

DOI:10.11686/cyxb2021318

http://cyxb.magtech.com.cn

吴海艳, 曲尼, 曲珍, 等. 6个燕麦品种在昂仁县的生产性能及饲草品质比较. 草业学报, 2022, 31(4): 72-80.

WU Hai-yan, QU Ni, QU Zhen, et al. Comparison of crop yield and forage quality of six oat varieties in Angren County, Shigatse. Acta Prataculturae Sinica, 2022, 31(4): 72-80.

## 6个燕麦品种在昂仁县的生产性能及饲草品质比较

吴海艳<sup>1,2</sup>, 曲尼<sup>2</sup>, 曲珍<sup>2</sup>, 同桑措姆<sup>2</sup>, 达娃卓嘎<sup>2</sup>, 德央<sup>2</sup>, 尼玛卓嘎<sup>2</sup>, 刘昭明<sup>3</sup>, 马玉寿<sup>1\*</sup>

(1. 青海大学畜牧兽医科学院, 青海 西宁 810016; 2. 日喀则市草原工作站, 西藏 日喀则 857000; 3. 黑龙江省草原站, 黑龙江 哈尔滨 150086)

**摘要:**以6个燕麦品种为材料,用主成分分析法对其农艺性状、生产性能、营养品质及饲用价值共25个指标进行综合评价,以期筛选出适宜在日喀则昂仁县种植推广的兼具较高生产性能和品质的燕麦品种。结果表明:6个品种中除青海444能进入蜡熟期外,其余品种均处于乳熟期,且甜燕麦和青引1号株高达147 cm以上,显著高于其余品种( $P<0.05$ );甜燕麦茎粗为6.39 mm,与青海444、加燕2号、青引1号无显著差异( $P>0.05$ ),但显著高于白燕2号和青引2号( $P<0.05$ );6个品种鲜重和干重均无显著差异( $P>0.05$ ),甜燕麦干草产量最高( $18420.13 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ),青引2号干草产量最低( $13617.96 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ );6个燕麦品种的粗蛋白含量为5.66%~11.59%,粗脂肪含量为2.94%~3.50%,相对牧草质量最高的是青引2号,为174.76。主成分分析提取到4个主成分,累积贡献率91.78%。根据主成分综合得分排序,甜燕麦得分最高,为2.37。因此,最适宜在昂仁县推广种植的兼顾生产性能和饲草品质的燕麦品种为甜燕麦。

**关键词:**燕麦;昂仁县;生产性能;饲草品质

## Comparison of crop yield and forage quality of six oat varieties in Angren County, Shigatse

WU Hai-yan<sup>1,2</sup>, QU Ni<sup>2</sup>, QU Zhen<sup>2</sup>, Tongsangcuomu<sup>2</sup>, Dawazhuoga<sup>2</sup>, Deyang<sup>2</sup>, Nimazhuoga<sup>2</sup>, LIU Zhao-ming<sup>3</sup>, MA Yu-shou<sup>1\*</sup>

1. Academy of Animal Science and Veterinary Science, Qinghai University, Xining 810016, China; 2. Shigatse Grassland Workstation, Shigatse 857000, China; 3. Heilongjiang Grassland Station, Harbin 150086, China

**Abstract:** In this research six oat (*Avena sativa*) varieties (Baiyan No. 2, Qinghai 444, Qingyin No. 1; Qingyin No. 2, Jiayan No. 2, and sweet oat) were studied and 25 indexes of their agronomic traits, crop yields and nutritional quality were collectively evaluated by principal component analysis, in order to select suitable oat varieties with high crop yield and forage quality for farmer use in Angren County, Shigatse. It was found that among the six varieties evaluated, Qinghai 444 reached the wax-ripening grain development stage at harvest, while all other varieties were in the milk-ripening stage. Sweet oat and Qingyin No. 1 both exceeded 147 cm in height and were significantly taller ( $P<0.05$ ) than the other four varieties. The stem diameter of sweet oat (6.39 mm), did not differ significantly ( $P>0.05$ ) from Qinghai 444, Jiayan No. 2 and Qingyin No. 1, but was significantly ( $P<0.05$ ) larger than Baiyan No. 2 and Qingyin No. 2. There was no significant difference in fresh weight or dry weight among the six varieties ( $P>0.05$ ). Sweet oat had the highest hay yield ( $18.42 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), and Qingyin No. 2 had the lowest hay yield ( $13.62 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). The crude protein content of the six oat varieties ranged from 5.66% to 11.59%, and the

收稿日期:2021-08-25;改回日期:2021-11-11

基金项目:2019年度西藏自治区自然科学基金[XZ 2019ZR G-112(Z)]资助。

作者简介:吴海艳(1980-),女,青海乐都人,高级畜牧师,在读博士。E-mail: wuhaiyanshan@126.com

\* 通信作者 Corresponding author. E-mail: mayushou@sina.com

crude fat content ranged from 2.94% to 3.50%. Qingyin No. 2 had the highest relative forage quality, with values of 174.76, respectively. In principal component analysis, the first four components accounted for 91.78% of the data variation. In the multivariate evaluation, sweet oats had the highest overall score of 2.37, and is therefore recommended as the most suitable oat variety of those tested for both crop yield and forage quality in Angren County.

