

6 个饲草谷子品种(系)在内蒙古农牧交错区麦后复种的产量和营养品质分析

温蕊,张永虎,陈茜午

(内蒙古自治区农牧业科学院,内蒙古 呼和浩特 010031)

摘要:为了扩大饲草种植面积,解决农牧交错区日益增长的饲草需求问题。通过对 6 个麦后复种饲草谷子品种(系)的株高、鲜草产量、干草产量、干鲜比等 4 个生产性能指标和粗蛋白、酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维、粗灰分、粗脂肪等 5 个营养品质相关指标进行方差分析和灰色关联度分析,以筛选出适合在内蒙古农牧交错区复种的种质。结果表明:9 个测定指标中鲜草产量、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分等指标变异系数较大,具有较大的改良潜力;6 个麦后复种饲草谷子品种(系)中红钙谷综合评价表现最好,因此,可以将红钙谷作为麦后复种优质饲草谷子专用品种的候选材料。

关键词:谷子;农牧交错区;营养品质;灰色关联度;综合评价

中图分类号:S54 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2022)02-0090-08

DOI: 10.13817/j.cnki.cyyep.2022.02.013



农牧交错区是农业与牧业同时存在的由半湿润、半干旱地区向干旱地区过渡的一个生态过渡地带,过渡地带的农业种植业和草地畜牧业在时间上相互重叠,在空间上交错分布^[1]。内蒙古农牧交错区是北方农牧交错区的主要构成,从内蒙古北部的大兴安岭西麓开始,沿着西南方向逐步延伸至鄂尔多斯地区,该区域主要包括内蒙古自治区的 64 个旗县区,总面积达 61.62 万 km²,耕地面积占内蒙古耕地总面积的 60% 以上^[2]。尽管受生态文明、土地确权政策以及农田污染治理政策的影响,内蒙古地区耕地逐步增加^[2],但作为以农业经营为主和以牧业经营为主的生产单位交错分布的地区,其耕地面积仍旧无法满足日益增长的畜牧业发展的饲草需求。我国出台“粮改饲”的政策,促

使农牧交错区种植业与畜牧业的竞争关系更加激烈。因此,扩大饲草料作物的种植规模以及筛选出一批高产质优、适应性强的牧草品种至关重要。

谷子(*Setaria italica*)在我国已有 8000 多年的栽培历史^[3],在北方地区不仅是重要的粮食作物之一,更是一种优质的饲用作物,种植面积仅次于小麦和玉米。谷子作为优质饲草具有很好的发展潜力,智慧等^[4]通过研究发现,收获籽粒后秸秆的粗蛋白含量为 4.53%~5.34%,粗脂肪含量 1.12%~1.36%,饲喂价值接近于豆科牧草。美国更是研究出了饲草专用品种,如 Golden German,其干草的粗蛋白含量 9.7%~13.0%,酸性洗涤纤维为 35%~38%^[4],参考美国制定的豆科与禾本科等级划分标准^[5-6],Golden German 的饲草品质等级为中等。

目前为止,我国关于谷子的研究大多集中在粮用谷子上,一些作为饲草用的谷子品种也多为粮饲兼用品种,作为饲草专用的谷子品种依旧很少。邱凤仓等^[7]选育出了高蛋白饲草专用型谷子青谷 1 号,郝洪波等^[8-9]先后选育出了粮饲兼用型谷子品种衡饲 1 号、饲草专用夏谷新品种衡谷 20 号。而将谷子作为小麦、大麦等收获后复种的饲草谷子品种由更少。复种不仅能在一定程度上缓解农牧交错区种养争地的矛盾,还能提高土地的时空利用率,提高单位面积的生物

收稿日期:2021-03-26; **修回日期:**2021-05-06

基金项目:内蒙古自治区农牧业科学院青年创新基金资助(2020QNJJN016);农业农村部/财政部“现代农业产业技术体系专项”(CARS-06-13.5-B11)

作者简介:温蕊(1992-),女,内蒙古巴彦淖尔市人,硕士,助理研究员,研究方向为谷子育种与栽培。

E-mail:15848120452@163.com

张永虎为通信作者。

E-mail:zhangyonghu0815@126.com

产量,为我国种植业结构改革创造了条件^[10]。

本研究从各地农户和科研院所收集作为饲草用途的农家种和品系,在早熟的大麦田进行复种,通过对株高、草产量和营养品质的分析,筛选出适合麦后复种的品种(系),为进一步研究复种的饲草谷子专用品种提供候选材料。

