

宁夏六盘山区7个饲用燕麦品种农艺性状、产量及品质的相关性研究

陈彩锦^{1,2}, 尚继红², 师尚礼¹, 吴娟², 曾燕霞², 高婷³, 张蓉⁴

(1. 甘肃农业大学草业学院/草业生态系统教育部重点实验室/甘肃省草业工程实验室/中-美草地畜牧业可持续发展研究中心, 甘肃 兰州 730070; 2. 宁夏农林科学院固原分院, 宁夏 固原 756000; 3. 宁夏农林科学院动物科学研究所, 宁夏 银川 756002; 4. 宁夏农林科学院植物保护研究所, 宁夏 银川 756002)

摘要:对7个饲用燕麦品种的若干农艺性状、草产量、营养品质进行评价与筛选,并对各指标的相关性进行统计分析,以筛选出综合表现优良的饲用燕麦品种。结果表明:综合表现优良的品种是甜燕2号、甜燕1号、牧王;旗叶叶面积与粗蛋白含量极显著正相关,鲜干比与粗纤维极显著正相关,干草产量与中性洗涤纤维极显著正相关,与相对饲用价值显著负相关,相对饲用价值与中性洗涤纤维极显著负相关,与酸性洗涤纤维显著负相关。

关键词:燕麦;农艺性状;产量;品质;灰色关联度

中图分类号:S543.7 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2021)02-0129-07

DOI: 10.13817/j.cnki.cyycp.2021.02.018

燕麦(*Avena sativa*)属禾本科(*Gramineae*)燕麦属(*Avena*)一年生草本植物,具有产量高、营养丰富、耐寒、耐旱、耐盐碱、病虫害少,适应性广等特点^[1-3],是一种粮饲兼用型绿色古老的作物,也是牧区重要的优质牧草^[4-8]。

国内关于饲用燕麦的研究及应用报道比较多,主要集中于饲用燕麦品种或品系在不同生态区域的生产性能及品质表现^[2,9-13],饲用燕麦刈割技术及方法^[14-16],燕麦混作、间作对饲草产量、品质及土壤性质

的影响^[17-19],施肥对饲用燕麦农艺性状、饲草产量、品质的影响^[4,20-21]。

本研究以7个饲用燕麦品种灌浆后期收获时的株高、鲜干比、叶绿素含量、叶面积、鲜干草产量、CP、CF、NDF、ADF、RFV为指标,研究不同品种间具体的差异及若干农艺性状、产草量及品质指标之间的相互关系,同时进行灰色关联度综合分析评价,以期筛选出综合表现优良的饲用燕麦品种,为宁夏六盘山地区适宜饲用燕麦品种的育种与优良品种的引进筛选提供参考^[22-23]。

1 材料和方法

1.1 试验材料

7个饲用燕麦品种为海威、牧乐思、甜燕1号、贝勒、牧王、甜燕2号、禾王(表1)。肥料选取磷酸二铵,施肥量为75 kg/hm²,总养分≥64.0%,云南三环新盛化肥有限公司生产;复合肥(纯硫酸钾),施肥量为600 kg/hm²,总养分≥45%,云南三环中化化肥有限公司生产。

1.2 试验地概况

试验具体布设在固原市“四个一”工程“一棵草”原

收稿日期:2020-03-10; **修回日期:**2020-06-22

基金项目:国家牧草产业技术体系(CARS-34);宁夏回族自治区重点研发计划项目-现代人工草地高效利用关键技术研究及示范(2017BY082);固原市“四个一”工程“一棵草”引种驯化与试验示范(2019GKNS002)

作者简介:陈彩锦(1982-),女,宁夏海原人,助理研究员,在读硕士,主要从事牧草育种与高产栽培技术研究。E-mail:cej401224@126.com

师尚礼为通讯作者。

E-mail:shishl2470@qq.com

表 1 试验品种名称及来源

Table 1 Name and source of test varieties

品种	来源
牧乐思	克劳沃(北京)生态科技有限公司
甜燕 1 号	北京佰青源畜牧业科技发展有限公司
贝勒	北京正道生态科技有限公司
牧王	北京正道生态科技有限公司
甜燕 2 号	北京佰青源畜牧业科技发展有限公司
海威	克劳沃(北京)生态科技有限公司
禾王	百绿国际草业(北京)有限公司

