

天山北坡平原荒漠灌区 9 个紫花苜蓿品种生产性能综合评价

朱昊,张荟荟*,张学洲,阿斯娅·曼力克,梁维维,负静,刘梦,靳莎莎

(新疆畜牧科学院草业研究所,新疆 乌鲁木齐 830000)

摘要:【目的】筛选出适宜在天山北坡平原荒漠区推广种植的紫花苜蓿品种。【方法】采用单因素随机区组设计,测定 9 个紫花苜蓿品种的株高、草产量、品质等指标,并利用灰色关联法对 9 个品种进行综合评价。【结果】随种植年限增加,供试材料的鲜草和干草产量均呈下降趋势,其中第 1 年的干草产量占比较高,平均为 37.77%;佰苜 341 的株高积累量最大,为 939.8 cm,显著高于其他品种;骑士 T 干草总产量、粗蛋白含量和相对饲喂价值最高,分别为 61 602.03 kg/hm²、16.83% 和 119.16%;灰色关联度综合评价结果由高到低的顺序为:骑士 T>佰苜 202>大银河>阿迪娜>佰苜 341>佰苜 371>挑战者>佰苜 401>康赛。【结论】骑士 T 的综合表现较好,建议在天山北坡平原荒漠灌区引种种植。

关键词:紫花苜蓿;草产量;营养价值;灰色关联分析;综合评价

中图分类号:S541.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2024)03-0125-09

DOI:10.13817/j.cnki.cyyep.2024.03.016



紫花苜蓿(*Medicago sativa*)是优质豆科牧草,具有适应性强、草产量高、营养价值丰富、抗逆性强等特点,利用苜蓿改良低产田,不仅可以有效改善生态环境,改良盐碱地,还可培土肥田^[1]。随着粮改饲、奶业振兴等政策的推进^[2],新疆维吾尔自治区畜牧业“十四五”发展规划中,将“优质饲草发展项目”作为产业发展基础保障工程,并指出要“建设优质饲草料生产基地,在水土资源相对丰富的区域,将低产田、次宜棉区及不稳定耕地调整用于饲草料种植,充分用好耕地地力保护、优质苜蓿发展、农牧民奖补等引导政策,增加优质饲草料种植面积”^[3]。在农业产业结构调整当下,全疆紫花苜蓿的种植面积逐年增加,如何获得高产优质的紫花苜蓿饲草料对促进新疆牧草产业发

展具有重大意义。

近年来,诸多学者利用灰色关联度对不同地区引种的紫花苜蓿的生产性能及品质进行了综合评价,但紫花苜蓿是多年生牧草、其生产周期一般 3~5 年,受品种特性、试验年限和地域气候等因素的影响,不同紫花苜蓿品种在不同地区的生产性能差异较大。李德明等^[4]对 12 个紫花苜蓿品种的生产性能和营养价值进行分析,认为甘农 5 号、中苜 3 号、甘农 3 号、中苜 5 号和康赛综合性状突出,可以作为黄土高原半干旱地区大面积推广种植的紫花苜蓿品种。李岩等^[5]利用方差分析和灰色关联度分析,筛选出适宜安徽江淮地区种植的优势品种为正道公司引进的 WL656HQ。张云玲等^[6]在新疆天山东部平原区引种 12 个紫花苜蓿品种,并利用灰色关联度分析法进行分析与综合评价,筛选出适宜此地区引种推广的优良品种为 WL343 HQ、骑士 T 及拉迪诺。梁维维等^[7]对 32 个紫花苜蓿品种的生产性能进行评价,筛选出适宜于新疆北疆地区的苜蓿品种为甘农 4 号、MF4020、甘农 5 号。随着国审苜蓿新品种和国外引进紫花苜蓿品种不断涌入草种市场,为降低种植风险,获得较好的经济效益,需要持续开展紫花苜蓿品种的生产性能评价。本研究

收稿日期:2023-12-14;**修回日期:**2024-02-05

基金资助:国家牧草产业技术体系项目(CARS-34);新疆维吾尔自治区科技计划项目(PT2101)

作者简介:朱昊(1979-),男,甘肃正宁人,硕士,副研究员,主要从事草种质资源保护与利用方向研究。

E-mail:116548919@qq.com

*通信作者。E-mail:272893272@qq.com

针对天山北坡平原荒漠灌区的特殊环境条件,对引进的9个紫花苜蓿品种进行连续4年生产性能测定,利用方差分析和灰色关联度分析,综合评价了9个紫花苜蓿品种在当地的适应性,以期筛选出高产、优质的苜蓿品种,为天山北坡平原荒漠灌区低产田引种提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验地位于新疆呼图壁县国家农业部旱生牧草种子基地,地理位置 $44^{\circ}14'08.47''$ N, $86^{\circ}37'41.32''$ E,海拔495 m,年平均气温 6.7°C ,1月和7月的平均气温分别为 -16.9°C 和 25.6°C ,无霜期170 d, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 $3\,881^{\circ}\text{C}$,年均降水量167 mm,年均蒸发量 $2\,361.1\text{ mm}$ 。土壤类型为灰棕色荒漠土,有机质、全氮、全磷、全钾含量分别为7.0、0.54、1.01、21 g/kg,水解性氮、有效磷、速效钾含量分别为57.2、14.0、478 mg/kg,pH值8.8,全盐量3.2 g/kg,土壤呈碱性,轻度盐渍化,地势较平坦。

1.2 试验材料

参试紫花苜蓿品种为佰苜202(Baimu202)、佰苜341(Baimu341)、佰苜371(Baimu202)、佰苜401(Baimu401)、挑战者(Survivor)、大银河(Galaxie Max)、骑士T(Knight T)、阿迪娜(Adrenalin)和康赛(Concept),均由北京佰青源畜牧业科技发展有限公司提供。