1 材料和方法

1.1 试验地概述

试验在内蒙古自治区农牧业科学院试验田中进行。前茬为大麦,留茬 30 cm。试验区(N 40°78', E 111°68')属温带大陆性气候,冬季漫长而寒冷,少雪;夏季短而温热,降水集中;春季干旱多风;秋季日光充足,凉爽而短促。气温日较差和年较差大,冷暖变化剧烈,年日照时数为 1 600 h,年均温 6.7 °C,无霜期为 130 d,降水量 400 mm,气候干燥。

1.2 试验材料与设计

供试材料饲草谷子种质,分别为小香米(清水河县农家品种)、大白谷(四子王旗农家品种)、红钙谷(四子王旗农家品种)、跑死马(中国农业科学院作物科学研究所刁现民老师提供的农家品种)、181-10(赤峰农科院李书田老师提供的品系)和赤峰草谷子(赤峰农科院赵敏老师提供的品系)。供试材料于 2018 年大麦收获后,7 月 26 日播种。播前旋耕平整后人工开沟播种,开沟深 4~5 cm;采用条播,条播行间距 45 cm,播种量 37.5 kg/hm²。小区面积 3.6 m×8 m,采用随机区组排列,3 次重复。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 生产性能指标测定 株高(Plant height):采样时进行测定,每个品种 3 个重复,每个重复 5 点取样抽测 10 株,每株自地面量至生长点。

鲜草产量(Fresh grass yield):初花期,每小区随机取样 1 m²,重复 3 次,齐地刈割后称重量,取平均值为鲜草产量,以 kg/m²为单位计算。

干草产量(Dry grass yield):将鲜草样品自然风干至恒重后称重。

干鲜比(Dry-fresh ratio):得到鲜、干草产量后计算干鲜比。

1.3.2 营养品质相关指标测定 粗蛋白(Crude protein)按照《中华人民共和国国家标准 GB/T 6432-94》^[11](饲料中粗蛋白测定方法)执行;酸性洗涤纤维

(Acid detergent fiber)按照《中华人民共和国农业行业标准 NY/T 1459-2007》^[12](饲料中酸性洗涤纤维的测定)执行;中性洗涤纤维(Neutral detergent fiber)按照《中华人民共和国国家标准 GB/T 2080-2006》^[13](饲料中性洗涤纤维的测定)执行;粗灰分(Crude ash)按照《中华人民共和国国家标准 GB/T 6438-2007》^[14](饲料中粗灰分测定方法)执行;粗脂肪(Crude fat)按照《中华人民共和国国家标准 GB/T 6433-2006》^[15](饲料中粗脂肪的测定)执行。

1.4 数据处理

运用灰色系统理论^[16]把 6 个饲草谷子品种(系)看做一个灰色系统,每一种饲草谷子为该系统中的一个因素,分析 6 个饲草谷子品种(系)间的联系程度即关联度。关联度越大,样品间的相似程度就越高。人为构建一个饲草谷子参考品种 X_0 ,将参考品种 X_0 的性状和营养成分含量作为参考数列 $[X_0(1), \dots, X_0(N)]$,每个饲草谷子品种(系)的性状和营养成分含量为比较数列 X_i ,计算出各饲草谷子品种(系)的性状和营养成分含量与参考品种相应指标之间的关联度,评价每个饲草谷子品种(系)的性状和营养成分价值的高低^[17]。

设参考数列为 X_0 ,比较数列为 $X_i, i = 1, 2, 3, \dots, N$,且 $X_0 = \{X_0(1), X_0(2), X_0(3), \dots, X_0(N)\}$, $X_i = \{X_i(1), X_i(2), X_i(3), \dots, X_i(N)\}$,则称 $\xi_i(k)$ 为 X_0 与 X_i 在第 k 点的关联系数:

$$\xi_i(j, k) = \frac{\min_i \min_j |Z_i^L(k) - Z_j^L(k)| + \rho \max_i \max_j |Z_i^L(k) - Z_j^L(k)}{|Z_i^L(k) - Z_j^L(k)| + \rho \max_i \max_k |Z_j^L(k)|} \quad (1)$$

式中, $|X_0(k) - X_i(k)|$ 表示 X_0 数列与 X_i 数列在第 k 点的绝对差。其中 $\min_i \min_k |X_0(k) - X_i(k)|$ 为二级最小差, $\max_i \max_k |X_0(k) - X_i(k)|$ 为二级最大差, ρ 为分辨系数,取值范围在 0~1,一般取 $\rho = 0.5$ 。

