

青海甘德县高寒区播期对 7 个燕麦品种产量和品质的影响

童永尚¹, 王彦龙², 汪鹏斌¹, 宋建超¹, 贺有龙³, 汪海波³, 鱼小军¹

(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. 青海省畜牧兽医科学院, 青海 西宁 810016; 3. 青海省果洛州草原工作站, 青海 果洛 814099)

摘要:为筛选出适宜甘德高县寒地区种植的优良燕麦(*Avena sativa*)品种及其最佳播期, 研究了 7 个燕麦品种 4 个播期(2020 年 5 月 23 日、5 月 30 日、6 月 6 日、6 月 13 日)的生产性能和营养品质, 并运用灰色关联度和聚类分析进行了综合评价。结果表明: 5 月 30 日播种的梦龙干草产量最高, 为 20 022 kg/hm², 莫妮卡次之, 为 19 835 kg/hm², 5 月 30 日播种的陇燕 3 号粗蛋白含量最高, 为 5.57%。随着播期推迟, 7 个燕麦品种分蘖数呈先增加后减小趋势, 茎基直径逐渐减小。利用干草产量、粗蛋白含量、中性洗涤纤维含量、酸性洗涤纤维含量和可溶性糖含量的相对值进行灰色关联度综合评价得出, 在甘德县高寒地区, 5 月 23 日种植的青海 444 综合表现最优, 其次是 5 月 30 日种植的青引 2 号。通过聚类分析将其分为干草产量高、干草产量低、粗蛋白含量高、粗蛋白含量低 4 大类。

关键词:播期; 燕麦; 生产性能; 高寒地区; 品种筛选

中图分类号: S544 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-5500(2021)05-0052-11

DOI: 10.13817/j.cnki.cyycp.2021.05.008

燕麦(*Avena sativa*)是禾本科一年生草本植物, 具有产草量高、适口性好、抗性强、适应性广等特性^[1-2], 对无霜期较短、日照较长、气温较低的寒冷地区有很好的适应性和丰产性^[3-4], 是青藏高原重要的粮饲兼用型优良牧草, 在缓解青藏高原冷季家畜饲草供给不足、维系青藏高原草牧业健康稳定发展与促进高寒地区生态环境治理等方面发挥着重要作用^[5]。

在燕麦饲草生产过程中, 影响其干草产量和营养品质的因素有很多, 其中品种和播期是两个重要的因素。季晓菲等^[6]研究表明, 川西北高寒地区梦龙燕麦

应选择 4 月底至 5 月中上旬播种为宜; 杨丽娜等^[7]在甘南州夏河县的研究表明, 陇燕 3 号燕麦在高海拔地区不宜早播, 应该推迟到 4 月中旬; 刘君馨^[8]的研究结果表明, 早熟品种应该适时晚播, 中熟品种应适时早播, 晚熟品种应适时推迟播种。综上所述, 通过不同品种和播期的优化组合能对燕麦的产量和营养品质产生一定的影响。在甘德县高寒区, 学者们仅开展了一些燕麦品种比较和混播试验, 石德军^[9]研究表明, 4 个参试品种中 LENA 燕麦干草产量最高, NEON 饲草品质最好; 马晓东等^[10]研究表明, 混播组合燕麦 60%+小黑麦 40%处理下的干草产量显著高于单播($P<0.05$)。但关于甘德县高寒区燕麦播期的研究未见报道。

鉴于此, 本研究拟开展甘德县高寒地区饲用燕麦最佳播期研究, 对供试的 7 个燕麦品种在果洛州甘德县江千乡 4 个播种时期的干草产量、株高、茎叶比、鲜干比、茎基直径、根系生物量及营养品质进行比较, 运用灰色关联度及聚类分析综合评价, 以期筛选出适合甘德县高寒地区的优异燕麦种质资源及其最佳播种

收稿日期: 2021-01-09; **修回日期:** 2021-04-08

基金项目:国家重点研发计划“高寒草地综合利用关键技术及适应性管理研究与示范”(2016YFC0501904)

作者简介:童永尚(1996-), 男, 甘肃永昌人, 硕士研究生。

E-mail: 1280304394@qq.com

鱼小军为通讯作者。

E-mail: yuxj@gsau.edu.cn

期,为该区域饲用燕麦的生产提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

青海省甘德县江千乡(N 34°09′41″,E 100°26′43″),海拔 3 890 m。年均降水量 535.4 mm,年均温度-1.5℃,日均最低温度月为 12 月(-12.6℃),最高温度月为 7 月(9.4℃),温度偏低。属高原大陆性半湿润气候,常年有风,夏秋两季风力较小,年均风速为 2.2 m/s,风向多西北风。土壤为高山草甸土,pH 为 6.86。土壤全氮、全磷和全钾含量分别为 1.77、1.19 和 16.72 mg/kg,碱解氮、速效磷和速效钾含量分别为 166.89、17.21 和 97.60 mg/kg,有机质含量为 85.10 g/kg。生长季水热状况见图 1。

1.2 供试材料

选择生产中普遍认可的早熟、中熟和晚熟燕麦品种 7 个(表 1),分别为青燕 1 号、青海 444、青海甜燕

麦、莫妮卡、青引 2 号、陇燕 3 号、梦龙^[11-13],均引自甘肃农业大学草业学院。

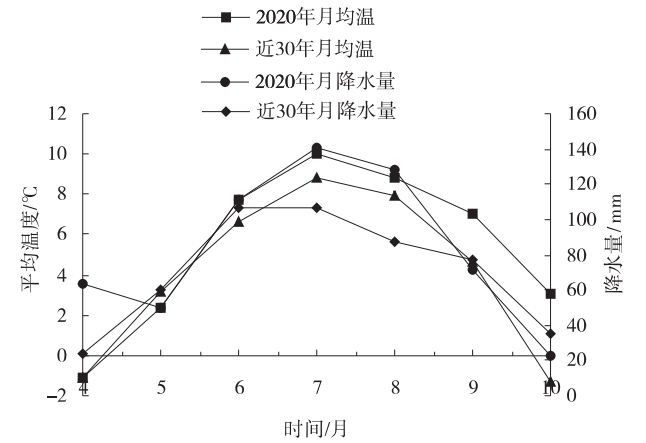


图 1 江千乡近 30 年和 2020 年生长季月均气温、月降水量

Fig. 1 The monthly mean temperature and total precipitation in the growing season of the Jiangqian Town in recent 30 years and in 2020

表 1 供试材料

Table 1 The tested materials

品种名称	拉丁学名	种子净度/%	发芽率/%	类型
青燕 1 号	<i>A. sativa</i> cv. Qingyan No. 1	98	97	早熟
青海 444	<i>A. sativa</i> cv. Qinghai No. 444	98	93	早熟
莫妮卡	<i>A. sativa</i> cv. Monika	95	86	中熟
青引 2 号	<i>A. sativa</i> cv. Qingyin No. 2	96	87	中熟
梦龙	<i>A. sativa</i> cv. Magnum	98	97	中熟
陇燕 3 号	<i>A. sativa</i> cv. Longyan No. 3	98	91	晚熟
青海甜燕麦	<i>A. sativa</i> cv. Qinghai	96	83	晚熟

