

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2019-0438

黄泽, 崔增, 刘一帆, 刘玉, 武高林. 黄土高原半干旱区几种饲用植物生产与饲用价值比较. 草业科学, 2020, 37(4): 770-776.
HUANG Z, CUI Z, LIU Y F, LIU Y, WU G L. Comparison of productivity and feed value of different forage plants in the semi-arid regions of the Loess Plateau, China. Pratacultural Science, 2020, 37(4): 770-776.

黄土高原半干旱区几种饲用植物 生产与饲用价值比较

黄泽, 崔增, 刘一帆, 刘玉, 武高林

(西北农林科技大学 / 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 为了选出适宜在半干旱区种植的饲用植物, 选取饲用玉米 (*Zea mays*)、饲用高粱 (*Sorghum bicolor*) 和苏丹草 (*Sorghum sudanense*) 3种饲用作物和紫花苜蓿 (*Medicago sativa*)、老芒麦 (*Elymus sibiricus*) 2种牧草为研究对象, 在无灌溉和施肥的管理条件下, 比较分析其干物质产量、营养品质及饲用价值。结果表明, 高粱(引自日本)的株高最高(289.25 cm), 比甜高粱和玉米高约10%, 苏丹草 SP20(引自美国)株高最低(172.80 cm); 甜高粱干物质产量最高(17.38 kg·m⁻²), 其次为高粱(12.35 kg·m⁻²), 均显著高于玉米 ($P < 0.05$)。苏丹草中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)含量相对较低, 甜高粱与饲用玉米 NDF 和 ADF 含量差异不显著 ($P > 0.05$)。苏丹草和紫花苜蓿相对饲用价值(RFV)值较高(135~143), 其次是饲用玉米和甜高粱(107~109), 高粱和老芒麦最低(95~102)。综合分析结果表明, 在半干旱地区种植甜高粱具有与饲用玉米同等的饲用价值, 但甜高粱具有更高的产量, 因此在半干旱区种植甜高粱具有一定的发展潜力。

关键词: 半干旱区; 干物质产量; 甜高粱; 营养品质

文献标志码: A 文章编号: 1001-0629(2020)04-0770-07

Comparison of productivity and feed value of different forage plants in the semi-arid regions of the Loess Plateau, China

HUANG Ze, CUI Zeng, LIU Yifan, LIU Yu, WU Gaolin

(State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau,
Northwest A & F University, Yangling 712100, Shaanxi, China)

Abstract: In order to select suitable forage plants for semi-arid regions, three typical forage crops, including forage corn (*Zea mays*), forage sorghum (*Sorghum bicolor*) and sudangrass (*Sorghum sudanense*), and two forage grasses alfalfa (*Medicago sativa*) and siberian wildrye (*Elymus sibiricus*), were selected to compare and analyze their dry matter yield, nutritional quality and forage value. The results showed that the plant height of sorghum (from Japan) was the highest (289.25 cm), which was approximately 10% higher than that of sweet sorghum and maize. The plant height of sudangrass SP20 (from America) was the lowest (172.80 cm). The dry matter yield of sweet sorghum was the highest (17.38 kg·m⁻²), followed by sorghum (12.35 kg·m⁻²), both of which were higher than that of maize ($P < 0.05$). The content of neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) in sudangrass was relatively low, and the difference between sweet sorghum and forage maize was not significant ($P > 0.05$). The relative feed values (RFV) of sudangrass and alfalfa were

收稿日期: 2019-08-26 接受日期: 2019-12-16

基金项目: 陕西省重点研发计划 (2017NY-065)

第一作者: 黄泽 (1991-), 女, 宁夏银川人, 在读博士生, 主要从事草地生态学方面研究。E-mail: huangzee130@163.com

通信作者: 武高林 (1981-), 男, 山西文水人, 研究员, 博士, 主要从事草地生态恢复与水土保持方面的相关研究。E-mail: wugaolin@nwsuaf.edu.cn

<http://cykx.lzu.edu.cn>

highest (135~143), followed by forage maize and sweet sorghum (107~109), and sorghum and siberian wildrye were the lowest (95~102). It was concluded that sweet sorghum had similar forage value to forage maize, but had a higher yield, which has greater development potential in semi-arid areas.

