

网络出版时间:2020-11-25 16:53 DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2021.05.004
网络出版地址:https://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20201125.1135.004.html

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

杨帆¹,刘卓¹,韩旭彪¹,李剑¹,时兴伟²,兰剑¹

(1 宁夏大学农学院,宁夏银川 750021; 2 彭阳县畜牧技术推广服务中心,宁夏固原 756000)

【摘要】【目的】探究宁夏雨养区不同播量拉巴豆(*Lablab purpureus* (L.) Sweet)与甜高粱(*Sorghum dochna* (Forssk.) Snowden)混播对草地产量和牧草品质的影响,为宁夏雨养区甜高粱种植提供参考。【方法】采用单因素随机区组设计,以“海牛”甜高粱和“海沃”拉巴豆为研究材料,将甜高粱(22.5 kg/hm²)分别与不同播量(22.5(T1),45.0(T2),67.5(T3)和90.0(T4) kg/hm²)的拉巴豆进行混播,并设置单播对照,测定适宜收获期甜高粱农艺性状、混播后豆禾之间地上部分竞争率、混播草地产量和牧草营养成分。【结果】混播会限制甜高粱株高和茎粗的生长,对单株叶片数无显著影响,T3和T4处理1~4节、5~7节节节强度显著降低,但是混播后饲草干鲜比要高于单播甜高粱。随着拉巴豆混播量的增加,甜高粱对光照和养分的竞争在T2处理下种间竞争力最大,T3处理下种间竞争力最弱,从而导致饲草产量低于甜高粱单播。混播后饲草粗蛋白、粗脂肪、粗灰分含量升高,中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量降低,经灰色关联度法分析认为,T3处理的牧草粗蛋白和粗脂肪含量高,中性洗涤纤维含量较低,其牧草营养品质最佳。【结论】在宁夏雨养区,甜高粱种植以产量为目的时,单播效果最佳;以牧草品质为目的时,22.5 kg/hm²甜高粱+67.5 kg/hm²拉巴豆混播效果最佳。

【关键词】拉巴豆;甜高粱;混播;草地产量;牧草品质;宁夏雨养区

【中图分类号】 S548.047 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1671-9387(2021)05-0024-07

Effects of mixed planting of *Lablab purpureus* (L.) sweet and *Sorghum dochna* (Forssk.) Snowden on grassland yield and quality of forage grass in Ningxia rain fed region

YANG Fan¹, LIU Zhuo¹, HAN Xubiao¹, LI Jian¹, SHI Xingwei², LAN Jian¹

(1 School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China;

2 Pengyang County Animal Husbandry Technology Extension Service Center, Guyuan, Ningxia 756000, China)

Abstract: 【Objective】 This study explored the effects of mixed sowing of *Lablab purpureus* (L.) Sweet at different seeding rates and *Sorghum dochna* (Forssk.) Snowden on grassland yield and quality of forage grass in Ningxia rain fed region to provide basis for *S. dochna* (Forssk.) Snowden cultivation. 【Method】 Taking a single factor random block design, the mixed planting was conducted with *S. dochna* (Forssk.) Snowden(Hainiu) (22.5 kg/hm²) and *L. purpureus*(L.) Sweet(Highworth) (22.5(T1),45.0(T2),67.5(T3) and 90.0(T4) kg/hm²). Unicast was also set for comparison. Then, agronomic traits, yield

【收稿日期】 2020-05-09
【基金项目】 宁夏高等学校一流学科建设(草学学科)项目(NXYLXK2017A01);宁夏固原市科技计划重点研发项目“六盘山地区草产业科技创新技术集成与应用”(2018GYYQ0001)
【作者简介】 杨帆(1994—),女,陕西汉中,在读硕士,主要从事牧草与草坪草的育种、栽培与利用研究。
E-mail:yangfanae@163.com
【通信作者】 兰剑(1970—),男,四川邻水人,教授,博士,主要从事牧草与草坪草的育种、栽培与利用研究。
E-mail:1752082643@qq.com