**Key words:** oat; Angren County; production performance; forage quality

畜牧业要发展,草业要先行。随着草原生态保护补助奖励机制政策和退牧还草工程的实施,全民保护建设和利用天然草原的意识逐步提高。适度放牧,畜群改良,建植高产、稳产、优产的人工草地等措施是现代畜牧业可持续发展的保证。燕麦(*Avena sativa*)是粮草兼用型一年生饲料作物,具有易栽培、产草量较高、粗蛋白含量较高、粗纤维含量较低等特点<sup>[1-2]</sup>,燕麦种植在西藏畜牧业发展中发挥着重要作用<sup>[3-4]</sup>。自1983年起,就有学者在日喀则地区相继开展了燕麦引种、栽培等方面的基础研究,认为可将1号丹麦燕麦、2号丹麦燕麦、马其顿燕麦、阿比西尼燕麦、苏联燕麦等用于青饲、青贮进行推广种植<sup>[5]</sup>。近年来,有学者对西藏各地种植的燕麦品种进行了大量研究,刘昭明等<sup>[6-7]</sup>从燕麦生产性能和经济效益方面筛选出青海444、青引1号、领袖燕麦、白燕7号可作为日喀则地区饲草生产的主推品种,而甜燕麦、青引1号、加燕2号、甘引1号、青引2号、白燕2号、青海444则可作为康马县人工草地种植的备选品种;周启龙等<sup>[8-9]</sup>采用灰色关联度评价方法综合评价出贝勒2、美达、白燕7号和燕王适宜在阿里地区作为牧草进行推广种植,而贝勒2、牧王、爱沃和甜燕麦适宜在拉萨地区进行推广种植,研究表明,海威也较适宜在拉萨地区种植<sup>[10]</sup>;青引2号、青海444在海拔4550 m的当雄试验区表现出较好的生产性能<sup>[11]</sup>;从生产性能和营养品质综合来看,青燕1号、青海甜燕麦和林纳较其他燕麦品种更适宜在当雄地区种植<sup>[12-13]</sup>,青海444、青燕1号和阿坝燕麦则更适宜在西藏河谷地区种植推广。但西藏地域广阔,海拔和气候条件差异较大,同一燕麦品种在各地的表现不一,目前有关昂仁县适宜建植人工草地的燕麦品种鲜有报道。针对昂仁县当前人工饲草生产发展过程中存在的问题<sup>[14]</sup>以及当地养殖合作社发展人工草地急需解决能兼顾高产、稳产、优产的燕麦品种的迫切需求,本研究在已有燕麦引种工作的基础上<sup>[6-7]</sup>,选定生产性能较为突出的6个品种为材料,通过主成分分析法对其农艺性状、生产性能、营养成分等指标进行综合评价,以期筛选出适宜当地推广种植的高产、稳产、优产燕麦品种,为当地建植人工草地提供借鉴和参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于西藏日喀则市昂仁县秋窝乡当通村,前茬作物为黑麦(*Secale cereale*)。地理坐标为87°20.53' E, 28°22.37' N,海拔4160 m。从气象部门了解到,昂仁县2019年 $\geq 0$  °C的有效年积温为2211.1 d·°C,4-9月的月平均气温分别为4.8、9.6、14.8、12.5、12.2、10.4 °C,6-9月降水量分别为0.1、181.5、189.0、79.3 mm。试验地曾进行过客土作业,表层土壤黏性较大,客土层厚度约10 cm,客土层以下沙性较为严重。种植前的土壤养分状况为:pH 8.05、有机质16.10 g·kg<sup>-1</sup>、全氮0.93 g·kg<sup>-1</sup>、水解性氮63 mg·kg<sup>-1</sup>、有效磷5.4 mg·kg<sup>-1</sup>、速效钾53 mg·kg<sup>-1</sup>。

### 1.2 试验材料

参试的6个燕麦品种均为审定品种,分别为:白燕2号、青海444、青引2号、青引1号、加燕2号、甜燕麦。草种购自青海湟中天兴草业有限公司。

### 1.3 试验设计

于2019年5月23日播种,播前翻耕灌水,人工开沟条播。采用单因素随机区组设计,每个小区面积3 m×5 m,每个品种3次重复,共18个小区,小区间保护行1 m。播种量195 kg·hm<sup>-2</sup>,行距17 cm,播深3~4 cm,播后镇压。底肥:有机肥(有机质 $\geq 45\%$ ,N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+K<sub>2</sub>O $\geq 5\%$ )660 kg·hm<sup>-2</sup>人工均匀撒施后机械翻耕。种肥:二铵375 kg·hm<sup>-2</sup>,人工条施。田间管理:苗期除杂草、遇旱灌水,并在分蘖期和拔节期随水追施尿素各75 kg·hm<sup>-2</sup>。于9月24日刈割。

## 1.4 测定性状及方法

**1.4.1 观测项目及观测时间** 于8月7日观测物候期、株高、分蘖数、根系数量、主根长、种子埋深、叶片数、叶长、叶宽,于9月24日观测物候期、株高、茎粗、主根长、鲜草产量。

**1.4.2 观测方法** 远离小区边缘30 cm,随机测10株燕麦自然高度。每个小区随机取5株,用直尺测定旗叶长、宽,并统计每株的分蘖数和叶片数。每个小区随机挖取5株燕麦,清洗根部泥土,控干水分,用直尺测量根部种皮到根基部的距离、主根长度,统计根系数量。每个小区随机取7株燕麦,并用游标卡尺测量第2茎节处的茎粗。去除小区两侧边行和两端各0.5 m后,刈割剩余部分称鲜重,计算单位面积上的鲜草产量。并取约2000 g鲜样带回室内自然风干称重,计算鲜干比,换算出每 $\text{hm}^2$ 的干草产量。