州区牧草试验基地,位于宁夏固原市原州区头营镇徐河村徐河 6 队,地理位置 E 106°14', N 36°9',海拔 1 593 m±4 m。该地区为典型的雨养农业区,年日照时数 2 100~2 800 h,年平均气温 6.7~8.6℃,≥10℃积温 1 800~2 300℃,年平均降水量 180~650 mm,无霜期 126~152 d,年蒸发量 1 060 mm。土壤为黄绵土,耕作层 pH 8.6,全盐 1.22 g/kg,有机质 11.04 g/kg,有效氮 50.9 mg/kg,有效磷 11.36 mg/kg,有效钾 239.17 mg/kg。前茬作物玉米,玉米收获后秋机耕 1 次,春旋耕耙耱各 1 次,地势平坦,具有灌溉条件,但除为保苗播前灌水 1 次之外,整个生育期均无灌水。播后由于降水导致地表板结,影响出苗,播后出苗前人工破板 1 次。出苗至收获期中耕除草 5 次,燕麦蚜虫防治 1 次。

1.3 试验设计

试验采用随机区组设计,小区面积 22.5 m²,重复 6 次,共 42 个小区,其中行距 0.25 m,共 19 行,区距 1 m,重复间距 1 m,每小区采用人工开沟条播,播种量 150 kg/hm²,播深 0.05~0.06 m,播后覆土耱平;播前灌水 1 次,灌水量为田间持水量的 80%,肥料统一在播前一次性基施。

1.4 试验观测指标

株高:苗期固定样点,收获前在每小区固定样点内随机选取 5 株,共 30 株,测量主茎基部至顶部长度。

叶绿素:收获前在每小区固定样点内随机选取 3 株,共 18 株旗叶叶片(每个叶片选 5 个点),用叶绿素测定仪(SPAD-502)测定叶绿素相对含量。

叶面积:收获前随机选取 10 株燕麦的旗叶,用卷尺测定叶长、叶宽(叶片最宽处),用系数法计算叶面积=0.73(矫正系数)×叶长×叶宽。

产量指标:收获前每小区测 1 m²样方内鲜草重

量,6 次重复,求其平均值,得鲜草重,自然风干,称重,得干草重,鲜干比=鲜草重量/干草重量。

品质指标:各处理随机抽取 1 kg 干样粉碎保存,进行粗蛋白(CP)、粗纤维(CF)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)、相对饲用价值(RFV)指标的测定。其中前 4 个指标的测定依据《饲料分析及饲料质量检测技术》^[24-25],RFV 计算公式:

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

式中:DMI 为粗饲料干物质采食量,DMI(%BW)=120/NDF(%DM),DDM 是可消化的干物质;DDM(%DM)=88.9-0.779×ADF(%DM)^[26-28]。

1.5 数据统计与分析

采用 Excel 2003 和 DPS 16.5 统计分析软件对数据进行作图及分析处理,其中相关分析采用 Pearman 秩相关分析。Pearman 秩相关分析是利用两变量的秩次大小作线性相关分析,这种分析方法不受变量分布形态、样本大小、数据是否具有连续性的限制。综合评价采用灰色关联度分析方法,这种分析方法是一种运用灰色关联度理论和模糊数学方法构建的综合评价模型^[29],它是将所有参试品种看作一个灰色系统,各品种是其中的一个因素,并根据筛选目标及优良品种的上限,构建一个理想品种为“参考品种”,设置其性状为 X_0 ,参试品种的性状为比较数列,为 $X_i(i=1,2,3\cdots)$ 。以此来计算 7 个品种与理想品种的关联度,以关联度来衡量各品种的优劣。具体计算过程如下。

1.5.1 数据无量纲化处理 由于系统中各因素量纲(或单位)不同,因此需要消除量纲(或单位),将数据转换为可比较的数据序列。本研究采用均值化处理方法进行无量纲化处理。

