

曾继娟,朱 强. 匈牙利能源植物 Szarvasi-1 在宁夏引种的适应性[J]. 江苏农业科学,2021,49(18):156-163.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.18.026

# 匈牙利能源植物 Szarvasi-1 在宁夏引种的适应性

曾继娟,朱 强

(宁夏林业研究院股份有限公司/种苗生物工程国家重点实验室,宁夏银川 750004)

**摘要:**以引进的匈牙利能源植物 Szarvasi-1 种子为试验材料,采用随机区组法,通过开展其在银川市、盐池县、固原市 3 个地区不同播种密度下的区域化试验研究,利用主成分分析方法对生长适应性进行综合评价,优选出该植物适宜生长的播种密度以及在宁夏地区的最适种植区域,旨在丰富牧草种质资源,服务生产。结果表明,匈牙利能源植物 Szarvasi-1 品种最适宜在固原地区种植,且  $3\text{ g/m}^2$  为最佳播种密度,其次是银川地区和盐池地区。在整个生育期内,其营养成分含量随生长时期的变化而存在差异,粗蛋白含量、粗脂肪含量均在返青期达到峰值,分别为 12.3%、2.6%,粗纤维含量在成熟期为 31.0%;Szarvasi-1 还富含粗灰分、钙、磷等元素,是一种营养较全面的饲料植物,可以作为牧草在宁夏地区推广应用。

**关键词:**Szarvasi-1 能源草;引种;适应性评价;宁夏地区;播种密度

**中图分类号:**S184 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2021)18-0156-08

宁夏回族自治区地处我国农牧交错带,是重要的牧区之一,现有天然草场近  $240\text{ 万 hm}^2$ <sup>[1]</sup>。近年来,草畜产业一直被宁夏回族自治区列为当地农业四大战略性主导产业之一,成为宁夏干旱半干旱区发展农村经济、促进农民脱贫致富的支柱产业<sup>[2]</sup>。发展草畜产业的关键是高产优质牧草的育种与栽培,选择优良牧草品种是建立人工牧草生产基地及饲草料生产基地的基础<sup>[3]</sup>。但是,目前在宁夏干旱带适宜栽培的高产优质牧草品种单一,牧草供应量不足。优质牧草的短缺难以满足当地草畜产业的需求,导致乡土野生植物被破坏,是该地区畜牧业发展面临的挑战<sup>[4]</sup>。基于此,本试验通过引进匈牙利能源植物绍尔沃什-1 号(Szarvasi-1)品种,于银川市、盐池县、固原市等 3 个地区开展 Szarvasi-1 能源草在不同播种密度下的区域化试验研究,对其生长表现进行综合评价,旨在探索该植物在宁夏地区的生长适应性,并确定 Szarvasi-1 能源草在 3 种典型环境下的最适种植区域,为宁夏乃至西北干旱

地区高产优质牧草的育种与栽培提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 物种概况

Szarvasi-1 号能源草(*Elymus elongatus* subsp. *ponticus* cv. Szarvasi-1)是匈牙利科学家用 15 年的时间成功培育出的新型草种,2004 年获得匈牙利专利,2005 年获得欧盟 25 个国家的专利,其各项性能指标处于国际领先地位。Szarvasi-1 能源草是一种生态适应性强、生物产量高、产草期长、用途广泛、耐盐碱的优良生物质能源植物,在固体燃料、造纸、工业纤维原料、牛羊饲料等方面有较好的前景。目前,国内河北省沧州市于 2013 年开展了 Szarvasi-1 能源草的引种栽培研究,结果表明,它能够在土壤含盐量为 0.3% 的条件下正常生长,目前尚未见其他报道。基于此,本研究通过开展 Szarvasi-1 能源草在宁夏银川、盐池、固原等 3 个地区 3 种典型环境下,不同播种密度的区域化试验研究,明确其在宁夏引种后的生长适应性以及在宁夏的最适种植区域,以期为进一步开发利用奠定基础。

### 1.2 试验地概况

银川植物园地处宁夏北部,属中温带半干旱大陆性气候,日照充足、热量充沛、温差较大、风大沙多、干旱少雨、蒸发强烈,年平均气温为  $8.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,年降水量为 180 mm,干燥度为 3.92(表 1)。盐池红山沟属于宁夏中部干旱带,是典型的大陆性气候,降雨

收稿日期:2020-12-22

基金项目:农业部引进国际先进农业科学技术项目(编号:2016-X14)。

作者简介:曾继娟(1990—),女,甘肃白银人,硕士,助理研究员,主要从事植物资源收集与抗逆生理研究。E-mail:981315800@qq.com。

通信作者:朱 强,硕士,副研究员,主要从事植物资源收集与开发利用研究。E-mail:qzhu2008@163.com。

少,光能丰富,日照充足,年平均气温为 7.8 ℃,年降水量为 300 mm,干燥度为 2.95。固原原州区位于

宁夏南部,降水量相对丰富,年降水量超过 480 mm,土壤类型是黑垆土,干燥度为 1.60。

表 1 试验地概况

试验地点	经纬度	海拔 (m)	年平均降水量 (mm)	年平均气温 (℃)	年平均日照时间 (h)	无霜期 (d)	土壤类型	干燥度
银川植物园	38°25′06″N,106°10′35″E	1 115	180	8.5	3 033	178	灰钙土	3.92
盐池红山沟	37°46′38″N,107°30′56″E	1 460	300	7.8	2 863	156	灰钙土	2.95
固原原州区	34°14′23″N,106°27′58″E	2 200	484	5.6	2 497	154	黑垆土	1.60