1.3 试验设计

依据该区域作物播种时间,试验设 4 个播期,分别为 2020 年 5 月 23 日、5 月 30 日、6 月 6 日、6 月 13 日,采用随机区组排列,小区面积 3 m×5 m,小区间隔 0.5 m,小区外围设 1 m 的保护行,重复 3 次。播种前翻地整平耙细,人工开沟条播,播种量为 22.5 g/m²,实际播种量按各品种种子发芽率和净度计算。播深 3~4 cm,行距 20 cm,播前施磷酸二铵 300 kg/hm² 作基肥。

1.4 测定指标及方法

株高:在 4 个播期的 7 个燕麦品种分别达到乳熟期^[14]时,于每个小区随机选取 10 株,测定其基部到主穗顶端之间的垂直高度,求其平均值。

产草量:于乳熟期收割测产,每个小区内按行取 2 m 样段,留茬 5 cm 刈割后并称取鲜重,每个小区做 3

次重复。随后称取 1 kg 燕麦鲜草放于 105℃烘箱中杀青 30 min,再将样品 65℃烘 48 h,测定干重,并换算成每公顷干草产量。

茎叶比:将 500 g 鲜草进行茎叶分离,分别称重,在烘箱中 105℃杀青 30 min,65℃烘至恒重后称重,求茎叶比。

鲜干比:在样地准确称取 500 g 鲜草,带回实验室置于烘箱中烘 48 h 至恒重后称重,计算鲜干比。

茎基直径:在样地随机取 10 株,用游标卡尺测量主茎地上第二节间中部的直径^[15]。

分蘖数:在样地随机取 10 株,进行统计。

根系生物量:在样地随机挖取 10 株,取样深度为 30 cm,分别装入尼龙袋中,用流水反复冲洗干净,脱水后,烘干称重求平均值(均置于 65℃烘箱烘至恒重,感

量 0.1 mg 的分析天平称量所得干重)即为单株根系生物量。

营养价值:于乳熟期时刈割取样,将 1 kg 鲜草放于 105℃烘箱中杀青 30 min,再将样品 65℃烘干至恒重,将烘干草样用粉碎机粉碎过 1 mm 筛并混合均匀,用凯氏定氮法测定粗蛋白(crude protein,CP)含量、用蒽酮法测定可溶性糖含量、用 Van soest 纤维分析法测定中性洗涤纤维(neutral detergent fibre,NDF)和酸性洗涤纤维(acid detergent fibre,ADF)含量。

相对饲喂价值采用以下公式进行计算:

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

$$DMI(\%BW)=\frac{120}{NDE(\%DM)}$$

$$DDM(\%DM)=88.9-ADF(\%DM)$$

式中:DMI 为粗饲料干物质的随意采食量,用占体重(BW)的百分比表示;DDM 为可消化的干物质,用占干物质(DM)的百分比表示。

1.5 数据分析

利用 SPSS 19.0 对不同处理下的贮藏营养物质进行单因素方差分析,差异显著性采用 Duncan 法进行多重比较,利用系统聚类进行聚类分析。利用 Excel 进行相关性分析和灰色关联度分析,依据灰色关联度理论,将 7 个燕麦品种的干草产量、粗蛋白、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维和可溶性糖含量视作一个整体进

行综合评价。相关公式如下:

(1) 关 联 度 系 数 $\epsilon_i(k)$ 为:
$$\epsilon_i(k)=\frac{\min\min|X_0(k)-X_i(k)|+\rho\max\max|x_0(k)-X_i(k)|}{|\ X_0(k)-X_i(k)|+\rho\max\max|X_0(k)-X_i(k)|}$$

式中: $\min\min|X_0(k)-X_i(k)$ 为二级最小差; $\max\max|X_0(k)-X_i(k)|$ 为二级最大差; ρ 为分辨系数;

(2)等权关联度:
$$\gamma_i=\frac{1}{n}\sum_{k=1}^n\epsilon_i(k);$$

(3)权重系数:
$$Wi(k)=\frac{\gamma_i}{\sum\gamma_i};$$

(4)加权关联度:
$$\gamma i=\frac{1}{n}\sum_{k=1}^n\epsilon i(k)Wi(k)。$$

2 结果与分析

2.1 播期对不同品种燕麦饲草产量的影响

2.1.1 播期对不同品种燕麦株高的影响 F 检验表明,相比品种和播期、品种交互作用,播期对燕麦株高的影响最大(表 2)。不同播期相比,青海甜燕麦、青引 2 号、莫妮卡和梦龙在 5 月 30 日播期时株高最高,分别为 123.7、147.3、108.6、133.4 cm,且随着播期推迟呈先增高后降低趋势;青海 444、陇燕 3 号、青燕 1 号在 5 月 23 日播期时株高最高,且随着播期推迟逐渐降低。不同品种相比,5 月 23 日播期梦龙株高最高,5 月 30 日播期青引 2 号株高最高,6 月 6 日和 6 月 13 日播期时青海甜燕麦株高最高(图 2)。

表 2 播期和品种交互作用下燕麦产量指标的方差分析
Table 2 The variance analysis of oat yield and morphological parameters affected by sowing date, variety and their interaction

指标	F 值							
	自由度	干草产量	株高	分蘖数	茎叶比	鲜干比	茎基直径	单株根系生物量
播期	3	806.77**	36 808.33**	110.23**	67.80**	207.98**	68.57**	124.80**
品种	6	484.62**	8 759.84**	257.28**	270.53**	44.29**	43.25**	134.81**
播期×品种	18	41.27**	1 947.96**	43.88**	131.17**	60.24**	8.15**	112.34**

注:** 表示在 0.01 水平上差异显著;* 表示在 0.05 水平上差异显著

2.1.2 播期对不同品种燕麦干草产量的影响 F 检验表明,相比品种和播期、品种交互作用,播期对燕麦干草产量的影响最大(表 2)。不同播期相比,青海甜燕麦、青引 2 号、莫妮卡和梦龙在 5 月 30 日播期时干草产量最高,分别为 16 115、19 185、19 835、20 022 kg/hm²,青海 444、陇燕 3 号、青燕 1 号在 5 月 23 日播期时干草产量最高,分别为 19 209、16 496、

16 121 kg/hm²。青海甜燕麦、青引 2 号和莫妮卡干草产量随播期推迟呈先增大后减小趋势,青海 444 和青燕 1 号干草产量随播期推迟逐渐降低。不同品种相比,5 月 23 日播期时青海 444 干草产量最高,为 19 209 kg/hm²;5 月 30 日播期时梦龙干草产量最高,为 20 022 kg/hm²;6 月 6 日播期时莫妮卡干草产量最高,为 17 366 kg/hm²;6 月 13 日播期时梦龙干草产量最

