

8个紫花苜蓿品种在柴达木旱区的生产性能综合评价

徐航,何霖,宋美琪,金玲,鲍根生,刘勇,魏小星

(青海大学畜牧兽医科学院,青海省青藏高原优良牧草种质资源利用重点实验室,青海 西宁 810016)

摘要:为筛选出适宜青海省柴达木旱区种植的紫花苜蓿品种,于2020—2022年对引进的8个紫花苜蓿品种进行生产性能评比试验,并采用隶属函数法综合评价适合柴达木旱区种植的优质紫花苜蓿品种。两年试验结果表明:(1)在2021年,东苜2号的干草产量最高,为 $11\,373.44\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$;在2022年,龙牧803的干草产量最高,为 $13\,485.54\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$;(2)5909在两年的粗蛋白含量和相对饲喂价值均最高,分别为14.71%和126.01、14.07%和128.01,而酸性洗涤纤维含量均最低,分别为38.67%和36.90%;东苜2号两年的中性洗涤纤维含量均最低,分别为53.68%和51.35%;(3)基于隶属函数法对各紫花苜蓿品种生产性能的综合评价,东苜2号、龙牧803和5909综合性状表现较好,在柴达木干旱区适应性强、饲草产量及品质最优,建议在本地优先推广种植。

关键词:紫花苜蓿;生产性能;隶属函数;综合评价;柴达木旱区

中图分类号:S551⁺.7;S32 文献标志码:A

Comprehensive evaluation of the production performance of eight alfalfa varieties in the arid area of Qaidam

XU Hang, HE Lin, SONG Meiqi, JIN Ling, BAO Gensheng, LIU Yong, WEI Xiaoxing

(Academy of Animal Husbandry and Veterinary Science, Qinghai University, Key Laboratory of Excellent Forage Germplasm Resources Utilization in the Qinghai-Tibetan Plateau, Xining, Qinghai 810016, China)

Abstract: To screen alfalfa cultivars suitable for planting in the Qaidam arid area in Qinghai Province, eight introduced alfalfa cultivars were subjected to a production performance evaluation test from 2020 to 2022, and a comprehensive evaluation of high-quality alfalfa cultivars suitable for planting in the Qaidam arid area was carried out by using the method of the affiliation function. The results of the two-year experiment showed that: (1) In 2021, Dongmu No. 2 had the highest hay yield of $11\,373.44\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, and in 2022, Longmu 803 had the highest hay yield of $13\,485.54\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$. (2) 5909 had the highest crude protein and relative feeding value in both years, with values of 14.71% and 126.01, 14.07% and 128.01, respectively, while acid detergent fiber content was the lowest in both years, with values of 38.67% and 36.90%. Dongmu No. 2 had the lowest neutral detergent fiber content in both years, with values of 53.68% and 51.35%. (3) Based on the comprehensive evaluation of the production performance of each alfalfa variety by the affiliation function method, Dongmu No. 2, Longmu 803 and 5909 performed better in terms of comprehensive traits, with strong adaptability, optimal forage yield and quality in the Qaidam arid area, and it is recommended to give priority to local planting.

Keywords: alfalfa; production performance; affiliation function; comprehensive evaluation; Qaidam arid area

柴达木盆地是我国四大盆地之一,位于青藏高原北缘,拥有近666.7万 hm^2 天然草地和30万 hm^2 的宜农荒地^[1]。柴达木盆地属于干旱半干旱区,生

态环境严酷,牧草生长季短,适宜种植的优质牧草品种匮乏,同时牧草产量低,营养价值低^[2],急需引进适应性强、蛋白含量高的优质牧草。目前,柴达木

收稿日期:2023-03-09

修回日期:2023-10-07

基金项目:青海省创新平台项目(2021-ZJ-T01);中国科学院“西部之光”人才培养计划(2021-XBZG-12);青海省“高端创新人才计划”(2020-PYBJ-84)

作者简介:徐航(1999-),男,安徽池州人,硕士研究生,研究方向为牧草种质资源与栽培育种。E-mail: xhxuhang1999@163.com

通信作者:魏小星(1985-),男,青海西宁人,副研究员,主要从事青藏高原抗逆草种质资源创新与利用研究。E-mail: wuiko@163.com

盆地栽培草地建植多采用抗寒性强的禾本科牧草,主要以燕麦(*Avena sativa*)、早熟禾(*Poa pratensis*)和披碱草(*Elymus nutans*)为主^[3-5],这些禾本科栽培草地缓解了当地牲畜冬、春季补饲物质匮乏的现状,但禾本科牧草养分主要以能量性的粗纤维为主,粗蛋白含量低,无法满足家畜健康生长和生态畜牧业的发展需求。

紫花苜蓿(*Medicago sativa*)是多年生豆科植物,其产量高、品质好、适应性广^[6],是我国乃至全球栽培面积最大的牧草^[7]。作为优质的豆科牧草,种植紫花苜蓿不仅能切实解决柴达木盆地饲草不足、蛋白缺乏的现状^[8],同时,其根系固氮作用也能提升土壤肥力、改善生态环境^[9]。然而,不同品种紫花苜蓿生长性能差异较大,产量及品质差异明显,筛选出适宜于柴达木地区的优质品种是畜牧业及饲草产业发展的前提^[10-11]。近年来,李松阳等^[1]在柴达木盆地中度盐碱地上对 6 个紫花苜蓿品种进行耐盐适应性及生产性能评比试验,利用层次分析法进行了生产性能综合评价及排序,发现中草 6 号和中苜 1 号综合得分高、生产性能好。海花等^[12]在德令哈地区引进了 5 个紫花苜蓿品种进行适应性试验,通过对生育期、鲜草产量、抗逆性等指标进行比较,发现引进的 5 个紫花苜蓿品种越冬率在 70% 以上,生产性能较好,可供生产推广应用。