**1.4.3 燕麦营养价值分析方法** 燕麦营养价值的分析检测委托中国农业科学院北京畜牧兽医研究所完成。用NIR近红外检测方法(FOSS-DS2500)<sup>[15]</sup>测定水分(moisture)、干物质(dry matter, DM)、粗蛋白(crude protein, CP)、粗脂肪(ether extract, EE)、粗灰分(crude ash, Ash)、酸性洗涤纤维(acid detergent fibre, ADF)、中性洗涤纤维(neutral washing fibre, NDF)、木质素(acid detergent lignin, ADL)、淀粉(starch)、脂肪酸(fatty acid, TFA)、可溶性碳水化合物(soluble carbohydrates, WSC)和相对牧草质量(relative forage quality, RFQ)。

## 1.5 统计分析

采用Excel 2016对数据进行描述性统计,用SPSS 20软件进行方差分析,同时通过因子分析确定6个参试燕麦品种的25个性状指标主成分特征值和特征向量,根据主成分累计贡献率,选择关键主成分,计算各主成分得分,再以每个主成分所对应的特征值占所提取主成分总的特征值之和的比例作为权重,计算主成分综合模型,最后利用各参试燕麦品种的综合分值进行排序<sup>[16]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 抽穗期农艺性状表现

6个燕麦品种在8月7日观测时均处于抽穗期(表1)。其中,甜燕麦株高最高,为85.07 cm,与加燕2号、青引1号、青引2号差异不显著( $P>0.05$ ),但显著高于青海444和白燕2号( $P<0.05$ );青引1号主根长显著高于白燕

表1 不同燕麦品种8月农艺性状表现

Table 1 Plant agronomic traits of different oat varieties in August

品种 Variety	物候期 Phenophase	株高 Plant height (cm)	分蘖数 Tiler number	根系数量 Number of roots	主根长 Main root length (cm)
青引2号 Qingyin No. 2	抽穗期 Heading stage	55.83±13.51ab	3.33±0.58a	22.67±11.59a	10.10±4.42ab
青海444 Qinghai 444	抽穗期 Heading stage	51.83±22.67b	4.67±3.51a	26.67±13.05a	7.13±0.83ab
白燕2号 Baiyan No. 2	抽穗期 Heading stage	51.03±16.38b	4.00±1.00a	26.00±15.59a	6.63±2.45b
甜燕麦 Sweet oat	抽穗期 Heading stage	85.07±10.55a	6.00±2.00a	31.67±8.02a	10.63±2.31ab
加燕2号 Jiayan No. 2	抽穗期 Heading stage	83.33±14.68a	5.00±2.65a	33.33±18.23a	8.83±1.61ab
青引1号 Qingyin No. 1	抽穗期 Heading stage	65.00±20.48ab	4.67±1.53a	25.00±2.65a	11.07±1.68a
品种 Variety	物候期 Phenophase	种子埋深 Seeds buried depth (cm)	叶片数 Number of leaves	叶长 Leaf length (cm)	叶宽 Leaf width (cm)
青引2号 Qingyin No. 2	抽穗期 Heading stage	1.50±0.50ab	19.00±7.21a	23.43±2.69a	1.30±0.21a
青海444 Qinghai 444	抽穗期 Heading stage	1.37±1.23ab	17.33±10.02a	24.14±6.11a	1.24±0.06a
白燕2号 Baiyan No. 2	抽穗期 Heading stage	2.10±0.85ab	17.33±6.11a	23.53±4.75a	1.38±0.37a
甜燕麦 Sweet oat	抽穗期 Heading stage	2.83±1.59a	23.00±7.94a	31.58±8.07a	1.45±0.07a
加燕2号 Jiayan No. 2	抽穗期 Heading stage	1.93±0.31ab	20.33±10.69a	30.56±7.11a	1.84±0.44a
青引1号 Qingyin No. 1	抽穗期 Heading stage	1.17±0.29b	18.00±5.57a	25.54±0.70a	1.54±0.72a

注: 同列不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ ),下同。

Note: Different lowercase letters within the same column indicate significant differences at the 0.05 level, the same below.

2号( $P < 0.05$ ),与其余品种差异不显著( $P > 0.05$ );甜燕麦种子埋深显著高于青引1号( $P < 0.05$ ),与其余品种差异不显著( $P > 0.05$ );6个燕麦品种根系数量、叶片数、叶长、叶宽无显著差异( $P > 0.05$ )。

## 2.2 成熟期农艺性状表现

在9月24日观测时,除青海444处于蜡熟期外,其余品种为乳熟期(表2)。其中,甜燕麦株高为149.00 cm,与青引1号无显著差异( $P > 0.05$ ),但显著高于其余品种( $P < 0.05$ );青引1号、青海444、白燕2号株高无显著差异( $P > 0.05$ ),但显著高于加燕2号和青引2号( $P < 0.05$ );加燕2号株高与白燕2号无显著差异( $P > 0.05$ ),但显著高于青引2号( $P < 0.05$ )。甜燕麦茎粗为6.39 mm,与青海444、加燕2号、青引1号无显著差异( $P > 0.05$ ),但显著高于白燕2号和青引2号( $P < 0.05$ );白燕2号茎粗与除甜燕麦外的其余品种差异不显著( $P > 0.05$ )。6个燕麦品种的主根长无显著差异( $P > 0.05$ )。