(1)等权关联度计算方法参照吕小东等^[18]的方法,利用关联系数法计算各指标权重(权重 1),得出等权关联度。

$$R_k = \frac{\sum_{i=1}^N \xi_i(k)}{N} \quad (2)$$

$$W_k = \frac{R_k}{\sum_{k=1}^M R_k} \quad (3)$$

(2)加权关联度计算方法参照刘刚等^[19]的方法,

基于熵权赋权法计算各指标权重(权重 2),得出加权关联度。

$$r_k = \frac{X_k - \min_i(X_k)}{\max_i(X_k) - \min_i(X_k)}$$

$$\text{或 } r_k = \frac{\min_i(X_k) - X_k}{\max_i(X_k) - \min_i(X_k)} \quad (4)$$

$$H_k = -k \sum_{i=1}^N f_k \ln f_k \quad (5)$$

$$f_k = \frac{r_k}{\sum_{i=1}^N r_k} \quad (6)$$

$$W_k = \frac{1 - N_k}{N - \sum_{k=1}^N k = 1 H_k} \quad (7)$$

式中, $f_k = \frac{r_k}{\sum_{i=1}^N r_k}$, $k = \frac{1}{\ln N}$, 当 $f_k = 0$ 时, 令 $f_k \ln f_k$

$= 0$; $0 \leq W_k \leq 1$, $\sum_{k=1}^M W_k = 1$ 。

运用 SPSS 17.0 软件对试验数据进行 Pearson 相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同饲草谷子品种性状比较

不同饲草谷子品种间株高的差异显著。株高的变化为 89.10~104.45 cm, 变异系数为 5.38%, 其中赤峰草谷子的株高最高, 为 104.45 cm; 大白谷的株高最

低, 为 89.10 cm。赤峰草谷子与其余 5 个品种(系)的株高差异极显著 ($P < 0.01$)。大白谷分别与金香米、红钙谷和跑死马的株高差异极显著 ($P < 0.01$), 与 181-10 的株高差异显著 ($P < 0.05$) (表 1)。

不同饲草谷子品种间鲜草产量差异显著。鲜草产量的变化为 19 009.50~28 347.45 kg/hm², 变异系数为 15.11%, 其中 181-10 的鲜草产量最高, 为 28 347.45 kg/hm²; 红钙谷的鲜草产量最低, 为 19 009.50 kg/hm²。181-10 与红钙谷的鲜草产量差异极显著, 与大白谷和赤峰草谷子的鲜草产量差异显著。金香米分别与大白谷和红钙谷的鲜草产量差异显著。

不同饲草谷子品种间干草产量差异显著。干草产量的变化为 5 669.55~8 537.55 kg/hm², 变异系数为 13.78%, 其中 181-10 的干草产量最高, 为 8 537.55 kg/hm²; 红钙谷的干草产量最低, 为 5 669.55 kg/hm²。181-10 与红钙谷的干草产量差异极显著 ($P < 0.01$), 与红钙谷和跑死马的干草产量差异显著 ($P < 0.05$)。

干鲜比的变化为 26.23%~32.55%, 变异系数为 10.00%。干鲜比在 30% 以上的有 3 个品种, 其中大白谷的干鲜比显著高于 181-10, 为 32.55%, 其次为赤峰草谷子, 为 32.48%。其他 3 个品种红钙谷、跑死马和金香米的含水量分别为 29.80%、27.61% 和 26.23%。

表 1 麦后复种不同饲草谷子品种株高、产量和干鲜比

Table 1 Plant height, yield and dry-fresh ratio of different forage millet varieties after wheat cropping

品种(系)名称	株高/cm	鲜草产量/ (kg · hm ⁻²)	干草产量/ (kg · hm ⁻²)	干鲜比/%
金香米	96.10 ± 1.25 ^{Bbc}	26 346.45 ± 1 988.73 ^{ABab}	6 936.75 ± 705.89 ^{ABab}	26.23 ± 0.01 ^{Cc}
大白谷	89.10 ± 2.02 ^{Cd}	20 677.05 ± 1 881.84 ^{ABc}	6 736.65 ± 656.92 ^{ABab}	32.55 ± 0.00 ^{Aa}
红钙谷	99.15 ± 1.66 ^{Bb}	19 009.50 ± 757.57 ^{Bc}	5 669.55 ± 290.74 ^{Bb}	29.80 ± 0.00 ^{ABcd}
跑死马	94.55 ± 1.03 ^{Bc}	23 144.85 ± 926.63 ^{ABabc}	6 403.20 ± 503.57 ^{ABb}	27.61 ± 0.01 ^{BCde}
181-10	94.15 ± 1.20 ^{BCc}	28 347.45 ± 1 009.35 ^{Aa}	8 537.55 ± 437.38 ^{Aa}	30.13 ± 0.01 ^{ABbc}
赤峰草谷子	104.45 ± 1.03 ^{Aa}	2 2011.00 ± 2 120.81 ^{ABbc}	7 136.85 ± 636.28 ^{ABab}	32.48 ± 0.01 ^{Aab}
平均值	96.25 ± 2.11	23 256.07 ± 942.52	6 903.45 ± 284.48	30.00 ± 0.01
标准差	5.18	3 513.40	951.47	3.00
变异系数/%	5.38	15.11	13.78	10.00