前人针对柴达木盆地的引种试验主要集中在紫花苜蓿的抗逆性、生产性能和越冬率等方面的研

究,但对紫花苜蓿农艺性状和营养品质的双影响关联度研究甚少。因此,本研究在青海省柴达木盆地引种植了 8 个不同品种紫花苜蓿,分别为中兰 2 号(Zhonglan No.2)、龙牧 806(Longmu 806)、龙牧 803(Longmu 803)、金皇后(Golden empress)、公农 1 号(Gongnong No.1)、东苜 2 号(Dongmu No.2)、5909 和 425。通过对其生产性能和品质进行测定和分析,明确各紫花苜蓿品种在该地区的生产性能,筛选出适宜在青海省柴达木盆地种植并能够大面积推广的紫花苜蓿品种,助力旱区草产业可持续发展。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于青海省海西州德令哈市旱区草种质资源试验站(97°37'E,37°37'N),海拔 2 980 m,土壤类型为棕钙土,前茬作物为燕麦(*Avena sativa*)。

试验区属高原大陆性气候,具高寒缺氧、空气干燥、少雨多风、年内四季不分明等特点。年平均气温 4.5℃,极端高温和极端低温分别为 35℃ 和 -37℃,年平均降雨量 169 mm,日光辐射量 669.7~732.5 kJ·cm⁻²,全年日照时数 3 554 h。

1.2 试验材料

试验所选用的 8 个紫花苜蓿品种从青海省畜牧兽医科学院引入,以当地主栽品种甘农 9 号(Gannong No.9)为对照(CK),详见表 1。

表 1 参试紫花苜蓿品种信息
Table 1 Information of alfalfa cultivars in the experiment

品种 Variety	种子来源 Seed source
中兰 2 号 Zhonglan No.2	中国农业科学院 Chinese Academy of Agricultural Sciences
龙牧 806 Longmu 806	黑龙江省畜牧研究所 Animal Science Institute of Heilongjiang
龙牧 803 Longmu 803	黑龙江省畜牧研究所 Animal Science Institute of Heilongjiang
金皇后 Golden empress	青海省畜牧兽医科学院 Qinghai Academy of Animal Husbandry and Veterinary Sciences
公农 1 号 Gongnong No.1	吉林农业科学院草原所 Grassland Institute Jilin Academy of Agricultural Sciences
东苜 2 号 Dongmu No.2	东北师范大学草地所 Grassland Institute of Northeast Normal University
5909	青海省畜牧兽医科学院 Qinghai Academy of Animal Husbandry and Veterinary Sciences
425	青海省畜牧兽医科学院 Qinghai Academy of Animal Husbandry and Veterinary Sciences
甘农 9 号 Gannong No.9 (CK)	甘肃农业大学 Gansu Agricultural University

1.3 试验设计

试验采用随机区组设计,每个品种设置 3 个重复,9 个品种共计 27 个小区,小区面积为 50 m²(5 m×10 m),相邻小区间距 50 cm。

于 2020 年 5 月 1—7 日播种,人工开沟条播,播深 3~4 cm,行距 30 cm,播种量为 25 kg·hm⁻²。播种前翻地整平耙细,施磷酸二铵 80 kg·hm⁻²作为基

肥,播后镇压,建植当年苗期除草 2 次、灌水 2 次、冬灌 1 次,建植第二年返青后于 2021 年 5 月 6 日灌水 1 次。2021 年于 9 月 5—9 日盛花期时收第一茬,2022 年于 9 月 1—7 日盛花期时收第二茬。

1.4 测定项目及方法

1.4.1 生产性能指标测定 株高:于紫花苜蓿盛花期(9 月初)采样前进行测定,每个品种 3 个重复,每

个重复 5 点取样抽测 10 株,测量从地面至生长点高度。

鲜草产量、干草产量和鲜干比 (Fresh - dry ratio):对进入盛花期品种的小区进行刈割,留茬高度 4 cm,称量鲜草质量并计算鲜草产量;将鲜草自然风干后称重,计算干草产量(干草含水量 15% ~ 18%);得到鲜、干草产量后计算鲜干比。

根比重、茎比重、叶比重、茎叶比 (Stem - leaf ratio) 和根冠比 (Root-shoot ratio):对进入盛花期的小区取 1 m×1 m 样方进行刈割,留茬高度 4 cm,将地上部分茎、叶(花序归入叶)分开。在 50 cm ×50 cm 样方内挖取深 50 cm 的地下根系,与土分离后带回实验室,在 65℃ 条件下烘至恒重,再分别称取根、茎和叶的质量,计算根、茎、叶占比、茎叶比和根冠比。

1.4.2 营养品质相关指标测定 于紫花苜蓿盛花期(9 月初)刈割后取地上鲜草 1 kg,留茬 4 cm,挑出杂草和不可食部分,置于烘箱中 105℃ 杀青 30 min,再调至 65℃ 烘 48 h 后将干草粉碎过 1 mm 筛,用来测定牧草酸性洗涤纤维 (Acid detergent fibre, *ADF*) 和中性洗涤纤维含量 (Neutral detergent fibre, *NDF*);过 0.45 mm 筛,用来测定牧草粗蛋白 (Crude protein, *CP*) 和粗脂肪含量 (Ether extract, *EE*),并计算相对饲用价值 (Relative feed value, *RFV*)。 *CP* 采用凯氏定氮法测定 ($CP = 6.25 \times N$, *N* 为物质中的总氮含量)^[13]; *EE* 采用索氏提取法测定^[14]; *ADF* 和 *NDF* 利用范氏 (VanSoest) 纤维洗涤分析法进行测定^[15]; *RFV* 根据可消化干物质 (*DDM*)、干物质采食量 (*DMI*) 计算,具体计算公式如下^[16]:

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

$DMI(\%) = 120/NDF;$

$RFV(\%) = DDM \times DMI / 1.29。$

1.5 数据分析

用 SPSS v26 (IBM, USA) 进行单因素方差分析和多重比较,用 Origin 2021 进行绘图,综合分析用隶属函数法。与作物生长呈正相关和负相关的指标分别采用以下公式计算隶属函数值或反隶属函数值:

隶属函数值 = $(X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$

反隶属函数值 = $1 - (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$

式中, *X* 为测定值, *X*_{max} 为最大值, *X*_{min} 为最小值。将隶属函数值进行累加,并求取平均值,平均值越大则表明该品种综合评价等级越高,更适合在当地栽培推广。

2 结果与分析

2.1 不同紫花苜蓿品种株高、鲜草产量、干草产量和鲜干比的比较

由表 2(见 36 页)可知,2021 年东苜 2 号株高最高,为 98.79 cm,显著高于其他品种 (*P* < 0.05);甘农 9 号 (CK) 鲜草产量最高,为 38 444.82 kg · hm⁻²;东苜 2 号干草产量最高,为 11 373.44 kg · hm⁻²;9 个紫花苜蓿的鲜干比范围为 2.96~3.44,其中龙牧 806 的鲜干比最小,为 2.96,显著低于其他品种 (*P* < 0.05)。2022 年东苜 2 号株高最高,为 96.82 cm,显著高于其他品种 (*P* < 0.05);龙牧 803 的干草产量最高,为 13 485.54 kg · hm⁻²;9 个紫花苜蓿的鲜干比范围为 2.84~3.36,龙牧 803 的鲜干比最小,为 2.84。

2.2 不同紫花苜蓿品种茎叶比和根冠比的比较

由表 3 可知,2021 年,甘农 9 号 (CK) 的茎叶比最高,为 4.90,除龙牧 806 和东苜 2 号之外显著高于其他品种 (*P* < 0.05),公农 1 号的茎叶比最低,为 2.01;425 的根冠比最高,为 0.42,显著高于其他品种 (*P* < 0.05),甘农 9 号 (CK) 的根冠比最低,为 0.20。2022 年,龙牧 803 的茎叶比最小,为 0.95,显著低于龙牧 806 和甘农 9 号 (CK);龙牧 806 和甘农 9 号 (CK) 的根冠比均最小,为 0.18。

2.3 不同紫花苜蓿品种的营养价值评价

由表 4 可知,2021 年的 5909 粗蛋白含量最高,为 14.71%,显著高于除东苜 2 号之外的其他品种 (*P* < 0.05);龙牧 806 的粗脂肪含量最高,为 3.74%,

表 3 不同紫花苜蓿品种茎叶比和根冠比的比较
Table 3 Comparison of stem-leaf ratio and root-shoot ratio of different alfalfa cultivars

品种 Variety	茎叶比 Stem-leaf ratio		根冠比 Root-shoot ratio	
	2021	2022	2021	2022
中兰 2 号 Zhonglan No.2	2.88±0.67bc	2.25±0.87abc	0.29±0.09ab	0.31±0.15ab
龙牧 806 Longmu 806	3.65±1.08ab	2.70±0.95ab	0.25±0.07b	0.28±0.05ab
龙牧 803 Longmu 803	2.66±0.90bc	0.95±0.52c	0.22±0.13b	0.18±0.07b
金皇后 Golden empress	2.36±0.74bc	1.55±0.81bc	0.34±0.13ab	0.30±0.13ab
公农 1 号 Gongnong No.1	2.01±0.48c	1.75±0.57bc	0.30±0.12ab	0.30±0.05ab
东苜 2 号 Dongmu No.2	3.80±1.35ab	1.68±0.54bc	0.34±0.07ab	0.27±0.10ab
5909	2.16±0.41c	2.16±1.03abc	0.28±0.10ab	0.28±0.12ab
425	2.92±0.74bc	1.56±1.27bc	0.42±0.18a	0.38±0.08a
甘农 9 号 Gannong No.9(CK)	4.90±1.80a	3.26±1.59a	0.20±0.03b	0.18±0.04b

表 2 不同紫花苜蓿品种株高、鲜草产量、干草产量和鲜干比的比较

Table 2 Comparison of plant height, fresh yield, hay yield and fresh-dry ratio of different alfalfa cultivars

品种 Variety	株高 Plant height/cm		鲜草产量 Fresh yield/(kg·hm ⁻²)		干草产量 Hay yield/(kg·hm ⁻²)		鲜干比 Fresh-dry ratio	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
中兰 2 号 Zhonglan No.2	88.69±8.05b	87.38±8.82ab	21769.24±1369.14c	23021.02±7532.79c	6878.89±1702.96b	8217.59±2983.52d	3.10±0.19ab	2.85±0.32b
龙牧 806 Longmu 806	84.93±6.82bc	83.21±11.58ab	32934.34±4179.84ab	30873.49±5804.56abc	11116.74±888.01a	9745.40±1955.44bcd	2.96±0.23b	3.19±0.37ab
龙牧 803 Longmu 803	85.21±9.06bc	81.25±11.67ab	34526.83±4323.21ab	37630.45±6670.15ab	10949.46±2117.18a	13485.54±3399.97a	3.21±0.48ab	2.84±0.36b
金皇后 Golden empress	86.16±10.26bc	90.98±8.33ab	29551.66±6084.65abc	30294.45±5515.47abc	9041.69±2215.63ab	9925.19±1854.01bcd	3.29±0.26ab	3.06±0.29ab
公农 1 号 Gongnong No.1	80.57±11.59bc	77.89±14.12b	35219.45±6242.83ab	35830.82±6518.26ab	10802.61±1789.95a	12317.56±2196.73ab	3.26±0.12ab	2.91±0.26ab
东苜 2 号 Dongmu No.2	98.79±8.32a	96.82±10.58a	36602.61±3232.62ab	27977.46±12151.31bc	11373.44±1021.63a	8510.81±3734.69cd	3.22±0.18ab	3.29±0.13ab
5909	82.44±9.04bc	82.84±10.50ab	36210.70±5860.63ab	40169.60±5313.72a	10539.55±1491.15a	11939.71±1379.21abc	3.43±0.19a	3.36±0.16a
425	83.80±11.83bc	84.00±14.99ab	26483.65±4365.39bc	33540.76±4022.01ab	8438.27±1283.64ab	10226.23±1224.98abcd	3.14±0.14ab	3.28±0.19ab
甘农 9 号 Gannong No.9(CK)	77.20±6.58c	82.06±5.49ab	38444.82±8768.03a	36734.70±6942.44ab	11245.01±2788.55a	12430.97±2140.04ab	3.44±0.18a	3.00±0.59ab