of mixed sowing grassland and nutrients composition of forage grass of *S. dochna* (Forssk.) Snowden were measured during suitable harvest time. Competition rates of above-ground part of beans and grass after mixing were also determined. 【Result】 Mixed sowing limited plant height and stem diameter growth of *S. dochna* (Forssk.) Snowden, while had no significant effect on number of leaves per plant. Lodging resistance of stems 1—4 and 5—7 in T3 and T4 treatments were significantly weakened. However, dry-fresh ratio of mixed forage was higher than that of *S. dochna* (Forssk.) Snowden. With the increase of mixed sowing density of *L. purpureus* (L.) Sweet, the competition of *S. dochna* (Forssk.) Snowden for sunlight and nutrients was the largest with the greatest inter-species competitiveness in T2 treatment, T3 treatment had the weakest inter-species competitiveness, which led to lower forage production than that of *S. dochna* (Forssk.) Snowden. After mixed sowing, crude protein, ether extract and ash of forage increased, while NDF and ADF decreased. The grey correlation analysis method showed that the T3 treatment had the highest crude protein and ether extract content, low NDF, and best forage nutritional quality. 【Conclusion】 In the rain fed region of Ningxia, sole planning of *S. dochna* (Forssk.) Snowden was the best for high yield, while mixing with *L. purpureus* (L.) Sweet of 67.5 kg/hm² was the best for quality of forage grass.

Key words: *Lablab purpureus* (L.) Sweet; *Sorghum dochna* (Forssk.) Snowden; mixed sowing; yield of grass land; quality of forage grass; Ningxia rain fed region

近年来,禾本科和豆科饲草混播是人工草地建植的主要方式之一^[1]。与单播模式相比,“豆-禾混播草地”可充分利用空间及环境资源,在保证草地高产的前提下改善牧草营养品质^[2-4],且豆科植物的固氮作用还能有效提高土壤肥力^[5]。如祁军等^[6]以鸭茅(*Dactylis glomerata*)、无芒雀麦(*Bromus inermis*)和绿莓草(*Fragaria viridis*)等为试验材料,进行了不同混播模式研究;张骞等^[7]以披碱草(*Elymus nutans*)、早熟禾(*Poa pratensis*)和呼伦贝尔苜蓿(*Medicago falcata*)为研究对象,探讨了混播对退化高寒草甸土壤养分和生物量的影响。但现有研究大多偏向于矮秆牧草作物,而随着畜牧业的不断发展,高秆饲草作物被广泛利用。当前针对高秆作物的研究主要在玉米与牧草混播和套种方向^[8-11],有关甜高粱与拉巴豆的研究也主要集中在混合青贮后的品质方面^[12-13]。

随着国家对畜牧业发展力度的不断加大,饲草种植逐渐成为宁夏重头产业之一,高产、优质饲草的选育也是重要目标之一。甜高粱(*Sorghum dochna* (Forssk.) Snowden)作为禾本科1年生饲草,是目前世界上公认的生物学产量最高的作物之一,其适应性强,具有耐干旱和耐水涝等多重特点^[14],而且甜高粱在宁夏各地区早有种植并得到广泛推广。与普通高粱相比,甜高粱茎秆含糖量高,尤为牛羊喜食^[1]。拉巴豆(*Lablab purpureus* (L.) Sweet)是1年生或多年生豆科草本植物,可与玉米或高粱混播,具有草质优良、适应性广和抗逆性强的特点^[15]。因

此,本研究采用单因素随机区组设计,以“海牛”甜高粱和“海沃”拉巴豆为研究材料,研究不同播量拉巴豆与甜高粱混播对饲草产量和牧草营养品质的影响,以期为宁夏雨养区甜高粱生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在宁夏回族自治区固原市彭阳县城乡阳城阳村进行。试验地位于35°50'N,106°48'E,海拔1600 m,属典型的温带半干旱大陆性季风气候。2019年生育期内降水量626.5 mm,年平均气温7.4~8.5℃,日照时数2311.2 h,无霜期140~170 d。试验地土壤pH 8.7,碱解氮含量46 mg/kg,速效磷含量9.2 mg/kg,速效钾含量94 mg/kg,有机质含量8.4 g/kg。前茬作物为青贮玉米。

1.2 试验材料

“海牛”甜高粱种子由华丰草业有限公司提供,“海沃”拉巴豆种子由北京百斯特草业有限公司提供。

1.3 试验设计

试验采用单因素随机区组设计,设置不同播种量(T1~T4播种量依次为22.5,45.0,67.5和90.0 kg/hm²)的拉巴豆与甜高粱(播种量为22.5 kg/hm²)混播处理,以单播甜高粱T0(播种量22.5 kg/hm²)与拉巴豆(播种量45.0 kg/hm²,只用于计算种间竞争率)为对照,共计6个处理,每个处理3次重复,小区面积50 m²(5 m×10 m),小区间隔2 m,四周设2 m保护行。采用双沟三垄覆膜种植,甜