Keywords: semi-arid areas; hay yield; sweet sorghum; nutritional quality

Corresponding author: WU Gaolin E-mail: wugaolin@nwsuaf.edu.cn

随着我国草食畜牧业的迅速发展, 饲草需求量激增, 而目前我国农业种植结构中, 粮食和饲料作物的种植面积远远大于青绿饲草, 且多年来玉米 (*Zea mays*) 的大规模种植, 使得玉米产量过剩, 影响农民增收^[1]。基于此, 国家推行了“粮改饲”政策, 旨在通过调整种植结构, 即调减饲料玉米种植, 增加青贮玉米和紫花苜蓿 (*Medicago sativa*) 等饲草种植, 以增加优质饲草供给, 推动草食畜牧业发展, 促进农民增收^[2-3]。

在饲用植物中, 饲用玉米作为饲料的主要来源, 在农业生产中占据重要地位, 而在水资源有限区域, 饲用高粱 (*Sorghum bicolor*) 在提高饲草产量上具有重大潜力^[4]。美国在 21 世纪初就开展了关于饲用高粱替代青贮玉米的研究^[5]。研究发现, 相比于种植高粱, 种植玉米对土壤水分和养分的要求更高^[6]。而且, 饲用高粱具有高效稳定的水分利用效率、抗寒性、耐热性以及营养价值和生产力^[7]。甜高粱作为饲用高粱的一种, 在非水分限制条件下其产量在 C₄ 作物中相对较高^[8]。与青贮玉米相比, 青贮甜高粱饲喂奶牛使产奶量日增 850~1 850 g^[9]。因此, 饲用高粱对提高草食家畜生产水平和产品质量具有重要意义, 应用前景十分广阔。此外, 紫花苜蓿作为优质的多年生豆科牧草, 在世界范围内广泛种植, 但由于其高耗水特性, 对区域土壤水环境产生不利影响, 土壤水分的降低也会造成紫花苜蓿产量的下降^[10]。因此, 在特定环境条件下, 选择适宜的饲草类型, 对区域环境和饲草产量具有重要意义。

我国干旱半干旱区土地面积占国土面积的 52.5%, 开发利用程度较低, 但发展潜力巨大^[11], 是发展旱地农业的重要土地资源, 选择适宜的饲草对提高该区饲料产量和品质具有重要意义。基于此, 本研究选取 3 种饲用作物和 2 种牧草为研究对象, 在晋中黄土高原半干旱区进行试验研究, 对产草量、营养品质及饲用价值进行测定和比较,

以为选择适宜该区推广种植的饲用作物提供理论基础。

1 材料与方 法

1.1 研究区域概况

试验地位于山西省吕梁市文水县 (37°27' N, 112°03' E), 属于典型的黄土地貌区。年均降水量为 450~550 mm, 每年的无霜期为 110~170 d, 年均气温为 8.9 °C, 年均日照时间 2 552 h, 年蒸发量 1 659 mm; 该地区属温带大陆性季风气候, 干旱指数大约为 2。文水县农业以种植玉米为主, 种植面积约 267 km²。

1.2 试验材料

本研究选取的饲用植物包括饲用玉米 (*Zea mays*)、饲用高粱 (*Sorghum bicolor*)、苏丹草 (*Sorghum sudanense*)、紫花苜蓿 (*Medicago sativa*) 及老芒麦 (*Elymus sibiricus*)。其中饲用玉米为郑青 1 号, 饲用高粱为甜高粱和高粱 (引自日本), 苏丹草为苏丹草 SP20 和 GW400 (引自美国), 紫花苜蓿品种为陕北紫花苜蓿。

1.3 试验设计

每种饲用植物设置 3 个 6.0 m × 8.0 m 的试验小区, 共计 21 个, 在播种前精细整地。于 2017 年 5 月上旬进行播种, 谷类饲用植物采用人工点播的方式, 播种的行距设置为 50 cm, 株距为 25 cm, 每窝点籽 2~3 粒; 紫花苜蓿和老芒麦采用人工开沟条播的方式进行播种, 紫花苜蓿的播种量为 1.5 g·m⁻², 老芒麦的播种量为 7.5 g·m⁻²。为保证种子顺利发芽, 在播种后浇一次水, 之后不施肥不浇水, 不定期去除杂草。