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),下同。

Note: Different lowercase letters in the same column indicate that the significant differences among alfalfa varieties at the $P<0.05$ level.

表 4 不同紫花苜蓿品种粗蛋白、粗脂肪、酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维的比较

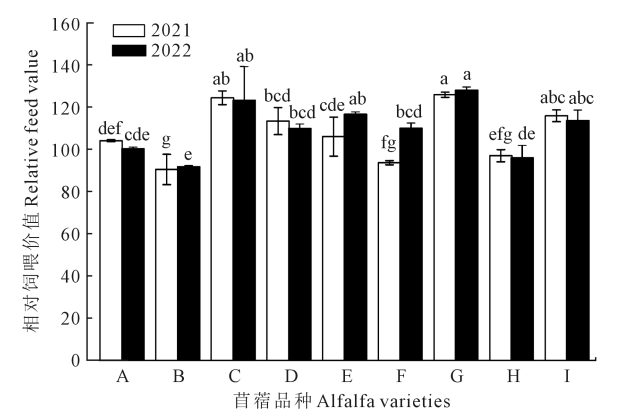
Table 4 Comparison of crude protein, crude fat, acid detergent fiber and neutral detergent fiber of different alfalfa cultivars

品种 Variety	粗蛋白 Crude protein/%		粗脂肪 Ether extract/%		中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber/%		酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber/%	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
中兰 2 号 Zhonglan No.2	11.70±0.81de	11.83±0.16bc	3.46±0.09bc	3.64±0.07a	53.95±2.35cd	57.54±0.06cde	39.24±1.31d	42.31±0.11abc
龙牧 806 Longmu 806	12.43±0.13cd	12.48±0.26ab	3.74±0.10a	3.65±0.11a	62.23±1.29b	63.17±1.56b	42.12±0.21bc	42.98±0.69abc
龙牧 803 Longmu 803	10.16±0.70f	9.58±0.83d	3.71±0.15a	3.85±0.13a	61.96±1.56b	56.69±0.70cde	44.65±1.53a	41.07±0.52c
金皇后 Golden empress	11.73±0.04de	11.06±0.66bcd	3.47±0.02bc	3.51±0.10ab	61.57±0.19b	59.45±1.72c	43.04±0.20ab	41.71±1.16bc
公农 1 号 Gongnong No.1	10.67±0.22ef	10.13±1.24cd	3.60±0.05ab	3.74±0.19a	68.47±0.14a	69.38±1.19a	43.19±0.34ab	45.20±1.29ab
东苜 2 号 Dongmu No.2	13.71±0.09ab	13.77±0.62ab	3.71±0.04a	3.72±0.09a	53.68±0.56d	51.35±1.09f	40.06±0.09cd	39.49±0.84cd
5909	14.71±0.05a	14.07±0.27a	3.31±0.01c	3.20±0.13bc	54.80±1.29cd	55.68±2.35de	38.67±0.06d	36.90±1.71d
425	13.16±0.99bc	12.30±0.83ab	3.62±0.11ab	3.66±0.31a	56.29±1.75cd	58.67±1.29cd	40.08±1.99cd	42.32±3.13abc
甘农 9 号 Gannong No.9(CK)	13.10±0.20bc	11.53±1.22bc	3.32±0.06c	3.07±0.06c	56.93±0.98c	54.81±1.29e	44.28±0.21ab	45.64±2.16a

且龙牧 806 的粗脂肪含量显著高于除龙牧 803、东苜 2 号、公农 1 号和 425 之外的其他品种 ($P<0.05$); 东苜 2 号中性洗涤纤维含量最低, 为 53.68%, 且东苜 2 号的中性洗涤纤维含量显著低于除中兰 2 号、5909 和 425 之外的其他品种 ($P<0.05$); 5909 的酸性洗涤纤维含量最低, 为 38.67%, 且 5909 的酸性洗涤纤维含量显著低于除中兰 2 号、东苜 2 号和 425 之外的其他品种 ($P<0.05$)。2022 年的 5909 粗蛋白含量最高, 为 14.07%; 龙牧 803 的粗脂肪含量最高, 为 3.85%; 东苜 2 号中性洗涤纤维含量最低, 为 51.35%, 且东苜 2 号的中性洗涤纤维含量显著低于其他品种 ($P<0.05$); 5909 的酸性洗涤纤维含量最低, 为 36.90%, 且 5909 的酸性洗涤纤维含量显著低于除东苜 2 号之外的其他品种 ($P<0.05$)。

2.4 不同紫花苜蓿品种的相对饲喂价值评价

如图 1 所示, 每个品种两年的相对饲喂价值间差距较小。2021 年, 5909 的相对饲喂价值最高, 为 126.01, 公农 1 号相对饲喂价值最低, 为 90.53; 5909、东苜 2 号和甘农 9 号的相对饲喂价值都显著高于其他品种 ($P<0.05$)。2022 年, 5909 的相对饲喂价值最高, 为 128.10, 且显著高于其他品种 ($P<0.05$); 公农 1 号相对饲喂价值最低, 为 91.75。



注: A: 金皇后; B: 公农 1 号; C: 东苜 2 号; D: 425; E: 中兰 2 号; F: 龙牧 806; G: 5909; H: 龙牧 803; I: 甘农 9 号(CK)。图中误差线是标准误 (SE); 不同小写字母表示不同紫花苜蓿品种间差异显著 ($P<0.05$)。

Note: A: Golden empress; B: Gongnong No.1; C: Dongmu No.2; D: 425; E: Zhonglan No.2; F: Longmu 806; G: 5909; H: Longmu 803; I: Gannong No.9. The error line in the figure is the standard error (SE). Means with different letters indicate significant differences among alfalfa cultivars at the level of $P<0.05$.