注: 同列不同大写字母表示差异极显著 ($P < 0.01$), 小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 下同

2.2 不同饲草谷子品种性状比较

酸性洗涤纤维含量的变化为 34.68%~39.33%, 变异系数为 4.58%。红钙谷的酸性洗涤纤维含量最低, 为 34.68%; 181-10 的酸性洗涤纤维含量最高, 为

39.33%。181-10 与其余 5 个种质的酸性洗涤纤维含量差异极显著。跑死马分别与大白谷和红钙谷的酸性洗涤纤维含量差异极显著, 与金香米的酸性洗涤纤维含量差异显著 (表 2)。

中性洗涤纤维的变化为 67.12%~72.23%，变异系数为 3.01%。跑死马的中性洗涤纤维含量最低，为 67.12%；181-10 的中性洗涤纤维含量最高，为 72.23%。181-10 分别与小白米、大白谷、红钙谷和跑死马的中性洗涤纤维含量差异极显著。赤峰草谷子分别与大白谷、红钙谷和跑死马的中性洗涤纤维含量差异显著(表 2)。

粗蛋白含量的变化为 5.78%~9.75%，变异系数为 19.16%。跑死马的粗蛋白含量最高，为 9.75%；小白米的粗蛋白含量最低，为 5.78%。跑死马、大白谷、181-10、红钙谷和小白米的粗蛋白含量差异极显著。赤峰草谷子分别与跑死马、大白谷和小白米的粗蛋白含量差异极显著，与 181-10 和红钙谷的粗蛋白含量差

异显著。

粗脂肪含量的变化为 0.66%~1.75%，变异系数为 39.83%。跑死马的粗脂肪含量最高，为 1.75%；大白谷的粗脂肪含量最低，为 0.66%。跑死马和 181-10 分别与赤峰草谷子、小白米、红钙谷和大白谷的粗脂肪含量差异极显著。赤峰草谷子分别与红钙谷和大白谷的粗脂肪含量差异极显著。小白米和大白谷的粗脂肪含量差异显著。

粗灰分含量的变化为 8.79%~13.48%，变异系数为 15.24%。跑死马的粗灰分含量最高，为 13.48%；大白谷的粗灰分含量最低，为 8.79%。跑死马与大白谷的粗灰分含量差异极显著，分别与赤峰草谷子、红钙谷和大白谷的粗灰分含量差异显著。

表 2 麦后复种不同谷子品种营养成分含量

Table 2 Nutrient content of different millet varieties after wheat multiple cropping

名称	酸性洗涤纤维/%	中性洗涤纤维/%	粗蛋白/%	粗脂肪/%	粗灰分/%
小白米	35.94±0.15 ^{BCcd}	68.77±0.77 ^{Bbc}	5.78±0.10 ^{Ef}	1.03±0.12 ^{BCbc}	12.63±0.31 ^{Ab}
大白谷	35.17±0.61 ^{Ccd}	67.42±0.70 ^{Bc}	8.20±0.09 ^{Bb}	0.66±0.07 ^{Cd}	8.79±0.47 ^{Bc}
红钙谷	34.68±0.07 ^{Cd}	67.30±0.53 ^{Bc}	6.39±0.16 ^{De}	0.72±0.10 ^{Ccd}	10.29±0.75 ^{ABbc}
跑死马	37.24±0.49 ^{Bb}	67.12±0.93 ^{Bc}	9.75±0.10 ^{Aa}	1.75±0.11 ^{Aa}	13.48±0.39 ^{Aa}
181-10	39.33±0.14 ^{Aa}	72.23±0.23 ^{Aa}	7.42±0.24 ^{Cc}	1.71±0.12 ^{Aa}	12.40±0.55 ^{Ab}
赤峰草谷子	36.19±0.38 ^{BCbc}	70.46±0.42 ^{ABab}	6.93±0.03 ^{CDd}	1.21±0.23 ^{Bb}	10.94±1.13 ^{ABbc}
平均值	36.43±0.68	68.88±0.85	7.41±0.58	1.18±0.19	11.42±0.71
标准差	1.67	2.07	1.42	0.47	1.74
变异系数%	4.58	3.01	19.16	39.83	15.24