1.5.2 计算关联系数

$$\xi_i(k) = \frac{\min_k |X_0(k) - X_i(k)| + \rho \max_k |X_0(k) - X_i(k)|}{|X_0(k) - X_i(k)| + \rho \max_k |X_0(k) - X_i(k)|} \quad (1)$$

式中, $\xi_i(k)$ 是 X_i 对 X_0 在 k 点的关联系数。 ρ 是分辨系数,其意义是削弱最大绝对差数值太大引起的失真,提高关联系数之间的差异显著性, $\rho \in (0, 1)$,此处取值 0.5。 $\min_k |X_0(k) - X_i(k)|$ 是一级最小差, $\max_k |X_0(k) - X_i(k)|$ 是一级最大差, $\min_i \min_k |X_0(k) - X_i(k)|$ 是二级最小差, $\max_i \max_k |X_0(k) - X_i(k)|$ 是二级最大差。

1.5.3 计算等权关联度

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_i(k) \quad (2)$$

n 是比较数列的长度(即数据个数), r_i 是等权关联度。

1.5.4 求出加权关联度

$$\text{先应用公式 } \omega_i = \frac{r_i}{\sum r_i} \quad (3)$$

$$\text{再计算加权关联度 } r_i' = \sum_{k=1}^n \omega_i \xi_i(k) \quad (4)$$

2 结果与分析

2.1 农艺性状、产量及品质单项指标分析

供试品种的品质表现存在一定的差异(表 2)。其中 CP 含量最高的是甜燕 2 号, 显著高于牧乐思、海威、贝勒($P < 0.05$)。CF 含量最高的是禾王, 显著高于牧乐思、海威、甜燕 2 号($P < 0.05$)。NDF 含量牧乐思和海威差异不显著($P > 0.05$), 位列第 1 和第 2; 甜燕 2 号和贝勒最低, 相互之间差异不显著($P < 0.05$), 其余品种禾王、牧王、甜燕 1 号居于中间, 禾王与牧王、甜燕

1 号之间差异不显著($P < 0.05$)。ADF 含量最高的是牧乐思, 最低的是贝勒, 牧乐思与海威没有显著差异($P > 0.05$), 与其他品种之间存在显著差异($P < 0.05$)。

RFV 最高的是贝勒, 为 107.69, 显著地高于其余品种($P < 0.05$), 最低的是牧乐思, 为 80.17, 与海威没有显著差异($P > 0.05$)。

株高最高的是牧王, 与牧乐思没有显著差异($P > 0.05$), 最低是海威, 与贝勒没有显著差异($P > 0.05$)。叶绿素含量最高的是牧乐思, 与甜燕 2 号、牧王、贝勒之间没有显著差异($P > 0.05$), 最低的是禾王, 与海威、甜燕 1 号没有显著差异($P > 0.05$)。叶面积位于前 3 位的品种依次是甜燕 2 号、甜燕 1 号、牧乐思, 三者没有显著差异($P > 0.05$)。鲜干比最高是禾王, 最低是海威, 品种之间没有显著差异($P > 0.05$)。鲜草重量在 38.15~53.17 t/hm², 最高的禾王与最低的甜燕 2 号之间差异显著($P < 0.05$), 其余品种之间差异不显著($P > 0.05$)。干草产量与鲜草产量各品种位次存在差异, 干草产量最高的是海威, 最低的是甜燕 2 号, 两者之间差异显著($P < 0.05$), 其余品种之间差异不显著($P > 0.05$)(表 3)。

