

间作行宽对玉米、高丹草青贮品质的影响

王雪萍, 祁娟*, 祁希明, 王晓娟, 李晓, 艾双红, 沈吉顺

(甘肃农业大学草业学院, 草业生态系统教育部重点实验室, 甘肃省草业工程实验室, 中-美草地畜牧业可持续发展研究中心, 甘肃 兰州 730070)

摘要:为探究间作行宽对玉米和高丹草青贮营养品质和发酵品质的影响,以玉米和高丹草宽行(6:12)、中行(4:8)和窄行(2:4)种植模式下的材料为研究对象,以其单播为对照,在蜡熟期进行刈割及青贮发酵处理,青贮60 d后,测定其营养成分及发酵指标。结果表明:在宽行种植模式下,玉米青贮后中性洗涤纤维含量较对照降低了5.4%,泌乳净能提高了2.4%,高丹草青贮后粗蛋白含量较对照提高了10.8%,乙酸含量较对照提高了480%;在中行种植模式下,玉米青贮后泌乳净能较对照降低了1.9%,高丹草青贮后粗蛋白含量较对照提高了7.0%,泌乳净能较对照降低了0.8%;在窄行种植模式下,玉米青贮后可溶性糖含量较对照提高了27.6%,乳酸含量较对照提高了49.2%。高丹草青贮后干物质含量较对照降低了1.0%,泌乳净能较对照提高了0.8%。经灰色关联度综合分析表明,玉米在窄行种植模式下青贮品质最好,高丹草在中行种植模式下青贮品质最好。

关键词:玉米;高丹草;间作行宽;青贮品质

中图分类号:S816.11 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2022)06-0079-09

DOI:10.13817/j.cnki.cyycp.2022.06.011



随着我国畜牧业规模的不断扩大,青贮技术已经成为现代畜牧业不可或缺的一部分,同时也是解决北方冷季饲草短缺的有效方法^[1]。一般的饲料只能调制成年草储存饲喂,受储存环境、时间的限制,饲料质量偏低。而青贮饲料具有很多的优点,良好的青贮饲料保存时间可长达十年以上,仍质优味美。其饲料中粗纤维等不易消化的物质含量较低,并具有一定的酸香气味,可增加饲料的适口性^[2]。

已有研究表明,选择适宜青贮玉米品种以及合理密植是实现青贮玉米优质高产的关键技术之一^[3]。杜保军等^[4]对苏丹草的特性及高产栽培技术进行研究,

结果表明适当的播种行距可提高苏丹草的种子产量和饲草品质;薛祝林等^[5]对高丹草与苜蓿的混贮进行研究,结果表明最佳的混贮比例能有效提高青贮饲料营养价值;刘惠青^[6]研究了不同种植密度的青贮玉米品种青贮品质的变化规律,随种植密度的增大,粗蛋白和淀粉含量下降,中性洗涤纤维及酸性洗涤纤维含量均呈上升趋势。混合青贮比单一青贮更具有优势,与添加剂青贮相比又能减少额外的费用。

饲草间作在饲草种植方面优势明显。其中,Lithourgidis等^[7]提出间作相比单作对资源的利用率显著提高。黄田田^[8]以间作模式下的饲用油菜和高丹草为研究对象,结果表明饲草中粗脂肪含量和粗蛋白含量提高,酸性和中性洗涤纤维含量降低。黄宗昌等^[9]通过间作模式下玉米和高丹草的地上生物量及竞争力的研究得出中行模式在间作中产量最高。但玉米与高丹草间作后进行青贮的研究鲜见报道。

基于此,本研究通过测定不同间作行宽下玉米、高丹草青贮饲料营养指标和发酵指标的变化,研究不同间作行宽对玉米、高丹草青贮品质的影响,为青贮

收稿日期:2021-06-06;**修回日期:**2021-09-23

基金项目:甘肃省大学生创新创业训练计划项目(202010733009);农业农村部农牧交错带优质青粗饲料资源开发利用技术集成示范项目(16200157)。

作者简介:王雪萍(1997-),女,甘肃通渭人,硕士研究生。

E-mail:3540603407@qq.com

*通信作者。E-mail:Qijuan@gsau.edu.cn

饲料的推广和应用及获得高产、高质量青贮饲料提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料及试验地概况

1.1.1 试验材料 试验玉米(*Zea mays*)品种为正大12,高丹草(*Sorghum bicolor*×*S. sudanese*)品种为F10,均购买于北京正道生态科技有限公司。

1.1.2 试验地概况 试验在宁夏回族自治区固原市原州区头营镇徐河村进行,中心地理坐标为N 36°09',E 106°14'。宁夏位于我国西北东部,地处黄土高原、内蒙古高原和青藏高原交汇地带,属温带大陆性半干旱气候,干旱少雨,日照充足。试验地年均日照时数2 518 h,无霜期150 d,年平均气温7.8℃,平均海拔1 550 m,太阳辐射强,昼夜温差大,年平均降水量350 mm,雨季多集中在7—9月,年均蒸发量在1 336 mm以上。