1.3 试验设计

于2019年8月中旬在试验站核心区一呼图壁基地选取平坦且肥力一致的地块建立紫花苜蓿试验小区,采用完全随机区组试验设计,小区面积 15 m^2 ($3\text{ m}\times 5\text{ m}$),播种行距30 cm,播深1~2 cm,播量 27 kg/hm^2 ,3次重复。灌水方式为浅埋式滴灌。在初花期进行刈割收获,留茬高度5 cm。2020~2023年连续测产4年,每年刈割3茬,共计12茬,每年紫花苜蓿灌水7~9次,田间管理一致,不施肥,刈割收获时间见表1。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 产量测定 初花期刈割测定,以小区为单位测定鲜草产量。每个小区取鲜草约1 kg,自然风干后,称量干重,计算干鲜比。综合鲜草产量和干鲜比换算

表1 不同年份内供试材料收获时间

Table 1 Harvest time of tested materials in different years

年份	时间/(月-日)		
	第1茬	第2茬	第3茬
2020	05-26	07-08	08-17
2021	06-02	07-07	08-24
2022	05-29	07-08	08-23
2023	06-02	07-10	09-07

出单位面积干草产量。将每年各茬次产量相加,计算获得各年份的年产量。干草总产量为4年累计之和。

1.4.2 株高测定 刈割前,每小区随机取10株,测定地面至顶端的绝对高度。总株高为4年生长高度累计之和。

1.4.3 营养品质测定方法 营养成分由新疆畜牧科学院饲料研究所测定。在第2年(2021年)第1茬紫花苜蓿初花期刈割时,取混合样1.0 kg,自然风干后粉碎过筛测量营养指标,其中粗蛋白(CP)采用凯氏定氮法(GB/T 6432-2018)测定^[8]、饲料中粗脂肪(EE)的测定采用GB/T 6433-2006^[9]、饲料中中性洗涤纤维(NDF)的测定采用GB/T 20806-2022^[10]、饲料中酸性洗涤纤维(ADF)的测定采用NY/T 1459-2022^[11]。

相对饲喂价值(Relative feed value,RFV)是衡量干草品质的重要指标^[12],可结合中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)用发下公式计算得出^[13]。

$$\text{DDM}(\text{DM}\%) = 88.9 - 0.779 \times \text{ADF}(\text{DM}\%)$$

$$\text{DMI}(\text{BW}) = 120 / \text{NDF}(\text{DM}\%)$$

$$\text{RFV} = \text{DDM}(\text{DM}\%) \times \text{DMI}(\text{BW}) / 1.29$$

式中:DDM为可消化干物质,用占干物质(DM)的百分比表示;DMI为干物质采食量,用占体重(BW)的百分比表示。

1.5 数据统计及分析

采用WPS2016进行整理数据,利用DPS7.05统计软件对数据进行方差分析,多重比较采用Duncan法。

根据灰色关联度理论,将9个品种的株高(Plant height)、干草产量(Dry yied)、CP、NDF、ADF、RFV等6个性状视作一个整体进行综合评价,不同品种用X表示,不同性状用K表示,X在k点的值构成比较数列 X_k, X_0 为构建的“参考品种”各指标值。采用初值化法进行无量纲化,根据以下公式计算出关联系数:

$$\xi_i(k) = \frac{\min \min |x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max \max |x_0(k) - x_i(k)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max \max |x_0(k) - x_i(k)|}$$

等权关联度:

$$R_i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \xi_i(k)$$

权重系数:

$$\omega_i = \frac{R_i}{\sum R_i}$$

加权关联度:

$$Ri' = \sum_{k=1}^N \xi_i(k) \times \omega_i$$

式中: ρ 为分辨系数,取值为 0~1,通常取 0.5。依据各供试品种与参考品种的关联度大小,关联度越大,综合评价越高^[14]。

2 结果与分析

2.1 不同紫花苜蓿品种的株高

不同紫花苜蓿品种每茬株高的方差分析结果表

表 2 不同供试品种各茬株高分析

Table 2 Analysis of plant height of different tested materials

品种	株高/cm												变异系数 CV/%	累计值
	2020 年			2021 年			2022 年			2023 年				
	第 1 茬	第 2 茬	第 3 茬	第 1 茬	第 2 茬	第 3 茬	第 1 茬	第 2 茬	第 3 茬	第 1 茬	第 2 茬	第 3 茬		
佰苜 202	84.3 ^{bc}	103.9 ^a	88.9 ^{bc}	71.3 ^a	69.3 ^a	75.6 ^b	68.0 ^b	72.6 ^b	58.2 ^{cd}	78.5 ^b	71.0 ^{ab}	60.8 ^a	16.67	902.2 ^b
佰苜 341	87.3 ^{abc}	100.6 ^{ab}	100 ^a	74.6 ^a	69.6 ^a	82.8 ^a	76.4 ^a	76.8 ^a	57.5 ^d	78.7 ^b	71.9 ^{ab}	63.4 ^a	16.60	939.8 ^a
佰苜 371	89.7 ^{ab}	94.8 ^{bcd}	82.7 ^c	73.7 ^a	62.1 ^b	81.1 ^{ab}	75.0 ^a	72.5 ^b	60.8 ^{bc}	82.5 ^{ab}	71.0 ^{ab}	62.7 ^a	14.35	908.3 ^b
佰苜 401	82.0 ^c	89.0 ^d	94 ^{ab}	68.3 ^{ab}	65.8 ^{ab}	76.9 ^{ab}	74.7 ^a	72.5 ^b	61.9 ^b	83.4 ^{ab}	77.2 ^a	60.1 ^a	13.92	905.9 ^b
大银河	92.1 ^a	97.7 ^{bc}	96.3 ^{ab}	70.8 ^a	68.0 ^a	74.8 ^b	77.4 ^a	65.8 ^c	48.8 ^e	67.2 ^c	62.5 ^c	58.3 ^a	20.86	897.8 ^{bc}
康赛	85.2 ^{abc}	88.4 ^d	84.8 ^c	63.3 ^b	67.5 ^a	74.2 ^b	74.0 ^{ab}	71.8 ^b	62.5 ^b	79.4 ^b	64.6 ^{bc}	59.6 ^a	13.44	879.6 ^{cd}
骑士 T	86.9 ^{abc}	92.6 ^{cd}	95.7 ^{ab}	71.3 ^a	70.0 ^a	79.9 ^{ab}	75.3 ^a	71.2 ^b	63.3 ^b	86.1 ^a	68.1 ^{bc}	57.1 ^a	15.59	917.5 ^b
挑战者	87.4 ^{abc}	91.8 ^{cd}	82.9 ^c	69.5 ^{ab}	67.1 ^a	76.4 ^{ab}	75.5 ^a	70.4 ^b	67.3 ^a	82.8 ^{ab}	66.7 ^{bc}	59.9 ^a	12.96	915.5 ^b
阿迪娜	88.9 ^{abc}	91.8 ^{cd}	93.8 ^{ab}	73 ^a	70.1 ^a	76.2 ^{ab}	71.5 ^{ab}	72.4 ^b	66.2 ^a	79.8 ^b	70.8 ^{ab}	61.1 ^a	13.51	875.3 ^d
平均值	90.9 ^A			72.0 ^B			68.9 ^C			69.8 ^{BC}			—	—