注:同列不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$),小写字母表示差异显著($P<0.05$)

大白谷分别与小白米和 181-10 的粗灰分含量差异显著。

2.3 饲草谷子不同性状间相关性分析

对饲草谷子各性状的 Pearson 相关性分析表明,饲草谷子部分性状呈相关性。鲜草产量分别与干草产量和酸性洗涤纤维含量呈显著正相关($P<0.05$),相

关系数分别为 0.83 和 0.82。干草产量分别与酸性洗涤纤维含量和中性洗涤纤维含量呈显著正相关($P<0.05$),相关系数分别为 0.83 和 0.90。酸性洗涤纤维含量与粗脂肪含量呈现显著正相关($P<0.05$),相关系数为 0.89。粗脂肪含量与粗灰分含量间存在显著正相关($P<0.05$),相关系数为 0.83(表 3)。

表 3 饲草谷子不同性状的相关性分析

Table 3 Correlation analysis of different traits of forage millet

	株高	鲜草产量	干草产量	干鲜比	酸性洗涤纤维	粗蛋白	中性洗涤纤维	粗脂肪	粗灰分
株高	1.000								
鲜草产量	-0.165	1.000							
干草产量	-0.124	0.829*	1.000						
干鲜比	-0.016	-0.497	0.068	1.000					
酸性洗涤纤维	-0.125	0.821*	0.833*	-0.183	1.000				
粗蛋白	-0.445	-0.094	-0.029	0.179	0.306	1.000			
中性洗涤纤维	0.276	0.699	0.904*	0.103	0.725	-0.287	1.000		
粗脂肪	0.049	0.652	0.549	-0.336	0.891*	0.491	0.473	1.000	
粗灰分	0.130	0.678	0.282	-0.800	0.641	0.176	0.244	0.826*	1.000

2.4 利用灰色关联度法进行综合分析

采用灰色理论,参照邓聚龙^[21]方法,将供试饲草谷子品种(系)作为一个灰色系统,供试的6个不同品种(系)作为系统中的单个因素,对其进行综合评价。

2.4.1 参考品种的建立 参考品种(系)就是在灰色系统中对不同品种(系)饲草谷子进行综合评价的标准,试验通过对饲草谷子的鲜草产量、干草产量、株高、干鲜比、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、粗蛋白、粗脂肪、粗灰分含量等指标的分析观察,选取鲜草产量、干草产量、株高、干鲜比、粗蛋白、粗脂肪、粗灰分含量等指标的最大值以及中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维含量的最小值,依此建立一个“最优饲草谷子”的参考序列 X_0 。

2.4.2 对数据进行标准化处理 将原始数据进行无量纲化处理,若以大值为优,则 X_k 数据除以 X_0 各点的数值,若以小值为优,则 X_0 数值除以 X_k 各点数值, $X_k \in (0-1]$, 其中 k 表示评价对象,结果如表4所示。

2.4.3 计算各指标在各点上的关联系数 将参考品种各项指标的标准化数值分别减去各饲草谷子相应指标的标准化数值,得到一系列的标准绝对差^[22],其中最小标准绝对差和最大标准绝对差分别为:

$$\min_i \min_j |X_0(k) - X_i(k)| = 0$$

$$\max_i \max_k |X_0(k) - X_i(k)| = 0.63, \text{ 计算得关联系数 } \xi_i(k), \text{ 如表5所示。}$$

表4 数据的无量纲化处理

Table 4 Dimensionless quantitative processing of data

品种(系)名称	株高	鲜草产量	干草产量	干鲜比	酸性洗涤纤维	粗蛋白	中性洗涤纤维	粗脂肪	粗灰分
X_0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
小香米	0.92	0.93	0.81	0.80	0.97	0.59	0.98	0.59	0.94
大白谷	0.85	0.73	0.79	1.00	0.99	0.84	1.00	0.37	0.65
红钙谷	0.95	0.67	0.66	0.91	1.00	0.66	1.00	0.41	0.76
跑死马	0.91	0.82	0.75	0.85	0.93	1.00	1.00	1.00	1.00
181-10	0.90	1.00	1.00	0.93	0.88	0.76	0.93	0.97	0.92
赤峰草谷子	1.00	0.78	0.84	0.99	0.96	0.71	0.95	0.69	0.81