图 1 不同紫花苜蓿品种的相对饲喂价值比较

Fig.1 Comparison of relative feeding values of different alfalfa cultivars

2.5 不同紫花苜蓿品种生产性能和品质的隶属函数综合分析

综合株高、鲜草产量、干草产量、鲜干比、茎叶比、根冠比、粗蛋白、粗脂肪、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维 10 项指标进行隶属函数法综合分析。10 项指标中株高、鲜草产量、干草产量、粗蛋白和粗脂肪与作物生长呈正相关, 而鲜干比、茎叶比、根冠比、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维与作物生长呈负相关。如表 5 所示, 综合各品种的 10 项指标隶属函数分析结果可知, 不同品种的综合评价排序为: 东苜 2 号>龙牧 803>5909>龙牧 806>中兰 2 号>425>金皇后>公农 1 号>甘农 9 号。

3 讨 论

3.1 不同品种紫花苜蓿生产性能的差异分析

牧草的生产性能包括株高、草产量等指标, 是衡量牧草生产性能的重要指标^[17]。本研究结果表明, 在由地下水供给收获的一茬紫花苜蓿饲草生产田中, 东苜 2 号株高最高, 为 98.79 cm, 干草产量也最高, 为 11 373.44 kg · hm⁻², 对应的根冠比也较大, 为 0.34。说明东苜 2 号在柴达木旱区根部生长较发达, 其通过根系吸收的营养物质就较多, 能为植株提供更多生长发育所需要的元素, 可加快植株的发育。这与李松阳等^[1]关于苜蓿的株高与地下根部存在正相关线性关系的研究结果相近。本研究结果中, 龙牧 803 两年的根冠比数值均较小, 其对应的地上部分鲜草产量和干草产量均较高, 说明龙牧 803 在柴达木旱区地上部分的生物量占比较高, 即牧草可供刈割食用和加工利用部分占比较高。该结论与耿浩林等^[18]关于牧草根冠比越小, 地上部分的生物量所占比重越高, 牧草可供利用部分占比越高的研究结果相近。康俊梅等^[19]研究表明, 紫花苜蓿株高是反映生产能力的一个重要指标, 与产量呈正相关, 即相对更高的植株增产潜力更大。本研究结果中, 中兰 2 号两年的株高均较高, 但其两年的鲜草产量和干草产量均最低, 分别为 21 769.24 kg · hm⁻² 和 6 878.89 kg · hm⁻², 与上述研究结论不一致, 这是因为柴达木旱区较为干旱缺水, 限制了中兰 2 号植株生长发育, 虽然株高较高, 但其茎秆较细, 叶片较小, 导致牧草产量较低。

鲜干比是指鲜草占干草质量的比例, 它反映牧草的干物质积累程度和利用价值^[20], 同时鲜干比是评价紫花苜蓿适口性的一个重要指标, 鲜干比越高则适口性越好^[21]。孙万斌等^[22]研究表明, 鲜干比反映青干草出草率, 在鲜草产量相近的前提下, 品种

表 5 9 个紫花苜蓿品种生产性能的隶属函数及综合评价

Table 5 Membership functions and comprehensive evaluation of production performance of 9 alfalfa varieties

品种 Variety	株高 Plant height /cm	鲜草产量 Fresh yield /(kg·hm ⁻²)	干草产量 Hay yield /(kg·hm ⁻²)	鲜干比 Fresh-dry ratio	茎叶比 Stem-leaf ratio	根冠比 Root-shoot ratio	粗蛋白 Crude protein /%	粗脂肪 Ether extract /%	中性洗 涤纤维 Neutral detergent fiber/%	酸性洗 涤纤维 Acid detergent fiber/%	平均值 Average	排序 Sequence
中兰 2 号 Zhonglan No.2	0.47	0.00	0.00	1.00	0.67	0.48	0.42	0.61	0.80	0.58	0.50	5
龙牧 806 Longmu 806	0.26	0.60	0.62	0.76	0.40	0.95	0.57	0.86	0.38	0.34	0.57	4
龙牧 803 Longmu 803	0.22	0.87	1.00	0.88	1.00	0.64	0.00	1.00	0.59	0.29	0.65	2
金皇后 Golden empress	0.50	0.48	0.41	0.52	0.93	0.38	0.34	0.50	0.51	0.36	0.50	7
公农 1 号 Gongnong No.1	0.00	0.83	0.86	0.74	0.97	0.48	0.12	0.81	0.00	0.11	0.49	8
东苜 2 号 Dongmu No.2	1.00	0.63	0.51	0.33	0.59	0.45	0.86	0.89	1.00	0.72	0.70	1
5909	0.18	1.00	0.79	0.00	0.84	0.57	1.00	0.10	0.83	1.00	0.63	3
425	0.25	0.48	0.38	0.44	0.81	0.00	0.63	0.76	0.70	0.52	0.50	6
甘农 9 号 Gannong No.9	0.02	0.96	0.92	0.42	0.00	1.00	0.54	0.00	0.80	0.00	0.47	9