### 1.3 试验材料与方法

以宁夏林业研究院种苗生物工程国家重点实验室通过国家外专局引进的匈牙利能源草 Szarvasi - 1 种子为试验材料。于 2016 年 4 月在各区试点选择土壤条件较好的耕地作为试验地进行 Szarvasi - 1 能源草区域化种植试验。将土地平整后,采取随机排列法,设置 4 个小区(A、B、C、D),每个小区面积均为 10 m<sup>2</sup> (2 m×5 m),采用等行距露地平播,播种密度分别为 1、3、5、7 g/m<sup>2</sup>,3 次重复,调查出苗率、株高、分蘖数等生长情况。

### 1.4 指标测定

本试验于 2016 年 6 月 29 日、9 月 20 日 2 次对各小区随机抽取植株 10 株,用钢卷尺测定株高、根长、叶长;用游标卡尺测定叶宽;分蘖数为近地面基部分枝数<sup>[5]</sup>。同时,每个小区选取 1 m<sup>2</sup> 能源草,齐地面刈割,收割后立即称其鲜质量。之后取 500 g 鲜样,将茎、叶分离分别称质量,放入 105 ℃烘箱内杀青 10 min,65 ℃烘干至恒质量<sup>[6]</sup>,计算鲜干比,5 次重复,烘干留样测其营养成分含量。其中,鲜干比=鲜草质量/干草质量。

### 1.5 数据处理与分析

采用 Excel 2010 进行数据处理、制图;采用 SPSS 20.0 软件进行方差分析,用 Duncan's 法进行差异显著性多重比较;通过主成分分析对 Szarvasi - 1 能源草进行生态适应性综合评价。计算公式如下:

$$W_j = P_j / \sum_{j=1}^n P_j, j=1, 2, 3, \dots, n; \quad (1)$$

$$D = \sum_{j=1}^n [u(X_j) \times W_j], j=1, 2, 3, \dots, n. \quad (2)$$

式中:  $W_j$  表示第  $j$  个综合指标在所有综合指标中的权重;  $P_j$  为匈牙利能源植物 Szarvasi - 1 号第  $j$  个综合指标的贡献率;  $D$  为匈牙利能源植物 Szarvasi - 1 号综合指标评价所得的适应性综合评价价值;  $u(X_j)$  为第  $j$  个指标的隶属函数值。

## 2 结果与分析

### 2.1 出苗率比较

引种出苗率是区域化试验及引种是否成功的基本指标。通过对 Szarvasi - 1 能源草在银川、盐池、固原进行播种试验,结果(表 2)表明,各区试点的出苗时间没有明显差别,出苗率均在 90% 以上,其中固原试点出苗率最高,为 97%,其次是银川试点,盐池试点的出苗率最低。

表 2 试验地出苗记录

试验地	播种时间	出苗时间	出苗率 (%)
银川	4 月 7 日	4 月 19 日	96
盐池	4 月 8 日	4 月 24 日	92
固原	4 月 9 日	4 月 18 日	97

### 2.2 株高变化

由图 1 可知,同一示范点,随着播种密度的增大,能源草的株高整体呈先升高后降低的趋势。6 月,除银川试点在播种密度为 5 g/m<sup>2</sup> 处理时达到最大值,其余均在 3 g/m<sup>2</sup> 处理时达到最大值,株高在生长后期增加较快。9 月,同一播种密度下,3 个示范点的株高排序为固原试点 > 银川试点 > 盐池试点;其中,银川试点的株高在 5 g/m<sup>2</sup> 处理时分别较 1、3、7 g/m<sup>2</sup> 处理显著高出 13.02%、4.34%、9.27% ( $P < 0.05$ );盐池试点和固原试点的株高在 3 g/m<sup>2</sup> 处理时分别较 1、5、7 g/m<sup>2</sup> 处理显著高出 22.26%、8.40%、12.14% 和 28.94%、16.43%、19.81%。

### 2.3 根长变化

由图 2 可知,同一示范点,整个生长季,随着播种密度的增大,Szarvasi - 1 能源草根长的变化基本呈先升高后降低的趋势。6 月,银川试点和盐池试点的根长在播种密度为 3 g/m<sup>2</sup> 处理时达到最大值,分别较 1、5、7 g/m<sup>2</sup> 处理显著高出 31.26%、22.62%、