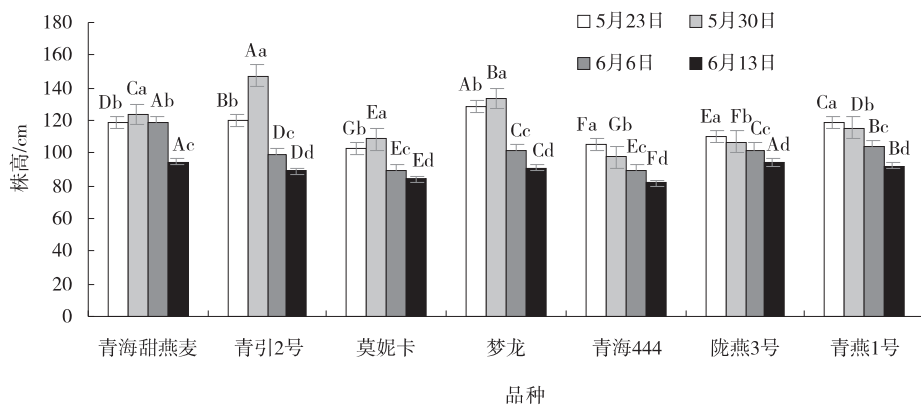


图 2 不同播期下 7 个燕麦品种株高

Fig. 2 The plant height of seven oat varieties with the different sowing dates

注:不同大写字母表示相同播期下不同燕麦品种间差异显著($P < 0.05$);不同小写字母表示相同燕麦品种不同播期间差异显著($P < 0.05$),下同

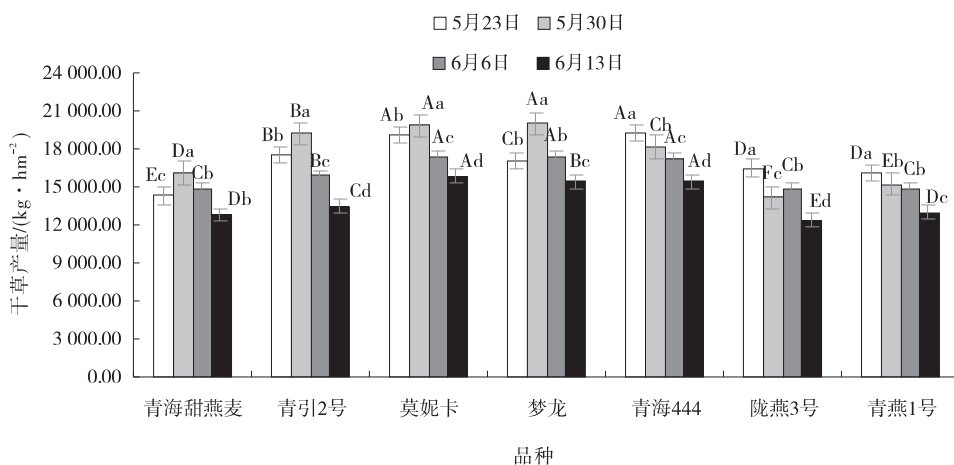


图 3 不同播期下 7 个燕麦品种干草产量

Fig. 3 The hay yield of seven oat varieties with the different sowing dates

高,为 17 395 kg/hm²(图 3)。

2.1.3 播期对不同品种燕麦茎叶比和鲜干比的影响

F 检验表明,相比播期和播期、品种交互作用,品种对燕麦茎叶比的影响最大;相比品种和播期、品种交互作用,播期对燕麦鲜干比的影响最大(表 2)。青海 444、陇燕 3 号、青燕 1 号燕麦茎叶比受播期影响较小。不同播期相比,青海甜燕麦在 6 月 13 日播期时茎叶比和鲜干比都达到最大;青海甜燕麦、青引 2 号和莫妮卡茎叶比随播期推迟呈先减小后增大趋势,梦龙和青燕 1 号茎叶比随播期推迟逐渐降低;青海甜燕麦、莫妮卡和青海 444 鲜干比随播期推迟逐渐增大。不同品种相比,5 月 23 日播期时梦龙茎叶比最大,青引 2 号鲜干比最大;5 月 30 日播期时梦龙茎叶比最大,陇燕 3 号鲜干比最大;6 月 6 日和 6 月 13 日播期时青引 2 号茎叶比最大,青海甜燕麦鲜干比最大(表 3)。

2.1.4 播期对不同品种燕麦茎基直径、单株根系生物量和分蘖数的影响

F 检验表明,相比品种和播期、品种交互作用,播期对燕麦茎基直径的影响最大;相比播期和播期、品种交互作用,品种对燕麦单株根系生物量和分蘖数的影响最大(表 2)。随着播期推迟,7 个燕麦品种的茎基直径均有减小趋势,在 5 月 23 日播期时茎基直径最大。播期对青引 2 号、莫妮卡和陇燕 3 号的根系生物量具有显著影响($P < 0.05$)。随着播期推迟,梦龙和青海 444 根系生物量逐渐增大,莫妮卡和陇燕 3 号根系生物量逐渐减小。不同品种相比,5 月 23 日播期时,青海 444 茎基直径和青海甜燕麦根系生物量最大;5 月 30 日播期时,青海 444 茎基直径和青引 2 号根系生物量最大;6 月 6 日和 6 月 13 日播期时,青海甜燕麦茎基直径和青海 444 根系生物量最大。整体来看,7 个燕麦品种的分蘖数均随播期推迟呈先增加

表 3 不同播期处理下 7 个燕麦品种形态指标

Table 3 The morphological parameters of seven oat varieties with the different sowing dates