高粱行距 55 cm,穴株距 20 cm,每穴 2~3 粒;拉巴豆以 T1~T4 设置的播种量,按比例分别点播在甜高粱四周。试验于 2019 年 5 月 2 日播种,在播种前统一施入有机肥 6 000 kg/hm² 和尿素 150 kg/hm² (总氮≥46.4%)。生育期内除草 4 次,在甜高粱拔节期追施 1 次尿素(300 kg/hm²)。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 农艺性状测定 在甜高粱适宜收获期进行测产,去除边缘效应后,在小区中随机选取 9 个 1 m 长样段测定鲜样,再随机称取 500 g 制成小样带回实验室,60 ℃烘干 6 h 后测定小样干草质量,计算干鲜比,再根据干鲜比计算单位面积干草产量。每个小区随机选取 30 株植株测定甜高粱株高、茎粗、单株叶片数、1~4 节茎节强度、5~7 节茎节强度。种间竞争率(CR_i)^[16]按下式计算:

$$CR_i = (Y_{ij}/Y_iZ_{ij})/(Y_{ji}/Y_jZ_{ji})。$$

式中:Y_{ij}为混播中种*i*的产量,Y_i为*i*单播时的产量,Z_{ij}为混播时*i*的比例;Y_{ji}为混播中种*j*的产量,Y_j为*j*单播时的产量,Z_{ji}为混播时*j*的比例。本试验中,*i*为甜高粱,*j*为拉巴豆。当 CR_i>1 时,物种*i*的种间竞争力大于物种*j*;当 CR_i=1 时,物种*i*的种间竞争力等于物种*j*;当 CR_i<1 时,物种*i*的种间竞争力小于物种*j*。

1.4.2 牧草营养成分测定 牧草烘干后粉碎,过孔径 2 mm 筛,用于牧草营养成分测定。参照文献[17],粗蛋白含量测定采用凯氏定氮法,粗灰分含量测定采用灼烧法,粗脂肪含量测定采用索氏提取法;参照文献[18],中性洗涤纤维含量(NDF)测定采用范氏-中性洗涤法,酸性洗涤纤维含量(ADF)测定采用范氏-酸性洗涤法。各营养成分单位均为质量分数(%)。

1.4.3 灰色关联度分析 根据灰色关联理论^[19]进行灰色关联度分析。将营养指标看作一个灰色系统,每个处理(T0~T4)为该系统中的一个因素,将

所测指标的最优值设为参考序列 X₀,各品种所测指标构成比较序列 X_i。

(1)数据初始化处理。将粗蛋白和粗脂肪含量作为正向指标,按照公式 $X_i'(k) = X_i(k)/X_0(k)$ 进行无量纲化处理;将粗灰分、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量作为负向指标,按照公式 $X_i'(k) = X_0(k)/X_i(k)$ 进行无量纲化处理。根据处理后的数据计算各点绝对差,公式为 $\Delta_i(k) = |X_0 - X_i(k)|$ 。上述式中,X₀(*k*)表示参考序列第*k*个指标,X_i(*k*)表示第*i*个处理的第*k*个指标,X_i'(*k*)表示第*i*个处理第*k*个指标无量纲化处理后的值。

(2)关联系数的计算。公式如下:

$$\epsilon_i(k) = [\min \Delta_i(k) + \rho \max \Delta_i(k)]/[\Delta_i(k) + \rho \max \Delta_i(k)]。$$

式中:分辨系数 $\rho=0.5$ 。

(3)等权关联度的计算。公式如下:

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \epsilon_i(k)。$$

(4)权重系数的计算。公式如下:

$$W_i(k) = \gamma_i/\gamma。$$

式中: γ_i (关联度) = $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \epsilon_i(k)$, $\gamma = \sum_{i=1}^n \gamma_i$ 。

(5)加权关联度的计算。公式如下:

$$r_i' = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n W_i(k) \epsilon_i(k)。$$

式中:*n*为测量指标数。

1.5 数据处理与统计分析

用 Microsoft Excel 进行数据整理,在 DPS 中用随机区组试验设计的统计方法进行单因素方差分析,用 Origin 2017 绘图。

2 结果与分析

2.1 不同混播处理对甜高粱农艺性状的影响

由表 1 可以看出,不同混播处理后甜高粱农艺性状具有不同的表现。

表 1 不同混播处理下甜高粱的农艺性状

Table 1 Agronomic traits of *Sorghum dochna* (Forssk.) Snowden under different mixed sowing treatments