1.4 测定指标

在收获期, 即 9 月中旬, 每个小区随机选取 5 株植物测定其自然株高。在每个小区设置 3 个

1 m × 1 m 的样方, 将样方内的植株砍下, 在 105 °C 的烘箱中杀青 30 min 后, 在 75 °C 下烘干至恒重, 称重后计算干物质产量。取全株植物切段粉碎, 用于测定植株的营养品质; 另将植株的茎叶分离, 分别进行粉碎, 用于测定植株茎秆和叶片的营养品质。营养成分指标包括粗蛋白 (crude protein, CP)、中性洗涤纤维 (neutral detergent fiber, NDF)、酸性洗涤纤维 (acid detergent fiber, ADF) 和体外干物质消化率 (*in vitro* dry matter digestibility, IVDMD)。其中 NDF 和 ADF 采用 ANKOM 2000i 全自动纤维分析仪进行测定。CP 采用全自动凯氏定氮仪 (FOSS Kjeltec 8100) 测定。利用 Daisy PII 体外模拟培养法测定 IVDMD。此外, 总可消化养分 (total digestible nutrients, TDN)、干物质采食量 (dry matter intakes, DMI)、干物质消化率 (digestible dry matter, DDM)、相对饲喂价值 (relative feed value, RFV) 和相对牧草品质 (relative feed quality, RFQ) 通过计算得出。计算公式如下^[12-14]:

$$TDN = 82.38 - (0.7515 \times ADF);$$

$$DMI = 120/NDF;$$

$$DDM = 88.9 - (0.779 \times ADF);$$

$$RFV = DMI \times DDM / 1.29;$$

$$RFQ = TDN \times DMI / 1.23。$$

1.5 数据处理

试验数据采用 Microsoft Excel 2016 记录并整理原始数据, 运用 SPSS 19.0 分析试验数据。所有数据采用单因素方差分析 (One-way ANOVA), 运用 Duncan 法进行多组样本间差异显著性分析, $P < 0.05$ 说明差异显著。

2 结果与分析

2.1 不同饲用植物生产性能

在收割期, 饲用作物之间, 高粱和玉米的株高显著高于苏丹草 (表 1, $P < 0.05$)。其中, 高粱的株高最高 (289.25 cm), 比甜高粱和玉米的株高高约 10%, 而苏丹草 SP20 株高最低 (172.80 cm)。

在 7 种饲用植物中, 甜高粱干物质产量最高 (17.38 kg·m⁻²), 显著高于其他植物 ($P < 0.05$); 其次为高粱 (12.35 kg·m⁻²), 两品种苏丹草间干物质产量差异不显著 ($P > 0.05$), 但显著高于玉米与紫花苜蓿, 老芒麦干物质产量最低 (0.58 kg·m⁻²), 显著低于其他植物 (表 1)。

2.2 不同饲用植物营养品质及消化率比较

除苏丹草叶片中 NDF 的含量高于茎秆外, 其他饲用植物叶片中 NDF 和 ADF 含量均低于茎秆, 叶片中 CP 的含量高于茎秆 (表 2)。玉米、甜高粱和高粱叶片中 NDF 含量无显著差异 ($P > 0.05$), 但显著高于苏丹草 SP20 和 GW400 ($P < 0.05$)。高粱茎秆中 NDF 含量最高, 显著高于其他饲用植物 ($P < 0.05$); 玉米和甜高粱茎秆中 NDF 含量差异不显著 ($P > 0.05$), 苏丹草 SP20 和 GW400 茎秆中 NDF 含量最低。高粱叶片和茎秆中 ADF 含量最高, 显著高于玉米和苏丹草 ($P < 0.05$), 其中苏丹草 SP20 叶片和茎秆中 ADF 含量最低。苏丹草叶片中 CP 含量最高, 其次为甜高粱, 而玉米 (12.10%) 和高粱 (12.53%) 叶片中 CP 含量最低。玉米和甜高粱茎秆中 CP 量最高, 其次为高粱, 均显著高于苏丹草 ($P < 0.05$)。7 种全株饲用植物中, 老芒麦 NDF 和

表 1 不同饲用植物株高和干物质产量
Table 1 Plant height and dry matter yield of different forages