表2 不同燕麦品种9月农艺性状表现

Table 2 Plant agronomic traits of different oat varieties in September

品种 Variety	物候期 Phenophase	株高 Plant height (cm)	茎粗 Stem diameter (mm)	主根长 Main root length (cm)	鲜草产量 Fresh yield ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	干草产量 Hay yield ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )
青引2号 Qingyin No. 2	MS	92.50±4.65d	5.31±0.25b	11.80±1.11a	46662.93±12329.53a	13617.96±3598.21a
青海444 Qinghai 444	DS	141.50±3.42b	6.13±0.48ab	11.90±1.17a	45563.04±6624.15a	15711.39±2284.19a
白燕2号 Baiyan No. 2	MS	135.75±3.50bc	5.55±0.37b	13.05±1.60a	42722.13±20110.89a	13931.13±6557.90a
甜燕麦 Sweet oat	MS	149.00±5.57a	6.39±0.79a	12.70±0.75a	58349.48±11317.65a	18420.13±3572.82a
加燕2号 Jiayan No. 2	MS	131.00±5.57c	6.10±0.42ab	12.60±1.10a	41687.75±7209.11a	13829.34±2680.65a
青引1号 Qingyin No. 1	MS	147.75±4.65ab	5.94±0.44ab	13.35±0.88a	54344.44±10296.08a	17190.59±3256.92a

MS: 乳熟期 Milking stage; DS: 蜡熟期 Dough stage.

6个品种鲜重和干重均无显著差异( $P > 0.05$ ),鲜草产量从高到低依次为甜燕麦>青引1号>青引2号>青海444>白燕2号>加燕2号;干草产量从高到低依次为甜燕麦>青引1号>青海444>白燕2号>加燕2号>青引2号;其中,甜燕麦干草产量最高,青引2号干草产量最低。

## 2.3 不同燕麦品种的饲草品质比较

6个燕麦品种的粗蛋白含量为5.66%~11.59%,粗脂肪含量为2.94%~3.50%,粗灰分含量为5.58%~7.64%,酸性洗涤纤维含量为30.77%~36.38%,中性洗涤纤维含量为50.77%~58.77%,木质素含量为7.69%~9.77%,淀粉含量为2.79%~5.58%,可溶性碳水化合物含量为9.69%~13.41%(表3)。综合评价6个燕麦品种的相对牧草质量,最高的是青引2号,为174.76。

## 2.4 不同燕麦主要农艺性状和饲草品质的主成分分析

评价品种的生产性能时不能单一地通过某一个性状来评价,主成分分析法通过将原始指标降维,提取到几个主成分,其中每个主成分都能反映原始变量的大部分信息,从而可以全面权衡每个性状在某个品种中所处的位置和分量,为燕麦品种的筛选提供更加科学的方法<sup>[14,16-18]</sup>。为了更好地了解各农艺性状和饲草品质与燕麦品种间的关系,分别对本试验中涉及的8月农艺性状指标:株高(plant height,  $X_1$ )、分蘖数(tiler number,  $X_2$ )、根系数量(number of roots,  $X_3$ )、根系长度(root length,  $X_4$ )、种子埋深(seeds buried depth,  $X_5$ )、叶片数(number of leaves,  $X_6$ )、叶长(leaf length,  $X_7$ )、叶宽(leaf width,  $X_8$ ),9月农艺性状指标:株高(plant height,  $X_9$ )、茎粗(stem diameter,  $X_{10}$ )、根系长度(root length,  $X_{11}$ )、鲜草产量(fresh yield,  $X_{12}$ )、干草产量(hay yield,  $X_{13}$ ),饲草品质指标:水分(moisture,  $X_{14}$ )、干物质(dry matter,  $X_{15}$ )、粗蛋白(crude protein,  $X_{16}$ )、粗脂肪(ether extract,  $X_{17}$ )、粗灰分(crude ash,  $X_{18}$ )、酸性洗涤纤维(acid detergent fibre,  $X_{19}$ )、中性洗涤纤维(neutral washing fibre,  $X_{20}$ )、木质素(acid detergent lignin,  $X_{21}$ )、淀粉(starch,  $X_{22}$ )、脂肪酸(fatty acid,  $X_{23}$ )、可溶性碳水化合物(soluble carbohydrates,  $X_{24}$ )、相对牧草质量(relative forage quality,  $X_{25}$ )采用主成分分析法做进一步分析。

表3 不同燕麦品种营养成分及饲草品质比较

Table 3 Comparison of nutritional content and feed value of different oat varieties

品种 Variety	水分 Moisture (%)	DM (%)	CP (%)	EE (%)	Ash (%)	ADF (%)	NDF (%)	ADL (%)	淀粉 Starch (%)	TFA (%)	WSC (%)	RFQ
青引2号 Qingyin No. 2	5.36	94.64	11.59	3.50	6.79	30.77	50.77	7.69	4.36	1.67	13.03	174.76
青海444 Qinghai 444	4.27	95.73	5.66	3.05	6.57	35.69	56.68	9.77	5.58	1.35	12.19	118.03
白燕2号 Baiyan No. 2	4.94	95.06	7.57	3.13	7.64	36.38	58.45	7.95	2.79	1.27	12.03	127.18
甜燕麦 Sweet oat	5.87	94.13	8.94	2.94	6.19	35.58	55.61	9.03	3.48	1.37	13.41	148.59
加燕2号 Jiayan No. 2	4.47	95.53	5.78	3.29	5.58	35.13	58.77	8.96	5.28	1.39	12.30	120.42
青引1号 Qingyin No. 1	4.81	95.19	10.19	3.02	6.45	36.11	57.94	9.27	3.84	1.39	9.69	139.45