处理 Treatment	株高/cm Plant height	茎粗/mm Stem width	单株叶片数 Leaf number per plant	1~4 节茎节强度/N Lodging resistance of stem 1-4	5~7 节茎节强度/N Lodging resistance of stem 5-7	混合饲草干鲜比 Dry-fresh ratio of mixed forge
T0	292.40±2.02 a	16.59±0.43 a	11.13±0.41 a	102.68±1.50 b	56.72±1.82 a	0.19±0.00 c
T1	289.33±2.26 ab	11.71±0.37 b	11.20±0.30 a	110.42±3.19 a	53.41±2.47 a	0.23±0.01 a
T2	281.30±2.73 bc	11.24±0.38 b	10.27±0.30 a	103.40±1.73 b	59.71±1.74 a	0.24±0.01 a
T3	288.83±2.43 ab	9.82±0.34 c	10.27±0.30 a	76.42±2.63 d	44.09±0.88 b	0.20±0.00 b
T4	276.87±3.96 c	9.89±0.27 c	10.40±0.31 a	90.10±2.51 c	41.14±2.98 b	0.23±0.00 a

注:同列数据后标不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。下同。
Note: Different lower case letters in the same line indicate significant difference at the P<0.05 level. The same below.

5 个处理中,单播甜高粱(T0)株高最高,且显著高于 T2 和 T4 处理($P<0.05$)。茎粗最大的也是 T0 处理,显著高于 4 个混播处理($P<0.05$);T3 处理茎粗最小,仅为 T0 处理的 59.19%。5 个处理间甜高粱单株叶片数为 10.27~11.20 片,差异不显著($P>0.05$)。不同处理间茎节强度差异显著,T1 处理 1~4 节茎节强度最大,显著高于其他处理($P<0.05$),而 T0、T1 和 T2 处理 5~7 节茎节强度显著高于 T3 和 T4 处理($P<0.05$)。各处理的饲草干鲜比为 0.19~0.24,其中 T1、T2 和 T4 处理饲草干鲜比显著大于 T0 和 T3 处理($P<0.05$),而 T3 处理干鲜比显著大于 T0 处理($P<0.05$)。

2.2 不同混播处理对牧草地上部分种间竞争力的影响

由图 1 可知,豆、禾牧草不同混播量处理下种间竞争力不同。随着拉巴豆混播量的增加,甜高粱地上部分种间竞争力也随之变化。T1 和 T2 处理下,甜高粱种间竞争率大于 1;T3 和 T4 处理下其种间竞争率小于 1,其中 T3 处理下甜高粱种间竞争率最低。这说明拉巴豆混播比例不同,影响了甜高粱在混播群体中的竞争力。

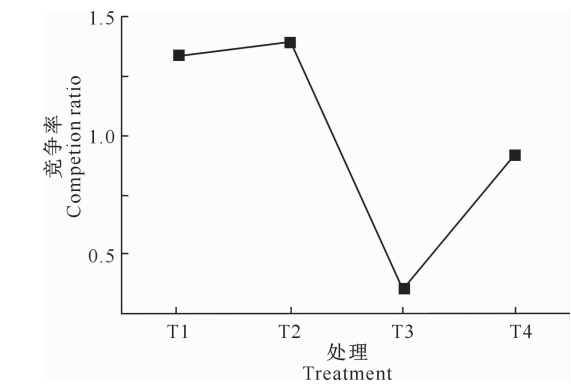


图 1 不同混播处理下甜高粱竞争率的变化
Fig. 1 Change of competition ratio of *Sorghum dochna* (Forssk.) Snowden under different mixed sowing treatments

2.3 不同混播处理下饲草产量的比较

由图 2 可以看出,不同处理下牧草鲜草产量差

异显著($P<0.05$),介于 72.69~122.98 t/hm²,其中单播甜高粱(T0)鲜草产量最高,显著高于其他处理($P<0.05$)。随着拉巴豆混播量的增加,混合饲草鲜草产量呈现下降趋势,其中 T1 处理下鲜草产量显著高于其他混播处理($P<0.05$);T4 处理下鲜草产量最低,仅为单播甜高粱(T0)的 59.19%。各处理干草产量在 16.84~25.09 t/hm²,其中 T1 处理下混合饲草干草产量最大,显著高于 T2、T3 和 T4 处理($P<0.05$),但与 T0 处理差异不显著($P>0.05$)。

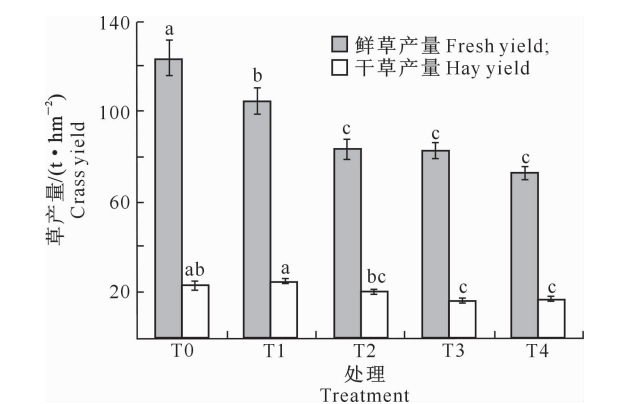


图 2 不同混播处理下甜高粱和拉巴豆草产量的比较
Fig. 2 Comparison of *Sorghum dochna* (Forssk.) Snowden and *Lablab purpureus* (L.) Sweet grass yield of different mixed sowing treatments