1.2 试验设计

试验于2019年4—10月进行,采用随机区组设计,每个间作组合设置宽行、中行和窄行3种处理,带幅宽度分别为460、300和140 cm。在3种带型配置模式下,玉米和高丹草的行比分别为6:12、4:8和2:4,间作小区面积为18 m²。以玉米和高丹草的单播为对照,小区面积为84 m²,每个处理设置3次重复,共15个小区。玉米行距为40 cm,种植密度为12.5万株/hm²,高丹草的行距为20 cm,播种量为22.5 kg/hm²。间作作物的种植密度、行距设置与对应单作相同,南北行向种植。开春耕种前,基施洋丰复合肥675 kg/hm²(总养分≥43%,N:P₂O₅:K₂O=30:6:7),作物生长期不施肥,在适当时期进行中耕和人工除草,且不施用任何杀菌剂及杀虫剂。

在玉米蜡熟期齐地进行刈割,采用实验室青贮桶进行桶装真空青贮,青贮桶为容积20 L的塑料容器。利用粉碎机将刈割的玉米和高丹草铡碎,紧实地装填入桶中,边装填边压实,装满后进行严格密封,防止空气进入。每桶重量约13 kg,经过60 d发酵后采样,带回实验室,放入60~70℃烘箱中烘干后用于测定各项指标。

1.3 测定指标

常规营养成分分析法测定干物质(DM)、粗蛋白

(CP)、酸性洗涤纤维(ADF)、中性洗涤纤维(NDF)含量,参照《饲料中营养成分测定》中的方法^[10]。用梅特勒托利多DELTA 320 pH计测定pH值,可溶性糖(SS)含量采用蒽酮—浓硫酸比色法测定^[11]。

乙酸(CA)、乳酸(LA)、丁酸(BA)含量、泌乳净能(NEL)等采用近红外光谱分析仪进行测定。

1.4 灰色关联度综合评价

采用灰色关联度综合分析方法^[12],将每一个指标的最优值设置为参考数据列(X_0),每一个处理下的各个指标设置为比较列 $X_i(k)$ 。用比较数据列除以参考数据列将原始值标准化,使 $0 \leq X_i \leq 1$ 。

关联系数

$\zeta_i =$

$$\frac{\min_i \min_k |X_0(k) - X_i(k)| + \rho \frac{\max_i \max_k |X_0(k) - X_i(k)|}{\max_i \max_k |X_0(k) - X_i(k)|}}{\max_i \max_k |X_0(k) - X_i(k)|}$$

为绝对差值,记作 $\Delta_i(k)$, $\Delta_i(k) = |X_0(k) - X_i(k)|$, $\rho = 0.5$

关联度: $r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \zeta_i(k)$ (其中 n 为样本数)

根据灰色关联度公式求得不同处理的关联系数值,计算平均值,得出各指标关联度值进行排序。

1.5 试验数据处理

试验数据采用SPSS 19.0统计软件对所测数据进行统计分析,采用Excel 2010进行制图。

2 结果与分析

2.1 不同间作行宽对玉米、高丹草产量和青贮前营养品质的影响

玉米在宽、中、窄行处理下产量较单播差异显著($P < 0.05$),较对照分别降低了19.7%、33.3%、47.0%;青贮前玉米在宽、中、窄行处理下干物质含量较对照差异不显著;粗蛋白含量在宽、中、窄行处理下较对照差异显著($P < 0.05$),宽、中、窄行分别较对照降低了25.4%、5.5%、12.3%;酸性洗涤纤维含量在宽、中、窄行处理下较对照差异显著($P < 0.05$),在宽行处理下较对照增加了5.5%、而在中行和窄行处理下较对照降低了14.4%和14.8%;中性洗涤纤维含量在宽行处理下较对照差异不显著,而在中行和窄行下较对照差异显著,分别较对照降低了12.7和12.7%;

可溶性糖含量在宽、中、窄行处理下较对照差异显著 ($P < 0.05$), 在宽行处理下较对照增加了4%, 在中行和窄行处理下较对照分别降低了29.7%和18.0%(表1)。

高丹草在宽、中、窄行处理下产量较对照差异显著, 较对照分别降低了84.6%、75.6%、59.2%; 青贮前高丹草在宽、中、窄行处理下干物质含量较对照差异不显著; 粗蛋白含量在宽行处理下较对照差异不显著, 但在中行和窄行处理下较对照差异显著 ($P < 0.05$), 分别

较对照增加了23.9%、21.2%; 酸性洗涤纤维含量在宽、中、窄行处理下较对照差异显著 ($P < 0.05$), 在宽行处理下较对照增加了2.15%, 而在中行和窄行处理下较对照降低了2.8%和0.9%; 中性洗涤纤维在宽、中、窄行处理下较对照差异显著 ($P < 0.05$), 分别较对照增加了5.9%、1.9%、2.4%; 可溶性糖含量在宽行和窄行处理下较对照差异显著 ($P < 0.05$), 在中行处理下较对照差异不显著, 在宽行处理下较对照增加了17.9%, 而在窄行处理下较对照降低了7.8%。

表1 间作行宽下玉米、高丹草青贮前的营养品质含量

Table 1 The effect of intercropping row widths on the nutritional quality of maize and sorghum Hybrid Sudan Grass before silage