注:不同小写字母表示不同茬次各紫花苜蓿品种间差异显著($P<0.05$),下同;不同大写字母表示不同年份各紫花苜蓿的平均株高年际间差异显著($P<0.05$)。

2.2 不同紫花苜蓿品种的鲜草产量

不同紫花苜蓿品种各茬次的鲜草产量分析结果表明,各茬次紫花苜蓿品种间的鲜草产量存在一定的差异,不同紫花苜蓿品种各茬次鲜草产量的变异系数在 33.12%~57.18% 之间。在紫花苜蓿生长第 1 年(2020 年),第 1 茬的各紫花苜蓿鲜草产量间均无显著差异($P>0.05$),但均小于第 2 茬和第 3 茬。第 2 年(2021 年),第 2 茬紫花苜蓿的鲜草产量除佰苜 371 外,

明,随着生长年限的增加,株高呈下降趋势,品种间各茬次株高的变异系数介于 12.96%~20.86% 之间,变异系数最大的品种是大银河。不同年度内 9 个紫花苜蓿品种各茬次间的株高存在一定的差异,其中,生长第 1 年(2020 年)各茬紫花苜蓿的株高在 82.0~103.9 cm 之间,平均值为 90.9 cm,显著高于其他年份($P<0.05$);生长第 2 年(2021 年)各茬紫花苜蓿的株高介于 62.1~82.8 cm 之间,平均值 72 cm,显著低于生长第 1 年($P<0.05$);生长第 3 年(2022 年)各茬紫花苜蓿的株高在 48.8~77.4 cm,平均值 68.9 cm,显著低于前 2 年的株高,在第 2 茬和第 3 茬中,大银河的株高显著低于其他品种($P<0.05$);生长第 4 年(2023 年)各茬紫花苜蓿的株高介于 57.1~86.1 cm 之间,平均值 69.8 cm,较前一年有所增加,在第 1 茬中,大银河的株高显著低于其他品种($P<0.05$)(表 2)。

均大于第 1 茬和第 3 茬。第 3 年(2022 年),随着茬次的增加,不同紫花苜蓿的鲜草产量呈下降趋势,表现为第 1 茬>第 2 茬>第 3 茬。第 4 年(2023 年),不同茬次各紫花苜蓿品种(系)间的鲜草产量变化各异,其中大银河的鲜草产量随着茬次的增加呈逐渐上升的态势,佰苜 202、佰苜 371、佰苜 401 和康赛的鲜草产量在第 3 茬出现略微增加,佰苜 341、骑士 T、挑战者和阿迪娜的鲜草产量均随茬次的增加呈下降趋势(表 3)。

表 3 不同供试材料各茬鲜草产量分析

Table 3 Analysis of fresh grass yield of different tested materials

品 种 (系)	鲜草产量/(kg·hm ⁻²)												变异 系数 CV/%
	2020 年			2021 年			2022 年			2023 年			
	第 1 茬	第 2 茬	第 3 茬	第 1 茬	第 2 茬	第 3 茬	第 1 茬	第 2 茬	第 3 茬	第 1 茬	第 2 茬	第 3 茬	
佰苜 202	24 703.83 ^a	32 407.57 ^{bc}	32 055.72 ^a	17 875.09 ^b	20 837.14 ^a	20 414.92 ^{ab}	18 519.54 ^{cd}	16 416.75 ^a	9 958.38 ^{bc}	15 194.52 ^{ab}	9 236.16 ^a	10 243.11 ^a	40.93
佰苜 341	26 777.91 ^a	37 407.60 ^a	28 685.33 ^a	21 527.89 ^{ab}	22 118.63 ^a	17 666.75 ^{bc}	22 389 ^{bc}	16 625.08 ^a	1 0291.72 ^{bc}	13 805.62 ^{ab}	11 472.28 ^a	10 333.39 ^a	41.51
佰苜 371	27 426.06 ^a	32 703.87 ^{bc}	32 685.35 ^a	24 652.90 ^a	20 577.88 ^a	20 266.77 ^{ab}	23 055.67 ^{ab}	18 250.09 ^a	9 152.82 ^c	12 486.17 ^b	10 486.16 ^a	11 569.50 ^a	40.63
佰苜 401	27 351.99 ^a	26 648.28 ^d	33 444.61 ^a	20 763.99 ^{ab}	21 800.11 ^a	20 051.95 ^{ab}	22 155.67 ^{bc}	17 652.87 ^a	10 736.17 ^{abc}	15 750.08 ^{ab}	10 805.61 ^a	11 736.17 ^a	35.51
大银河	27 370.51 ^a	33 852.02 ^{ab}	28 314.96 ^a	18 500.09 ^b	21 244.55 ^a	15 251.93 ^c	17 125.09 ^d	9 625.05 ^b	7 111.15 ^d	5 069.47 ^c	6 652.81 ^b	9 666.71 ^a	57.18
康赛	24 463.09 ^a	26 222.35 ^d	31 833.50 ^a	16 958.42 ^b	23 281.60 ^a	22 000.11 ^a	19 614.30 ^{bcd}	16 265.51 ^a	12 901.30 ^a	13 923.68 ^{ab}	10 954.91 ^a	12 586.87 ^a	33.38
骑士 T	25 722.35 ^a	31 092.75 ^{bc}	28 296.44 ^a	22 583.45 ^{ab}	23 718.64 ^a	21 570.48 ^{ab}	26 708.47 ^a	19 013.99 ^a	12 041.72 ^{ab}	19 250.10 ^a	11 541.73 ^a	9 541.72 ^a	33.12
挑战者	22 833.45 ^a	28 333.48 ^{cd}	33 129.80 ^a	21 152.88 ^{ab}	23 244.56 ^a	19 140.84 ^{ab}	19 625.10 ^{bcd}	16 569.53 ^a	10 541.72 ^{bc}	16 819.53 ^{ab}	10 805.61 ^a	9 750.05 ^a	36.85
阿迪娜	26 592.72 ^a	29 796.45 ^{bcd}	32 981.65 ^a	21 500.11 ^{ab}	23 474.19 ^a	22 318.63 ^a	20 791.77 ^{bcd}	16 013.97 ^a	11 611.17 ^{ab}	15 194.52 ^{ab}	11 208.39 ^a	10 111.16 ^a	37.06