表 2 不同供试品种营养指标

Table 2 Nutritional indicators of different tested varieties

品种	CP/%	CF/%	NDF/%	ADF/%	RFV
牧乐思	11.81±1.13 ^{bc}	30.89±0.91 ^{bed}	66.34±0.88 ^a	40.73±0.53 ^a	80.17±0.49 ^d
甜燕 1 号	13.94±1.04 ^a	32.45±1.14 ^{abc}	56.34±1.05 ^c	35.80±1.61 ^c	100.78±3.78 ^b
贝勒	10.57±0.83 ^c	33.12±1.01 ^{ab}	53.15±2.93 ^d	35.30±1.40 ^c	107.69±6.54 ^a
牧王	13.19±1.79 ^{ab}	32.27±2.51 ^{abc}	56.36±1.26 ^c	36.73±1.54 ^c	99.53±2.73 ^b
甜燕 2 号	14.93±0.49 ^a	28.88±1.04 ^d	55.48±1.08 ^{cd}	37.51±1.27 ^{bc}	100.07±0.67 ^b
海威	10.86±1.15 ^c	30.25±1.16 ^{cd}	65.91±1.42 ^a	39.54±1.07 ^{ab}	82.04±2.98 ^d
禾王	13.19±0.92 ^{ab}	34.37±0.83 ^a	62.28±1.35 ^b	36.35±1.89 ^c	90.49±0.56 ^c

注:同一列中小写字母表示不同品种之间差异显著($P < 0.05$),下同

表 3 不同供试品种农艺性状及产量

Table 3 Agronomic traits and yield indicators of different tested varieties

品种	株高/cm	叶绿素含量/ SPAD	叶面积/cm ²	鲜干比	鲜草产量/ (t·hm ⁻²)	干草产量/ (t·hm ⁻²)
牧乐思	130.73±7.99 ^a	62.47±5.65 ^a	83.96±30.89 ^a	6.04±0.75 ^a	51.00±7.02 ^{ab}	8.48±1.32 ^{ab}
甜燕 1 号	105.30±6.22 ^c	57.50±5.93 ^b	88.73±27.28 ^a	6.05±0.48 ^a	47.27±7.97 ^{ab}	7.87±1.85 ^{ab}
贝勒	95.35±6.12 ^e	59.21±5.82 ^{ab}	42.99±12.20 ^b	6.17±0.41 ^a	45.53±4.53 ^{ab}	7.40±0.86 ^{ab}
牧王	131.15±8.98 ^a	60.60±6.12 ^{ab}	56.45±19.57 ^b	5.92±0.63 ^a	44.57±15.40 ^{ab}	7.59±2.45 ^{ab}
甜燕 2 号	115.05±8.13 ^b	61.47±4.02 ^{ab}	90.59±50.99 ^a	5.55±0.46 ^a	38.15±4.40 ^b	7.30±0.82 ^b
海威	92.80±5.73 ^e	57.56±6.80 ^b	48.98±16.04 ^b	5.46±0.76 ^a	51.03±14.64 ^{ab}	9.71±1.73 ^a
禾王	100.45±5.13 ^d	57.12±4.49 ^b	52.12±21.90 ^b	6.22±0.76 ^a	53.17±16.24 ^a	8.22±1.87 ^{ab}

2.2 农艺性状、产量及品质的相关性分析

旗叶的叶面积与 CP 极显著正相关,鲜干比与 CF 极显著正相关,干草产量与 NDF 极显著正相关,与 RFV 显著负相关,NDF 与 RFV 显著负相关,ADF 与 RFV 显著负相关(表 4)。以上结果表明,各品种的部

分农艺性状、产量、品质之间存在紧密联系,其中与 CP 紧密相关的是旗叶叶面积,与 CF 紧密相关的是饲草含水量,与 NDF、RFV 紧密相关的是干草产量,与 RFV 紧密相关的是 NDF、ADF。

表 4 供试品种农艺性状、产量与品质的 Pearman 秩相关系数(r)

Table 4 Pearman rank correlation coefficient (r) of agronomic traits, yield and qualities of tested varieties

性状	株高	叶绿素	叶面积	鲜干比	鲜草产量	干草产量	CP	CF	NDF	ADF
叶绿素	0.607 1									
叶面积	0.642 9	0.357 1								
鲜干比	-0.1071	-0.464 3	-0.250 0							
鲜草产量	-0.571 4	-0.500	-0.464 3	0.107 1						
干草产量	-0.285 7	-0.250 0	-0.285 7	-0.107 1	0.928 6					
CP	0.504 5	0	0.882 9*	-0.108 1	-0.468 5	-0.396 4				
CF	-0.214 3	-0.642 9	-0.464 3	0.928 6**	0.214 3	0	-0.234 2			
NDF	0.107 1	0.071 4	-0.035 7	-0.214 3	0.714 3	0.892 9**	-0.198 2	-0.178 6		
ADF	0.285 7	0.571 4	0.285 7	-0.678 6	0.250 0	0.500 0	0.018	-0.750 0	0.750 0	
RFV	-0.1429	-0.214 3	0	0.321 4	-0.607 1	-0.785 7*	0.162 2	0.321 4	-0.964 3**	-0.857 1*