项目	鲜草产量/ (t·hm ⁻²)	干物质/%	粗蛋白/%	酸性洗涤纤维/%	中性洗涤纤维/%	可溶性糖/%	
玉米	宽行	213.21±6.98 ^b	89.85±0.02 ^e	6.36±0.02 ^d	31.8±0.1 ^a	54.26±0.07 ^a	11.37±0.03 ^a
	中行	177.00±3.68 ^c	90.75±0.04 ^a	8.06±0.03 ^b	25.78±0.05 ^e	46.46±0.23 ^b	7.68±0.04 ^d
	窄行	140.96±3.31 ^d	90.74±0.06 ^a	7.48±0.02 ^c	25.66±0.1 ^c	46.44±0.27 ^b	8.97±0.1 ^c
	单播	265.50±1.99 ^a	90.2±0.13 ^b	8.53±0.06 ^a	30.13±0.72 ^b	53.19±1.13 ^a	10.93±0.25 ^b
高丹草	宽行	57.624±0.81 ^d	90.34±0.03 ^b	6.52±0.05 ^e	38.25±0.06 ^a	60.36±0.12 ^a	16.19±0.03 ^a
	中行	91.182±0.66 ^c	90.48±0.07 ^b	7.99±0.06 ^a	35.1±0.16 ^d	58.14±0.17 ^b	13.73±0.02 ^b
	窄行	152.71±3.60 ^b	90.72±0.04 ^a	7.82±0.04 ^b	35.76±0.07 ^c	58.44±0.1 ^b	12.67±0.1 ^c
	单播	373.85±6.8 ^a	89.98±0.04 ^c	6.45±0.04 ^e	36.1±0.02 ^b	57.05±0.04 ^c	13.74±0.03 ^b

2.2 不同间作行宽对玉米、高丹草青贮营养品质的影响

2.2.1 干物质 宽、中、窄行处理玉米青贮物干物质含量较对照差异不显著 ($P > 0.05$); 高丹草青贮干物质含量对照为89.99%, 而在宽行和窄行的处理下分别为88.16%、89.08%, 均较对照差异显著 ($P < 0.05$), 分别较对照降低了2%和1%, 而在中行处理下较对照差异性不显著 ($P > 0.05$)。玉米青贮在中行处理下干物质含量较对照提高了0.4%, 而高丹草青贮在中行处理下较对照降低了0.4%(图1)。

2.2.2 粗蛋白 玉米青贮物在对照粗蛋白含量为8.30%, 而宽、中、窄行处理分别为7.14%、6.79%、7.06%, 较对照均差异显著 ($P < 0.05$), 分别较对照降低了14.0%、18.2%和14.9%; 高丹草青贮物对照粗蛋白含量为6.55%, 宽、中、窄行处理分别为7.4%、7.0%、6.5%, 宽行和中行处理较对照差异显著 ($P < 0.05$), 窄行处理较对照差异不显著(图2)。

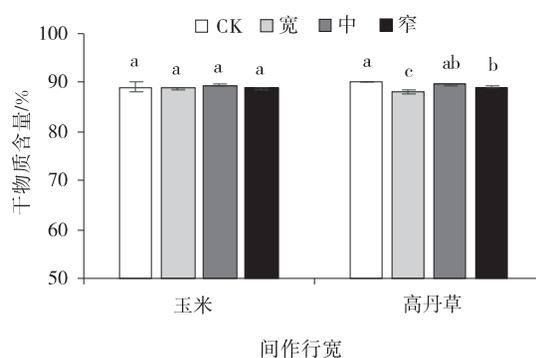


图1 不同间作行宽下玉米、高丹草青贮物和干物质含量

Fig. 1 Effects of intercropping row widths on the dry matter content of maize and sorghum hybrid sudangrass

注: 同列数据后不同小写字母表示各处理间差异显著 ($P < 0.05$), 下同

2.2.3 酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维 玉米青贮物对照酸性洗涤纤维含量为26.06%, 宽、中、窄行处理分别为25.99%、28.52%、27.79%, 中行和窄行处理酸性洗涤纤维含量较对照差异显著 ($P < 0.05$), 而宽行处理较对照差异不显著; 高丹草青贮物宽行处理酸

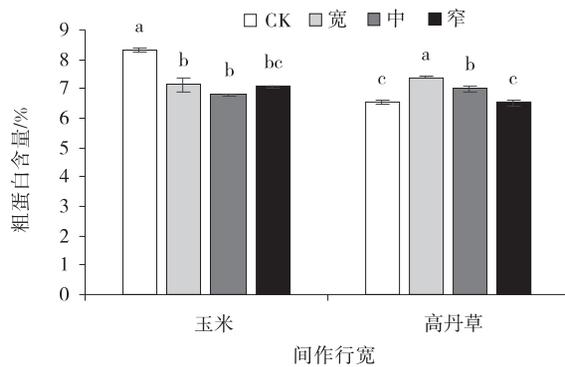
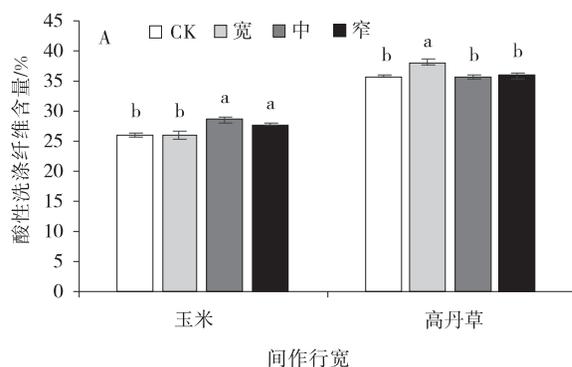