对观测的所有指标进行标准化处理,根据主成分特征值大于1的原则,提取到4个主成分,累积贡献率91.78%(表4),表明这4个主成分因子基本较好地反映了供试材料的所有性状信息,可代替原25个性状指标进行燕麦品种的筛选。第1主成分的特征值为9.49,贡献率37.95%,其特征向量中分蘖数、茎粗指标显著高于其他载荷因子,说明第1主成分基本反映了与燕麦产量相关的信息。第2主成分的特征值为6.84,贡献率为27.36%,其特征向量中水分和叶片数、相对牧草质量有较高载荷,说明第2主成分较多地反映了与饲草品质相关的信息。第3主成分的特征值为3.99,贡献率为15.97%,其特征向量中淀粉和粗脂肪的载荷较高。第4主成分的特征值为2.62,贡献率为10.49%,其特征向量中根系长度有较高载荷(表5)。

表4 不同燕麦品种各性状的主成分方差贡献率

Table 4 Variance contribution rates of principal components of plant agronomic traits in different oat varieties

主成分 Principle component	相关矩阵的特征值 Eigenvalues of the correlation matrix			提取因子载荷的平方和 Sum of squares of factor loads		
	各主成分特征值 Eigenvalue	各成分占总方差的 比例 Proportion (%)	累积百分比 Cumulative percentage (%)	各因子特征值 Eigenvalue	贡献率 Contribution (%)	累积贡献率 Cumulative contribution (%)
1	9.49	37.95	37.95	9.49	37.95	37.95
2	6.84	27.36	65.32	6.84	27.36	65.32
3	3.99	15.97	81.29	3.99	15.97	81.29
4	2.62	10.49	91.78	2.62	10.49	91.78

甜燕麦的主成分综合得分最高,为2.37。对6个燕麦品种进行主成分分析,得分高低顺序依次为:甜燕麦>加燕2号>青引1号>青海444>青引2号>白燕2号(表6)。

### 3 讨论

农艺性状是评价牧草生产性能的重要依据<sup>[19]</sup>,受遗传背景、自然环境等因素的影响,通过对农艺性状、生产性能、营养品质的综合评价,才能更好地筛选出适合特定生长环境下的优质饲草品种<sup>[20-21]</sup>。株高是衡量生长发育状况的重要标准,也是影响燕麦产草量的一个重要因素<sup>[22]</sup>,其他群体特征则间接地反映了品种的生长特性和生产性能<sup>[23]</sup>,德科加等<sup>[24]</sup>研究发现,单株分蘖数在一定程度上对燕麦生产性能有决定作用。在本研究中,6个品种在抽穗期和成熟期株高最高的为甜燕麦,分别达到85.07和149.00 cm,在分蘖数、茎粗、叶片数、叶长、叶宽、主根长等方面同样表现出较好的生产潜力。6个品种的鲜草产量和干草产量表现都不错,品种间无显著差异( $P>0.05$ ),但甜燕麦产量最高,鲜草产量达58349.48 kg·hm<sup>-2</sup>,干草产量达18420.13 kg·hm<sup>-2</sup>。本研究中干草产量、茎粗、株高研究结果均高于周启龙等<sup>[9-10]</sup>在拉萨和周启龙<sup>[11]</sup>及张光雨等<sup>[12]</sup>在当雄的研究,这可能与试验区具有较好的水热条件有关。

对禾本科牧草而言,结合牧草的相对饲喂价值(RFV)和相对牧草质量(RFQ)能更精确地评定饲草品质。

表 5 不同燕麦品种的主成分载荷矩阵及特征向量

Table 5 Loading matrix and eigenvectors of principal components to plant agronomic traits in different oat varieties

性状 Trait	主成分 Principal component				与主成分对应的特征向量 Eigenvectors corresponding to principal components			
	1	2	3	4	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>
X <sub>1</sub>	0.69	0.55	0.39	0.01	0.22	0.21	0.19	0.00
X <sub>2</sub>	0.94	0.29	0.05	0.02	0.30	0.11	0.02	0.01
X <sub>3</sub>	0.81	0.14	0.48	-0.29	0.26	0.05	0.24	-0.18
X <sub>4</sub>	0.09	0.76	-0.06	0.58	0.03	0.29	-0.03	0.36
X <sub>5</sub>	0.46	0.54	0.01	-0.70	0.15	0.21	0.00	-0.43
X <sub>6</sub>	0.47	0.82	0.29	-0.15	0.15	0.31	0.15	-0.09
X <sub>7</sub>	0.77	0.49	0.38	-0.09	0.25	0.19	0.19	-0.06
X <sub>8</sub>	0.52	0.02	0.45	0.01	0.17	0.01	0.22	0.01
X <sub>9</sub>	0.89	-0.21	-0.40	0.06	0.29	-0.08	-0.20	0.04
X <sub>10</sub>	0.93	0.10	0.14	0.16	0.30	0.04	0.07	0.10
X <sub>11</sub>	0.51	-0.06	-0.59	-0.05	0.16	-0.02	-0.29	-0.03
X <sub>12</sub>	0.38	0.68	-0.47	0.39	0.12	0.26	-0.24	0.24
X <sub>13</sub>	0.64	0.41	-0.45	0.37	0.21	0.16	-0.22	0.23
X <sub>14</sub>	-0.06	0.92	-0.30	-0.24	-0.02	0.35	-0.15	-0.15
X <sub>15</sub>	0.06	-0.92	0.30	0.24	0.02	-0.35	0.15	0.15
X <sub>16</sub>	-0.53	0.65	-0.40	0.30	-0.17	0.25	-0.20	0.19
X <sub>17</sub>	-0.78	0.07	0.55	-0.07	-0.25	0.03	0.27	-0.04
X <sub>18</sub>	-0.54	-0.25	-0.68	-0.41	-0.18	-0.10	-0.34	-0.25
X <sub>19</sub>	0.79	-0.45	-0.40	-0.13	0.26	-0.17	-0.20	-0.08
X <sub>20</sub>	0.72	-0.59	-0.14	-0.15	0.23	-0.22	-0.07	-0.09
X <sub>21</sub>	0.72	-0.29	0.08	0.52	0.23	-0.11	0.04	0.32
X <sub>22</sub>	0.03	-0.33	0.78	0.45	0.01	-0.13	0.39	0.28
X <sub>23</sub>	-0.72	0.49	0.35	0.35	-0.23	0.19	0.17	0.21
X <sub>24</sub>	-0.13	0.47	0.46	-0.58	-0.04	0.18	0.23	-0.36
X <sub>25</sub>	-0.60	0.77	-0.11	0.16	-0.20	0.30	-0.05	0.10