品种	播期	分蘖数	茎叶比	鲜干比	茎基直径/mm	单株根系生物量/g
青海甜燕麦	5 月 23 日	1.40±0.00 ^{Ac}	2.42±0.01 ^{Cb}	2.73±0.01 ^{Cd}	3.92±0.00 ^{Ba}	0.36±0.09 ^{Aa}
	5 月 30 日	1.53±0.03 ^{Ab}	2.11±0.03 ^{Ec}	2.92±0.01 ^{Cc}	3.72±0.01 ^{Bb}	0.18±0.02 ^{Bc}
	6 月 6 日	1.90±0.00 ^{Aa}	2.42±0.01 ^{Bb}	3.25±0.03 ^{Ab}	3.61±0.00 ^{Ac}	0.15±0.01 ^{Ec}
	6 月 13 日	1.53±0.07 ^{Ab}	2.55±0.01 ^{Ba}	3.47±0.01 ^{Aa}	2.99±0.00 ^{ABd}	0.30±0.03 ^{Bb}
青引 2 号	5 月 23 日	1.10±0.00 ^{Cc}	2.49±0.04 ^{BCb}	2.97±0.01 ^{Ab}	3.11±0.00 ^{Fa}	0.22±0.04 ^{Dc}
	5 月 30 日	1.20±0.00 ^{Cb}	2.12±0.02 ^{Ec}	3.12±0.03 ^{Aa}	2.84±0.02 ^{Fb}	0.30±0.03 ^{Aa}
	6 月 6 日	1.37±0.03 ^{Ca}	2.52±0.00 ^{Ab}	3.11±0.01 ^{Ba}	2.82±0.00 ^{Cb}	0.21±0.02 ^{Bd}
	6 月 13 日	1.20±0.00 ^{Bb}	3.03±0.01 ^{Aa}	2.97±0.01 ^{Db}	2.43±0.00 ^{Ac}	0.24±0.01 ^{Cb}
莫妮卡	5 月 23 日	1.00±0.00 ^{Db}	2.42±0.02 ^{Ca}	2.78±0.01 ^{Cb}	3.12±0.12 ^{Da}	0.27±0.01 ^{Ca}
	5 月 30 日	1.20±0.00 ^{Ca}	1.99±0.03 ^{Fc}	3.12±0.03 ^{Aa}	2.96±0.08 ^{Da}	0.20±0.08 ^{Bb}
	6 月 6 日	1.00±0.00 ^{Eb}	2.04±0.00 ^{Fb}	3.15±0.01 ^{Ba}	2.74±0.25 ^{Eb}	0.15±0.00 ^{Ec}
	6 月 13 日	1.00±0.00 ^{Db}	2.12±0.01 ^{Fa}	3.18±0.01 ^{Ca}	2.22±0.01 ^{Bc}	0.14±0.02 ^{Fd}
梦龙	5 月 23 日	1.33±0.03 ^{Bb}	2.69±0.04 ^{Aa}	2.87±0.04 ^{Bc}	3.51±0.00 ^{Ca}	0.16±0.04 ^{Fc}
	5 月 30 日	1.40±0.00 ^{Ba}	2.64±0.02 ^{Aa}	2.71±0.03 ^{Dd}	3.35±0.01 ^{Cb}	0.17±0.06 ^{Bc}
	6 月 6 日	1.20±0.00 ^{Dc}	2.26±0.02 ^{Db}	3.14±0.01 ^{Bb}	3.13±0.00 ^{Bc}	0.19±0.00 ^{Cb}
	6 月 13 日	1.10±0.00 ^{Cd}	2.12±0.01 ^{Fc}	3.28±0.01 ^{Ba}	2.52±0.00 ^{ABd}	0.21±0.04 ^{Da}
青海 444	5 月 23 日	1.00±0.00 ^{Db}	2.24±0.01 ^{Db}	2.92±0.02 ^{ABc}	4.82±0.00 ^{Aa}	0.19±0.03 ^{Ec}
	5 月 30 日	1.00±0.00 ^{Eb}	2.38±0.02 ^{Ca}	2.99±0.02 ^{BCb}	4.53±0.01 ^{Ab}	0.19±0.02 ^{Bc}
	6 月 6 日	1.27±0.03 ^{Da}	2.35±0.02 ^{Ca}	3.03±0.02 ^{Cb}	2.82±0.00 ^{Cc}	0.26±0.05 ^{Ab}
	6 月 13 日	1.00±0.00 ^{Db}	2.38±0.02 ^{Da}	3.25±0.01 ^{Ba}	2.82±0.00 ^{ABc}	0.34±0.01 ^{Aa}
陇燕 3 号	5 月 23 日	1.40±0.00 ^{Ab}	2.07±0.01 ^{Ec}	2.86±0.01 ^{Bb}	3.02±0.01 ^{Ea}	0.33±0.03 ^{Ba}
	5 月 30 日	1.53±0.03 ^{Aa}	2.25±0.00 ^{Da}	3.13±0.01 ^{Aa}	2.89±0.00 ^{Eb}	0.29±0.03 ^{Ab}
	6 月 6 日	1.23±0.03 ^{Dc}	2.19±0.02 ^{Eb}	2.64±0.01 ^{Dc}	2.54±0.00 ^{Fc}	0.21±0.05 ^{Bc}
	6 月 13 日	1.17±0.03 ^{BCc}	2.16±0.01 ^{Eb}	2.81±0.03 ^{Eb}	2.16±0.01 ^{Bd}	0.17±0.01 ^{Ed}
青燕 1 号	5 月 23 日	1.00±0.00 ^{Dd}	2.56±0.02 ^{Ba}	2.87±0.04 ^{Bc}	3.14±0.03 ^{Da}	0.18±0.05 ^{Ea}
	5 月 30 日	1.10±0.00 ^{Dc}	2.56±0.02 ^{Ba}	3.06±0.05 ^{ABab}	2.94±0.00 ^{Dab}	0.21±0.33 ^{Ba}
	6 月 6 日	1.57±0.03 ^{Ba}	2.49±0.00 ^{Ab}	3.01±0.03 ^{Cb}	2.75±0.00 ^{Db}	0.17±0.02 ^{Dab}
	6 月 13 日	1.23±0.03 ^{Bb}	2.45±0.01 ^{Cb}	3.14±0.01 ^{Ca}	2.42±0.13 ^{ABc}	0.12±0.00 ^{Gb}

注:表中同一播期下不同大写字母表示相同播期下不同燕麦品种间差异显著($P<0.05$);同一品种不同小写字母表示相同燕麦品种不同播期间差异显著($P<0.05$),下同

后减小趋势(表 3)。

2.2 播期对不同品种燕麦饲草品质的影响

2.2.1 播期对不同品种燕麦粗蛋白含量的影响 F 检验表明,相比品种和播期、品种交互作用,播期对燕麦粗蛋白含量的影响最大(表 4)。播期对陇燕 3 号和青燕 1 号燕麦的粗蛋白含量影响显著($P<0.05$)。青海 444、陇燕 3 号和青燕 1 号粗蛋白含量随播期推迟呈先升高后降低趋势。不同播期相比,青海甜燕麦和

青燕 1 号在 6 月 6 日播期粗蛋白含量最高,分别为 5.06%和 4.96%;青引 2 号、莫妮卡青海 444 和陇燕 3 号在 5 月 30 日播期时粗蛋白含量最高,分别为 4.90%、4.80%、5.02%和 5.57%;梦龙在 5 月 23 日播期时粗蛋白含量最高,为 4.76%。不同品种相比,5 月 23 日和 6 月 6 日播期时青海甜燕麦粗蛋白含量最高,为 5.00%和 5.06%,5 月 30 日播期时陇燕 3 号粗蛋白含量最高,为 5.57%,6 月 13 日播期时青引 2 号

表 4 播期和品种交互作用下燕麦品质指标的方差分析

Table 4 The variance analysis of oat quality index affected by sowing date,variety and their interaction