图2 不同间作行宽下玉米、高丹草青贮物的粗蛋白含量
Fig. 2 Effects of intercropping row widths on crude protein content of maize and Sorghum Hybrid Sudan grass



性洗涤纤维含量较对照差异显著($P < 0.05$),而中行和窄行处理较对照差异不显著(图3-A)。玉米和高丹草青贮物在宽行处理下中性洗涤纤维含量较各自对照差异显著($P < 0.05$),而在中行和窄行处理下较各自对照差异不显著(图3-B)。玉米青贮物在宽行处理下中性洗涤纤维含量较对照降低了5.4%,而高丹草青贮物在宽行处理下较对照提高了6.1%,并且在宽、中、窄行种植模式下高丹草青贮物的中性洗涤纤维含量较对照都有所提高。同一间作行宽下,玉米青贮物的中性洗涤纤维含量均显著低于高丹草青贮物。

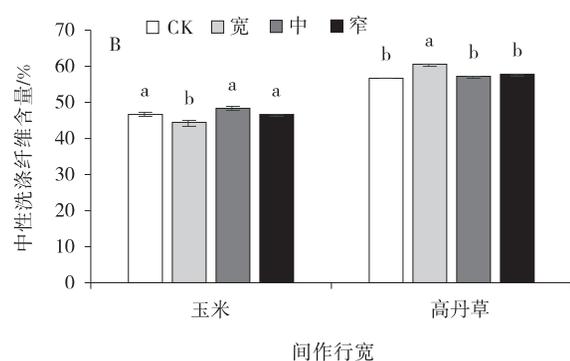


图3 不同间作行宽下玉米、高丹草青贮物 ADF 和 NDF 的含量

Fig. 3 Effects of intercropping row widths on the content of acid detergent fiber in silage of maize and Sorghum hybrid Sudan grass

2.2.6 可溶性糖 玉米青贮物在对照下可溶性糖含量为8.18%,而在宽、中、窄行处理下可溶性糖的含量分别为7.77%、9.08%、10.44%,在中行和窄行处理下可溶性糖含量较对照差异显著,且在窄行处理下较对照提高了27.6%;而在宽行处理下较对照降低了5.0%,但差异不显著($P > 0.05$);高丹草青贮物在对照下可溶性糖含量为13.55%,在宽、中、窄行处理下可溶性糖含量分别为12.06%、14.08%、14.09%,较对照均差异显著($P < 0.05$),窄行处理下较对照提高了4.0%,宽行处理下较对照降低了11.0%(图4)。

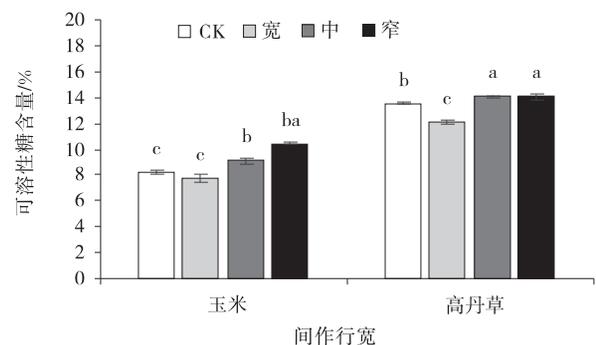


图4 不同间作行宽下玉米、高丹草青贮物的可溶性糖含量
Fig. 4 Effects of intercropping row widths on soluble sugar content of maize and sorghum hybrid Sudan grass

2.3 不同间作行宽对玉米、高丹草发酵品质的影响

2.3.1 pH 玉米青贮物的pH值对照为3.39,而在宽、中、窄行处理下分别为4.30、4.26、4.06,宽行和中行处理下的pH值较对照均差异显著($P < 0.05$),在宽行处理下的pH值最大,较对照增高了26.8%,而在窄行处理下的较对照差异性不显著;高丹草青贮物的pH值在宽、中、窄行处理较对照均差异不显著(图5)。

2.3.2 乳酸 玉米和高丹草青贮物在宽、中、窄行处理下乳酸含量较各自的对照均差异显著($P < 0.05$)

(图7-A)。玉米青贮物在窄行处理下的乳酸含量最低,较对照降低了49.2%,而高丹草青贮在窄行处理下的乳酸含量最高,较对照提高了25.9%,在中行处理下乳酸含量最低,较对照降低了27.7%。

2.3.3 乙酸 玉米青贮物在窄行处理下乙酸含量较对照差异显著($P < 0.05$),而在宽行和窄行处理下乙酸含量较对照差异不显著;高丹草青贮物在宽、中、窄行处理下乙酸含量较对照均差异显著($P < 0.05$)(图7-B)。玉米和高丹草青贮物在宽行处理下乙酸含量均