表 6 不同燕麦品种的主成分综合得分及其排序

Table 6 Scores and ranking of the principal component from different oat varieties

品种 Variety	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F	排序 Rank
青引 2 号 Qingyin No. 2	-5.54	2.16	0.88	0.37	-1.45	5
青海 444 Qinghai 444	0.31	-2.92	0.55	0.79	-0.56	4
白燕 2 号 Baiyan No. 2	-1.01	-1.97	-1.99	-2.48	-1.63	6
甜燕麦 Sweet oat	3.26	4.01	-0.57	-0.68	2.37	1
加燕 2 号 Jiayan No. 2	2.04	-0.87	3.21	-0.36	1.10	2
青引 1 号 Qingyin No. 1	0.94	-0.41	-2.07	2.37	0.17	3

RFV 越高,牧草的饲用价值越高;RFQ 越高,饲草品质就越好<sup>[9,23,25]</sup>。而在燕麦干草品质的评价方面,用 RFQ 评价燕麦干草质量比 RFV 更准确<sup>[26]</sup>。主成分分析法更侧重于计算每个性状指标的贡献度,并将多个不同性状指标进行标准化处理,转化为无量纲数据,通过降维思维,将多个原始性状指标转换为少数几个主成分,最后以每个主成分所对应的特征值占所提取主成分总的特征值之和的比例作为权重进行排序,该方法在一定程度上较好地反映了本试验拟通过多个农艺性状指标和多个养分指标来综合评价燕麦生产性能和饲草品质的实际需求,本研究中通过主成分分析法得出第 1 主成分贡献率 37.95%,特征向量分蘖数和茎粗载荷因子较高,说明在高海拔地区

进行燕麦饲草生产时,选择在茎粗和分蘖能力方面突出的燕麦品种,并通过播后镇压、调整行距等农艺种植措施适当增加燕麦单株分蘖数和茎粗,可在一定程度上提高燕麦产量。第2主成分贡献率为27.36%,特征向量水分、叶片数和相对牧草质量载荷较高,说明若在高海拔地区选择中晚熟燕麦品种进行种植,在当地9月中下旬收获青饲草时牧草生育期一般处于乳熟期,在一定程度上可获得较好的饲草产量和饲草品质。第3主成分贡献率为15.97%,淀粉和粗脂肪载荷因子较高,与第2主成分相对应,反映了牧草的品质,这可能与高海拔地区的长日照有关。第4主成分的贡献率为10.49%,特征向量中根系长度载荷较高,这可能反映了饲草在高海拔地区表现出较好适应性的特征之一就是根系的生长情况。主成分分析的结果与实际情况基本相符。在本研究中,6个品种的RFQ较高的是青引2号和甜燕麦,分别为174.76、148.59。青引2号的株高、叶量在6个品种中虽不是表现最好,但叶片中CP、EE、TFA含量均最高,且ADF、NDF含量最低,植物叶片是进行光合作用的重要器官,也是积累营养物质的主要部位,叶片性状表现越突出,饲草的营养物质含量越高,适口性越好<sup>[22,27]</sup>,因此,单从营养角度讲,青引2号的营养价值相对较好。甜燕麦虽在营养价值上在6个品种中不是最突出的,但其株高、叶量、产量等性状相对较好,且甜燕麦茎粗为6.39 mm,与青海444、加燕2号、青引1号无显著差异( $P>0.05$ ),但显著高于白燕2号和青引2号( $P<0.05$ ),说明茎秆较粗的品种更适宜在高海拔地区生长,故从高产和优产的角度讲,甜燕麦相对其他品种表现较好。本研究中青引2号的CP含量虽远高于张光雨等<sup>[28]</sup>在日喀则地区的研究,但均认为青引2号的CP显著高于参试的其他品种。青引2号和甜燕麦的粗灰分均高于张光雨等<sup>[13]</sup>在拉萨河谷农业区的研究;张光雨等<sup>[12]</sup>在当雄用灰色关联度理论方法综合分析参试燕麦品种的生产性能和营养品质得出甜燕麦优于青引1号和加燕2号,本研究结论基本与其一致。本研究中甜燕麦、青引2号、青引1号、加燕2号的RFQ均高于周启龙等<sup>[9]</sup>在拉萨的研究。

综上,从本试验中参试燕麦品种的农艺性状、生产性能、饲草品质综合评价来看,在昂仁县秋窝乡较适宜建植人工草地,这可能与该区域具有的小气候有关,也与当地群众建植人工草地的积极性较高、田间管理到位有关。