不同紫花苜蓿品种(系)鲜草产量的方差分析结果表明,随着种植年限的增加,不同紫花苜蓿品种的鲜草产量呈下降趋势。紫花苜蓿生长第 1 年(2020 年),佰苜 341 的鲜草产量最高达 92 870.84 kg/hm²,其次为佰苜 371,最低的为康赛。后 3 年(2021~2023 年),骑士 T 的年度鲜草产量均高于其他品种,位居首位,而大银河的产量均显著低于其他品种($P<0.05$)。第 2 年(2021 年)阿迪娜鲜草产量为 67 292.93 kg/hm²,排名第二。第 3 年和第 4 年(2022~2023 年)佰苜 401 的鲜草产量仅次于骑士 T,位居第二。4 年累计鲜草产量由高到低排序为:骑士 T>佰苜 371>阿迪娜>佰苜 341>佰苜 401>挑战者>康赛>佰苜 202>大银河(表 4)。

2.3 不同供试材料的干草产量

不同年份各茬次供试材料干草产量的分析结果表明,各茬次材料间的干草产量变化各异,4 年总体态势表现为:第 1 茬>第 2 茬>第 3 茬,不同紫花苜蓿品种各茬次干草产量的变异系数在 26.73%~55.03% 之间。生长第 1 年(2020 年),9 份紫花苜蓿品种各茬次间的干草产量变化趋势不同,阿迪娜的干草产量在各茬次间表现为第 1 茬>第 2 茬>第 3 茬,佰苜 202、佰苜 341、佰苜 371 和大银河的干草产量为第 2 茬>第 1 茬>第 3 茬,康赛第 3 茬干草产量最高,各分别为第 1 茬和第 2 茬,佰苜 401 的干草产量为第 1 茬>第 3 茬>第 2 茬。第 2 年(2021 年),大银河和挑战者的干草产量表现为第 1 茬>第 2 茬>第 3 茬,其余品种的第 2 茬干草产量均小于第 1 茬,且第 3 茬干草产量较第 2 茬均

表 4 不同供试材料的年度鲜草产量及总产量

Table 4 Annual fresh yield and total yield of different tested materials

品种(系)	鲜草产量/(kg·hm ⁻²)				
	2020年	2021年	2022年	2023年	总产量
佰苜 202	89 167.11±6 894.97 ^a	59 127.15±2 567.95 ^{bc}	44 894.67±2 958.60 ^b	34 673.79±1 761.67 ^a	227 862.71±6 962.96 ^b
佰苜 341	92 870.84±2 759.03 ^a	61 313.27±5 514.68 ^{abc}	49 305.80±7 693.41 ^b	35 611.29±5 625.24 ^a	239 101.20±8 751.43 ^{ab}
佰苜 371	92 815.28±5 329.41 ^a	65 497.55±2 663.41 ^{ab}	50 458.59±2 510.76 ^{ab}	34 541.84±1 950.35 ^a	243 313.25±1 378.87 ^{ab}
佰苜 401	87 444.88±2 766.10 ^a	62 616.05±2 150.39 ^{ab}	50 544.70±2 250.02 ^{ab}	38 291.86±6 929.86 ^a	238 897.49±10 864.97 ^{ab}
大银河	89 537.49±6 492.51 ^a	54 996.57±4 116.13 ^c	33 861.28±2 185.16 ^c	21 389.00±1 931.71 ^b	199 784.33±9 870.09 ^c
康赛	82 518.93±5 744.14 ^a	62 240.13±6 033.84 ^{ab}	48 781.11±4 653.28 ^b	37 465.46±6 030.53 ^a	231 005.64±13 515.65 ^b
骑士 T	85 111.54±7 778.41 ^a	67 872.56±2 935.37 ^a	57 764.18±4 916.93 ^a	40 333.54±1 316.96 ^a	251 081.81±13 565.27 ^a
挑战者	84 296.72±2 416.73 ^a	63 538.28±2 336.76 ^{ab}	46 736.34±2 669.39 ^b	37 375.18±3 213.75 ^a	231 946.53±5 416.30 ^b
阿迪娜	89 370.82±7 185.06 ^a	67 292.93±3 426.61 ^a	48 416.91±5 304.80 ^b	36 514.07±2 773.38 ^a	241 594.73±9 412.60 ^{ab}

有所增加。第 3 年(2022 年),佰苜 202 和挑战者的干草产量表现为第 2 茬>第 1 茬>第 3 茬,其余品种的干草产量均为第 1 茬>第 2 茬>第 3 茬。第 4 年(2023 年),大银河的干草产量随着茬次的增加呈上升趋势,佰苜 341、佰苜 371 和康赛的干草产量表现为第 3 茬>第 1 茬>第 2 茬,其余品种的干草产量均表现为第 1 茬>第 3 茬>第 2 茬(表 5)。

9 份不同紫花苜蓿品种干草产量的方差分析表明,随着种植年限的增加,不同紫花苜蓿品种的年度干草产量呈下降趋势,与鲜草产量趋势相同。第 1 年(2020 年)干草产量最高的是佰苜 341 为 2 3215.27

kg/hm²,最低的是挑战者。第 2 年度(2021 年)干草产量最高的是阿迪娜为 15833.96 kg/hm²,其次为骑士 T,两者间差异不显著($P>0.05$),最低的是大银河,产量较前一年下降了 41%。第 3 年(2022 年)干草产量最高的是骑士 T,为 1 3821.11 kg/hm²,最低仍是大银河。第 4 年(2023 年)干草产量最高的是骑士 T,为 11 365.6 kg/hm²,最低仍是大银河,干草产量仅为 5 833.92 kg/hm²。4 年累计干草产量由高到低排序为:骑士 T>阿迪娜>佰苜 401>佰苜 371>康赛>佰苜 341>挑战者>佰苜 202>大银河(表 6)。