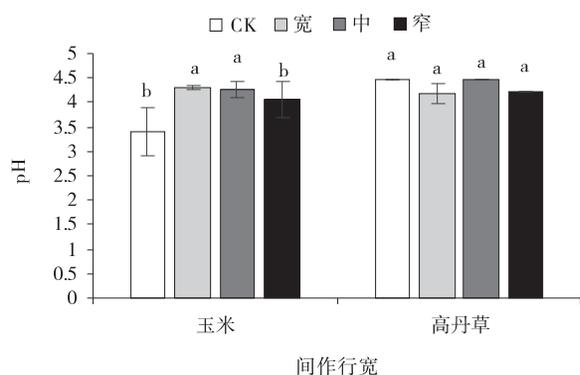


图5 不同间作行宽下玉米、高丹草青贮物的pH值

Fig. 5 Effects of intercropping row widths on pH of maize and sorghum hybrid Sudan grass

较高,较各自的对照分别提高了11.4%和480%。

2.3.4 丁酸 玉米青贮物在中行和窄行处理下丁酸含量较对照差异均显著($P < 0.05$)(图7-C),而在宽行

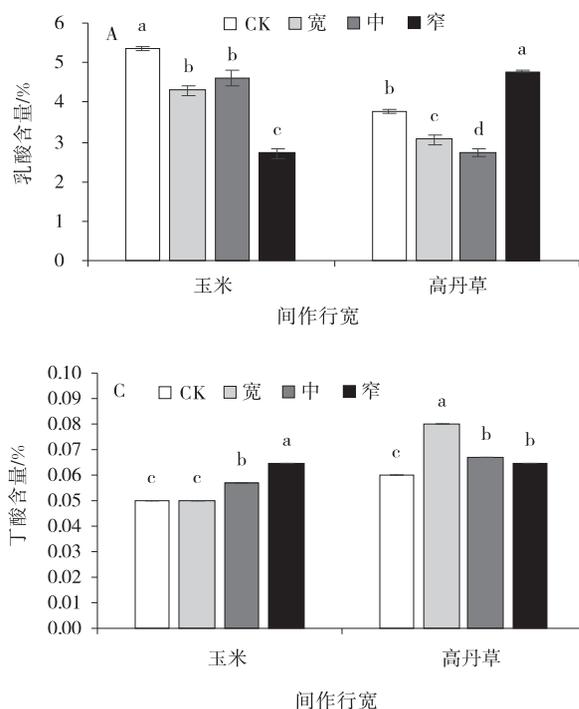


图6 不同间作行宽下青贮玉米、高丹草的乳酸、乙酸、丁酸含量和泌乳净能

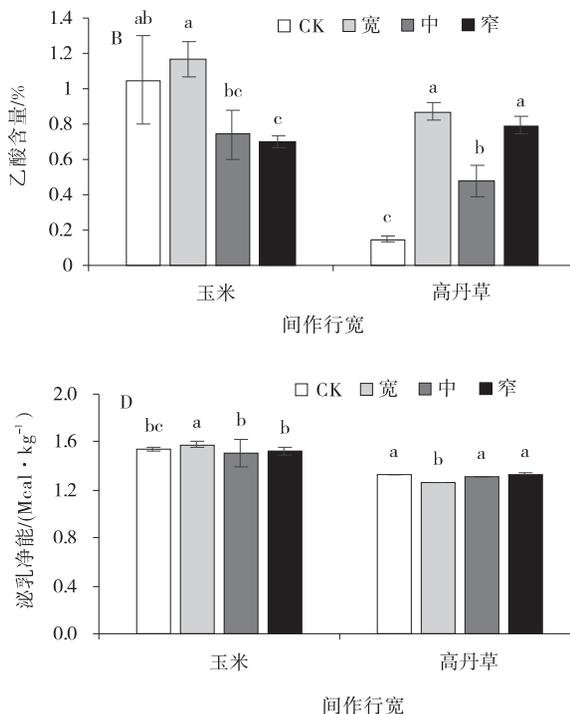
Fig. 6 The content of lactic acid, acetic acid, butyric acid and net lactation energy of silage maize and sorghum hybrid Sudan grass

2.4 灰色关联度综合分析

不同间作行宽下玉米青贮品质的综合关联度值为:窄行(0.230) > 中行(0.221) > 宽行(0.210) > CK(0.204)(表2)。由此表明,在窄行种植模式下,玉米青贮物的品质最好;高丹草青贮在不同种植模式下的综合关联度值为:中行(0.365) > 宽行(0.359) > CK(0.348) > 窄行(0.339),表明在中行种植模式下,高丹草青贮物的品质最好(表2)。

处理下较对照差异不显著;高丹草青贮物在在宽、中、窄行处理下丁酸含量较对照均差异显著($P < 0.05$)。玉米青贮物在宽行处理下丁酸含量最低,而高丹草青贮物在窄行处理下丁酸含量最低。玉米青贮物在窄行处理下丁酸含量最高,较对照提高了30%;高丹草青贮物在宽行处理下丁酸含量最高,较对照提高了33.3%。

2.3.5 泌乳净能 玉米和高丹草青贮物在宽行处理下泌乳净能较对照差异显著($P < 0.05$)(图7-D),而在宽行和窄行处理下泌乳净能含量较对照差异均不显著。玉米青贮物在宽行处理下泌乳净能最高,较对照提高了2.6%;在中行处理下泌乳净能最低,较对照降低了1.9%。而高丹草青贮物在窄行处理下泌乳净能最高,较对照提高了0.8%;在宽行处理下泌乳净能最低,较对照降低了3.8%。