#### 4 结论

根据不同燕麦品种农艺性状、生产性能和饲草品质的主成分分析,综合排序结果为:甜燕麦>加燕2号>青引1号>青海444>青引2号>白燕2号。本研究认为在昂仁县种植甜燕麦最符合当地高产、稳产、优产的品种选择需求,适宜推广种植,其余品种可作为备选品种。

#### 参考文献 References:

- [1] Jiang H X, Bai S S, Wu B, *et al.* A multivariate evaluation of agronomic traits and forage quality of 22 oat varieties in the Huang-Huaihai area of China. *Acta Prataculturae Sinica*, 2021, 30(1): 140–149.  
姜慧新, 柏杉杉, 吴波, 等. 22个燕麦品种在黄淮海地区的农艺性状与饲草品质综合评价. *草业学报*, 2021, 30(1): 140–149.
- [2] Nan M, Jing F, Bian F, *et al.* Comparison of production performance and feed value of six oat varieties at Tao River irrigation middle-area in Gansu province. *Acta Agrestia Sinica*, 2020, 28(6): 1635–1642.  
南铭, 景芳, 边芳, 等. 6个裸燕麦品种在甘肃中部引洮灌区的生产性能及饲用价值比较. *草地学报*, 2020, 28(6): 1635–1642.
- [3] Ni M Z X, Yu D L, Bian B, *et al.* Tibet produce oat of status and effect on stock breeding. *Agricultural Science and Technology in Tibet*, 2008, 30(3): 36–39.  
尼玛扎西, 禹代林, 边巴, 等. 燕麦在西藏畜牧业生产中的地位与作用. *西藏农业科技*, 2008, 30(3): 36–39.
- [4] Guan W X, Jin T, Song G Y, *et al.* The current growth and production of Tibetan oat. *Agricultural Science and Technology in Tibet*, 2010, 32(4): 4–7.  
关卫星, 金涛, 宋国英, 等. 西藏燕麦生产现状及发展. *西藏农业科技*, 2010, 32(4): 4–7.
- [5] Wu H Y, Qu Z, Liu Z M. Experimental study on herbage in Shigatse, Tibet. *Graziery Veterinary Sciences (Electronic Version)*, 2019(17): 6–8.  
吴海艳, 曲珍, 刘昭明. 西藏日喀则市牧草试验研究. *畜牧兽医科学(电子版)*, 2019(17): 6–8.

- [6] Liu Z M, La B D Z, Wu H Y, *et al.* Study on planting experiment of different oat varieties in Shigatse. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2020(5): 98–100.  
刘昭明, 拉巴顿珠, 吴海艳, 等. 日喀则市不同燕麦品种种植试验研究. *黑龙江畜牧兽医*, 2020(5): 98–100.
- [7] Liu Z M, La B D Z, Wu H Y, *et al.* Study on demonstration production of forage grass in Kangmar County, Tibet. *Animal Husbandry in China*, 2019(13): 55–57.  
刘昭明, 拉巴顿珠, 吴海艳, 等. 西藏康马县牧草示范生产研究. *中国畜牧业*, 2019(13): 55–57.
- [8] Zhou Q L. Grey relational grade evaluation of 19 oat varieties introduced in Ali of Tibet. *Crops*, 2021(1): 26–31.  
周启龙. 西藏阿里19个燕麦引进品种的灰色关联度评价. *作物杂志*, 2021(1): 26–31.
- [9] Zhou Q L, Duo J D Z, Yi X Y Z. Evaluation of grey relational grade analysis to 16 oats varieties introduced in Lhasa Region. *Acta Agrestia Sinica*, 2020, 28(2): 389–396.  
周启龙, 多吉顿珠, 益西央宗. 拉萨地区16个燕麦引进品种的灰色关联度评价. *草地学报*, 2020, 28(2): 389–396.
- [10] Zhou Q L, Duo J D Z, Tu D Q P, *et al.* Genetic diversity analysis of the main agronomic traits and nutritional in 18 oat cultivars introduced to Lhasa. *Pratacultural Science*, 2020, 37(3): 550–558.  
周启龙, 多吉顿珠, 土登群培, 等. 拉萨18个引进燕麦品种主要农艺性状和营养成分的遗传多样性分析. *草业科学*, 2020, 37(3): 550–558.
- [11] Zhou Q L. Test of 16 oat introduced varieties in alpine pastoral region of Tibet. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2020(1): 33–34.  
周启龙. 16个燕麦品种在西藏高寒牧区的引种试验. *现代农业科技*, 2020(1): 33–34.
- [12] Zhang G Y, Shen Z X, Shao X M, *et al.* A comparative study of yield and nutritive value of ten imported oat varieties in Damxung County of Xizang, China. *Acta Agrestia Sinica*, 2019, 27(4): 1083–1089.  
张光雨, 沈振西, 邵小明, 等. 西藏当雄10个引进燕麦品种的生产性能和营养品质比较. *草地学报*, 2019, 27(4): 1083–1089.
- [13] Zhang G Y, Ma H P, Shao X M, *et al.* A comparative study of yield and nutritive value of nine imported oat varieties in the valley region of Tibet, China. *Acta Prataculturae Sinica*, 2019, 28(5): 121–131.  
张光雨, 马和平, 邵小明, 等. 西藏河谷区9个引进燕麦品种的生产性能和营养品质比较研究. *草业学报*, 2019, 28(5): 121–131.
- [14] Wu H Y, Qu Z, La B D Z, *et al.* Present situation, problems and suggestions on development of artificial forage production in Rikaze City. *Agricultural Science and Technology in Tibet*, 2019(S1): 146–148.  
吴海艳, 曲珍, 拉巴顿珠, 等. 西藏日喀则市人工饲草生产发展的现状、问题及建议. *西藏农业科技*, 2019(S1): 146–148.
- [15] Rohweder D A, Barnes R F, Neal J. Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. *Journal of Animal Science*, 2018, 47(3): 747–759.
- [16] Wang Y Q, Yin Y L, Li S X. Physicochemical properties and enzymatic activities of alpine meadow at different degradation degrees. *Ecology and Environmental Sciences*, 2019, 28(6): 1108–1116.  
王玉琴, 尹亚丽, 李世雄. 不同退化程度高寒草甸土壤理化性质及酶活性分析. *生态环境学报*, 2019, 28(6): 1108–1116.
- [17] Wang Y C, Lu G X, Deng H, *et al.* Evaluation and screening of agricultural characters of silage maize varieties based on principal component analysis. *Acta Agrestia Sinica*, 2019, 27(6): 1725–1732.  
王英成, 芦光新, 邓晖, 等. 基于主成分分析的青贮玉米品种农艺性状评价及筛选研究. *草地学报*, 2019, 27(6): 1725–1732.
- [18] Geng X L, Han T H, Zhang S P, *et al.* Adaptability evaluation of 30 oat germplasm in Tianzhu. *Acta Agrestia Sinica*, 2019, 27(6): 1743–1750.  
耿小丽, 韩天虎, 张少平, 等. 30个燕麦品种(品系)在甘肃天祝地区的适应性评价. *草地学报*, 2019, 27(6): 1743–1750.
- [19] Wang J, Li Y F, Liang X Z, *et al.* Morphological diversity of main oat germplasm resources in Northern China. *Crops*, 2017(4): 27–32.  
王娟, 李荫藩, 梁秀芝, 等. 北方主栽燕麦品种种质资源形态多样性分析. *作物杂志*, 2017(4): 27–32.
- [20] Zhang S X, Jing Z, Wu F F, *et al.* The agronomic characters and SRAP genetic diversity analysis of 21 introduced male sterile lines of brown midrib forage sorghum. *Pratacultural Science*, 2018, 35(5): 1072–1079.  
张尚雄, 荆照, 吴菲菲, 等. 21份引进BMR饲草高粱不育系的农艺性状和SRAP遗传多样性. *草业科学*, 2018, 35(5): 1072–1079.
- [21] He Z F, He C G, Wang P, *et al.* Analysis of production performance and quality of different types of forage sorghum. *Acta*