2.3 农艺性状、产量及品质的综合评价

设置理想品种性状为: CP = 15.00%、CF = 28.00%、NDF = 53.00%、ADF = 35.00%、RFV = 110.00、株高:132.00 cm,叶绿素(SPAD):63.00,叶面积:91 cm²,鲜干比:5.00,鲜草产量:54 t/hm²,干草

产量:10 t/hm²。根据灰色关联度分析方法分别计算出等权关联度与加权关联度。

7个品种的等权关联度和加权关联度的排序一致,关联度依次是甜燕2号>甜燕1号>牧王>牧乐思>贝勒>禾王>海威(表5,表6)。

表 5 饲用燕麦关联系数及权重系数

Table 5 Correlation Coefficient and Weight Coefficient of Feeding Oats

品种	株高	叶绿素	叶面积	鲜干比	鲜草产量	干草产量	CP	CF	NDF	ADF	RFV
牧乐思	0.975 7	0.982 3	0.778 9	0.663 7	0.853 6	0.659 4	0.588 3	0.795 1	0.607 7	0.696 7	0.531 7
甜燕1号	0.598 4	0.796 1	0.920 4	0.661 5	0.717 4	0.579 1	0.814 6	0.713 9	0.865 0	0.948 3	0.789 2
贝勒	0.519 7	0.851 6	0.335 8	0.636 5	0.667 7	0.529 5	0.506 4	0.683 9	1.000 0	0.984 4	0.942 1
牧王	0.985 9	0.902 8	0.413 0	0.690 9	0.643 1	0.548 5	0.717 4	0.722 5	0.864 2	0.887 8	0.766 7
甜燕2号	0.702 5	0.938 1	0.990 5	0.790 8	0.516 0	0.520 0	0.991 9	0.931 7	0.897 7	0.842 8	0.776 3
海威	0.502 8	0.797 9	0.366 3	0.819 6	0.854 9	0.915 2	0.523 4	0.834 1	0.615 6	0.744 4	0.548 0
禾王	0.557 3	0.784 7	0.384 6	0.626 7	0.959 5	0.622 6	0.717 4	0.634 2	0.691 2	0.911 6	0.635 6
权重系数	0.086 0	0.107 6	0.074 4	0.086 9	0.092 6	0.077 7	0.086 3	0.094 4	0.098 5	0.106 9	0.088 7

表 6 各品种关联度及排序

Table 6 Correlation degree and order of each varieties

品种	等权关联度	排序	加权关联度	排序
牧乐思	0.739 4	4	0.742 8	4
甜燕1号	0.764 0	2	0.768 8	2
贝勒	0.696 2	5	0.715 1	5
牧王	0.740 3	3	0.753 0	3
甜燕2号	0.808 9	1	0.812 9	1
海威	0.683 8	7	0.690 6	7
禾王	0.684 1	6	0.696 3	6

3 讨论

牧草营养价值是评判牧草是否优良的重要指标^[30]。其评价方法主要包括分析各种牧草营养物质的含量,测定能量、消化率,进行代谢试验等^[31]。在本研究中,燕麦饲草品种评价以其营养物质含量为指标,包括 CP、CF、NDF、ADF、RFV,其中 CP 含量越高,品质越好^[32],CF 含量越高,营养价值越低^[33],NDF 和 ADF 是评价牧草消化率的国际通用指标^[34],NDF 含量增加,采食量降低,ADF 含量增加,消化率随之降