的鲜干比越大,青干草出草率越低。本研究结果中,5909 的鲜干比较大,但其干草产量却较高,这是因为 5909 的鲜草产量较高,说明 5909 品种紫花苜蓿在柴达木旱区营养物质积累较高,生产性能较好。龙牧 806 鲜干比最低,为 2.96,则其干草产量较高,为 11116.74 kg·hm⁻²,所以本研究结果与孙万斌等^[22]研究结果相近。

茎叶比是衡量牧草适口性的重要指标^[23],据杜桂娟等^[24]研究表明,紫花苜蓿叶中蛋白质和矿物质含量是茎的 1.0~1.5 倍,粗纤维含量比茎中少 50%~100%,叶中营养物质总消化率比茎多 40%,因此紫花苜蓿叶量越丰富,其品质越好。本研究结果中,公农 1 号和 5909 的茎叶比显著低于其他品种,分别为 2.01 和 2.16,说明公农 1 号和 5909 的叶量占比更高,牧草的适口性更佳。同时叶片占比高,植株光合作用积累的营养物质更多,而柴达木旱区日照长、积温足的优势使其草产量更高。甘农 9 号的茎叶比明显最高,为 4.90,说明其在柴达木旱区种植的适口性差。

3.2 不同品种紫花苜蓿的营养品质特征分析

牧草的营养品质可以体现出牧草的饲用价值^[25]。对于紫花苜蓿来说,粗蛋白、粗灰分、粗脂肪等含量越高,中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维含量越低,则紫花苜蓿的品质越优。反之,粗蛋白、粗灰分、粗脂肪等含量越低,中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维含量越高,则紫花苜蓿的品质越差^[26]。其中粗蛋白含量的高低直接关系到牧草营养价值的高低^[27]。

本研究结果表明,苜蓿 CP 含量最高为 14.71%,略低于王仪明等^[11]在上海长江农场地区的苜蓿最高 CP 含量(18.82%)。原因可能是:柴达木盆地海拔比长江农场高出较多,气候更严寒和干旱,不利于苜蓿的养分积累;且柴达木盆地多为盐碱地,土壤溶液中高浓度的盐离子抑制了苜蓿对氮元素的吸收积累,造成植物营养失调。本试验表明苜蓿 NDF 含量最低为 53.68%,ADF 含量最低为 38.67%,较高于高润等^[28]在河套灌区的研究结果(苜蓿最低 NDF 含量为 40.97%,最低 ADF 含量为 27.62%)。郑敏娜等^[29]研究表明,牧草 NDF 和 ADF 含量与家畜对饲草的适口性与消化率呈负相关,说明柴达木盆地种植的苜蓿适口性和消化率略低于河套灌区,原因可能是柴达木旱区的气候更严寒、干旱,而河套灌区土壤水分较高,苜蓿生长旺盛,叶量丰富,品质更好。张静^[30]研究表明,在青海省东部农区种植的紫花苜蓿在不同生育期 ADF 和 NDF 含量存在显著差异。由于青海省 9 月份气温较低,因此紫花苜蓿刈割期宜早不宜迟,否则会影响牧草的品质。本研究结果与上述研究结论相同,不同紫花苜蓿品种的营养品质差异显著,这与不同品种在具有高寒草地和独特气候环境特点的青海省柴达木盆地的不同适应性相关。

相对饲喂价值可以简单、直观地体现出牧草的饲用价值^[31],相对饲喂价值越高,说明牧草的饲用价值越高^[32]。从图 1 可以看出,9 个紫花苜蓿品种的相对饲喂价值有 6 份大于 100,说明该 6 份紫花

苜蓿品种的相对饲草品质较好,其中 5909 的相对饲喂价值最高,即其饲用价值最高;而 3 个相对饲喂价值低于 100 的紫花苜蓿品种营养品质较差,其中公农 1 号相对饲喂价值显著低于其他品种,其饲用价值最低。

4 结 论

- 1)根据生产性能筛选出东苜 2 号的干草产量最高,为 11 373.44 kg · hm⁻²。龙牧 806 的鲜干比最低,为 2.96;在 2022 年,龙牧 803 的干草产量最高,为 13 485.54 kg · hm⁻²,且龙牧 803 的鲜干比最小,为 2.84。
- 2)根据品质筛选出,2021 年和 2022 年 5909 粗蛋白含量和相对饲喂价值都最高,分别为 14.71%和 126.01、14.07%和 128.01;龙牧 806 两年的粗脂肪含量均最高,分别为 3.74%和 3.85%;东苜 2 号两年的中性洗涤纤维含量均最低,分别为 53.68%和 51.35%;5909 两年的酸性洗涤纤维含量均最低,分别为 38.67%和 36.90%。
- 3)通过两年试验结果,对生产性能和品质等 10 个相关指标进行综合评价,东苜 2 号、龙牧 803 和 5909 位列前三,综合性状表现均优异,适宜在青海省柴达木旱区推广种植。

参 考 文 献:

[1] 李松阳,王晓丽,马玉寿,等. 6 个紫花苜蓿品种在柴达木盆地盐碱地适应性研究[J]. 青海畜牧兽医杂志, 2017, 47(6): 21-26.
LI S Y, WANG X L, MA Y S, et al. The adaptability research of six *Medicago sativa* varieties in Qaidam Basin saline-alkali land[J]. Chinese Qighai Journal of Animal and Veterinary Sciences, 2017, 47(6): 21-26.

[2] 刘杰淋,王建丽,申忠宝,等. 18 个引进紫花苜蓿品种生产性能比较研究[J]. 饲料研究, 2021, 44(1): 91-95.
LIU J L, WANG J L, SHEN Z B, et al. Production performance comparison of eighteen introduced alfalfa varieties[J]. Feed Research, 2021, 44(1): 91-95.