指标	F 值					
	自由度	粗蛋白	中性洗涤纤维	酸性洗涤纤维	可溶性糖	相对饲喂价值
播期	3	62.84**	44.82**	128.03**	759.33**	166.85**
品种	6	54.34**	28.20**	65.48**	291.36**	20.47**
播期×品种	18	52.47**	40.54**	9.32**	346.80**	35.09**

表 5 不同播期处理 7 个燕麦品种养分含量

Table 5 The nutrient contents of seven oat varieties with the different sowing dates

品种	播期	粗蛋白/%	中性洗涤纤维含量/%	酸性洗涤纤维含量/%	可溶性糖/%	相对饲喂价值
青海甜燕麦	5 月 23 日	5.00±0.10 ^{Aa}	55.52±0.71 ^{CDb}	33.33±0.25 ^{Bd}	30.31±0.10 ^{Fc}	105.31±1.07 ^{BCa}
	5 月 30 日	4.97±0.11 ^{Ba}	58.54±0.09 ^{Ba}	36.10±0.03 ^{Ac}	34.48±0.18 ^{ABa}	96.42±0.11 ^{Db}
	6 月 6 日	5.06±0.06 ^{Aa}	57.62±0.03 ^{Ea}	38.17±0.05 ^{Ab}	34.56±0.07 ^{Ba}	95.36±0.00 ^{Eb}
	6 月 13 日	4.47±0.00 ^{Db}	58.77±0.16 ^{Da}	39.75±0.17 ^{Aa}	32.57±0.18 ^{BCb}	91.55±0.22 ^{Ec}
青引 2 号	5 月 23 日	4.03±0.06 ^{Cc}	59.49±0.23 ^{ABb}	29.21±0.11 ^{CDd}	32.42±0.09 ^{Eb}	103.27±0.51 ^{CDa}
	5 月 30 日	4.90±0.06 ^{Ba}	58.43±0.18 ^{Bc}	30.31±0.52 ^{Bc}	34.73±0.26 ^{Aa}	103.78±0.92 ^{Ba}
	6 月 6 日	4.38±0.06 ^{Bb}	61.43±0.02 ^{Ba}	31.46±0.13 ^{Db}	28.25±0.02 ^{Fc}	97.36±0.12 ^{Cb}
	6 月 13 日	4.80±0.01 ^{Aa}	61.48±0.15 ^{Ca}	34.71±0.29 ^{CDa}	32.72±0.18 ^{Bb}	93.46±0.47 ^{Dc}
莫妮卡	5 月 23 日	4.31±0.08 ^{Ba}	55.15±0.46 ^{CDc}	35.84±0.55 ^{Aa}	35.38±0.08 ^{Aa}	102.72±1.32 ^{CDb}
	5 月 30 日	4.80±0.25 ^{Bb}	55.37±0.58 ^{Dc}	31.36±0.98 ^{Bb}	31.48±0.25 ^{Fb}	108.18±2.04 ^{Aa}
	6 月 6 日	4.16±0.01 ^{Cc}	57.42±0.11 ^{Eb}	37.32±0.10 ^{Ba}	29.05±0.01 ^{Ec}	96.76±0.28 ^{Dc}
	6 月 13 日	4.64±0.10 ^{Bd}	64.28±0.05 ^{Aa}	35.89±0.01 ^{BCa}	27.89±0.10 ^{Fd}	88.04±0.08 ^{Fd}
梦龙	5 月 23 日	4.76±0.07 ^{Aa}	54.47±0.71 ^{Dc}	32.61±0.30 ^{Bb}	34.35±0.18 ^{Bb}	108.29±1.01 ^{Ba}
	5 月 30 日	3.79±0.05 ^{Cd}	56.77±0.20 ^{Cb}	32.01±0.66 ^{Bb}	32.40±0.09 ^{Ed}	104.65±0.67 ^{ABb}
	6 月 6 日	4.08±0.00 ^{Cc}	58.31±0.10 ^{Da}	33.29±0.13 ^{Cb}	34.83±0.04 ^{Aa}	100.29±0.23 ^{Bc}
	6 月 13 日	4.59±0.01 ^{Cb}	58.34±0.17 ^{Ea}	35.10±0.16 ^{CDa}	33.15±0.09 ^{Ac}	97.99±0.37 ^{Cd}
青海 444	5 月 23 日	4.08±0.00 ^{BCa}	55.45±0.11 ^{CDd}	27.61±0.34 ^{Dd}	33.92±0.03 ^{Cb}	112.90±0.21 ^{Aa}
	5 月 30 日	5.02±0.11 ^{Bb}	59.51±0.15 ^{Bc}	30.21±0.55 ^{Bc}	34.15±0.03 ^{BCa}	102.02±0.44 ^{BCb}
	6 月 6 日	4.09±0.01 ^{Cb}	62.33±0.15 ^{Ab}	33.32±0.10 ^{Cb}	29.57±0.07 ^{Dc}	93.78±0.13 ^{Fc}
	6 月 13 日	4.05±0.02 ^{Eb}	63.01±0.07 ^{Ba}	35.56±0.29 ^{BCDa}	29.31±0.04 ^{Dd}	90.19±0.24 ^{Ed}
陇燕 3 号	5 月 23 日	3.45±0.06 ^{Dc}	57.37±0.68 ^{BCb}	29.29±0.57 ^{CDc}	33.52±0.11 ^{Db}	107.03±1.78 ^{Ba}
	5 月 30 日	5.57±0.18 ^{Aa}	61.91±0.55 ^{Aa}	32.27±0.21 ^{Bb}	33.68±0.03 ^{CDb}	95.67±1.08 ^{Dc}
	6 月 6 日	4.36±0.04 ^{Bb}	57.41±0.11 ^{Eb}	31.21±0.10 ^{Db}	34.53±0.04 ^{Ba}	104.48±0.15 ^{Aab}
	6 月 13 日	4.09±0.01 ^{Eb}	57.01±0.08 ^{Fb}	34.40±0.24 ^{Da}	32.33±0.00 ^{Cc}	101.16±0.36 ^{Bb}
青燕 1 号	5 月 23 日	3.26±0.12 ^{Dd}	60.36±1.68 ^{Aa}	30.45±1.39 ^{Cb}	33.6±0.19 ^{CDab}	100.36±1.11 ^{Db}
	5 月 30 日	3.62±0.06 ^{Cc}	61.04±0.54 ^{Aa}	31.01±1.02 ^{Bb}	33.43±0.06 ^{Db}	98.54±1.89 ^{CDb}
	6 月 6 日	4.96±0.11 ^{Aa}	59.51±0.06 ^{Ca}	31.53±0.08 ^{Db}	33.80±0.03 ^{Ca}	100.41±0.17 ^{Bb}
	6 月 13 日	4.05±0.02 ^{Eb}	52.34±0.08 ^{Gb}	36.64±0.94 ^{Ba}	28.36±0.02 ^{Ec}	107.10±1.38 ^{Aa}