低^[32],RFV是一种较为简便的粗饲料饲用价值评价模型和质量评定指标,其值越高,说明牧草的饲用价值越高^[35]。本研究中CP含量为10.57%~14.93%,含量最高的是甜燕2号,CF含量为28.88%~34.37%,含量最低的是甜燕2号。NDF为53.15%~66.34%,含量最低的是贝勒。ADF为35.30%~40.70%,含量最低的是贝勒。RFV为80.17~107.69,其中数值在100以上的品种由大到小依次是贝勒、甜燕1号、甜燕2号。本试验品质指标的研究结果界定范围同赵怡然^[36]报道中的结果存在差异,这可能与收获期不同有关,赵怡然的试验在孕穗期收获,本试验在灌浆后期收获,收获时期晚,从而CP含量减少,纤维含量增加;另一方面可能跟品种自身的遗传特性和环境因素有关,参试品种、环境不同,结果也存在差异。对于以上结果的差异性有待于进一步研究。农艺性状、草产量是衡量草地生产能力的重要指标^[37]。且产草量是农艺性状表现的综合反映。在本研究中,饲用燕麦鲜草产量位于第3位、干草产量位于第2位的品种是牧乐思,其株高位于第2位,为130.73 cm,叶绿素含量位于第一位,是62.47,叶面积位于第3位,是83.96 cm²。由于饲草中所含的水分占鲜草总重量的很大比例,因此鲜草产量在很大程度上取决于鲜干比,本研究中鲜草产量最大的品种禾王的鲜干比最高,为6.22。

一个品种整体表现的优劣,需要将所有测定指标用综合评价方法来具体衡量。牧草的综合评价方法中,常用的有模糊综合评价、灰色关联度综合评价、聚类分析及层次分析评价等方法^[38]。其中灰色关联度分析方法能全面反映评价材料的综合性能,并能依据生产目标、生产实际和社会需求来进行性状的选取和参考品种的构建。本研究利用灰色关联度分析方法进行综合评价,以此来筛选出适宜该区域种植的优良饲草品种,为该区域牧草育种及品种引进筛选提供技术依据。评价结果显示,综合表现最优的品种是甜燕2号,叶面积最大、粗蛋白含量最高,叶绿素含量位于第2位,株高与RFV位于第3位,粗纤维含量最低。

由于作物性状、产量、品质间存在着比较复杂的制约关系,加之品种的表现不仅受作物自身性状的影响,还受到包括环境在内的诸多因素的影响,所以三者相互之间存在一定的关系^[23]。本研究中旗叶的叶面积与CP含量存在极显著正相关关系,与CF、NDF含量存在负相关关系。牧草品质中的CP、CF、NDF等指标

是评价优质牧草的重要指标,改良牧草品质,提升营养价值,需要提高牧草的CP含量,降低CF、NDF含量等^[39]。因此,在燕麦优质品种筛选或选育中,可通过选择旗叶叶面积来实现优质品种的提升。鲜干比是衡量饲草适口性的一项重要指标,本研究中鲜干比与CF的含量成极显著的正相关,表明燕麦饲草水分含量过多,影响饲草的品质,这与王巍等^[39]的研究结果不一致,原因是地域、环境条件及收获时期存在差异性。干草产量与NDF含量呈极显著正相关,表明此时地上干物质的含量影响家畜的采食量。干草产量与ADF存在正相关关系,表明草产量增大,消化率降低。RFV与鲜干比成正相关,与株高、叶绿素含量、鲜草产量成负相关,与干草产量成显著负相关,表明提升饲草RFV,关键在于适时收获,因为收获期太晚,饲草木质化程度增加,纤维含量增加,蛋白含量降低,产草量增加,植株本身的含水量降低,RFV降低。

4 结论

通过综合评价,表现优异的饲用燕麦品种是甜燕2号、甜燕1号、牧王;通过相关性分析,旗叶叶面积与CP含量极显著正相关,鲜干比与CF极显著正相关,干草产量与NDF极显著正相关,与RFV显著负相关,RFV与NDF极显著负相关,与ADF显著负相关。

参考文献:

- [1] 王建丽,马利超,申忠宝,等.基于遗传多样性评估燕麦品种的农艺性状[J].草业学报,2019,28(2):133-141.
- [2] 刘彦明,南铭,边芳,等.11个饲草燕麦品种在甘肃中部干旱半干旱地区的种植表现[J].甘肃农业科技,2018(9):56-60.
- [3] 刘文辉,周青平,贾志锋,等.施磷水平对青引1号燕麦饲草产量和蛋白产量的影响[J].青海畜牧兽医杂志,2009,39(1):4-7.
- [4] 孙建平,薛竹慧,杨国义,等.施氮对晋北燕麦饲草主要农艺性状及干物质产量的影响[J].草地学报,2018,26(4):964-970.
- [5] Hoffman L A. World production and use of oat[M]// Welch F W. The Oat Crop: Production and Utilization. New York:Chapman& Hill Press,1995:34-61.
- [6] Suttie J M, Reynolds S G. Fodder oats; a world overview [M]. Rome: Publishing Management Service, Information Division, FAO, 2004.
- [7] 柴继宽,赵桂琴,胡凯军,等.不同种植区生态环境对燕麦

- 营养价值及干草产量的影响[J]. 草地学报, 2010, 18(3): 421—425.
- [8] Wang S P, Wang Y F, Schnug E, *et al.* Effects of nitrogen and sulphur fertilization on oats yield, quality and digestibility and nitrogen and sulphur metabolism of sheep in the Inner Mongolia Steppes of China[J]. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2002, 62: 195—202.
- [9] 梁国玲, 秦燕, 魏小星, 等. 青藏高原高寒区 I—D 燕麦品系饲草生产性能及品质评价[J]. 草地学报, 26(4): 917—927.
- [10] 丰明, 李韬, 王英杰, 等. 5 种燕麦饲草品种在沈阳地区的评价与筛选[J]. 辽宁农业科学, 2017(5): 11—15.
- [11] 朱爱民, 张玉霞, 王国君, 等. 科尔沁沙地 4 个燕麦品种的饲草产量特性比较[J]. 农学学报, 2017, 7(10): 56—59.
- [12] 周青平, 颜红波, 梁国玲, 等. 不同燕麦品种饲草和籽粒生产性能分析[J]. 草业学报, 2015, 24(10): 120—130.
- [13] 李春喜, 叶润荣, 周玉碧, 等. 高寒牧区不同燕麦品种饲草产量及品质的研究[J]. 草地学报, 2014, 22(4): 882—888.
- [14] 曹丽霞, 赵世锋, 石碧红, 等. 6 个饲用燕麦品种不同刈割期的产草量比较[J]. 河北农业科学, 2017, 21(6): 11—16.
- [15] 刘琳, 张文敬, 郝林凤, 等. 河套地区向日葵播前填闲种植不同饲草燕麦品种最佳刈割期的研究[J]. 中国奶牛, 2018(6): 58—62.
- [16] 程天亮. 不同刈割期对燕麦产量和品质的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2013: 1—50.
- [17] 渠佳慧, 李立军, 李晓婷, 等. 燕麦与箭筈豌豆不同行比例间作对饲草产量及土壤理化性状的影响[J]. 土壤通报, 2018, 49(5): 1176—1183.
- [18] 陈广琨. 燕麦和箭筈豌豆同行混作对饲草产质量及土壤性状的影响[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2017: 1—38.
- [19] 赵彩霞, 何文清, 胡跃高, 等. 低氮环境下燕麦与箭筈豌豆间混作与刈割时间对饲草产量及质量特性的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(5): 5—9.
- [20] 刘文辉, 周青平, 贾志锋, 等. 施磷水平对青弓 11 号燕麦饲草产量和蛋白产量的影响[C]// 第二届中国草业大会, 2012: 227—232.
- [21] 韩文元, 赵宝平, 任鹏, 等. 内蒙古农牧交错区施氮量对燕麦饲草产量和饲用品质的影响[J]. 中国农学通报, 2015, 31(24): 122—127.
- [22] 许能祥, 顾洪如, 董臣飞, 等. 刈割对不同品种褐色中脉饲用高粱饲草品质及农艺性状的影响[J]. 草地学报, 2014, 22(3): 623—629.
- [23] 党姝, 王伯伦, 张振宇, 等. 农艺性状及生理特性对不同株穗型水稻品种品质的影响[J]. 华中农业大学学报, 2010, 29(2): 125—130.
- [24] 杨胜. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1993.
- [25] 侯鹏霞, 蒙向武, 赵丹青, 等. 不同处理对马铃薯秧混合青贮品质影响的研究[J]. 畜牧与饲料科学, 2018, 39(12): 45—50.
- [26] 吴发丽, 王之盛, 杨勤, 等. 甘南碌曲和合作地区冬夏季高寒天然牧草生产特性、营养成分和饲用价值分析[J]. 草业学报, 2014, 23(4): 31—38.
- [27] 高婷, 孙启忠, 王川, 等. 宁夏同一生态区不同立地条件对苜蓿生产性能的影响[J]. 中国草地学报, 2016, 38(5): 19—25.
- [28] Rohweder D A, Barnes R F, Jorgensen N. Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality[J]. *Journal of Animal Science*, 1978, 47: 747—759.
- [29] 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.
- [30] 王桃, 徐长林, 姜文清, 等. 高寒草甸区饲用燕麦品种营养价值综合评价研究[J]. 中国草地学报, 2010, 32(3): 68—75.
- [31] 甘肃农业大学草原系. 草原学与牧草学实习实验指导书[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1989: 136—144.
- [32] 韩建国, 马春晖, 毛培胜, 等. 播种比例和施氮量及刈割期对燕麦与豌豆混播草地产草量和质量的影响[J]. 草地学报, 1999, 7(2): 87—93.
- [33] 李春喜, 叶润蓉, 周玉碧, 等. 高寒牧区饲草作物生产性能及品质分析[J]. 甘肃农业大学学报, 2014, 49(6): 125—130.
- [34] 陈莉敏, 赵国敏, 廖英勇, 等. 川西北 7 个燕麦品种产量及营养成分比较分析[J]. 草业与畜牧, 2016(2): 19—23.
- [35] 杨富, 郑敏娜, 康佳惠, 等. 9 个燕麦品种在晋北地区的生产性能及饲用价值综合评价[J]. 作物杂志, 2019(2): 94—98.
- [36] 赵怡然, 高峰, 白倩, 等. 山东地区宜栽燕麦品种筛选[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版), 2018, 35(1): 22—26.
- [37] 马晓东, 孙金金, 汪鹏斌, 等. 青海省甘德县燕麦+毛苕子+豌豆混播比例生产性能的综合评价[J]. 草原与草