饲用植物 Forage	株高 Plant height/cm	干物质产量 Dry matter yield/(kg·m ⁻²)
饲用玉米 Forage maize	263.40 ± 12.56b	3.17 ± 0.63d
甜高粱 Sweet sorghum	264.20 ± 16.45b	17.38 ± 0.44a
高粱 Sorghum	289.25 ± 30.48a	12.35 ± 1.87b
苏丹草 SP20 Sudangrass SP20	172.80 ± 7.89c	8.26 ± 1.06c
苏丹草 GW400 Sudangrass GW400	254.00 ± 18.11b	6.90 ± 0.94c
紫花苜蓿 Alfalfa	35.40 ± 4.34e	3.67 ± 0.39d
老芒麦 Siberian wildrye	99.40 ± 10.64d	0.58 ± 0.05e

同列不同小写字母表示不同饲用植物间差异显著 ($P < 0.05$); 下同。

Different lowercase letters indicate significant differences between different forage plants at the 0.05 level; similarly for the following tables.

表 2 不同饲用植物叶片和茎秆中的 NDF、ADF 和 CP 含量
Table 2 Neutral detergent fibre (NDF), acid detergent fibre (ADF) and crude protein (CP) content in the leaf and stem of different forages planted in the semi-arid regions of the Loess Plateau, China

饲用植物 Forage	叶片 Leaf			茎秆 Stem		
	中性洗涤纤维 NDF/%	酸性洗涤纤维 ADF/%	粗蛋白 CP/%	中性洗涤纤维 NDF/%	酸性洗涤纤维 ADF/%	粗蛋白 CP/%
玉米 Forage maize	54.02 ± 0.79a	27.35 ± 0.17b	12.10 ± 0.48d	56.37 ± 0.76b	34.43 ± 0.66b	7.18 ± 0.55a
甜高粱 Sweet sorghum	54.13 ± 0.53a	27.46 ± 0.36b	14.21 ± 0.12c	57.44 ± 1.33b	33.58 ± 0.61c	6.38 ± 0.14ab
高粱 Sorghum	54.69 ± 0.49a	28.15 ± 0.72a	12.53 ± 0.19d	59.19 ± 0.40a	36.50 ± 0.14a	6.29 ± 0.74b
苏丹草 SP20 Sudangrass SP20	47.06 ± 1.08c	23.12 ± 0.43d	16.89 ± 0.09a	44.97 ± 0.24c	24.63 ± 0.38e	5.15 ± 0.13c
苏丹草 GW400 Sudangrass GW400	50.72 ± 0.23b	24.87 ± 0.07c	16.11 ± 0.21b	44.83 ± 1.03c	25.85 ± 0.30d	5.07 ± 0.31c

ADF 含量最高, 其次是高粱; ADF 含量最低的为美国苏丹草 SP20, 紫花苜蓿 NDF 含量最低, 而 ADF 含量仅次于老芒麦和高粱 (表 3)。

就整株植物而言 (表 3), 玉米与甜高粱 NDF 和 ADF 含量差异不显著 ($P > 0.05$), 但显著高于苏丹草, 低于高粱 ($P < 0.05$)。紫花苜蓿中 CP 含量最高, 比老芒麦高约 55%; 苏丹草 SP20、甜高粱和

玉米 CP 含量差异不显著, 但显著高于高粱 ($P < 0.05$)。苏丹草叶和茎 IVDMD 均高于其他饲草, 其中叶 IVDMD 比甜高粱、高粱和玉米分别高约 3%, 10% 和 20%; 在整株植物中, 苏丹草 SP20 IVDMD 最高 (59.78%), 其次为苏丹草 GW400 (57.23%), 老芒麦的 IVDMD 最低 (29.85%), 而在饲用作物中, 玉米的 IVDMD 最低 (50.78%)。

表 3 全株饲用植物中 NDF、ADF、CP 含量及 IVDMD
Table 3 Neutral detergent fibre (NDF), acid detergent fibre (ADF), crude protein (CP) content and *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) of the whole forages planted in the semi-arid regions of the Loess Plateau, China