2.4 不同混播处理对牧草营养成分的影响

由表 2 可以看出,不同处理下混合牧草各营养成分含量有显著差异($P<0.05$)。T3 处理粗蛋白和粗脂肪含量最高,其中粗蛋白含量显著高于 T0、T1 和 T2 处理($P<0.05$),而与 T4 处理差异不显著($P>0.05$);粗脂肪含量显著高于其他处理($P<0.05$)。粗灰分含量最高的是 T1 处理,最低的是单播甜高粱(T0),二者差异显著($P<0.05$)。T0 处理的中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量均最高,其中中性洗涤纤维含量显著高于 4 个混播处理($P<0.05$),酸性洗涤纤维含量显著高于 T2 处理($P<0.05$)。

表 2 不同混播处理下甜高粱和拉巴豆混合牧草的营养品质					
Table 2 Nutritional quality under different mixed sowing treatments					
处理 Treatment	粗蛋白 CP	粗脂肪 EE	粗灰分 Ash	中性洗涤纤维 NDF	酸性洗涤纤维 ADF
T0	7.09±0.21 c	1.14±0.05 bc	5.54±0.08 c	54.68±0.31 a	34.18±0.28 a
T1	8.54±0.43 c	1.08±0.03 c	8.03±0.50 a	50.41±0.72 c	33.08±0.51 ab
T2	10.32±0.70 b	1.42±0.08 bc	7.21±0.35 ab	52.48±0.46 b	32.57±0.28 b
T3	12.67±0.67 a	1.88±0.22 a	7.50±0.10 ab	52.32±0.53 b	33.87±0.76 ab
T4	11.82±0.45 a	1.47±0.13 b	6.79±0.13 b	51.67±0.71 bc	33.15±0.44 ab

为了客观评价不同混播处理下牧草营养品质的优劣,更加真实地反映各处理间牧草营养品质的差异,将粗蛋白、粗脂肪、粗灰分、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维作为一个灰色系统进行关联度分析,结果如表 3 所示。由表 3 可以看出,T3(22.5 kg/hm² 甜高粱+67.5 kg/hm² 拉巴豆)处理下混播饲草营养品质综合价值最高。

表 3 不同混播处理下甜高粱和拉巴豆混合牧草品质的综合评价

Table 3 Comprehensive evaluation of quality of *Sorghum dochna* (Forssk.) Snowden and *Lablab purpureus* (L.) Sweet mixed forage under different mixed sowing treatments

处理 Treatments	等权关联度 Grey correlative degree	加权关联度 Weighted grey correlative degree
T0	0.65	0.68
T1	0.62	0.68
T2	0.67	0.72
T3	0.83	0.84
T4	0.73	0.76

3 讨 论

3.1 不同混播处理对牧草农艺性状的影响

株高和茎粗是影响牧草产量的主要原因,也是影响抗倒伏的重要指标^[20-21]。豆禾混播后,由于地上叶片对光照的竞争和地下根系对养分的竞争^[22],导致植物生长发育受到一定影响。本试验中,单播甜高粱(T0)处理的株高和茎粗均最大,单株叶片数在各处理间变化不明显,而 1~4 和 5~7 节节节强度变化差异明显。T4 处理的株高和茎粗相对较小,甜高粱 1~4 节和 5~7 节节节强度均较弱,这可能是由于拉巴豆混播对甜高粱产生了强有力的竞争,并且缠绕甜高粱时对其茎秆造成了一定影响。干鲜比作为评价饲草干草产量的重要指标之一^[23],对制作干草饲料有一定指示作用。本试验中,T1、T2 和 T4 处理下饲草干鲜比较高,说明这 3 种混合处理模式中水分含量较少,产量损失程度较小。

3.2 不同混播处理对牧草间竞争率的影响

植物生长存在两种竞争方式,即种内竞争和种间竞争^[24]。不同植物混播种植后,其种间竞争力会因种类不同而产生不同的效果。多数情况下,种内或种间竞争力总是强者大于弱者。豆科和禾本科生态位不同,对空间利用的程度也不同^[25-26]。本试验中,甜高粱与拉巴豆在不同混播比例下种间竞争率不同,其中甜高粱在 T2 处理下的竞争率与 T1 处理相比升高,其种间竞争力要强于拉巴豆;而 T3 和