表5 各性状指标的关联系数值

Table 5 Related coefficients of of different traits indicators

品种(系)名称	株高	鲜草产量	干草产量	干鲜比	酸性洗涤纤维	粗蛋白	中性洗涤纤维	粗脂肪	粗灰分
小香米	0.26	0.25	0.28	0.28	0.25	0.35	0.24	0.35	0.25
大白谷	0.27	0.30	0.29	0.24	0.24	0.27	0.24	0.46	0.33
红钙谷	0.25	0.32	0.32	0.26	0.24	0.32	0.24	0.43	0.29
跑死马	0.26	0.28	0.30	0.27	0.25	0.24	0.24	0.24	0.24
181-10	0.26	0.24	0.24	0.25	0.26	0.29	0.25	0.24	0.26
赤峰草谷子	0.24	0.29	0.27	0.24	0.25	0.31	0.25	0.31	0.28

2.4.4 计算关联度 根据文中1.4的公式(2)、(3),利用关联系数法计算各指标权重(权重1),得出等权关联度。根据公式(4)、(5)、(6)、(7),基于熵权赋权法计算各指标权重(权重2),得出加权关联度(表6,表

7)。由于计算的方法不同,表6中权重1与权重2之间有一定的差异,其中中性洗涤纤维的权重变化最大,这与梁英等^[23]的研究结果基本一致,所有指标的权重基本分布在0.0779~0.1918。

表6 各指标权重

Table 6 Weight of each index

	株高	鲜草产量	干草产量	干鲜比	酸性洗涤纤维	粗蛋白	中性洗涤纤维	粗脂肪	粗灰分
权重1	0.1029	0.1130	0.1139	0.1038	0.1002	0.1198	0.0985	0.1369	0.1105
权重2	0.0836	0.1045	0.0898	0.0872	0.1267	0.1096	0.1918	0.1296	0.0779

表 7 各品种的关联度值及其排序

Table 7 Correlation degree value of each variety and its ranking

品种(系)名称	加权关联度	关联序	等权关联度	关联序
小香米	0.278 3	3	0.164 1	3
大白谷	0.291 8	2	0.197 7	2
红钙谷	0.296 6	1	0.220 1	1
跑死马	0.254 8	6	0.083 3	5
181-10	0.255 9	5	0.078 4	6
赤峰草谷子	0.270 9	4	0.141 7	4

2.4.5 灰色关联度综合评价分析 根据关联度分析原则,关联度的大小决定参试品种与参考品种间的关联程度,即关联度越大的品种综合评价表现越好^[24]。供试材料等权关联度值的排序依次是红钙谷>大白谷>小香米>赤峰草谷子>跑死马>181-10,其中红钙谷的等权关联度值为 0.2201,181-10 等权关联度值为 0.0784。加权关联度值的排序依次是红钙谷>大白谷>小香米>赤峰草谷子>181-10>跑死马,其中红钙谷的加权关联度值为 0.2966,跑死马加权关联度值为 0.2548。等权关联度值略小于加权关联度值,但最终的结果基本一致。跑死马与 181-10 的位次发生变化,这与郑敏娜等^[25]、孙万斌等^[26]的研究结论相似,各指标相应的权重并不相同。综上所述,红钙谷与参考品种间的关联度最大,即为参试品种中综合评价表现最好的品种。

3 讨论

通过方差分析得到本研究所有测定指标的变异系数在 3.01%~39.83%。中性洗涤纤维的变异系数最小,为 3.01%;而变异系数大于 15%的指标有 4 个,分别为鲜草产量(15.11%)、粗蛋白含量(19.16%)、粗脂肪含量(39.83%)和粗灰分含量(15.24%)。可能是由于不同品种(系)间含水量和营养成分含量不同且差异较大所引起的。智慧等^[4]通过研究 47 份饲草产量较高的谷子品种得出,不同品种间粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、钙和总磷的含量变异系数较大,这与本研究的结果基本一致,说明改良饲草谷子品种(系)的营养成分含量具有很大的潜力。