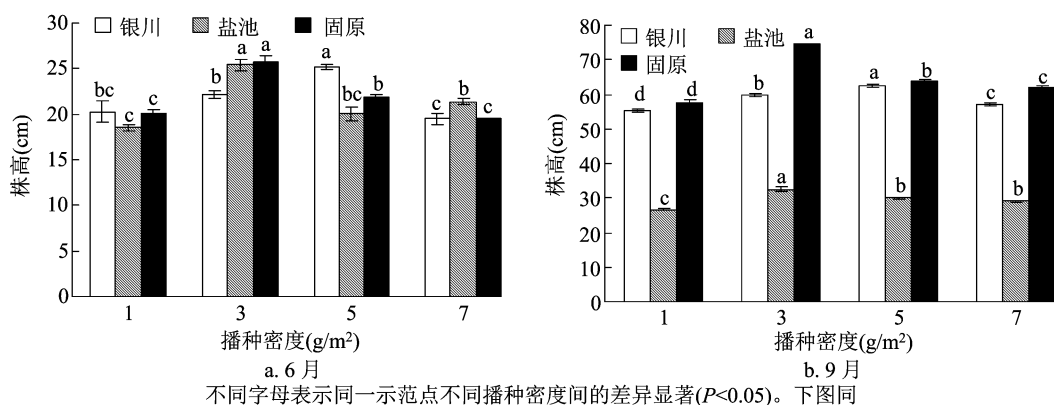


图1 生长期 Szarvasi-1 能源草的株高变化

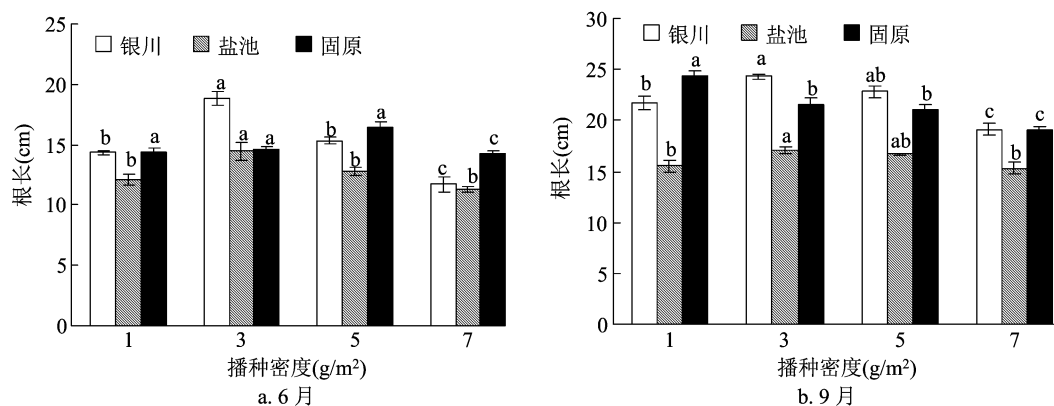


图2 生长期 Szarvasi-1 能源草的根长变化

60.63%和19.19%、13.22%、28.17%，固原试点的根长在5 g/m<sup>2</sup>处理时达到最大值(16.47 cm)，且与3 g/m<sup>2</sup>处理差异不显著；9月，同一播种密度下，3个示范点的根长大小没有统一的排序，在3、5 g/m<sup>2</sup>处理下，根长表现为银川试点>固原试点>盐池试点。

#### 2.4 叶长、叶宽变化

由图3可知，同一示范点，整个生长季，随着播种密度的增大，Szarvasi-1能源草叶长变化呈先升高后降低的趋势，均在5 g/m<sup>2</sup>处理时达到峰值。生

长初期(6月)，同一播种密度下，3个示范点的叶长变化幅度并不明显，但是在生长后期(9月)表现出较大的差异，叶长由大到小基本为固原试点>银川试点>盐池试点(7 g/m<sup>2</sup>处理时除外)；由此推测，生长旺盛期(6—9月)更有利于该植物地上部分的生长。9月，在5 g/m<sup>2</sup>处理下，银川、盐池、固原试点的叶长分别达到45.9、24.7、51.5 cm，分别较6月增加139.44%、25.38%、164.37%，说明生长旺盛期(6—9月)更有利于该植物地上部分的生长，尤其固原试点的叶长生长最快。

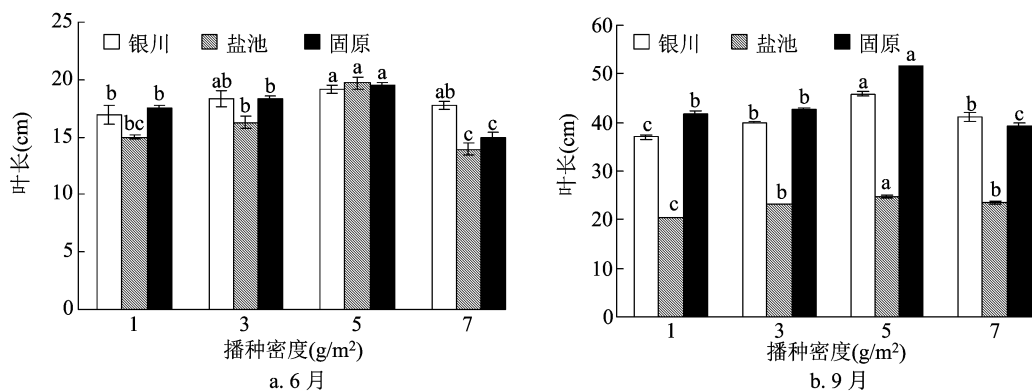


图3 生长期 Szarvasi-1 能源草的叶长变化

由图 4 可知,生长初期(6 月),同一示范点,随着播种密度的增大,其叶宽整体呈下降趋势,均在  $1 \text{ g/m}^2$  处理时达到最大值。生长后期(9 月),各示范点的叶宽较初期而言虽然呈上升趋势,但是变化幅度不大;其中,银川试点、盐池试点的叶宽均随播