T4 处理下拉巴豆种间竞争力要强于甜高粱,说明在这两种混播处理下,甜高粱的生长受到拉巴豆的抑制。

3.3 不同混播处理对牧草产量的影响

牧草产量是衡量牧草经济价值的主要性状,也是牧草生产过程中所要追求的指标之一^[27]。不同混播模式下,牧草产量会因混播比例、草种类不同而有不同的结果^[6]。Armstrong 等^[28]研究发现,不同种植密度玉米与拉巴豆混播时干物质产量并非一直保持上升,当拉巴豆种植密度达到一定值时,混播产量会下降。这是因为拉巴豆作为一种攀援植物,在生长季节的大部分时间,其叶片位于混合冠层的顶部或四周,使其成为光合作用的有力竞争者,从而影响高秆作物的生长。本试验中,甜高粱单播(T0)时鲜草产量显著高于 T1、T2、T3 和 T4 处理($P<0.05$),而干草产量 T0 与 T1 处理差异不显著,但显著高于其他混播处理。这可能是由于在混播处理下,拉巴豆会对甜高粱形成一定的竞争机制,阻碍甜高粱碳水化合物的合成,并且对于晚熟的拉巴豆来说刈割时间太早,尚未对混合牧草产量产生正面影响。

3.4 不同混播处理对牧草品质的影响

禾本科牧草与豆科牧草混播后,其营养价值相对于禾本科单播时更加丰富,显著改善了混合牧草的营养品质^[29]。李春喜等^[30]研究发现,甜高粱与箭筈豌豆混播后,其粗蛋白含量相较于单播增加了 5.34%,灰分含量增加了 1.42%,粗脂肪含量增加不明显,而中性洗涤纤维(NDF)含量和酸性洗涤纤维(ADF)含量均有所下降。NDF 和 ADF 作为反映纤维质量优劣的指标,NDF 含量越低,动物的采食率越高,ADF 含量越低,饲料的消化率越高^[31]。本试验中,混播后饲草粗蛋白含量均高于单播甜高粱,中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量均低于单播,单播甜高粱时粗灰分含量显著低于所有混播处理组,而粗脂肪含量最低的是 T1 处理。

通过灰色关联度法对混播饲草多个营养品质指标进行综合分析,认为 T3 处理的综合品质最好,其次是 T4 和 T2 处理,这是由于这 3 个处理混合饲草中含有较高的粗蛋白、粗脂肪及较低的中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维,符合优质饲草应有的营养价值。

4 结 论

混播拉巴豆对甜高粱农艺性状、产量及品质产生了不同程度的影响。随着拉巴豆混播量增大,甜

高粱的株高和茎粗减小,对光照和养分的竞争力减弱,从而导致饲草产量低于甜高粱单播,而混播后营养价值得到提高,混播饲草粗蛋白、粗脂肪升高,中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维降低,其中 22.5 kg/hm²甜高粱与 67.5 kg/hm²拉巴豆混播组合牧草品质最优。因此,在宁夏雨养区,仅注重饲草产量可按照 22.5 kg/hm²的播种量进行甜高粱单播;在饲草产量充足、需要优质饲草时,可进行甜高粱与拉巴豆(22.5 kg/hm²+67.5 kg/hm²)的混播种植。