3 讨论

3.1 不同间作模式对玉米、高丹草青贮前营养品质的影响

王广福在^[13]研究播期和密度对不同玉米品种生长发育及产量和品质的影响中发现:在种植密度增加时,玉米的粗蛋白含量会随之降低,而中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维会随之增加。本研究中,玉米的粗蛋

表2 灰色关联度综合分析

Table 2 Comprehensive analysis of grey relational degree

项目		酸性洗涤纤维	中性洗涤纤维	粗蛋白	可溶性糖	干物质	pH值
玉米	宽	0.197	0.197	0.222	0.248	0.198	0.211
	中	0.212	0.212	0.231	0.220	0.197	0.210
	窄	0.208	0.205	0.224	0.197	0.198	0.202
	CK	0.198	0.206	0.197	0.238	0.197	0.197
高丹草	宽	0.318	0.317	0.304	0.338	0.308	0.304
	中	0.304	0.305	0.315	0.304	0.305	0.317
	窄	0.305	0.307	0.331	0.304	0.306	0.306
	CK	0.304	0.304	0.330	0.312	0.304	0.317
项目		乳酸	乙酸	丁酸	泌乳净能	关联值	排序
玉米	宽	0.235	0.197	0.197	0.197	0.210	3
	中	0.222	0.280	0.219	0.205	0.221	2
	窄	0.326	0.291	0.242	0.202	0.230	1
	CK	0.197	0.215	0.197	0.201	0.204	4
高丹草	宽	0.512	0.374	0.466	0.352	0.359	2
	中	0.538	0.520	0.396	0.345	0.365	1
	窄	0.401	0.397	0.396	0.342	0.339	4
	CK	0.457	0.409	0.396	0.343	0.348	3

白含量在宽行、中行、窄行处理下均降低;在宽行处理下玉米的酸性洗涤纤维增加,在中行处理下玉米的中性洗涤纤维增加,这与上述研究结果类似,而高丹草在宽行、中行、窄行处理下粗蛋白含量均在增加。所以在此种种植模式下,玉米和高丹草之间的养分争夺,对玉米的营养品质的影响比高丹草的大。

3.2 不同间作行宽对玉米、高丹草青贮物营养品质的影响

干物质产量是衡量牧草生产力的主要指标,干物质产量越高,牧草可利用的营养物质相对较高,对牧草经济效益有十分重要的影响^[14]。由于玉米饲料的干物质(DM)含量较高,长期以来认为,更高的干物质含量会赋予青贮饲料更好的品质^[15]。然而,在间作种植模式下,不同品类植物植株中随着干物质积累量的变化,其产量和青贮品质也会发生变化。本研究中,在玉米和高丹草行比为4:8的种植模式下,青贮玉米的干物质含量最高,青贮品质最好,但高丹草青贮物的干物质含量较对照均有所降低,这可能与高丹草本身水分含量高有关。

粗蛋白是饲料品质鉴定的重要指标,其含量高说明青贮物营养品质好。李川东^[16]研究表明间作种植一年生野生大豆和饲用高粱收获后直接混合青贮能

使青贮饲料的粗蛋白明显提高,Strydhorst^[17]等把小麦分别与三种豆科间作发现,随着豆科种植密度的增加,蛋白质含量逐渐增加。在本试验中,在间作种植下,玉米和高丹草行比为6:12时使高丹草青贮物的粗蛋白含量显著提高,说明在宽行种植模式下,高丹草的青贮品质最好,而在不同的种植模式下,青贮玉米的粗蛋白含量相对于单播都有所降低,为此,谢永利^[18]的研究也说明,在间作条件下,由于作物的资源利用率,竞争以及协作等程度的不同,其产量和品质也会有很大的差异,所以找到最佳的种植模式,可使其间作的优势最大化。

酸、中性洗涤纤维含量是干物质消化率的有效度量指标,其含量越低,干物质消化率越好,适口性越佳,青贮品质越优^[19]。本研究中,玉米和高丹草在行比为6:12时玉米酸、中性洗涤纤维含量较对照降低,这与姬承东^[20]等研究发现玉米与拉巴豆混播后青贮可以降低酸、中性洗涤纤维的结果类似,张建强^[21]研究了添加剂对玉米和豆科在混播模式下青贮品质的影响,添加剂处理下也可以降低酸、中性洗涤纤维含量,这与本研究结果类似,但本研究相对于添加剂又省了额外费用,降低成本,具有一定的参考价值。

可溶性糖含量是乳酸菌发酵的物质基础,一般可

溶性糖的含量高,产生的乳酸就多,乙酸和丁酸就少。本研究中,在中、窄行种植模式下玉米、高丹草青贮物可溶性糖含量均较对照均有所提高,这与兰宏亮^[22]等研究混播种植对夏播青贮玉米产量的影响中得出的结论不一致,这可能与播种及刈割时期不同等因素有关^[23]。因此,合理的种植密度及种植模式才可能获得较高的饲用物质产量,才可能提高玉米、高丹草青贮的饲用营养价值。