种密度的增大而下降,但是固原点则表现出先增加后降低的趋势,在  $3 \text{ g/m}^2$  处理时达到最大值,较  $1 \text{ g/m}^2$  处理显著高出 16.48%,说明适当的播种密度更利于叶片的横向生长,密度越大越产生抑制作用。

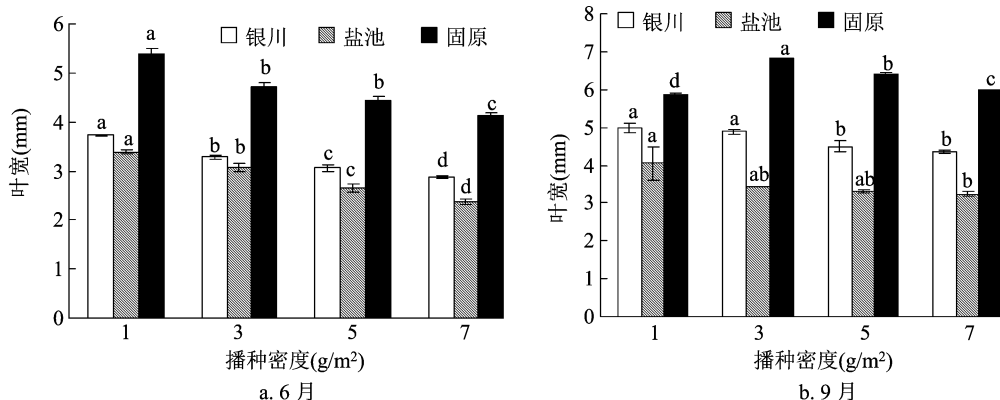


图4 生长期 Szarvasi-1 能源草的叶宽变化

## 2.5 分蘖数变化

由图 5 可知,生长初期(6 月),同一示范点,随着播种密度的增大,其分蘖数整体呈下降趋势,在  $1 \text{ g/m}^2$  处理时达到最大值,达到 12 个以上,说明播种密度越大越不利于植物基部的分蘖。随着生长

时间的延长,9 月分蘖数较初期而言增加的幅度并不明显,说明生长初期是该植物迅速分蘖的关键时期,播种密度为  $5, 7 \text{ g/m}^2$  处理下,3 个示范点的分蘖数排序为固原试点 > 盐池试点 > 银川试点。

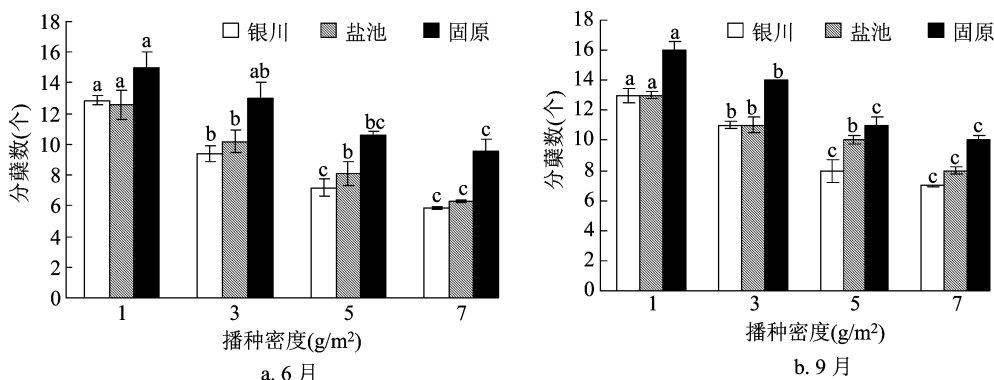


图5 生长期 Szarvasi-1 能源草的分蘖数变化

## 2.6 总生物量变化

由图 6 可知,生长初期(6 月),同一示范点,随着播种密度的增大,银川试点的总生物量先下降后升高再下降,在  $1 \text{ g/m}^2$  处理下最大( $2.104 \text{ g}$ ),分别较  $3, 7 \text{ g/m}^2$  处理显著高出 23.98%、125.99%,与  $5 \text{ g/m}^2$  处理之间没有显著差异;盐池试点、固原试点的总生物量呈下降趋势,在  $1 \text{ g/m}^2$  处理下最大,其中固原试点在  $1, 3, 5 \text{ g/m}^2$  处理之间差异不显著。生长后期(9 月),银川试点、盐池试点的总生物量变化趋势和初期一致,固原试点表现出先升高后下降的趋势,峰值出现在  $3 \text{ g/m}^2$  处理,较  $1, 5, 7 \text{ g/m}^2$  处理分别显著高出 23.88%、18.95%、41.67%。

## 2.7 产量分析

2.7.1 鲜干比 由表 3 可知,各示范点的鲜干比均在播种密度  $1 \text{ g/m}^2$  下最大,且随着播种密度的增大大体呈先下降后增加的趋势,只是变化的幅度各不相同,同时,3 个示范点的鲜干比排序为固原试点 > 银川试点 > 盐池试点。

2.7.2 干草产量 生长后期(9 月末),采用样方法 ( $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ ) 对各示范点 Szarvasi-1 能源草进行抽样调查计算干草的产量。由图 7 可知,银川试点 Szarvasi-1 能源草的干草产量随着播种密度的增加呈先升高后降低的趋势,在  $3 \text{ g/m}^2$  处理时达到最大值,显著高出  $1, 5, 7 \text{ g/m}^2$  处理 16.81%、6.17%、14.72%。