表 5 不同供试材料各茬干草产量分析

Table 5 Analysis of hay yield of different tested materials

品 种	干草产量/(kg·hm ⁻²)												变异
	2020 年			2021 年			2022 年			2023 年			系数
	第 1 茬	第 2 茬	第 3 茬	第 1 茬	第 2 茬	第 3 茬	第 1 茬	第 2 茬	第 3 茬	第 1 茬	第 2 茬	第 3 茬	CV/%
佰苜 202	7 664.53 ^{ab}	7 702.47 ^{bc}	6 736.35 ^a	4 797.87 ^b	3 898.73 ^b	4 700.09 ^{ab}	3 675.46 ^c	3 939.55 ^a	2 903.63 ^{bc}	3 874.58 ^{ab}	2 557.70 ^b	3 051.34 ^{bc}	38.77
佰苜 341	7 813.41 ^{ab}	9 001.00 ^a	6 400.86 ^a	5 748.08 ^{ab}	4 307.15 ^{ab}	4 340.46 ^{bc}	4 439.39 ^{bc}	3 918.80 ^a	3 006.40 ^{bc}	3 187.73 ^b	2 852.80 ^{ab}	3 228.04 ^{abc}	41.02
佰苜 371	7 888.00 ^{ab}	8 149.13 ^b	6 894.57 ^a	6 507.61 ^a	3 989.55 ^b	4 844.62 ^{ab}	4 975.17 ^{ab}	4 324.20 ^a	2 673.54 ^c	3 097.45 ^b	2 581.61 ^b	3 719.75 ^{ab}	39.37
佰苜 401	8 289.20 ^a	6 684.86 ^d	7 289.21 ^a	5 819.87 ^{ab}	4 217.88 ^{ab}	4 820.77 ^{ab}	4 855.25 ^b	4 190.40 ^a	2 975.86 ^{bc}	3 838.58 ^{ab}	2 983.64 ^{ab}	3 689.16 ^{ab}	34.37
大银河	7 827.88 ^{ab}	8 378.85 ^{ab}	6 163.80 ^a	5 231.56 ^{ab}	4 225.88 ^{ab}	3 719.65 ^c	3 726.09 ^c	2 565.97 ^b	2 478.88 ^c	1 448.68 ^c	1 514.57 ^c	2 870.68 ^c	55.03
康 赛	6 989.09 ^{bc}	6 547.9 ^{cd}	7 368.86 ^a	4 872.52 ^b	4 700.67 ^a	5 105.3 ^{ab}	4 659.64 ^b	4 427.33 ^a	3 724.74 ^a	3 687.00 ^{ab}	3 530.34 ^a	3 860.19 ^a	26.73
骑士 T	7 051.92 ^{abc}	7 606.03 ^{bc}	6 078.49 ^a	6 222.70 ^a	4 528.64 ^{ab}	4 927.46 ^{ab}	5 790.49 ^a	4 649.75 ^a	3 380.87 ^{ab}	5 068.16 ^a	3 133.56 ^{ab}	3 163.95 ^{abc}	28.71
挑战者	6 327.36 ^c	7 043.32 ^{cd}	6 811.74 ^a	6 123.10 ^{ab}	4 577.26 ^{ab}	4 473.95 ^{abc}	4 235.92 ^{bc}	4 237.85 ^a	3 002.95 ^{bc}	4 309.52 ^{ab}	3 085.98 ^{ab}	3 125.16 ^{bc}	30.36
阿迪娜	7 708.42 ^{ab}	7 583.32 ^{bc}	6 695.52 ^a	5 842.95 ^{ab}	4 520.21 ^{ab}	5 470.80 ^a	4 617.59 ^b	4 451.00 ^a	3 300.05 ^{ab}	4 239.49 ^{ab}	3 325.64 ^{ab}	3 536.29 ^{abc}	30.54
各茬产量/ 年度总产 量/%	34.31	34.89	30.80	38.57	29.46	31.97	38.99	34.81	26.20	36.29	28.70	35.01	

表 6 不同供试材料的年干草产量及总产量

Table 6 Annual hay yield and total yield of different tested materials

品种	干草产量/(kg·hm ⁻²)					总产量
	2020	2021	2022	2023		
佰苜 202	22 103.35±1 134.58 ^{abcd}	13 396.70±713.43 ^b	10 518.64±1 181.43 ^c	9483.61±641.52 ^b	55 502.30±1 395.12 ^c	
佰苜 341	23 215.27±754.09 ^a	14 395.68±1 342.03 ^{ab}	11 364.58±1 534.50 ^{bc}	9268.57±1 241.63 ^b	58 244.10±2 435.36 ^{abc}	
佰苜 371	22 931.70±524.22 ^{ab}	15 341.78±498.42 ^a	11 972.91±534.34 ^{abc}	9398.81±373.32 ^b	59 645.20±1 311.53 ^{ab}	
佰苜 401	22 263.26±444.37 ^{abcd}	14 858.52±683.42 ^{ab}	12 021.52±832.59 ^{abc}	10 511.38±1 517.78 ^{ab}	59 654.69±2 266.64 ^{ab}	
大银河	22 370.52±1 582.76 ^{abc}	13 177.10±1 052.83 ^b	8 770.94±260.98 ^d	5 833.92±585.29 ^c	50 152.49±1 611.88 ^d	
康 赛	20 905.86±1 206.58 ^{bcd}	14 678.49±1 409.00 ^{ab}	12 811.70±1 077.62 ^{ab}	11 077.54±734.04 ^a	59 473.59±2 283.58 ^{ab}	
骑士 T	20 736.44±1 305.60 ^{cd}	15 678.79±599.08 ^a	13 821.11±1 228.12 ^a	11 365.67±417.27 ^a	61 602.03±2 716.62 ^a	
挑战者	20 182.42±625.30 ^d	15 174.30±480.16 ^a	11 476.72±482.02 ^{bc}	10 520.66±688.30 ^{ab}	57 354.10±1 357.34 ^{bc}	
阿迪娜	21 987.26±1 581.92 ^{abcd}	15 833.96±990.81 ^a	12 368.65±984.01 ^{abc}	11 101.43±781.94 ^a	61 291.30±2 041.49 ^a	