粗蛋白含量最高,为 4.80%(表 5)。

2.2.2 播期对不同品种燕麦 NDF 含量和 ADF 含量的影响 *F* 检验表明,相比品种和播期、品种交互作用,播期对燕麦 NDF 含量和 ADF 含量的影响最大(表 4)。莫妮卡、青海 444、梦龙的 NDF 含量和青海甜燕麦、青引 2 号、青海 444、青燕 1 号的 ADF 含量随播期推迟逐渐升高,青引 2 号的 NDF 含量和梦龙的 ADF 含量随播期推迟呈先降低后升高趋势。不同播期相

比,青海甜燕麦、莫妮卡、梦龙、青海 444 在 5 月 23 日播期时 NDF 含量最低,陇燕 3 号和青燕 1 号在 6 月 13 日播期时 NDF 含量最低,青海甜燕麦、青引 2 号、青海 444、陇燕 3 号和青燕 1 号 ADF 含量在 5 月 23 日播期时最低,莫妮卡和梦龙 ADF 含量在 5 月 30 日播期时最低。不同品种相比,5 月 23 日和 5 月 30 日播期时青海 444 的 ADF 含量最低,6 月 6 日和 6 月 13 日播期时陇燕 3 号的 ADF 含量最低(表 5)。

2.2.3 播期对不同品种燕麦可溶性糖含量的影响
F 检验表明,相比品种和播期、品种交互作用,播期对燕麦可溶性糖含量的影响最大(表 5)。不同播期相比,青海甜燕麦、梦龙和陇燕 3 号在 6 月 6 日播期时可溶性糖含量最高,分别为 34.56%、34.83%、34.53%、33.80%,青引 2 号和青海 444 在 5 月 30 日播期时可溶性糖含量最高,为 34.73%、34.15%,莫妮卡在 5 月 23 日播期时可溶性糖含量最高,为 35.38%。不同品种相比,5 月 23 日播期时莫妮卡可溶性糖含量最高,5 月 30 日播期时青引 2 号可溶性糖含量最高,6 月 6 日和 6 月 13 日播期时梦龙可溶性糖含量最高。青海甜燕麦、青海 444 和陇燕 3 号可溶性糖含量随播期推迟呈先升高后降低趋势,莫妮卡可溶性糖含量随播期推迟逐渐降低(表 5)。

2.2.4 播期对不同品种燕麦相对饲喂价值的影响
F 检验表明,相比品种和播期、品种交互作用,播期对燕麦相对饲喂价值的影响最大(表 4)。7 个燕麦品种的相对饲喂价值总体介于 88.04~112.90,不同播期相比,青海甜燕麦、梦龙、青海 444 和陇燕 3 号在 5 月 23 日播期时相对饲喂价值最高,分别为 105.31、108.29、112.90 和 107.03,青引 2 号和莫妮卡在 5 月 30 日播期时相对饲喂价值最高,分别为 103.78 和 108.18,青燕 1 号在 6 月 13 日播期时相对饲喂价值最高,为 107.10。青海甜燕麦、梦龙和青海 444 随着播期推迟,相对饲喂价值逐渐下降,青引 2 号和莫妮卡随着播期推迟,相对饲喂价值呈先增大后减小趋势。不同品种相比,5 月 23 日播期时青海 444 相对饲喂价值最大,5 月 30 日播期时莫妮卡相对饲喂价值最大,6 月 6 日播期时陇燕 3 号相对饲喂价值最大,6 月 13 日播期时青燕 1 号相对饲喂价值最大(表 5)。

2.3 灰色关联度和聚类分析

选取具有代表性的 5 个指标,分别为干草产量、粗蛋白、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、可溶性糖,对 4 个播种时期的 7 个燕麦品种进行灰色关联度综合评价(表 6)。5 月 23 日种植的青海 444 综合表现最好,其次是 5 月 30 日种植的青引 2 号。各品种而言,青海

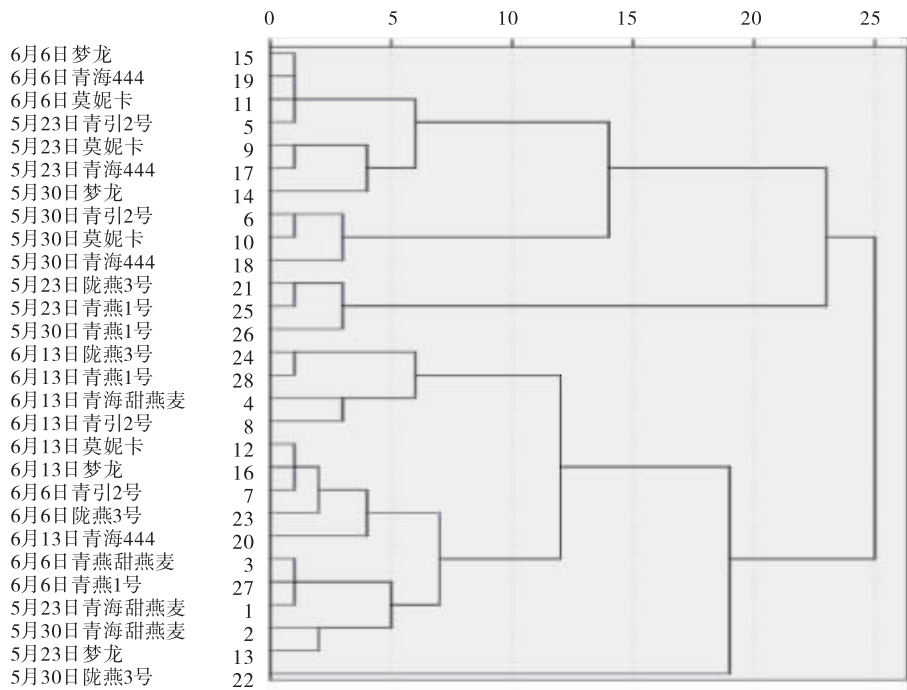


图 4 不同播期下 7 个燕麦品种聚类分析

Fig. 4 The cluster analysis of seven oat varieties with the different sowing dates

表 6 不同燕麦品种 4 个播期的关联度和排序

Table 6 The correlation degree and sequence of different oat varieties with the four sowing dates