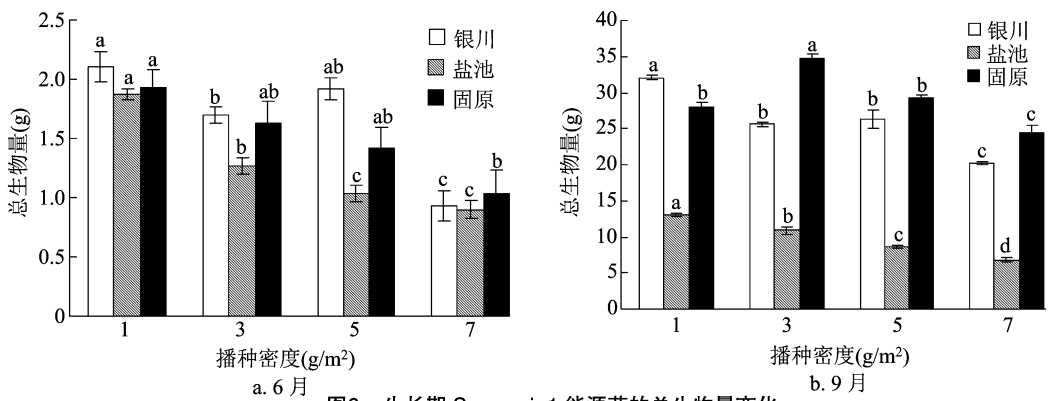


图6 生长期 Szarvasi-1 能源草的总生物量变化

表 3 各示范点匈牙利能源草 Szarvasi - 1 的鲜干比			
播种密度 (g/m <sup>2</sup> )	鲜干比		
	银川试点	盐池试点	固原试点
1	2.91	2.47	4.35
3	2.74	1.66	3.51
5	2.65	2.43	3.42
7	2.67	2.54	3.30

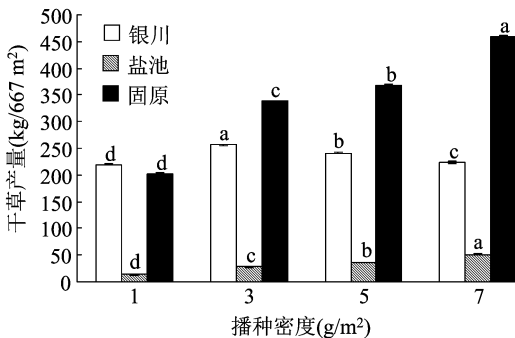


图7 生长期 Szarvasi-1 能源草的产量

盐池和固原试点的干草产量随着播种密度的增加而增加,在 7 g/m<sup>2</sup> 处理时达到最大值,分别较 1、3、5 g/m<sup>2</sup> 处理显著高出 278.90%、80.48%、40.40% 和 126.85%、35.61%、25.23%,说明播种密度的大小与其产量的高低直接相关。同一播种密度下,3 个示范点的排序为固原试点 > 银川试点 > 盐池试点(1 g/m<sup>2</sup> 处理除外)。盐池试点由于试验地缺水,总体长势较弱,可能还与土壤水分、地理位置等因素有关。综上所述,Szarvasi - 1 能源草在固原地区产量最高,适宜生长,由于刈割次数较少,导致无法衡量其 1 年的总产量。

2.8 营养成分分析

由表 4 可知,不同生育时期,匈牙利能源草 Szarvasi - 1 的营养成分含量各有差异。其中,粗纤维含量随生长季的延长不断增加,在成熟期达到最大值(31.0%);而粗蛋白含量随着生长季呈下降趋势,在返青期达到最大值(12.30%),较成熟期高出 116.93%,粗脂肪含量则表现出先下降再升高最后下降的趋势,在返青期最大(2.6%);其次,Szarvasi - 1 能源草还富含粗灰分、钙、磷等营养元素。

表 4 不同生长时期匈牙利能源草 Szarvasi - 1 的营养成分

生育期	粗蛋白含量 (%)	粗脂肪含量 (%)	粗纤维含量 (%)	粗灰分含量 (%)	钙含量 (%)	磷含量 (%)
返青期	12.30	2.6	21.8	13.5	0.26	0.27
生长期	8.38	1.8	27.4	8.1	0.09	0.22
抽穗期	6.94	1.4	28.4	7.3	0.17	0.20
开花期	6.89	2.4	29.3	6.3	0.14	0.17
成熟期	5.67	1.6	31.0	4.3	0.11	0.15

2.9 匈牙利能源植物 Szarvasi - 1 各项性状的数理统计分析

2.9.1 相关性分析 良好的生产性能是优质牧草的基本要求,与自身遗传特性和外界环境因素密不

可分<sup>[7]</sup>,受多因素综合影响。通过对 Szarvasi - 1 能源草各项性状进行相关性分析(表 5)可知,株高与叶长、叶宽、根长、总生物量、干草产量之间呈极显著正相关( $P < 0.01$ ),与鲜干比呈显著正相关;分蘖

数与其他指标间不存在显著相关关系;叶长与叶宽、根长、总生物量、干草产量之间呈极显著正相关,与鲜干比之间呈显著正相关;叶宽与总生物量、干草产量、鲜干比之间呈极显著正相关,与根长之