2.4 不同年份供试材料的干草产量占比

由不同紫花苜蓿品种年度干草产量的占比可知,

在 4 年干草总产量中,各紫花苜蓿品种在生产前 3 年干草产量占比为 81.37%~88.37%,紫花苜蓿生长第

1 年(2020 年)干草产量占比较高,在 33.66%~44.61% 之间,其中大银河最高,为 44.61%,第 2 年(2021 年)干草产量的占比有所降低,介于 24.68%~26.46% 之间,各品种间差别不大,第 3 年(2022 年)干草产量占比位于 17.49%~22.44% 之间,第 4 年紫花苜蓿的生长快速减缓,干草产量占比降至 20% 以下(表 7)。

表 7 不同紫花苜蓿品种的年干草产量占比

Table 7 Proportion of annual hay yield of different tested materials				%
品种	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年
佰苜 202	39.82	24.14	18.95	17.09
佰苜 341	39.86	24.72	19.51	15.91
佰苜 371	38.45	25.72	20.07	15.76
佰苜 401	37.32	24.91	20.15	17.62
大银河	44.61	26.27	17.49	11.63
康赛	35.15	24.68	21.54	18.63
骑士 T	33.66	25.45	22.44	18.45
挑战者	35.19	26.46	20.01	18.34
阿迪娜	35.87	25.83	20.18	18.11

2.5 不同供试材料的饲用价值

由不同紫花苜蓿品种的饲用价值分析可知,在参试的 9 个品种中,骑士 T 的粗蛋白含量最高,为 16.83%,其次为佰苜 202,粗蛋白含量最低的是佰苜

371。相对饲用价值的计算结果显示,骑士 T 的 RFV 最高为 119.16,其次是大银河和佰苜 202,分别为 106.84 和 104.84,RFV 最低的为阿迪娜,仅为 59.33(表 8)。

2.6 灰色关联法综合评价

选取 6 个影响紫花苜蓿产量和品质的主要指标,利用灰色系统理论,应用数列间的相似度来判断两个因素之间的关联程度,关联度越大的数列与标准数列越接近^[6]。以高产优质为目标,选取株高、干草产量、CP、RFV 高于供试品种中最大值的 5%,选取中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维低于供试品种中最小值的 5% 的数值建立参考品种^[15-16],计算供试品种与“参考品种”各性状的关联系数。

为了在同等条件下比较各指标贡献率的大小,计算各个指标的权重值 ω 后得出, $\omega_1=0.214\ 2$, $\omega_2=0.206\ 2$, $\omega_3=0.145\ 4$, $\omega_4=0.149\ 5$, $\omega_5=0.154\ 2$, $\omega_6=0.130\ 5$,因此,不同紫花苜蓿品种所选指标所占的权重顺序由大到小为:株高(ω_1)>干草产量(ω_2)>ADF(ω_5)>NDF(ω_4)>CP(ω_3)>RFV(ω_6)。加权关联度值越大说明该品种与参考品种的接近度越高。根据加权关联度结果可知,不同紫花苜蓿品种的综合评价结果排序为:骑士 T>佰苜 202>大银河>阿迪娜>佰苜 341>佰苜 371>挑战者>佰苜 401>康赛,说明骑士 T 的综合表现最好(表 9)。

表 8 不同供试材料的饲用价值

Table 8 Feeding value of different different tested materials							
品种	CP/%	NDF/%	ADF/%	EE/%	DDM/%	DMI/%	RFV
佰苜 202	14.96	49.14	43.03	5.07	55.38	2.44	104.84
佰苜 341	11.24	67.44	56.99	2.79	44.50	1.78	61.39
佰苜 371	8.98	63.5	52.66	3.31	47.88	1.89	70.14
佰苜 401	10.12	68.78	56.55	3.48	44.85	1.74	60.66
大银河	14.67	45.12	47.6	4.74	51.82	2.66	106.84
康赛	12.53	65.38	58.11	2.84	43.63	1.84	62.08
骑士 T	16.83	44.56	40.85	4.68	57.08	2.69	119.16
挑战者	13.09	70.31	54.76	5.22	46.24	1.71	61.18
阿迪娜	11.85	70.65	56.28	3.45	45.06	1.70	59.33

3 讨论

天山北坡平原荒漠灌区处于农牧交错带,生态环境脆弱,土壤呈碱性,有机质含量低,是典型的低产

田,灌溉以地下水为主。目前该区域苜蓿种植的灌水方式已由以前的漫灌改为了浅埋或滴灌,筛选出适宜本地区滴灌条件下种植的优良紫花苜蓿品种,可为当地轮作模式的推广中紫花苜蓿品种选择提供一定的

表 9 不同紫花苜蓿品种的关联度系数及加权关联度分析

Table 9 Correlation coefficient and weighted correlation analysis of different alfalfa varieties

品种	株高	干草产量	粗蛋白质	中性洗涤纤维	酸性洗涤纤维	相对饲用价值	加权关联度	排序
佰苜 202	0.890 9	0.767 0	0.745 8	0.773 5	0.860 0	0.730 6	0.801 0	2
佰苜 341	0.999 9	0.856 7	0.495 3	0.488 8	0.533 6	0.402 1	0.670 7	5
佰苜 371	0.906 9	0.911 2	0.411 4	0.520 8	0.590 4	0.442 1	0.668 5	6
佰苜 401	0.900 5	0.911 6	0.449 9	0.479 6	0.538 5	0.399 1	0.653 1	8
挑战者	0.879 6	0.825 4	0.594 6	0.469 9	0.560 3	0.401 2	0.654 1	7
大银河	0.835 9	0.636 9	0.717 5	0.956 3	0.693 7	0.759 2	0.763 7	3
骑士 T	0.932 1	0.999 9	0.999 9	0.992 3	0.992 3	0.999 9	0.983 1	1
阿迪娜	0.926 6	0.984 7	0.524 2	0.467 8	0.541 5	0.393 7	0.682 6	4
康赛	0.826 2	0.904 1	0.560 6	0.504 5	0.521 8	0.405 0	0.653 7	9
权重系数	0.214 2	0.206 2	0.145 4	0.149 5	0.154 2	0.130 5	—	—