饲用植物 Forage	中性洗涤纤维 NDF	酸性洗涤纤维 ADF	粗蛋白 CP	体外干物质消化率 IVDMD
玉米 Forage maize	55.28 ± 0.21c	31.14 ± 0.40d	9.47 ± 0.51cd	50.78
甜高粱 Sweet sorghum	55.96 ± 0.86c	30.85 ± 0.39d	9.88 ± 0.09c	53.43
高粱 Sorghum	57.49 ± 0.36b	33.35 ± 0.33b	8.65 ± 0.40f	52.73
苏丹草 SP20 Sudangrass SP20	45.82 ± 0.57e	24.01 ± 0.32f	9.94 ± 0.08c	59.79
苏丹草 GW400 Sudangrass GW400	46.96 ± 0.57d	25.49 ± 0.22e	9.07 ± 0.18df	57.23
紫花苜蓿 Alfalfa	43.44 ± 0.96f	32.63 ± 0.40c	17.55 ± 0.10a	54.12
老芒麦 Siberian wildrye	60.41 ± 0.37a	34.19 ± 0.05a	11.33 ± 0.19b	29.85

2.3 不同饲用植物饲用价值比较

苏丹草 SP20 的 TDN 和 DDM 最高, 其次苏丹草 GW400, 老芒麦 TDN 和 DDM 最低 (表 4)。除玉米与甜高粱 TDN 和 DDM 差异不显著 ($P > 0.05$) 外, 其他饲用植物间差异显著 ($P < 0.05$)。各饲用植物的 DMI 在 1.99%~2.76%, 其中紫花苜蓿最高, 老芒麦最低, 除玉米与甜高粱差异不显著外, 其他饲用植物间差异显著 ($P < 0.05$); 而在几

种饲用植物中, 苏丹草 SP20 DMI 最高 (2.62%), 高粱最低 (2.09%)。苏丹草 SP20 的 RFV (142.52%) 和 RFQ (137.00%) 最高, 其次为紫花苜蓿和苏丹草 GW400, 老芒麦和高粱的 RFV 及 RFQ 最低。

3 讨论

高粱具有较高的饲用价值和抗旱能力, 已有研究表明, 饲用玉米与高粱在产生相同生物量的前

表4 不同饲用植物 TDN、DDM、DMI、RFV 和 RFQ

Table 4 The total digestible nutrients (TDN), digestible dry matter (DDM), dry matter intakes (DMI), relative feed value (RFV) and relative feed quality (RFQ) of different forages planted in the semi-arid regions of the Loess Plateau, China

饲用植物 Forage	总可消化养分 TDN	可消化干物质 DDM	干物质采食量 DMI	相对饲喂价值 RFV	相对牧草品质 RFQ	%
玉米 Forage maize	58.98 ± 0.30c	64.64 ± 0.31c	2.17 ± 0.01d	108.78 ± 0.93c	104.09 ± 0.92c	
甜高粱 Sweet sorghum	59.20 ± 0.29c	64.87 ± 0.30c	2.14 ± 0.03d	107.85 ± 2.13c	103.22 ± 2.07c	
高粱 Sorghum	57.32 ± 0.25e	62.92 ± 0.26e	2.09 ± 0.01e	101.81 ± 0.87d	97.27 ± 0.85d	
苏丹草SP20 Sudangrass SP20	64.33 ± 0.24a	70.19 ± 0.25a	2.62 ± 0.03b	142.52 ± 2.26a	137.00 ± 2.20a	
苏丹草GW400 Sudangrass GW400	63.22 ± 0.16b	69.04 ± 0.17b	2.56 ± 0.03c	136.77 ± 2.00b	131.36 ± 1.94b	
紫花苜蓿 Alfalfa	57.86 ± 0.30d	63.48 ± 0.31d	2.76 ± 0.06a	135.99 ± 3.67b	129.99 ± 3.55b	
老芒麦 Siberian wildrye	56.69 ± 0.04f	62.27 ± 0.04f	1.99 ± 0.01f	95.88 ± 0.64e	91.55 ± 0.62e	

提下,其耗水量是高粱的两倍^[6]。目前,我国已经习惯用饲用玉米和干草作饲料,因而在生产上推广具有一定的困难,不利于我国畜牧业的发展^[15-16]。生物产量和营养品质是评价饲用植物优劣的主要依据^[17],因此,研究比较不同饲用植物的产量及营养价值对于合理利用饲用植物,提高饲草产量具有重要意义。