间呈显著正相关;根长与总生物量之间呈极显著正相关,与干草产量、鲜干比之间呈显著正相关;总生物量与干草产量之间呈极显著正相关;鲜干比与总生物量、干草产量之间呈显著正相关。

表 5 Szarvasi - 1 能源草各项性状间的相关性分析

性状	相关系数						
	分蘖数	叶长	叶宽	根长	总生物量	干草产量	鲜干比
株高	0.165	0.934 **	0.862 **	0.809 **	0.926 **	0.903 **	0.650 *
分蘖数		0.052	0.496	0.363	0.432	0.054	0.554
叶长			0.789 **	0.804 **	0.853 **	0.848 **	0.647 *
叶宽				0.644 *	0.882 **	0.861 **	0.817 **
根长					0.838 **	0.600 *	0.621 *
总生物量						0.797 **	0.689 *
干草产量							0.621 *
鲜干比							

注: \*、\*\* 分别表示性状间的相关性达显著 ( $P<0.05$ )、极显著水平 ( $P<0.01$ )。

2.9.2 主成分分析 为避免因各指标间的相关性而造成信息重叠,科学、客观地评价品种(优系)的适应性,利用多元方法进行综合性分析。通过主成分分析,将匈牙利能源植物 Szarvasi - 1 的 8 个鉴定指标转换成 2 个主成分,根据特征值大于 1 的原则,选取前 2 个主成分作为综合指标,可有效反映原 8 个指标 88.313% 的信息(表 6),理论上可认为选取的综合指标达到 85% 的累计贡献率即具有较强的信息代表性。同一指标特征向量的最大绝对值所在的主成分即为其所属主成分,各特征向量的绝对值大小表明,第 1 主成分(CI<sub>1</sub>) 在株高、叶长、叶宽、总生物量、干质量的载荷量较高;第 2 主成分(CI<sub>2</sub>) 在分蘖数有较高的载荷量。

表 6 Szarvasi - 1 能源草各指标的主成分分析

项目		CI <sub>1</sub>	CI <sub>2</sub>
特征值		5.165	1.900
贡献率(%)		64.564	23.749
累计贡献率(%)		64.564	88.313
特征向量	株高	0.975 *	0.140
	分蘖数	0.016	0.985 *
	叶长	0.969 *	0.046
	叶宽	0.817 *	0.483
	根长	0.772	0.345
	总生物量	0.871 *	0.396
	干草产量	0.934 *	0.035
	鲜干比	0.618	0.630

注: \* 表示某指标在各因子中的最大绝对值。

在获得各综合指标贡献率的基础上,按照公式(1)计算其权重。由表 7 可知,2 个综合因子的权重分别为 0.731、0.269。按照公式(2)计算反映匈牙利能源植物 Szarvasi - 1 适应能力的  $D$ ,根据  $D$  对各处理下 Szarvasi - 1 能源草的适应性进行排序,其中固原试点在 3 g/m<sup>2</sup> 处理下的  $D$  最大,表明其更适合在固原地区播种密度为 3 g/m<sup>2</sup> 的条件下种植;盐池试点的 7 g/m<sup>2</sup> 处理下的  $D$  最小,表明其不适宜在盐池地区播种密度为 7 g/m<sup>2</sup> 的条件下种植。结果表明,该植物最适宜在固原地区种植,且 3 g/m<sup>2</sup> 为最佳播种密度,其次是银川试点和盐池试点。

表 7 Szarvasi - 1 能源草综合指标值、权重、 $D$  及综合评价

试点	播种密度 (g/m <sup>2</sup> )	综合指标值		$D$	综合评价 排序
		CI <sub>1</sub>	CI <sub>2</sub>		
固原	3	0.909	1.037	0.943	1
	5	1.131	-0.034	0.818	2
	1	0.227	2.141	0.742	3
	7	0.860	-0.382	0.526	4
银川	3	0.541	-0.128	0.361	5
	5	0.854	-1.151	0.315	6
	1	0.188	0.628	0.306	7
	7	0.474	-1.417	-0.035	8
盐池	1	-1.559	0.755	-0.937	9
	5	-1.209	-0.299	-0.964	10
	3	-1.271	-0.326	-1.017	11
	7	-1.147	-0.824	-1.060	12
权重		0.731	0.269		

### 3 讨论与结论

#### 3.1 各区试点匈牙利能源草 Szarvasi - 1 的生长表现

气候是影响植物适应性的主要因素之一,而温度和降水量是决定区域性气候的关键因素<sup>[8-9]</sup>,也和引种成败紧密相关。基于气候等自然条件,引种时应充分考虑牧草的生长习性是否适合在引种区栽植,有效避免不必要的损失,丰富牧草种质资源<sup>[10]</sup>。本研究正是考虑到宁夏地区区域性气候的差异,选择了最具代表性的银川、中部干旱带盐池和南部山区固原作为试验地,对匈牙利能源草 Szarvasi - 1 在不同地理环境下的生长表现进行比较。已有研究发现,燕麦、苜蓿等牧草的叶、茎、穗、株高等性状和生存环境存在相关性<sup>[11-12]</sup>,草产量除了受植物本身遗传特性的影响,还与种植密度、株高、分蘖数等生物学性状紧密相关<sup>[13]</sup>。