参考文献

- [1] 席杏媛,同慧颖,李春喜. 青海水、旱地甜高粱与豆科混播及其刈割对草产量的影响 [J]. 草地学报,2019,27(5):1400-1409.
Xi X Y, Yan H Y, Li C X. Effects of mixed of sweet sorghum and cutting time of sweet sorghum and legumes on grass yield on irrigated and dry land in Qinghai Province [J]. Acta Agrestia Sinica, 2019, 27(5): 1400-1409.
- [2] Berdahl J D, Karn J F, Hendrickson J R. Dry matter yields of cool-season grass monocultures and grass-alfalfa binary mixtures [J]. Agronomy Journal, 2001, 93(2): 463-467.
- [3] Sheaffer C C, Miller D W, Marten G C. Grass dominance and mixture yield and quality in perennial grass-alfalfa mixtures [J]. Journal of Production Agriculture, 1991, 3(4): 480-485.
- [4] 王平,王天慧,周雯,等. 禾-豆混播草地中土壤水分与种间关系研究进展 [J]. 应用生态学报, 2007(3): 653-658.
Wang P, Wang T H, Zhou W, et al. Soil moisture and interspecific relationships between grass and legume on mixed grassland: a research review [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2007(3): 653-658.
- [5] 芦奕晓,牟乐,杨惠敏. 豆科与禾本科牧草混播改良土壤的研究进展 [J]. 中国草地学报, 2019, 41(1): 94-100.
Lu Y X, Mu L, Yang H M. Advances in improved soil fertility with legume-grass mixtures [J]. Chinese Journal of Grassland, 2019, 41(1): 94-100.
- [6] 祁军,郑伟,张鲜花,等. 不同豆禾混播模式的草地生产性能 [J]. 草业科学, 2016, 33(1): 116-128.
Qi J, Zheng W, Zhang X H, et al. Determination and comparison of the production performance of pastures among different spatial structure of legumegrass mixtures [J]. Pratacultural Science, 2016, 33(1): 116-128.
- [7] 张骞,张中华,马丽,等. 不同牧草混播对退化高寒草甸土壤养分及生物量的影响 [J]. 草地学报, 2019, 27(6): 1659-1666.
Zhang Q, Zhang Z H, Ma L, et al. Effect of mixed sowing of different pasture grasses on soil nutrients and biomass in degraded alpine meadows [J]. Acta Agrestia Sinica, 2019, 27(6): 1659-1666.
- [8] 柳茜,傅平,苏茂,等. 青贮玉米与拉巴豆混播生产性能研究 [J]. 草业与畜牧, 2015(5): 22-24.
Liu Q, Fu P, Su M, et al. Study on the production performance of silage corn and lablab mixed sowing [J]. Pratacult Anim Husb, 2015(5): 22-24.
- [9] 郭郁频,任永霞,李亚奎,等. 青贮玉米与扁豆混播栽培技术及营养价值评定研究 [J]. 河北北方学院学报(自然科学版), 2015, 31(3): 14-17.
Guo Y P, Ren Y X, Li Y K, et al. Mixed planting technology and nutritive value assessment of silage maize and lentils [J]. Journal of Hebei North University(Natural Science Edition), 2015, 31(3): 14-17.
- [10] 李亚娇,马培杰,吴佳海,等. 不同品种青贮玉米与拉巴豆套种对青贮玉米农艺性状及产量的影响 [J]. 草业学报, 2019, 28(9): 209-216.
Li Y J, Ma P J, Wu J H, et al. Effects of interplanting with dolichos lablab on agronomic traits and yield of two varities of silage maize [J]. Acta Pratacultural Sinica, 2019, 28(9): 209-216.
- [11] 田应学,马培杰,李亚娇,等. 青贮玉米与拉巴豆套种对青贮玉米品质及产量的影响 [J]. 草业科学, 2019, 36(5): 1457-1465.
Tian Y X, Ma P J, Li Y J, et al. Effects of silage maize and dolichos lablab intercropping on quality and yield of silage maize [J]. Pratacultural Science, 2019, 36(5): 1457-1465.
- [12] 王琳,高立芳,何玮,等. 拉巴豆和甜高粱适宜青贮方式的探索 [J]. 饲料研究, 2013(10): 13-16.
Wang L, Gao L F, He W, et al. Exploration of suitable silage methods for lablab and sweet sorghum [J]. Feed Research, 2013(10): 13-16.
- [13] 罗登,梁欢,曾兵,等. 大力士甜高粱和拉巴豆混合青贮对青贮品质的影响 [C]//中国畜牧业协会. 第八届中国牛业发展大会论文集. 北京:中国畜牧业协会, 2013: 5.
Luo D, Liang H, Zeng B, et al. Effect of hercules sweet sorghum and lablab mixed silage on silage quality [C]//China Animal Husbandry Association. The 8th China cattle industry development conference. Beijing: China Animal Husbandry Association, 2013: 5.
- [14] 赵立欣,张艳丽,沈丰菊. 能源作物甜高粱及其可供应性研究 [J]. 可再生能源, 2005(4): 37-40.
Zhao L X, Zhang Y L, Shen F J. A study on sweet sorghum and its availability [J]. Renewable Energy Resources, 2005(4): 37-40.
- [15] 韦锦益,滕少花,赖志强,等. 优质高产牧草拉巴豆引种利用研究 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2016(11): 134-137, 140.
Wei J Y, Teng S H, Lai Z Q, et al. Study on the introduction and utilization of high-yielding quality Lablab purpureus(L.) Sweet forage [J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2016(11): 134-137, 140.
- [16] Jonathan W S. Introduction to plant population ecology [M]. London: Longman, 1982.
- [17] 杨胜. 饲料分析及饲料质量检测技术 [M]. 北京:北京农业大学出版社, 1993: 77-84.
Yang S. Feed analysis and feed quality testing technology [M]. Beijing: Press of Beijing Agricultural University, 1993: 77-84.