品种	播期	等权关联度	排序	权重系数	加权关联度	排序
青海 444	5 月 23 日	0.778 9	1	0.044 8	0.034 9	1
青引 2 号	5 月 30 日	0.749 7	2	0.043 1	0.032 3	2
莫妮卡	5 月 30 日	0.727 1	3	0.041 8	0.030 4	3
莫妮卡	5 月 23 日	0.715 6	4	0.041 2	0.029 4	4
青海 444	5 月 30 日	0.712 5	5	0.041 0	0.029 2	5
梦龙	5 月 23 日	0.691 6	6	0.039 8	0.027 5	6
陇燕 3 号	5 月 30 日	0.689 9	7	0.039 7	0.027 4	7
梦龙	5 月 30 日	0.686 6	8	0.039 5	0.027 1	8
青海甜燕麦	5 月 30 日	0.638 8	9	0.036 7	0.023 5	9
梦龙	6 月 6 日	0.638 0	10	0.036 7	0.023 4	10
青引 2 号	5 月 23 日	0.637 6	11	0.036 7	0.023 4	10
青燕 1 号	6 月 6 日	0.636 3	12	0.036 6	0.023 3	11
陇燕 3 号	5 月 23 日	0.635 4	13	0.036 5	0.023 2	12
陇燕 3 号	6 月 6 日	0.633 7	14	0.036 4	0.023 1	13
青海甜燕麦	6 月 6 日	0.632 6	15	0.036 4	0.023 0	14
青海甜燕麦	5 月 23 日	0.602 3	16	0.034 6	0.020 9	15
青燕 1 号	5 月 23 日	0.590 5	17	0.034 0	0.020 1	16
梦龙	6 月 13 日	0.588 3	18	0.033 8	0.019 9	17
青燕 1 号	5 月 30 日	0.574 6	19	0.033 0	0.019 0	18
青引 2 号	6 月 13 日	0.561 5	20	0.032 3	0.018 1	19
青燕 1 号	6 月 13 日	0.554 4	21	0.031 9	0.017 7	20
莫妮卡	6 月 6 日	0.548 2	22	0.031 5	0.017 3	21
陇燕 3 号	6 月 13 日	0.545 4	23	0.031 4	0.017 1	22
青引 2 号	6 月 6 日	0.542 2	24	0.031 2	0.016 9	23
青海 444	6 月 6 日	0.540 8	25	0.031 1	0.016 8	24
青海甜燕麦	6 月 13 日	0.531 6	26	0.030 6	0.016 3	25
莫妮卡	6 月 13 日	0.509 7	27	0.029 3	0.014 9	26
青海 444	6 月 13 日	0.496 7	28	0.028 6	0.014 2	27

444、梦龙在 5 月 23 日播期时综合性状表现最优,青引 2 号、莫妮卡、陇燕 3 号、青海甜燕麦在 5 月 30 日播期时综合性状表现最优,青燕 1 号在 6 月 6 日播期综合性状表现最优。5 月 23 日种植的青引 2 号和 6 月 6 日种植的梦龙燕麦综合表现一样。

针对 4 个播期和 7 个燕麦品种共 28 个处理的干草产量和粗蛋白含量进行了聚类分析,运用 SPSS 19.0 系统聚类中平方 Euclidean 距离聚类和平均联接(组间)构建树形图(图 4),在欧式距离为 15 处,可将其分为 4 大类。第Ⅰ类表现为干草产量较高,包括 5 月 23 日种植的青引 2 号、莫妮卡、青海 444,5 月 30 日种植的梦龙、青引 2 号、莫妮卡、青海 444,6 月 6 日种植的梦龙、青海 444、莫妮卡;第Ⅱ类表现为粗蛋白含量最低,包括 5 月 23 日种植的陇燕 3 号、青燕 1 号和 5 月 30 日种植的青燕 1 号;第Ⅲ类表现为干草产量相对

较低,包括 6 月 13 日种植的 7 个燕麦品种,6 月 6 日种植的青引 2 号、陇燕 3 号、青燕 1 号、青海甜燕麦,5 月 23 日种植的青海甜燕麦、梦龙和 5 月 30 日种植的青海甜燕麦;第Ⅳ类表现为粗蛋白含量最高,为 5 月 30 日种植的陇燕 3 号。

3 讨论

3.1 播期对不同品种燕麦生产性能的影响

播期调节是一种十分重要的栽培措施,通过调节光照、温度和水分等环境条件而影响作物的生长发育和生物学特征,使得外部生态环境因子朝着有利于作物生长的方向发展,从而达到作物高产^[16-17]。本研究发现,播期和品种互作对燕麦的产量指标具有极显著影响($P<0.05$),相比不同品种而言,播期对燕麦产草量的影响更大。本研究中,2 个早熟品种青海 444 和

青燕 1 号在 5 月 23 日播期时干草产量最高,所以早熟品种应该适时早播;3 个中熟品种莫妮卡、梦龙和青引 2 号均在 5 月 30 日播期时干草产量最高,所以中熟品种播种时间应该比早熟品种推迟 1 周左右;而晚熟品种青海甜燕麦和陇燕 3 号分别在 5 月 30 日播期和 5 月 23 日播期时干草产量最高,因此晚熟品种播种时间应和早熟、中熟品种接近,不宜过迟,这与刘君馨^[8]的研究结果不同,这是因为不同区域的生态条件不同,播种时间因气温和降水有所差异。

本研究中,青海甜燕麦、青引 2 号、莫妮卡和梦龙 4 个品种在早播处理下干草产量较低,可能的原因有以下两个方面,一是 5 月 23 日播种时,地表积雪刚融,温度较低,最低气温仅为 1℃,加之甘德县 5 月时常有大风,导致种子入土不深,且 5 月 26 日遇上大雪,种子被积雪覆盖,发芽缓慢,影响出苗率,导致下层根系发育较差且出苗后幼苗受冻害比较严重,从而导致产量降低,因此应该结合甘德县 5 月降雪情况和风期适当推迟播种,这与王璐等^[18]在内蒙古阴山丘陵地区得出的结论相似,与 May 等^[19]和 Abdala 等^[20]的研究结果不同;二是由于 6 月 5 日—6 月 10 日几乎都是雨天,受阴雨天气影响,日照时长减少,影响了燕麦的生殖生长^[21],导致减产。因此播种时期应多关注天气情况,避免连续雨天、大风等情况,以保证幼苗顺利出苗。株高、分蘖数、根系生物量、茎粗在一定程度上可以反映出产量高低。本试验中,供试品种青海 444 和青燕 1 号随播期推迟,株高逐渐降低,这与侯玉龙等^[22]研究结果相似。7 个燕麦品种的分蘖数随播期推迟均表现出先增加后减少趋势,这与马雪琴等^[16]和王永刚等^[23]研究结果不同,可能是由于随播期推迟,降水量增加,气温升高,外部条件较适宜所致。茎叶比在一定程度上能够反映出牧草的适口性,茎叶比越大,说明其适口性越好。本研究中 6 月 13 日播种的青引 2 号茎叶比最大,说明其适口性最好。

3.2 播期对不同品种燕麦营养指标的影响

营养成分是反映饲草品质的关键指标,可直接体现出牧草的饲用价值^[24]。本试验对供试的 7 个燕麦品种在 4 个播种时期的粗蛋白、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维和可溶性糖含量进行分析。结果表明,播期对不同品种燕麦营养成分之间差异极显著。粗蛋白是衡量牧草品质的重要指标之一,对动物而言是不可缺少的营养物质,代表牧草能满足动物蛋白质需求的能