大量的研究证明,株高是生产性能的重要评价指标之一,在一定程度上反映出产草量的高低<sup>[14-15]</sup>。鲜干比能够反映牧草的干物质累计程度及利用价值<sup>[16]</sup>。高承芳等研究发现,黑麦草的株高、分蘖数、鲜质量与播种密度均呈反比例关系,茎叶比与密度呈正比例关系<sup>[17]</sup>。本研究中,匈牙利能源草 Szarvasi - 1 引种后在银川、盐池、固原地区的出苗率均超过 90%;生长初期其株高在固原、盐池两地,播种密度为 3 g/m<sup>2</sup> 处理下表现突出,而银川试点在 5 g/m<sup>2</sup> 处理下达到最大值。株高与总生物量、干草产量之间呈极显著正相关,这与侯建杰等的研究结果<sup>[18-19]</sup>一致。同一示范点,分蘖数在 1 g/m<sup>2</sup> 处理下超过 12 个分支,并随播种密度的增大而减少,但是与其他指标间不存在显著相关关系,说明播种密度越大越不利于植物基部的分蘖,幼苗期是该植物迅速分蘖的关键时期,其遗传特性相对稳定,可能受品种基因型控制。9 月,叶长较生长初期明显增加,同一播种密度下,3 个区试点的排序为固原试点 > 银川试点 > 盐池试点。由此说明,生长旺盛期(6—9 月)可能更有利于该植物地上部分的生长,尤其固原试点的叶长生长最快,这可能是固原地区自然条件相对较好,局部小气候环境有利于牧草引种。6 月,叶宽随播种密度的增大而下降,银川、盐池试点在 1 g/m<sup>2</sup> 处理下达到峰值,说明适当的播种密度有利于叶片的横向生长。总生物量随生长季的延长而增加,各示范点表现出了不同的变

化趋势,其变化规律受生长时期的影响较大,田间播种密度的增加对匈牙利能源草 Szarvasi - 1 生育进程无明显影响,但总生物量随之变化幅度较大,这与方波的研究结果<sup>[20]</sup>相似。

#### 3.2 各区试点匈牙利能源草 Szarvasi - 1 的产量分析

作物生产是群体条件下的表现,种植密度是影响产量的重要因素,适宜的种植密度有利于群体与个体协调生长,最大限度地提高群体对环境资源的利用率<sup>[21-22]</sup>。本试验中,各示范点的鲜干比大体随播种密度的增大而先下降后增加,在 1 g/m<sup>2</sup> 处理时达到峰值,3 个示范点的排序为固原试点 > 银川试点 > 盐池试点。银川试点 Szarvasi - 1 能源草的干草产量随播种密度的增加先升高后降低,在 3 g/m<sup>2</sup> 处理时达到最大值,而盐池、固原试点在 7 g/m<sup>2</sup> 处理时达到峰值,说明播种密度的大小与其产量的高低直接相关。但是,由于盐池试验地前期灌溉条件不太理想,无法及时浇水,导致生长初期缺水,这在一定程度上影响到了总体长势,可能还与土壤水分、地理位置等因素有关。

当然,准确评价牧草的适应性是牧草引种的基础,衡量某一品种适应性的主要性状因子较多,不能以某些单一性状的方差分析来评价其生产性能的优劣以及品种的适应能力,其适应性是多因素相互作用形成的一个复杂生物学过程,每个因素与适应性之间都存在一定的联系<sup>[23]</sup>,这就要借助主成分分析等方法对种质资源进行综合评价。例如,对北方旱区苜蓿的某一性状做方差分析进行单项评价<sup>[24-25]</sup>,难免会在分析中无所侧重,很难得出客观、合理的依据。因此,本研究通过对 Szarvasi - 1 能源草各项农艺性状进行相关性和主成分分析,综合分析结果表明,该植物在固原地区产量最高,最适宜种植,且 3 g/m<sup>2</sup> 为最佳播种密度,其次是银川和盐池。但是由于刈割次数较少,导致无法衡量其 1 年的总产量。

#### 3.3 不同生长时期匈牙利能源草 Szarvasi - 1 的营养成分分析

牧草品种的综合生产性能是鲜干草产量、粗蛋白含量、鲜干比、株高、根长、叶绿素含量等指标共同评估的体现<sup>[26-28]</sup>。其中,粗蛋白含量是反映牧草营养品质最具有代表性的指标,与其他农艺生长性状之间既有联系又有区别<sup>[23]</sup>,粗蛋白含量越高,其营养品质越好。本研究中,在整个生育期内,匈牙

利能源草 Szarvasi-1 的营养成分随生长时期的变化而存在差异。其中,粗蛋白和粗脂肪含量均在返青期达到峰值,表明返青期是牛羊采食的最佳时期,适口性好,这与侯健杰等的研究结果<sup>[18]</sup>相似。粗纤维含量在成熟期达到最大值;同时,该能源草还富含粗灰分、钙、磷等营养元素。据文献资料可知,该植物返青期的粗蛋白含量较玉米秸秆的 5.9% 高出 6.40 百分点,较小麦秸秆的 2.6% 高 9.70 百分点,较大麦秸秆的 2.9% 高 9.40 百分点,较豆科植物苜蓿的 15.38% 低 3.08 百分点,但是由于其产量远高于苜蓿,单位面积粗蛋白总含量高于苜蓿,同时其粗纤维含量超过 20%。综上所述,匈牙利能源草 Szarvasi-1 是一种营养较全面的饲料植物,可以作为牧草在宁夏地区推广应用。