[3] 张静,李长慧,许新新,等. 不同刈割期紫花苜蓿产量及营养分析[J]. 青海大学学报(自然科学版), 2008, 26(1): 26-27, 37.
ZHANG J, LI C H, XU X X, et al. Yield and nutrition of alfalfa in different cutting stage[J]. Journal of Qinghai University (Natural Science), 2008, 26(1): 26-27, 37.

[4] 郭正刚,张自和,王锁民,等. 不同紫花苜蓿品种在黄土高原丘陵区适应性的研究[J]. 草业学报, 2003, 12(4): 45-50.
GUO Z G, ZHANG Z H, WANG S M, et al. Study on adaptability of nine lucerne varieties in hills and valleys of loess plateau[J]. Acta Prataculturae Sinica, 2003, 12(4): 45-50.

[5] 韩学琴,史亮涛,金杰,等. 紫花苜蓿品种在金沙江干热河谷地区的生产性能[J]. 草业科学, 2009, 26(9): 135-139.
HAN X Q, SHI L T, JIN J, et al. The production performance of alfal-

fa in dry-hot valley region of Jinsha River[J]. Pratacultural Science, 2009, 26(9): 135-139.

[6] 于洁,贾振宇,梁燕,等. 丛枝菌根真菌接种对紫花苜蓿抗旱性的影响[J]. 中国草地学报, 2016, 38(5): 13-18.
YU J, JIA Z Y, LIANG Y, et al. Effect of arbuscular mycorrhiza fungi on drought resistance of alfalfa (*Medicago sativa*)[J]. Chinese Journal of Grassland, 2016, 38(5): 13-18.

[7] 拉旦,徐可,索南才让,等. 青海省种植紫花苜蓿前景与思考[J]. 青海草业, 2021, 30(4): 60-62.
LA D, XU K, SUO NAN C R, et al. Prospect and thinking of planting alfalfa planting in Qinghai Province[J]. Qinghai Prataculture, 2021, 30(4): 60-62.

[8] 李德明,张少平,耿小丽,等. 12 个紫花苜蓿品种在半干旱地区的生产性能及营养价值[J]. 草业科学, 2018, 35(6): 1472-1479.
LI D M, ZHANG S P, GENG X L, et al. Production performance and nutritional value of 12 alfalfa cultivars in a semi-arid zone[J]. Pratacultural Science, 2018, 35(6): 1472-1479.

[9] 姬万忠,赵旭,刘慧霞,等. 不同紫花苜蓿品种在青藏高原高寒地区的适应性[J]. 草业科学, 2012, 29(7): 1137-1141.
JI W Z, ZHAO X, LIU H X, et al. Suitability of several alfalfa varieties to alpine regions in the Qinghai-Tibetan Plateau[J]. Pratacultural Science, 2012, 29(7): 1137-1141.

[10] 戚志强,傅反生,胡跃高,等. 18 个紫花苜蓿育种材料在苏南丘陵区的适应性比较[J]. 草业科学, 2006, 23(3): 35-38.
QI Z Q, FU F S, HU Y G, et al. Comparison of the adaptation of eighteen alfalfa (*Medicago sativa* L.) breeding materials in South Jiangsu hilly area[J]. Pratacultural Science, 2006, 23(3): 35-38.

[11] 王仪明,雷艳芳,李伟民,等. 20 份紫花苜蓿在上海崇明地区的综合适应性研究[J]. 草地学报, 2017, 25(2): 330-336.
WANG Y M, LEI Y F, LI W M, et al. Study on the comprehensive adaptability of 20 varieties of *Medicago sativa* in Chongming district of Shanghai[J]. Acta Agrestia Sinica, 2017, 25(2): 330-336.

[12] 海花,英陶. 柴达木盆地德令哈地区紫花苜蓿品种比较试验[J]. 草业与畜牧, 2010, (5): 23-24.
HAI H, YING T. Comparative trials of alfalfa varieties in Delingha area of the Qaidam Basin[J]. Prataculture & Animal Husbandry, 2010, (5): 23-24.

[13] XU T W, XU S X, HU L Y, et al. Effect of dietary types on feed intakes, growth performance and economic benefit in tibetan sheep and yaks on the Qinghai-Tibet Plateau during cold season[J]. PLoS One, 2017, 12(1): e0169187.

[14] 吴昊,宋亚伟. 饲料分析及饲料质量检测技术探析[J]. 中国畜禽种业, 2020, 16(2): 60.
WU H, SONG Y W. Exploration of feed analysis and feed quality testing technology[J]. The Chinese Livestock and Poultry Breeding, 2020, 16(2): 60.

[15] 何旭阳,杨振安,张桥英. 青藏高寒草甸 3 种牧草营养成分和饲用价值比较[J]. 草学, 2019, (4): 34-37.
HE X Y, YANG Z A, ZHANG Q Y. Nutritional quality and feeding value of different forage grasses in the alpine meadow on the Qinghai-Tibetan Plateau[J]. Journal of Grassland and Forage Science, 2019, (4): 34-37.

[16] 降晓伟. 典型草原牧草干燥机制及其营养品质研究[D]. 呼和浩

特: 内蒙古农业大学, 2019.

JIANG X W. Study of the drying mechanism and nutritional quality of hay in typical steppe [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2019.

[17] 马维国. 甘肃河西走廊引进紫花苜蓿适应性试验[J]. 中国草地学报, 2010, 32(5): 36-39.

MA W G. The adaptable test and feasibility of introduction of alfalfa varieties in Hexi Corridor, Gansu Province[J]. Chinese Journal of Grassland, 2010, 32(5): 36-39.

[18] 耿浩林, 王玉辉, 王风玉, 等. 恢复状态下羊草(*Leymus chinensis*) 草原植被根冠比动态及影响因子[J]. 生态学报, 2008, 28(10): 4629-4634.

GENG H L, WANG Y H, WANG F Y, et al. The dynamics of root-shoot ratio and its environmental effective factors of recovering *Leymus chinensis* steppe vegetation in Inner Mongolia[J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(10): 4629-4634.