NDF 含量高的饲用植物适口性差,影响牲畜的采食率,ADF 影响饲用植物的消化率^[18],NDF、ADF 及 IVDMD 常用于衡量家畜对饲料消化能力^[19]。本研究中饲用植物的 IVDMD 为 29%~60%,其中苏丹草的 IVDMD 相对较高,是老芒麦的一倍,比紫花苜蓿和饲用高粱高约 10%,此外,其 NDF 和 ADF 的含量显著低于其他饲用植物。紫花苜蓿与老芒麦的 CP 含量显著高于其他饲用植物,而饲用玉米、高粱与苏丹草的 CP 含量差异不显著,此外,高粱与饲用玉米 NDF 和 ADF 含量差异不显著,与陈玲玲等^[20]的研究结果一致。徐文华^[21]在灌溉和施肥条件下,对高粱和苏丹草饲用品质进行研究,发现高粱的 CP 含量高于苏丹草,这可能与栽培管理措施有关。

进一步分析几种饲用植物的饲喂价值得出,苏丹草的 TDN 和 DDM 相对较高,其次是玉米和甜高粱,而老芒麦的 TDN 和 DDM 最低。DMI 最高的是紫花苜蓿,其次为苏丹草,玉米和甜高粱差异不显著,老芒麦的 DMI 最低。通过上述分析可知,苏丹草的适口性较好,采食率高,而且家畜对其消化能力较高。RFV 值越大,说明饲用植物

的饲用价值越高。本研究中,苏丹草和紫花苜蓿 RFV 值较高(135~143),其次是饲用玉米和甜高粱(107~109),高粱和老芒麦最低(95~102),分别达到了红敏等^[22]粗饲料分级标准的 1 级、2 级和 3 级。表明甜高粱与饲用玉米的 RFV 同级,仅次于苏丹草和紫花苜蓿。通常情况下,玉米的 RFV 高于高粱,但玉米的营养价值主要体现在籽粒上,在干旱的环境条件下,限制了玉米的生产,对干物质产量和品质产生不利影响^[15]。

因而在不施肥无灌溉条件下,除苏丹草消化率较高外,饲用玉米、高粱及苏丹草的营养品质差异不显著,因此,为提高饲料产量,应重点考虑饲用植物的生产力。在不同饲用植物中,干物质产量表现为饲用高粱 > 苏丹草 > 紫花苜蓿 > 饲用玉米 > 老芒麦,其中甜高粱的干物质产量最高。柳金良等^[15]研究了甜高粱、玉米和苏丹草产量,发现甜高粱的干物质产量高于玉米和苏丹草,产量优势十分明显。这与植物的株高和茎粗有一定的关系。研究表明,饲用高粱的株高相对较高,其次是饲用玉米,苏丹草株高相对较低。在茎粗方面,最粗的是高粱,其次是玉米,苏丹草最细^[17]。从株高和茎粗可知,饲用高粱的高产性是由于其较高的株高和茎粗,而苏丹草产量高于饲用玉米是由于其较强的分蘖能力^[23]。由此可知,饲用高粱,特别是甜高粱比其他几种饲用植物具有产量上的绝对优势。

紫花苜蓿是一种优质牧草,在我国广泛种植作为家畜饲料,我国每年生产的苜蓿约为 20 万 t,

与对优质牧草 1 000 万 t 的需求量相比, 我国饲草产量存在着很大的缺口^[24]。饲用高粱与饲用玉米饲草的饲用价值无显著差异, 而干物质产量显著高于苏丹草、饲用玉米及紫花苜蓿。此外, 种植饲用高粱, 特别是甜高粱比种玉米饲草对土壤水分和养分的要求要低, 更能降低成本, 节约耕地^[6, 11]。因此, 在降水少、土壤相对贫瘠而面积广大的干旱半干旱区, 应适当考虑用饲用高粱代替饲用玉米作为饲草的种植策略, 以提高干旱半干旱区的生产潜力, 进而提高我国饲草产量。