参考价值。

植株高度是衡量牧草生长状况的重要指标,可反映其生产潜能^[4]。郭正刚等^[17]研究发现紫花苜蓿株高与干草产量呈极显著正相关。本研究表明,紫花苜蓿生长第1年的平均株高最大为90 cm,第2年显著降低,主要是由于受到当地水资源条件的限制,第1茬未灌水,其生长速度减缓,复水后的第2茬株高仍处于较低水平,到第3茬供试材料的生长出现好转,说明春季返青水对后期紫花苜蓿的生长具有较大的影响。供试材料株高总积累量排在第一的品种是佰苜 341,显著高于其他品种,说明其生长速度快,其次是骑士 T 和阿迪娜,干草产量表现也较好,大银河和康赛的株高积累量少。

草产量可以反映不同品种的生产性能及适应性^[18]。研究表明,9个引进品种生长期内的干草总产量为50 152.49~61 602.03 kg/hm²,其中,骑士 T 和阿迪娜的4年紫花苜蓿干草总产量在61 000 kg/hm²以上,各茬次的变异系数也较低,说明其产量稳定,在本区域的生产性能表现较好。梁维维等^[7]的研究发现甘农4号的4年干草总产量最高为58 960.6 kg/hm²,骑士 T 和阿迪娜的表现一般,与本研究结果不同,这可能是由紫花苜蓿的种植时间、灌溉方式及测产方法不同引起的。大银河的产量最低,据调查发现该品种直立性好,但在生长第2年植株死亡较多,导致减产,这可能是由于当年春季缺水引起,有待于进一步研究。不同紫花苜蓿品种产量的年际变化和利用年限各异,赵海明等^[19]认为评价紫花苜蓿品种的生产性能3年即

可,合理的生产利用年限以3~5年为宜,孙建华等^[20]

对国内审定登记的紫花苜蓿品种进行研究发现,紫花苜蓿生长的高峰期在第3年。本研究发现,4年内,引进紫花苜蓿品种在生产前3年干草产量占比为80%以上,其中,收获第1年的产草量最高,占4年干草总产量的37.77%。这主要是由于本试验为秋播,种植越冬后的第2年即收获的第1年,此年可收获完整的3茬紫花苜蓿,随后产量逐年降低,到第4年产量仅为第1年的45%。此结果说明引进紫花苜蓿品种更适宜在草田轮作中使用,可在短期获得最大收益,这与刘杰淋等^[21]的研究结果一致。梁维维等^[7]在该地区的测产结果显示,紫花苜蓿第2年产量最高,主要是在呼图壁平原荒漠灌区春季播种紫花苜蓿当年只能刈割2茬,产量较低。因此,建议在本地种植紫花苜蓿时选择秋播,第2年即可获得高产。对不同茬次紫花苜蓿干草产量的分析发现,在浅埋式滴灌条件下紫花苜蓿4年各茬次干草产量总体态势表现为:第1茬>第2茬>第3茬,占比分别为37.04%,31.96%,30.99%,这与梁维维等^[7]和张铁军等^[22]的研究结果基本一致,但不同年度内各茬次存在一定的差异,在紫花苜蓿干草生产的第2年和第4年内,第3茬的产量较第2茬略微增加,主要是因为紫花苜蓿生长第2年受干旱影响,产量下降,复水后产量增加,而第4年则是由于紫花苜蓿的长势变弱,杂草数量迅速增加,导致产量上升,因此建议在紫花苜蓿生产的第4年加强杂草防除方面的管理。

营养价值的评价是紫花苜蓿引种工作的一个重

要环节^[4],其中粗蛋白、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、粗脂肪含量为主要评价指标^[23],RFV代表紫花苜蓿可消化干物质的采食量,其值越高表明紫花苜蓿的质量越高^[24]。本研究表明,骑士T的粗蛋白含量和相对饲用价值均较高,其次是大银河和佰苜202,说明这3个品种的营养价值较高,而阿迪娜等其他品种表现相对较差,这与张兰等^[25]在陇东旱塬区的研究结果不同。可能是由于在不同区域紫花苜蓿品种的自身遗传性和生长发育阶段存在差异,致使其表现出不同的生长特点。另外,集中测产取样时,如若个别品种未达到或者已经超过最佳测定时期,也可能会造成试验结果出现误差,这有待进一步探索验证。

用灰色系统理论中关联度分析法所得的结论定量地考虑了多个因子的作用^[14,26],对一个品种的评价更加全面、准确、客观,可为筛选、推广适宜本地区的优良品种提供可靠的依据^[27]。干草产量和营养价值是决定豆科牧草经济效益的重要因素^[28]。王龙然等^[2]和李德明等^[4]从生产性能和营养价值综合考虑,认为康赛的各项指标表现都较好,适宜在柴达木盆地和黄土高原半干旱地区推广种植。本研究应用灰色关联度分析法对引进的9个紫花苜蓿品种的生产性能和营养价值进行综合评价,结果表明,骑士T的综合表现最好,干草产量和相对饲喂价值均排在首位,建议在呼图壁平原荒漠灌区引种种植。这说明不同品种在不同区域的适应性存在差异,引种前需开展区域试验,避免造成经济损失。

4 结论

通过在天山北坡平原荒漠灌区引进紫花苜蓿品种,发现4年的生产周期中,前3年干草产量占总产量的80%以上,第4年的产量开始下降,且需要加强杂草防除,这说明该区域草田轮作中紫花苜蓿种植年限以3~4年为宜。应用灰色关联度进行综合评价,结果表明,骑士T与参考品种相似度较大,品质和生产性能表现均较好,建议在呼图壁平原荒漠灌区引种种植。综合排名第2、第3的分别为佰苜202和大银河,其粗蛋白含量高、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量均较低,品质优良,但其干草产量相对较低。