- Agrestia Sinica, 2021, 29(7): 1446–1453.
- 何振富, 贺春贵, 王裴, 等. 不同类型饲草高粱生产性能与饲用品质的差异分析. 草地学报, 2021, 29(7): 1446–1453.
- [22] Wu Y, Zhang W H, Chen M H, *et al.* Productive performance comparison of different oat varieties in Yangzhou region. Pratacultural Science, 2018, 35(7): 1728–1733.
- 吴亚, 张卫红, 陈鸣晖, 等. 不同品种燕麦在扬州地区的生产性能. 草业科学, 2018, 35(7): 1728–1733.
- [23] Sun J P, Dong K H, Kuai X Y, *et al.* Comparison of productivity and feeding value of introduced oat varieties in the agro-pasture ecotone of Northern Shanxi. Acta Prataculturæ Sinica, 2017, 26(11): 222–230.
- 孙建平, 董宽虎, 蒯晓妍, 等. 晋北农牧交错区引进燕麦品种生产性能及饲用价值比较. 草业学报, 2017, 26(11): 222–230.
- [24] De K J, Zhou Q P, Liu W H, *et al.* Effects of nitrogen application on the yield and quality of oat in Qinghai–Tibet Plateau. Chinese Journal of Grassland, 2007, 29(5): 43–48.
- 德科加, 周青平, 刘文辉, 等. 施氮量对青藏高原燕麦产量和品质的影响. 中国草地学报, 2007, 29(5): 43–48.
- [25] Shi J J, Xue Y W, Guo W, *et al.* Evaluation of forage yield and nutritional value of introduced oat germplasm resources. Journal of Triticeae Crops, 2019, 39(9): 1063–1071.
- 史京京, 薛盈文, 郭伟, 等. 引进燕麦种质资源饲草产量与饲用营养价值评价. 麦类作物学报, 2019, 39(9): 1063–1071.
- [26] Li Z Q. Quality evaluation of oat hay. China Dairy Cattle, 2013(19): 1–3.
- 李志强. 燕麦干草质量评价. 中国奶牛, 2013(19): 1–3.
- [27] Zheng X, Wei Z W, Wu Z N, *et al.* Adaptability evaluation of different *Avena sativa* varieties in Yangzhou Area. Acta Agrestia Sinica, 2013, 21(2): 272–279.
- 郑曦, 魏臻武, 武自念, 等. 不同燕麦品种(系)在扬州地区的适应性评价. 草地学报, 2013, 21(2): 272–279.
- [28] Zhang G Y, Wang J W, Zhang H R, *et al.* Comparative study on production performance and nutritional quality of eight imported oat varieties in the Shigatse region of Tibet, China. Pratacultural Science, 2019, 36(4): 1117–1125.
- 张光雨, 王江伟, 张豪睿, 等. 西藏日喀则地区8个引进燕麦品种的生产性能和营养品质比较. 草业科学, 2019, 36(4): 1117–1125.