4 结论

高粱、甜高粱和玉米的株高相对较高, 甜高粱和高粱的产量最高, 表现出高产优势。苏丹草 NDF 和 ADF 含量相对较低, 表现出较好的适口性和较高的消化率。饲用作物中苏丹草 SP20、甜高粱和玉米的 CP 含量相对较高。在这几种饲用植物中, 苏丹草的 RFV 较高, 饲用玉米和甜高粱的 RFV 差异不显著。综合分析可知, 高粱和苏丹草相比于其他几种饲用植物在品质上具有一定优势, 其中甜高粱具有绝对的干物质产量优势, 是替代饲用玉米在干旱半干旱区推广的优良植物。

参考文献 References:

- [1] 王怡然, 孙芳, 崔文典. “粮改饲”背景下农牧业资源有效配置文献研究. 特区经济, 2017(9): 100-104.
WANG Y R, SUN F, CUI W D. A literature study on the effective allocation of farming and animal husbandry resources under the background of “Food change feed”. Special Zone Economy, 2017(9): 100-104.
- [2] 杨春, 韩振. “粮改饲”试点推进探索. 农业展望, 2017(10): 33-36.
YANG C, HAN Z. Exploration on the pilot of “Changing Grain to Forage”. Agricultural Outlook, 2017(10): 33-36.
- [3] 郑瑞强, 刘小春, 杨丽萍. “粮改饲”政策效应分析与关键问题研究观点. 饲料工业, 2016, 37(3): 62-64.
ZHENG R Q, LIU X C, YANG L P. “Grain for forage” policy effect analysis and key issues research review. Feed Industry, 2016, 37(3): 62-64.
- [4] 冯葆昌, 王显国, 张尚雄, 玉柱, 邱淑彬, 李源, 刘贵波, 刘忠宽. 高粱作为饲用玉米替代作物的潜力. 中国奶牛, 2017(8): 1-6.
FENG B C, WANG X G, ZHANG S X, YU Z, QIU S B, LI Y, LIU G B, LIU Z K. Potential of sorghum as an alternative to corn forage. China Dairy Cattle, 2017(8): 1-6.
- [5] KETTERINGS Q M, GODWIN G, CHERNEY J H, KILCER T F. Potassium management for brown midrib sorghum sudangrass as replacement for corn silage in the north-eastern USA. Journal of Agronomy and Crop Science, 2005, 191(1): 41-46.
- [6] ZEGADA-LIZARAZU W, ZATTA A, MONTI A. Water uptake efficiency and above- and belowground biomass development of sweet sorghum and maize under different water regimes. Plant and Soil, 2012, 351(1/2): 47-60.
- [7] HADEBE S T, MODI A T, MABHAUDHI T. Drought tolerance and water use of cereal crops: A focus on sorghum as a food security crop in sub-Saharan Africa. Journal of Agronomy and Crop Science, 2017, 203: 177-191.
- [8] DERCAS N, LIAKATAS A. Water and radiation effect on sweet sorghum productivity. Water Resources Management, 2017, 21(9): 1585-1600.
- [9] 李春喜, 冯海生. 甜高粱在青海高原不同海拔生态区的适应性研究. 草业学报, 2013, 22(3): 51-59.
LI C X, FENG H S. A study on the adaptability of sweet sorghum planted in different altitudinal areas of the Qinghai plateau. Acta Prataculturae Sinica, 2013, 22(3): 51-59.
- [10] HUANG Z, LIU Y, CUI Z, FANG Y, HE H H, LIU B R, WU G L. Soil water storage deficit of alfalfa (*Medicago sativa*) grasslands along ages in arid area (China). Field Crops Research, 2018, 221: 1-6.
- [11] 赵松岭. 黄土高原半干旱区雨养农业研究与开发. 科学·经济·社会, 1990(4): 206-207.
ZHAO S L. Research and development of rain-fed agriculture in semi-arid region of Loess Plateau. Science · Economy · Society, 1990(4): 206-207.
- [12] ROHWEDER D A, BARNES R F, NEAL J. Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. Journal of Animal Science, 1978, 47(3): 747-759.