当然,基于该植物多年生的特性,本试验仅仅是种植 1 年的生长表现,加之刈割次数较少,无法衡量其总体产量,应进一步开展不同播种密度条件下该植物返青及第 2 年的生长状况,增加刈割次数,延长营养生长期,提高利用率等方面的研究。因此,在实际种植过程中,充分考虑匈牙利能源草 Szarvasi-1 的生长特性,结合当地环境气候条件,保证适当、合理的播种密度与刈割时间、次数,这样才可能获得高产。

#### 参考文献:

- [1]李世忠,徐 坤,谢应忠. 浅谈宁夏半干旱地区牧草产业的可持续发展[J]. 中国草地,2005,27(3):75-77.
- [2]马红彬,谢应忠. 宁夏中部干旱带草地生态农业体系建设研究[J]. 干旱地区农业研究,2011,29(2):180-184.
- [3]兰吉勇,李学森,张学洲,等. 8 个多年生禾本科牧草引种试验[J]. 草地学报,2007,15(6):543-549.
- [4]王 桃. 高寒牧区 36 种燕麦营养生态特性及生产效能评价[D]. 兰州:兰州大学,2010.
- [5]王银柱,王 冬,刘 玉,等. 不同水分梯度下能源植物芒草和柳枝稷生物量分配规律[J]. 草业科学,2015,32(2):236-240.
- [6]郑敏娜,李荫藩,梁秀芝,等. 晋北地区引种苜蓿品种的灰色关联度分析与综合评价[J]. 草地学报,2014,22(3):631-637.
- [7]罗志娜,赵桂琴,刘 欢. 燕麦成熟胚的组织培养及植株再生[J]. 甘肃农业大学学报,2012,47(5):60-68.
- [8]焦树英,韩国栋,李永强,等. 荒漠草原地区多年生豆科牧草的适应性及其评价[J]. 中国草地,2004,26(4):25-30.
- [9]黄文惠,苏加楷,张玉发,等. 牧草草地农业科学[M]. 北京:中国农业出版社,1992.
- [10]韩瑞宏,卢欣石,余建斌. 我国牧草引种及其适应性鉴定概况[J]. 四川草原,2005(2):19-21.
- [11]武俊英,刘景辉,王怀栋,等. 不同燕麦品种产量及其与构成因素的相关性研究[J]. 作物杂志,2011(5):36-40.
- [12]陈 艳. 七个苜蓿品种不同农艺性状与产量的相关性研究[J]. 内蒙古林业调查设计,2019,42(5):76-78.
- [13]若扎·扎尔汗,李 倩,王玉祥,等. 海拔与黄花苜蓿表型性状的相关性研究[J]. 草业学报,2019,28(1):79-85.
- [14]施建军,马玉寿,李青云,等. 高寒牧区燕麦高产栽培技术的研究[J]. 草原与草坪,2003(4):39-41.
- [15]赵海明,游永亮,武瑞鑫,等. 种植密度和间作豆科牧草对青贮玉米生产性能的影响[J]. 草学,2020(5):25-31.
- [16]咎林森. 渭北旱塬杨家院实验分区牧草引种试验研究[J]. 牧草与饲料,1990(4):38-42.
- [17]高承芳,张晓佩,刘 远,等. 不同播种时间对多花黑麦草生产性能及产量的影响[J]. 江西农业学报,2014,26(10):42-45.
- [18]侯建杰,赵桂琴,焦 婷,等. 6 个燕麦品种(系)在甘肃夏河地区的适应性评价[J]. 草原与草坪,2013,33(2):26-32,37.
- [19]孙建华,王彦荣,曾彦军,等. 兰州地区牧草引种试验研究[J]. 草业科学,2000,17(6):31-38.
- [20]方 波. 不同播期及播种密度下淮麦 31 在寿县地区的种植表现[J]. 安徽农学通报,2020,26(21):34-35.
- [21]孙国伟,付连舜,张凤路,等. 播期及密度对不同大豆品种农艺性状及产量的影响[J]. 大豆科学,2016,35(3):423-427.
- [22]岳绪国,葛永申,景德道,等. 移栽密度和方式对不同类型油菜品种产量及构成的调控效应[J]. 江苏农业学报,2019,35(1):63-69.
- [23]杨 翌,张新全,李向林,等. 应用灰色关联度综合评价 17 个不同秋眠级苜蓿的生产性能[J]. 草业学报,2009,18(5):67-72.
- [24]吕林有,何 跃,赵立仁,等. 不同苜蓿品种生产性能研究[J]. 草地学报,2010,18(3):365-371.
- [25]王赞文,曹致中,韩建国,等. 9 个苏丹草品种生产性能的评价与聚类分析[J]. 草业学报,2005,14(5):117-124.
- [26]阎旭东,朱志明,李桂荣,等. 6 个苜蓿品种特性分析[J]. 草地学报,2001,9(4):302-306.
- [27]余 玲,王彦荣. 紫花苜蓿不同品种对于旱胁迫的生理响应[J]. 草业学报,2006,15(5):75-85.
- [28]姜 华,毕玉芬,陈连仙,等. 旱作条件下紫花苜蓿生理特性的研究[J]. 草地学报,2012,20(6):1077-1080.