[19] 康俊梅, 杨青川, 郭文山, 等. 北京地区 10 个紫花苜蓿引进品种的生产性能研究[J]. 中国草地学报, 2010, 32(6): 5-10.

KANG J M, YANG Q C, GUO W S, et al. Yield evaluation of ten introduced alfalfa cultivars in Beijing area of China[J]. Chinese Journal of Grassland, 2010, 32(6): 5-10.

[20] 张杰, 贾志宽, 韩清芳. 不同养分对苜蓿茎叶比和鲜干比的影响[J]. 西北农业学报, 2007, 16(4): 121-125.

ZHANG J, JIA Z K, HAN Q F. The effect of different fertilization on stem/leaf ratio and FW/DW ratio of alfalfa[J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2007, 16(4): 121-125.

[21] 康爱民, 龙瑞军, 师尚礼, 等. 苜蓿的营养与饲用价值[J]. 草原与草坪, 2002, 22(3): 31-33.

KANG A M, LONG R J, SHI S L, et al. The nutrition and feeding value of alfalfa[J]. Grassland and Turf, 2002, 22(3): 31-33.

[22] 孙万斌, 马晖玲, 侯向阳, 等. 20 个紫花苜蓿品种在甘肃两个地区的生产性能及营养价值综合评价[J]. 草业学报, 2017, 26(3): 161-174.

SUN W B, MA H L, HOU X Y, et al. Comprehensive evaluation of production performance and nutritional value of 20 alfalfa cultivars in two ecological areas of Gansu Province[J]. Acta Prataculturae Sinica, 2017, 26(3): 161-174.

[23] 曹宏, 耿智广, 李茜, 等. 11 个紫花苜蓿品种在庆阳南部的适应性[J]. 草业科学, 2018, 35(8): 1937-1947.

CAO H, GENG Z G, LI Q, et al. Adaptability of 11 alfalfa varieties in southern Qingyang [J]. Pratacultural Science, 2018, 35(8): 1937-1947.

[24] 杜桂娟, 刘晓宏, 侯志研, 等. 紫花苜蓿品种比较与性状分析初报[J]. 草业科学, 2005, 22(9): 45-48.

DU G J, LIU X H, HOU Z Y, et al. Initial report on study of variety comparison and character analysis of alfalfa [J]. Pratacultural Science, 2005, 22(9): 45-48.

[25] 衣兰智, 李长忠, 刘洪庆, 等. 不同苜蓿品种在青岛地区的适应性[J]. 草业学报, 2011, 20(2): 147-155.

YI L Z, LI C Z, LIU H Q, et al. Adaptation of different alfalfa varieties in Qingdao, Shandong Province [J]. Acta Prataculturae Sinica, 2011, 20(2): 147-155.

[26] 杜书增, 孔娜源, 张秋菊, 等. 紫花苜蓿营养价值的研究进展[J]. 北方牧业, 2021,(19): 23-24.

DU S Z, KONG Y Y, ZHANG Q J, et al. Research progress of nutritional value of alfalfa [J]. Northern Pasture, 2021,(19): 23-24.

[27] 胡华锋, 介晓磊, 郭孝, 等. 基施硒肥对不同生育期紫花苜蓿营养含量及分配的影响[J]. 草地学报, 2014, 22(4): 871-877.

HU H F, JIE X L, GUO X, et al. Effects of Se application as basal fertilizer on the nutrient contents and distribution rates of alfalfa at different growth stages [J]. Acta Agrestia Sinica, 2014, 22(4): 871-877.

[28] 高润, 柳茜, 闫亚飞, 等. 河套灌区 23 个紫花苜蓿品种适应性[J]. 草业科学, 2017, 34(6): 1286-1298.

GAO R, LIU Q, YAN Y F, et al. Adaptability of 23 alfalfa varieties in Hetao Irrigation District [J]. Pratacultural Science, 2017, 34(6): 1286-1298.

[29] 郑敏娜, 梁秀芝, 韩志顺, 等. 不同苜蓿品种在雁门关地区的生产性能和营养价值研究[J]. 草业学报, 2018, 27(5): 97-108.

ZHENG M N, LIANG X Z, HAN Z S, et al. Productivity and nutritional value of 28 alfalfa varieties in the Yanmenguan area of Shanxi Province [J]. Acta Prataculturae Sinica, 2018, 27(5): 97-108.

[30] 张静. 青海省农区不同刈割期紫花苜蓿产量及营养分析 [C]// 2007 年中国草学会青年工作委员会学术研讨会论文集, 海口: 中国草学会, 2007: 445-448.

ZHANG J. Yield and nutritional analysis of alfalfa in different mowing periods in agricultural areas of Qinghai Province [C]// Collected Papers from the 2007 Academic Symposium of the Youth Work Committee of the Chinese Grass Society, Haikou: Chinese Herbal Society, 2007: 445-448.

[31] 徐大伟, 姚春艳, 莫本田, 等. 不同秋眠级苜蓿品种在贵州的适应性研究[J]. 草地学报, 2011, 19(2): 242-246.

XU D W, YAO C Y, MO B T, et al. Study on the adaptability of alfalfa cultivars with different fall dormancy rates in Guizhou area [J]. Acta Agrestia Sinica, 2011, 19(2): 242-246.

[32] 马晓霞, 秘一先, 陈宏亮, 等. 14 个引进紫花苜蓿品种在宁夏引黄灌区的生产性能和营养价值综合分析[J]. 草业科学, 2022, 39(2): 328-342.

MA X X, MI Y X, CHEN H L, et al. Comprehensive analysis of production performance and nutritional value of 14 alfalfa varieties in the Ningxia Yellow River diversion irrigation area [J]. Pratacultural Science, 2022, 39(2): 328-342.