饲草生产的根本目的是在单位面积收获最大的营养物质产量,麦后复种饲草谷子模式充分利用了农牧交错区的光热资源,挖掘了农田增产潜力,提高单位面

积的生物产量,因此,筛选并培育出适合农牧交错区麦后复种的生物产量高、营养价值高的饲草谷子品种至关重要。然而,若用单一的性状来评价品种的优劣与生产性能的差异,常常会因为缺失某个因素对品种生产性能的影响而导致结果在一定程度上不够全面^[27]。田兵等^[22]选用了 8 个营养成分的指标综合评价了贵州 42 种野生牧草营养价值,避免常规营养评价方法中只考虑粗蛋白、粗脂肪和粗纤维等少数因子而忽略其他因子的弊端。郭霞等^[28]从 7 个营养指标,粗灰分、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、可溶性糖、粗蛋白质、磷、钾间的相互关系对 5 组人工模拟不同啃食强度的紫穗槐叶、茎进行了综合分析,避免了传统分析法中各种营养指标在同一处理中含量参差不齐导致的分析结果不一致。为了使试验结果更客观、全面,本研究选用了株高、鲜草产量、干草产量、干鲜比等 4 个生产性能指标和粗蛋白、酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维、粗灰分、粗脂肪含量等 5 个营养品质相关指标对 6 个饲草谷子品种(系)进行灰色关联度分析,避免了单一指标进行品种评价的弊端。不仅如此,本研究还采用了加权关联度和等权关联度 2 种结果相关性检验,均得出红钙谷综合评价表现最好,说明红钙谷具有较高的研究价值,但红钙谷的生物产量比其余 6 个品种(系)低,因此,可以将红钙谷作为麦后复种优质饲草谷子专用品种的候选材料。

4 结论

根据灰色关联度综合评价分析可知,6 个麦后复种饲草谷子品种(系)中红钙谷综合评价表现最好,因此,可以将红钙谷作为麦后复种优质饲草谷子专用品种的候选材料。对 6 个饲草谷子品种(系)的 9 个指标进行方差分析,结果表明 9 个测定指标中鲜草产量、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分等指标变异系数较大,具有较大的改良潜力。

参考文献:

- [1] 高原. 气候和土地利用变化对北方农牧交错区植被覆盖变化的影响[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2018.
- [2] 路战远,张向前,程玉臣,等. 北方农牧交错区农田退化现状及生态保育技术应用前景分析[J]. 北方农业学报,2018,46(5):93-97.
- [3] 何红中. 中国古代粟作研究[D]. 南京:南京农业大学,2010.

- [4] 智慧,牛振刚,贾冠清,等. 谷子干草饲用品质性状变异及相关性分析[J]. 作物学报,2012,38(5):800-807.
- [5] 任晓利,崔纪菡,刘猛,等. 夏播饲用谷子农艺性状与品质评价[J]. 草业学报,2019,28(1):15-26.
- [6] 刘惠娟,梁建萍,李传宝. 黄芪饲草的品质评价[J]. 山西农业科学,2016,44(3):306-309,317.
- [7] 邱凤仓,张晓磊. 高蛋白饲草型谷子青谷 1 号[J]. 中国种业,2013(5):86.
- [8] 郝洪波,崔海英,李明哲. 饲草专用夏谷新品种衡谷 20 号选育及其栽培技术要点[J]. 河北农业科学,2018,22(3):1-3.
- [9] 郝洪波,崔海英,李明哲. 粮饲兼用型谷子新品种衡饲 1 号的选育[J]. 河北农业科学,2016,20(5):13-16.
- [10] 刘超. 宁夏引黄灌区春麦复种技术模式研究[D]杨凌:西北农林科技大学,2017.
- [11] 中国国家标准化管理委员会. 饲料中粗蛋白测定方法:GB/T 6432-94[S]. 北京:中国标准出版社,1994.
- [12] 中华人民共和国农业部. 饲料中酸性洗涤纤维的测定:NY/T 1459-2007[S]. 北京:农业出版社,2007.
- [13] 中国国家标准化管理委员会. 饲料中中性洗涤纤维的测定:GB/T 2080-2006[S]. 北京:中国标准出版社,2006.
- [14] 中国国家标准化管理委员会. 饲料中粗灰分的测定:GB/T 6438-2007[S]. 北京:中国标准出版社,2007.
- [15] 中国国家标准化管理委员会. 饲料中粗脂肪的测定:GB/T 6433-2006[S]. 北京:中国标准出版社,2006.
- [16] 李秀红. 基于灰色关联度的多目标决策模型与应用[J]. 山东大学学报(理学版),2007,42(12):33-36,41.
- [17] 李岩,徐智明,李争艳,等. 14 个紫花品种草产量及营养品质的综评价[J]. 草原与草坪,2019,39(4):85-91.
- [18] 吕小东,王建光,白音仓. 内蒙古引进的 11 个国外苜蓿品种营养价值的灰色评价[J]. 草原与草坪,2013,33(3):21-25,30.
- [19] 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.
- [20] 姚明久,程明军,何光武,等. 9 个燕麦品种在成都平原的产量和营养品质分析[J]. 四川畜牧兽医,2018(1):24-26.
- [21] 邓聚龙. 灰色控制系统[M]. 武汉:华中理工大学出版社,1998.
- [22] 田兵,冉雪琴,薛红,等. 贵州 42 种野生牧草营养价值灰色关联度分析[J]. 草业学报,2014,23(1):92-103.
- [23] 梁英,王丽香,姚素娟,等. 5 个燕麦品种不同收获期产量及营养品质的综合评价[J]. 山东农业科学,2016,48(9):49-53.
- [24] 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,1989,22(3):22-27.
- [25] 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.
- [26] 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.
- [27] 伏兵哲,高雪芹,高永发,等. 21 个苜蓿品种主要农艺性状关联分析与综合评价[J]. 草业学报,2015,24(11):174-182.
- [28] 郭霞,刘雪云,周志宇,等. 应用灰色关联度分析法综合评价啃食强度对紫穗槐营养价值的影响[J]. 草业学报,2012,21(2):196-204.