坪, 2020, 40(6): 76—83.

108—119.

[38] 南丽丽, 师尚礼, 郭全恩, 等. 甘肃荒漠灌区播量和行距对紫花苜蓿营养价值的影响. 草业学报, 2019, 28(1):

[39] 王巍. 吉林省西部地区 21 个燕麦品种生产性能和营养价值评价[D]. 长春: 东北师范大学, 2016: 1—53.

Study on the correlation between some agronomic characters, yield and quality of seven feeding oat varieties in liupanshan, ningxia

CHEN Cai-jin^{1,2}, SHANG Ji-hong², SHI Shang-li¹, WU Juan², ZENG Yan-xia²,
GAO Ting³, ZHANG Rong⁴

(1. 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; 2. Guyuan Branch of Ningxia Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Guyuan 756000, China; 3. Institute of Animal Science, the Ningxia Academy of Agricultural and Forestry Science, Yinchuan 750002, China; 4. Institute of Plant Protection, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan 750002, China)

Abstract: Seven feeding oat varieties were evaluated and screened for some agronomic characters, grass yield and nutritional quality, and their correlation. The results from the grey correlation comprehensive analysis showed that Tianyan No. 2, Tianyan No. 1 and Haymaker had the best performance. And the the results from pearman rank correlation analysis showed that there were significant positive correlation between the flag leaf area and CP(crude proteiu) content, the ratio of fresh to dry weight and CF(crude fiber), the hay yield and NDF((neutral detergent fiber)). Meanwhile, there were significant negative correlation between hay yield and RFV(relative feeding value), RFV and NDF, RFV and ADF(acid detergent fiber).

Key words: avena sativa; agronomic character; yield; quality; grey correlation degree