- [13] 张吉鹏, 卢德勋, 刘建新, 包赛娜, 邹庆华, 刘庆华. 粗饲料品质评定指数的研究现状及其进展. 草业科学, 2004, 21(9): 55-61.
ZHANG J K, LU D X, LIU J X, BAO S N, ZHOU Q H, LIU Q H. The Present research situation and progress of crude fodder quality evaluation index. Pratacultural Science, 2004, 21(9): 55-61.
- [14] 熊乙, 许庆方, 玉柱, 周倩, 叶占胜, 欧翔, 马菱艺. 不同产地燕麦干草养分及饲用价值. 草业科学, 2018, 35(10): 165-170.
XIONG Y, XU Q F, YU Z, ZHOU Q, YE Z S, OU X, MA L Y. Evaluation of nutritional and feeding value of oat hay from different region. Pratacultural Science, 2018, 35(10): 165-170.
- [15] 柳金良, 郑琪, 孙志强, 柳发财, 石晓英, 贺春贵. 西北旱作区酿饲兼用高粱育种目标与策略. 现代农业科技, 2017(14): 25-28.
LIU J L, ZHENG Q, SUN Z J, LIU F C, SHI X Y, HE C G. Breeding objectives and strategy for brewing-forage sorghum in northwest dry farming areas. Modern Agricultural Science and Technology, 2017(14): 25-28.
- [16] 李珊珊, 李飞, 白彦福, 尚占环. 甜高粱饲用价值及饲喂奶牛技术. 草业科学, 2017, 34(7): 1534-1541.
LI S S, LI F, BAI Y F, SHANG Z H. Sweet sorghum feeding value and dairy cows. Pratacultural Science, 2017, 34(7): 1534-1541.
- [17] 吴有松, 周雪, 赵相勇. 普安县夏季适生饲草产量及品质比较分析. 贵州畜牧兽医, 2015, 39(6): 59-61.
WU Y S, ZHOU X, ZHAO X Y. Analysis on summer suitable forage yield and quality in Puan. Guizhou Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2015, 39(6): 59-61.
- [18] 陈楷行. 正确评估青贮饲料的质量和营养价值. 今日畜牧兽医, 2016(11): 24, 32.
CHEN K X. To correctly evaluate the quality and nutritional value of silage. Today Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2016(11): 24, 32.
- [19] 林语梵, 朱鸿福, 王丽慧, 张桂杰. 宁夏黄灌区专用青贮玉米品种生产性能和营养价值研究. 草业学报, 2019, 28(8): 40-48.
LIN Y F, ZHU H F, WANG L H, ZHANG G J. Yield and nutritional value of silage maize varieties in Ningxia Yellow River irrigation area. Acta Prataculturae Sinica, 2019, 28(8): 40-48.
- [20] 陈玲玲, 乌艳红, 杨秀芳, 那日苏. 禾本科饲料作物营养价值比较研究. 饲料研究, 2012(7): 83-84.
CHEN L L, WU Y H, YANG X F, SU R N. Comparative study of nutritional value in gramineae forage crops. Feed Research, 2012(7): 83-84.
- [21] 徐文华. 高粱、苏丹草及高粱-苏丹草杂交种产量和饲用品质的比较. 作物学报, 2006, 32(8): 1218-1222.
XU W H. Comparison of yield and nutritive value in sorghum, sudangrass and sorghum-sudangrass hybrid. Acta Agronomica Sinica, 2006, 32(8): 1218-1222.
- [22] 红敏, 高民, 卢德勋, 胡红莲. 粗饲料品质评定指数新一代分级指数的建立及与分级指数(GI2001)和饲料相对值(RFV)的比较研究. 畜牧与饲料科学, 2011, 32(9/10): 143-146.
HONG M, GAO M, LU D X, HU H L. New forage grading index: Its establishment and comparative study on the evaluation of forage quality with the grading index-2001 (GI2001) and relative feed value (RFV). Animal Husbandry and Feed Science, 2011, 32(9/10): 143-146.
- [23] 丁成龙, 沈益新. 10个苏丹草品种在南方的生长表现. 中国草地学报, 2001, 23(2): 34-37.
DING C L, SHEN Y X. The growth expression of ten sudangrass cultivars in southern region of China. Grassland of China, 2001, 23(2): 34-37.
- [24] 云锦凤, 孙启忠. 抓住机遇开创我国苜蓿产业化新局面. 北京: 第二届中国苜蓿发展大会, 2003.
YUN J F, SUN Q Z. Seize the opportunity to create a new situation of alfalfa industrialization in China. Beijing: The Second China Alfalfa Development Conference, 2003.

(责任编辑 王芳)