Yield and nutritional quality analysis of 6 forage millet varieties (lines) after the wheat cropping in Agro-pastoral ecotone of Inner Mongolia

WEN Rui, ZHANG Yong-hu, CHEN Qian-wu

(Inner Mongolia Academy of Agricultural and animal husbandry Sciences, Huhhot, Inner Mongolia 010031, China)

Abstract: In order to expand the forage planting area and solve the growing forage demand in the farming-pastoral interlacing area and screen germplasm suitable for multiple cropping, in this study, variance analysis and grey correlation analysis were conducted on four production performance indexes of plant height, fresh grass

yield, dry grass yield, dry-fresh ratio and other and five nutritional quality related indexes of crude protein, acid detergent fiber, neutral detergent fiber, crude ash and crude fat for six multi-cropping forage millet varieties (lines) after wheat cropping. The results showed that among the 9 indexes, the variation coefficient of fresh grass yield, crude protein, crude fat and ash content was large, which had great potential for improvement. Among the 6 forage millet varieties (lines) replanted after wheat, Red Calcium Valley had the best comprehensive evaluation performance. Therefore, Red Calcium Valley could be used as a candidate material for special varieties of high-quality forage millet replanted after wheat cropping.

Key words: millet ; the agro-pastoral ecotone; nutritional quality ; gray correlation ; comprehensive evaluation

(上接 87 页)

Effects of *Achnatherum splendens* tussock fertile island on the spatial distribution of soil nutrient in Salinized-Grasslands of the Hexi Corridor

GAO Rui, CAO Wen-xia, WANG Xin-you, WANG Shi-lin

(College of Grassland Science, Gansu Agricultural University, Key Laboratory for Grassland Ecosystem of Ministry of Education, Pratacultural Engineering Laboratory of Gansu Province, Sino-U. S. Centers for Grazing Land Ecosystem Sustainability, Lanzhou 730070, China)

Abstract: There are large areas of saline soils in the Hexi Corridor, the *Achnatherum splendens* is a salt-tolerant plant, which has an important role in the improvement of dry saline soils. We selected *A. splendens* tussocks with similar crown size, good growth condition, and moderate size. The sampling sites for each tussock were set up in four vertical orientations with five distance gradients (center of the tussock, 20 cm, 40 cm, 60 cm, and 100 cm from the center of the tussock) and each sampling site at five soil depths (0~10 cm, 10~20 cm, 20~30 cm, 30~40 cm, and 40~60 cm). Soil samples from each site were collected and analysed. The results showed that due to the structural characteristics of *A. splendens*, the soil nutrients showed the following spatial distribution: (1) The content of soil organic matter, total nitrogen, total phosphorus, available nitrogen, available phosphorus, and available potassium increased with the decrease of distance from the center of the clump and decreased with the increase of soil depth. The soil nutrients were mainly enriched under the clump, particularly in the surface soil. (2) Compared with the outside of the grass, the soil under the grass has higher water content and lower pH, which is important for the management and restoration of the poor soil condition of saline land.

Key words: Fertile island; *Achnatherum splendens*; soil nutrient