[18] 宁开桂. 实用饲料分析手册 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1993: 87-99.
Ning K G. Practical feed analysis manual [M]. Beijing: China's Agricultural Science and Technology Press, 1993: 87-99.

[19] 邓聚龙. 灰色系统基本方法: 汉英对照 [M]. 2 版. 武汉: 华中科技大学出版社, 2005.
Deng J L. The primary methods of grey system theory: Chinese-English [M]. Version 2. Wuhan: Huazhong University of Science Technology Press, 2005.

[20] 张振刚, 张福耀, 赵威军, 等. 甜高粱抗倒伏性研究进展 [J]. 山西农业科学, 2012, 40(8): 907-910.
Zhang Z G, Zhang F Y, Zhao W J, et al. Research advances on lodging resistance in sweet sorghum [J]. Shanxi Agricultural Science, 2012, 40(8): 907-910.

[21] 李英双, 胡 丹, 聂 蛟, 等. 甜荞株高和茎粗的遗传分析 [J]. 作物学报, 2018, 44(8): 1185-1195.
Li Y S, Hu D, Nie J, et al. Genetic analysis of plant height and stem diameter in common buckwheat [J]. Acta Agronomica Sinica, 2018, 44(8): 1185-1195.

[22] 张 哲, 杨 姝, 杜桂娟, 等. 遮阴对三种豆科牧草光合特性和叶绿素荧光参数的影响 [J]. 草业学报, 2013, 22(5): 212-219.
Zhang Z, Yang S, Du G J, et al. Effects of shade on the photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence parameters of three kinds of leguminous forage [J]. Acta Prataculturae Sinica, 2013, 22(5): 212-219.

[23] 来 强, 李青丰, 莫日根敖其尔, 等. 影响牧草含水量测定以及牧草干鲜比的主要因素 [J]. 中国草地学报, 2008, 31(4): 73-77.
Lai Q, Li Q F, Morigenaoqier, et al. A study on factors affecting moisture content measurement and ratio of forage fresh weight to dry weight [J]. Chinese Journal of Grassland, 2008, 31(4): 73-77.

[24] 谢开云, 张英俊, 李向林, 等. 无芒雀麦和紫花苜蓿在(1:1)混播中的竞争与共存 [J]. 中国农业科学, 2015, 48(18): 3767-3778.
Xie K Y, Zhang Y J, Li X L, et al. Competition and coexistence of alfalfa (*Medicago sativa* L.) and smooth brome (*Bromus inermis* Layss.) in mixture [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2015, 48(18): 3767-3778.

[25] Wit C T, Van den Bergh J P. Competition between herbage plants [J]. Netherlands Journal of Agricultural Science, 1965, 13: 212-221.

[26] Haynes R J. Competitive aspects of the grass-legume association [J]. Advances in Agronomy, 1980, 33: 227-261.

[27] 王玉祥, 王培培, 张 博. 不同种植模式对饲草产量的影响 [J]. 新疆农业科技, 2010(1): 58.
Wang Y X, Wang P P, Zhang B. Effects of different planting patterns on forage yield [J]. Xinjiang Agricultural Science and Technology, 2010(1): 58.

[28] Armstrong K L, Albrecht K A. Effect of plant density on forage yield and quality of intercropped corn and lablab bean [J]. Crop Science, 2008, 48: 814-822.

[29] 李洪影, 高 飞, 刘昭明, 等. 青贮玉米不同混播方式对饲料作物产量和品质的影响 [J]. 草地学报, 2011, 19(5): 825-829.
Li H Y, Gao F, Liu Z M, et al. Effects of different mixture sowing on yield and quality of forage crop [J]. Acta Agrestia Sinica, 2011, 19(5): 825-829.

[30] 李春喜, 叶润蓉, 孙 菁, 等. 祁连山牧区种植甜高粱及与箭筈豌豆混播的产量和品质研究 [J]. 青海草业, 2015, 24(4): 9-13, 17.
Li C X, Ye R R, Sun J, et al. Study on yield and quality of sweet sorghum planted in Qilian mountain pasturing area [J]. Qinghai Prataculture, 2015, 24(4): 9-13, 17.

[31] 张光雨, 王江伟, 张豪睿, 等. 西藏日喀则地区 8 个引进燕麦品种的生产性能和营养品质比较 [J]. 草业科学, 2019, 36(4): 1117-1125.
Zhang G Y, Wang J W, Zhang H R, et al. Comparative study on production performance and nutritional quality of eight imported oat varieties in the Shigatse region of Tibet, China [J]. Pratacultural Science, 2019, 36(4): 1117-1125.