3.3 不同间作行宽对玉米、高丹草青贮物发酵品质的影响

pH值、有机酸含量等都是衡量青贮发酵品质的重要指标,pH值越低表明青贮品质越佳,一般青贮饲料pH值在4.2以下为优质青贮饲料^[24];有机酸中乳酸起到了举足轻重的作用,其含量越高代表青贮品质越好,青贮的本质是在厌氧的条件下乳酸菌繁殖分解糖类,产生大量的乳酸,降低pH值,使有害微生物得到很好的抑制,从而使青贮饲料保存很长时间^[25]。本研究在窄行种植模式下玉米青贮物的pH值低于4.2,在宽行处理下高丹草青贮物的pH值低于4.2,但玉米相对于对照均显著提高,高丹草较对照差异不显著;在不同的种植模式下玉米青贮物的乳酸含量较对照均降低,高丹草青贮物的乳酸含量在宽、中行种植模式下也较对照显著减低,青贮品质下降,但高丹草在窄行种植模式下的乳酸含量显著提高,这可能是高丹草本身含糖量较高,有利用乳酸菌分解转化成乳酸。这与张建强^[19]通过玉米与熊猫豆混播后青贮,对青贮饲料的发酵品质进行研究发现,试验组青贮饲料中乳酸含量均低于对照组的结果类似。乙酸和丁酸含量也是青贮发酵的重指标,乙酸含量过高,影响适口性,使青贮品质降低,丁酸含量应低于1%^[26]。本试验中,玉米、高丹草在不同种植模式下丁酸含量均低于1%,表明各处理下玉米、高丹草均为优质青贮饲料,这与肖银宝^[27]等的研究结果相似。总可消化养分、能量是衡量全株玉米青贮品质的重要指标。NEL是根据可消化养分总量(TDN)含量回归计算得出,因此其变化趋势与TDN一致^[28]。玉米青贮在宽行处理下NEL显著较高,高丹草青贮在窄行处理下NEL显著较高,所以在该处理下玉米、高丹草青贮的TDN含量较高,因此其营养品质较好。

4 结论

(1)玉米和高丹草在(6:12)间作模式下,高丹草青贮物粗蛋白含量高于高丹草的单播及其他间作模式,中性洗涤纤维含量低于玉米的单播和其他间作模式,乙酸含量较对照提高了480%,青贮效果优。

2经灰色关联度综合分析,玉米和高丹草在(2:4)间作模式下,玉米青贮品质较好;在玉米和高丹草在(4:8)间作模式下,高丹草青贮品质较好。

参考文献:

- [1] 郭文,熊康宁,张锦华,等.青贮中心在石漠化地区草地畜牧业中的作用[J].草业科学,2016,33(11):2353-2359.
- [2] 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.
- [3] 王晓娟,何海军,寇思荣,等.种植密度对不同品种青贮玉米生物产量和品质的影响[J].草业科学,2019,36(1):169-177.
- [4] 杜保军,古丽菲雅,王建国,等.苏丹草的特性及高产栽培技术[J].畜牧与饲料科学,2004,19(2):36.
- [5] 薛祝林,罗富成,匡崇义,等.高丹草与紫花苜蓿的混合青贮效果分析[J].云南农业大学学报(自然科学),2013,28(3):340-345.
- [6] 刘惠青.黑龙江省第二积温带青贮玉米栽培密度及混播的研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2008.
- [7] Lithourgidis A S, Dordas C A, Damalas C A, et al. Annual intercrops: An alternative pathway for sustainable agriculture[J]. Australian Journal of Crop Science, 2011, 5(4): 396-410.
- [8] 黄田田.饲用油菜高丹草间作结合施肥对饲草产质量及土壤有机碳组分的影响[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2020.
- [9] 黄宗昌,师尚礼,汪睿,等.不同饲草作物间作模式对地上生物量及竞争力的影响[J].草业科学,2020,37(11):2284-2292.
- [10] 朱进忠.草业科学实践教学指导[M].北京:中国农业出版社,2009.
- [11] 侯美玲,格根图,孙林,等.甲酸、纤维素酶、乳酸菌剂对典型草原天然牧草青贮品质的影响[J].动物营养学报,2015,27(9):2977-2986.
- [12] 徐创军,杨立中,唐家良,等.紫色土坡地不同种植模式生态经济效益综合评价[J].中国生态农业学报,2008,