参考文献:

- [1] 魏忠平,邢兆凯,于雷,等. 北方泥质海岸盐碱地种植牧草肥土效果研究[J]. 辽宁林业科技,2009(2):8-10.
- [2] 王龙然,王伟,蒲小剑,等. 柴达木盆地19个紫花苜蓿品种生产性能和饲用品质综合评价[J]. 草地学报,2023,31(10):3136-3144.
- [3] 新疆维吾尔自治区畜牧业“十四五”发展规划. 新疆畜牧业[J]. 2022(37):4-16.
- [4] 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.
- [5] 李岩,徐智明,李争艳,等. 14个紫花苜蓿品种草产量及营养品质的综合评价[J]. 草原与草坪,2019,39(4):85-91.
- [6] 张云玲,张晶,马丽,等. 新疆天山东部平原区引种苜蓿品种的灰色关联度分析与综合评价[J]. 草原与草坪,2019,39(5):107-112.
- [7] 梁维维,张荟荟,张学洲,等. 新疆北疆地区32个紫花苜蓿品种的生产性能研究[J]. 中国草地学报,2023,45(3):68-77.
- [8] 中国农业科学院农业质量标准与检测技术研究所. GB/T 6432-2018. 饲料中粗蛋白的测定 凯氏定氮法[S]. 北京:中国标准出版社,2018:1-4.
- [9] 国家饲料质量监督检验中心. GB/T 6433-2006. 饲料中粗脂肪的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2006:1-7.
- [10] 四川威尔检测技术股份有限公司,山东省畜产品质量安全中心,青海省农业农村厅. GB/T 20806-2022. 饲料中中性洗涤纤维(NDF)的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2022:1-8.
- [11] 通威股份有限公司,四川威尔检测技术股份有限公司. NY/T 1459-2022. 饲料中酸性洗涤纤维的测定[S]. 北京:中国农业出版社,2022:1-4.
- [12] 张丽英. 饲草分析及饲料质量检测技术[M]. 北京:中国农业大学出版社,2012.
- [13] 王晓龙,李红,米福贵,等. 不同秋眠级苜蓿生产性能及越冬率评价[J]. 草业学报,2019,28(6):82-92.
- [14] 唐成斌,龙绍云. 灰色系统理论在牧草引种上的应用初探[J]. 草业科学,1991(6):44-47.
- [15] 刘录祥,孙其信,王士芸. 灰色系统理论应用于作物新品种综合评估初探[J]. 中国农业科学,1989(3):22-27.
- [16] 邓聚龙. 灰色控制系统[M]. 武汉:华中理工大学出版社,1998.
- [17] 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.
- [18] 郭海明, 于磊, 林祥群. 新疆北疆绿洲区4个紫花苜蓿品种生产性能比较[J]. 草业科学, 2009, 2(7): 72—76.
- [19] 赵海明, 李源, 武瑞鑫, 等. 海河平原区引进紫花苜蓿品种的生产性能及适应性评价[J]. 草学, 2017(5): 7—15.
- [20] 孙建华, 王彦荣, 余玲. 紫花苜蓿生长特性及产量性状相关性研究[J]. 草业学报, 2004, 13(4): 80—86.
- [21] 刘杰淋, 王雪珊, 孔晓蕾, 等. 25个苜蓿品种在绥化地区生产性能评价初报[J]. 饲料研究, 2022, 45(10): 102—107.
- [22] 张铁军, 龙瑞才, 赵忠祥, 等. 河北地区紫花苜蓿品种的生产性能比较研究[J]. 中国草地学报, 2018, 40(3): 35—42.
- [23] 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.
- [24] 李志强. 苜蓿干草质量评价[J]. 中国奶牛, 2013(15): 7—9.
- [25] 张兰, 宋谦, 马淑梅, 等. 利用灰色关联度法评价12个苜蓿品种的营养价值[J]. 中国饲料, 2023, 1(9): 136—140.
- [26] 高晗, 李丽珠, 郭欢欢, 等. 基于灰色关联度法的不同紫花苜蓿品种氮、磷、钾养分重吸收评价[J]. 草原与草坪, 2022, 42(2): 112—118.
- [27] 刘刚, 赵桂琴, 魏黎明. 基于熵权赋权法的灰色系统理论在燕麦品种综合评价中的应用[J]. 中国草地学报, 2007, 29(3): 84—89.
- [28] 彭艳, 马素洁, 孙晶远, 等. 西藏12份野生豆科牧草种质资源综合性状评价[J]. 草业科学, 2021, 38(12): 2429—2439.

Comprehensive evaluation of production performance of nine alfalfa varieties in desert irrigation area of northern slope plain of Tianshan Mountains

ZHU Hao, ZHANG Hui-hui*, ZHANG Xue-zhou, ASIYA Manlike, LIANG Wei-wei,
YUN Jing, LIU meng, JIN Sha-sha

(Grassland Research Institute of Xinjiang Academy of Animal Science, Urumqi 830000, China)

Abstract: 【Objective】 In order to identify alfalfa varieties suitable for cultivating in the desert area of the plain on the northern slope of Tianshan Mountains. 【Method】 The single factor randomized block design was used to determine the plant height, grass yield and quality of nine alfalfa varieties. The grey correlation method was used to comprehensively evaluate these traits. 【Result】 With the increase in cultivating years, the dry and fresh grass yield of alfalfa showed a downward trend. The dry grass yield in the first year of alfalfa growth accounted for 37.77% on average. The maximum plant height accumulation of Baimu 341 was 939.76 cm, which was significantly higher than that of other varieties. The total hay yield, crude protein content and relative feeding value of Knight T were the highest, which were 61 602.03 kg/hm², 16.83% and 119.16, respectively. The comprehensive evaluation results of grey correlation degree ranked from high to low as: Knight T > Baimu 202 > Galaxie Max > Adrenalin > Baimu 341 > Baimu 371 > Survivor > Baimu 401 > Concept. 【Conclusion】 The overall performance of Knight T was the best, thus it was recommended to be introduced and planted in the desert irrigation area of the northern slope of Tianshan Mountains.

Key words: alfalfa; grass yield; nutritive value; grey relational analysis; overall merit

(责任编辑 康宇坤)