after single sowing was used as the control (CK). Four mixed sowing ratios of silage corn and *Zea mays* were set as 1:1 (D₁), 1:2 (D₂), 1:3 (D₃) and 1:4 (D₄). After 60 days of fermentation at room temperature, the nutrients, fermentation quality and aerobic stability of each treatment were determined. **【Result】** The results showed that the dry matter loss rate and crude protein content of silage corn mixed with Laba bean increased significantly ($P < 0.05$). This study demonstrated that silage corn/Laba bean mixed silage could effectively improve the aerobic stability time, and secondary fermentation was less likely to occur in the exposed environment. **【Conclusion】** Based on aerobic stability time and fermentation quality, we suggest that the mixed silage of corn and soybean is more suitable when the mixed ratio is 1:1.

Key words: silage corn; laba beans; proportion of mixed sowing; aerobic stability; silage quality

(责任编辑 刘建荣)