- 16(1):196—199.
- [13] 王广福. 播期和密度对不同玉米品种生长发育及产量和品质的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2019.
- [14] 李春梅,李玲,马云珍,等. 不同密度对76cm等行距种植棉花产量的影响[J]. 新疆农业科技,2018(4): 32—33.
- [15] 李会霞,王颖,王玉文,等. 不同种植方式对谷子农艺性状和产量的影响[J]. 陕西农业科学,2018,64(6): 50—52.
- [16] 李川东. 一年生野生大豆和饲用高粱间作及其混合青贮的研究[D]. 南京:南京农业大学,2008.
- [17] Strydhorst S M ,King J R ,Lopetinsky K J ,*et al.* Forage Potential of Intercropping Barley with Faba Bean, Lupin, or Field Pea [J]. *Agronomy Journal*, 2008, 100 (1) : 182—190.
- [18] 谢永利,陈颖. 不同间作方式对玉米产量的影响[J]. 山地农业生物学报,2004,23(5):381—385.
- [19] 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刈割时期对青贮品质的影响[J]. 草业学报,2018,27(12):187—198.
- [20] 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.
- [21] 张建强. 玉米与豆科不同混播模式对青贮品质的影响[D]. 兰州:甘肃农业大学,2018.
- [22] 兰宏亮. 混播种植对夏播青贮玉米产量的影响[J]. 黑龙江农业科学,2015(12):37—40.
- [23] 王永刚. 播期与刈割期对不同品种燕麦产量及品质的影响[D]. 大庆:黑龙江八一农垦大学,2019.
- [24] 李翠霞. 青贮发酵菌对全株玉米青贮品质与微生物消长的影响[D]. 北京:中国农业科学院,2009.
- [25] 赵子夫,侯先志,韩吉雨,等. 添加乳酸菌对玉米青贮品质及有氧稳定性的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医,2009(13):68—70.
- [26] 原现军. 西藏地区农作物秸秆与牧草混合青贮研究[D]. 南京:南京农业大学,2012.
- [27] 肖银宝. 玉米和饲用高粱青贮优化研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2018.
- [28] 王欣盼,兰剑,时兴伟,等. 宁夏雨养区不同青贮玉米品种生产性能及营养价值综合评价[J]. 草原与草坪,2021,41(6):9—14.
- [29] 郝小燕. 奶牛日粮中玉米纤维饲料与羊草组合替代苜蓿干草饲喂效果的研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2017.

Effects of intercropping row widths on silage quality of maize and sorghum hybrid sudan grass

WANG Xue-ping, QI Juan*, QI Xi-ming, WANG Xiao-juan, LI Xiao, AI Shuang-hong, SHEN Ji-shun

(College of Pratacultural Science, Gansu Agricultural University, Key Laboratory Pratacultural Ecosystem, Ministry of Education, Pratacultural Engineering Laboratory of Gansu Province, Sino-US Center for Grazingland Ecosystem Sustainability, Lanzhou 730070, China)

Abstract: To explore the effects of planting patterns on the nutritional quality and fermentation quality of maize and sorghum hybrid sudan grass, the nutritional quality and fermentation quality of corn and grass silage were studied by using wide, medium and narrow planting patterns, cutting at the waxing stage and silage fermentation. The results showed that the content of NDF in corn silage was reduced by 5.4% and lactation net energy was increased by 2.4% in the wide-row planting mode. The content of crude protein and acetic acid in silage were increased by 10.8% and 480%, respectively. Under the middle-line planting model, the lactation net energy of corn silage was decreased by 1.9% compared with the control. The content of crude protein in silage was increased by 7.0% and lactation net energy decreased by 0.8%. In the narrow-row planting mode, the soluble sugar content and lactic acid content of corn silage increased by 27.6% and

49.2%, respectively. The content of dry matter in silage was reduced by 1.0% and lactation net energy was increased by 0.8%. The grey relational analysis showed that the silage quality of maize was the best in the narrow-row planting mode, and that of Sorghum hybrid Sudan grass was the best in the middle-row planting mode.

Key words: maize; sorghum hybrid sudan grass; intercropping row widths; quality of silage

(上接 78 页)

Spatio-temporal differentiation investigation of land use and ecological service value in the water supply area of the Yellow River in Gannan

HAO Xu-ran¹, WANG Yan-yan¹, CAI Ming-juan¹, SUN Wen-li¹, MA Hai-jing¹,
CHEN Qiang-qiang^{1,2*}

(1. College of Finance and Economics, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; 2. Gansu Research Center for Ecological Construction and Environmental Protection, Lanzhou 730070, China)

Abstract: The change of land use structure is of profound significance to the spatio-temporal change and sustainable development of regional ecosystem service value. Based on the data of land use structure in the water supply area of the Yellow River in Gannan from 1980 to 2017, the dynamic attitude of land use and the modified equivalent factor method of ecosystem service value were used to analyze the ecosystem service value and its temporal and spatial changes. The results showed that grassland became the largest land use type with the ecological service value of $\text{¥ } 183.18 \times 10^8$, followed by woodland, wetland and cultivated land. In 37 years, the ecosystem service value of woodland only increased by $\text{¥ } 29.46 \times 10^8$, while the others all decreased to different degrees. The total value of ecosystem services in the water supply area of the Yellow River in Gannan increased from 328.50×10^8 yuan in 1980 to 329.63×10^8 yuan in 2017, basically maintaining a stable state and experiencing a two-period fluctuation of "decline and growth" during the period. The value of different ecosystem service functions fluctuated, among which, the value of regulation function was up to 211.86×10^8 yuan, support function 77.82×10^8 yuan, supply function 21.39×10^8 yuan, and cultural service 18.56×10^8 yuan. The regional difference of ecosystem service value was significant. Maqu county ranked first with 113.55×10^8 yuan of ecological service value, Xiahe County ranked second and Lintan County had the lowest ecological service value, which was only 10.26×10^8 yuan. The adjustment function value of each region is the highest. Maqu County assumes the important ecological adjustment function of the study area with the value of 79.77×10^8 yuan. It is of great significance to implement forest protection projects and grassland ecological compensation mechanisms, broaden the livelihoods of residents in the study area, reduce dependence on local ecology, coordinate regional planning and joint prevention and control, inherit and promote the Yellow River culture, so as to better build local development.

Key words: equivalent factor method; gannan water supply area of the Yellow River; land use; ecosystem service value; spatiotemporal differentiation