力^[25],因此燕麦饲草中的粗蛋白含量越高,说明其品质越好。本研究中,5 月 30 日播种的陇燕 3 号粗蛋白含量最高,说明其品质较好。青海 444、陇燕 3 号和青燕 1 号燕麦的粗蛋白含量随播期推迟呈先升高后降低趋势,这与温明星等^[26]和 Zhou 等^[27]研究结果不同,原因是在甘德县 5 月底播种降雪较多,导致气温较低,且受风力影响较大,使得种子扎根浅,苗期易受冻害,外界养分获取不足,从而降低品质。

燕麦中的 NDF 和 ADF 含量对动物采食量和消化率有重要的影响,NDF 含量和 ADF 含量随生育期呈缓慢上升趋势^[28]。供试品种青海 444 燕麦的中性洗涤纤维含量和酸性洗涤纤维含量随播期推迟逐渐增大,可能是因为该品种在早播处理下,生育期较长,从外界获取的水肥气热较充足,使得光合产物积累较多,这与赵淮等研究结果相似^[29]。植物为了适应干旱、低温等逆境条件,会主动积累一些可溶性糖,以降低渗透势和冰点,从而适应外界环境条件的变化^[30],可溶性糖含量越高,说明其抗逆性越强。本研究中,5 月 23 日种植的莫妮卡燕麦可溶性糖含量最高,说明其抗逆性相对较强;供试品种青海 444、青海甜燕麦和陇燕 3 号可溶性糖含量随播期推迟呈先升高后降低趋势,这与王璐等^[31]研究结果相似。相对饲喂价值是评价饲草营养价值的重要指标,也是饲草的一种重要的经济性状。RFV 是 NDF 和 ADF 的综合反映,RFV 越大说明该饲草的营养价值越高^[32]。本研究中,5 月 23 日种植的青海 444 RFV 最大,说明其营养价值最高,其相对饲喂价值随播期推迟逐渐减小,主要是因为随着播期推迟,9 月下旬燕麦才逐渐达到抽穗期,气温逐渐降低,导致叶片冻伤,木质化程度加深,使得 ADF 含量和 NDF 含量逐渐增大。

3.3 灰色关联度和聚类分析

灰色关联度^[33]是燕麦综合评价最常用的方法,通过加权关联度将多个样本进行排名,排名越靠前,说明其综合表现越好。本研究将 4 个播期下 7 个品种共 28 个处理,通过干草产量、粗蛋白、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、可溶性糖含量 5 个主要指标进行灰色关联度分析,结果表明,5 月 23 日种植的青海 444 排名最前,说明其综合表现最好,其次是 5 月 30 日种植的青引 2 号。聚类分析可以将若干样本通过某个同质性将其划分为几类,类间个体具有较大的差异性^[34]。本研究通过产草量和粗蛋白含量将 28 个处理聚为 4 类,

第Ⅰ类干草产量相对较高,第Ⅱ类粗蛋白含量最低,第Ⅲ类干草产量相对较低,第Ⅳ类粗蛋白含量最高。

4 结论

在甘德县高寒地区,7 个燕麦品种分蘖数随播期推迟呈先增加后减小趋势,茎基直径随播期推迟逐渐减小。以收割饲草为目的,5 月 23 日种植的青海 444 综合表现最优,其次是 5 月 30 日种植的青引 2 号。通过聚类分析将 7 个品种和 4 个播期共 28 个处理聚为 4 类,第Ⅰ类表现为干草产量较高,第Ⅱ类表现为粗蛋白含量最低,第Ⅲ类表现为干草产量相对较低,第Ⅳ类表现为粗蛋白含量最高。

参考文献:

- [1] 宋雨桐,王建丽,刘杰淋,等. 施肥和种植密度对 5 个燕麦品种产量和品质的影响[J]. 中国草地学报,2020,42(6): 149—156+164.
- [2] 黎蓉,赵桂琴,刘欢,等. 燕麦地上部分提取物对油菜的化感作用研究[J]. 草原与草坪,2019,39(5):113—119.
- [3] 韩启亮,王星醒,张浩楠,等. 莜麦新品种晋燕 19 号的选育及栽培技术[J]. 山西农业科学,2020,48(12):1891—1893.
- [4] 陈雪,梁琪,杨海峰,等. 汾河平原春播早熟燕麦和晚熟燕麦生产性能与养分分析[J]. 饲料研究,2020,43(11):92—96.
- [5] 杨晶,刘文辉,梁国玲,等. 高寒地区不同燕麦品系抗倒伏相关性状分析[J]. 草业学报,2020,29(12):50—60.
- [6] 季晓菲,游明鸿,闫利军,等. 不同播期对梦龙燕麦生产性能的影响[J]. 草学,2018(1):23—27+32.
- [7] 杨丽娜,赵桂琴,侯建杰. 播期、肥料种类及其配比对燕麦生长及产量的影响[J]. 中国草地学报,2013,35(4):47—51+60.
- [8] 刘君馨. 播期对裸燕麦品种主要经济性状及产量的影响[J]. 河北农业科学,2011,15(3):4—7.
- [9] 石德军. 北欧 4 种燕麦在果洛地区的引种栽培试验[J]. 青海畜牧兽医杂志,1999(2):3—5.
- [10] 马晓东,孙金金,汪鹏斌,等. 青海果洛高寒地区燕麦和小黑麦最佳混播比例筛选[J]. 草业科学,2020,37(4): 753—761.
- [11] 王国良,吴波,张进红,等. 黄河三角洲地区不同品种燕麦生产性能比较[J]. 中国草地学报,2020,42(6):141—148.
- [12] 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[J]. 草业学报,

2019,28(5):121—131.

- [13] 王运涛,杨志敏,刘建成,等. 冀西北地区 21 个燕麦品种生产性能与营养品质综合评价[J]. 草地学报,2020,28(5):1311—1318.
- [14] 代寒凌,田新会,杜文华,等. 甘南地区饲用型小黑麦草产量及营养品质研究[J]. 草原与草坪,2019,39(2):66—72.
- [15] 聂秀美,赵桂琴,柴继宽,等. 黄土高原半干旱区引进燕麦种质的适应性评价[J]. 草原与草坪,2019,39(2):25—31+38.
- [16] 贾先锋,马祥,琚泽亮,等. 氮肥与播种量互作对燕麦穗部性状及种子产量的影响[J]. 草原与草坪,2021,41(4): 120—127.
- [17] 张海梅. 高寒牧区不同播种期对燕麦产量的影响[J]. 青海草业,1996(4):24—27.
- [18] 王璐,王凤梧,高卿,等. 不同播期及氮磷肥配施对燕麦产量的影响[J]. 北方农业学报,2020,48(3):80—85.
- [19] May W E, Mohr R M, Lafond G P, *et al.* Early seeding dates improve oat yield and quality in the eastern prairies [J]. Canadian Journal of Plant Science, 2004, 84(2): 431—442.
- [20] Abdala L J, Gambin B L, Borrás, *et al.* Sowing date and maize grain quality for dry milling[J]. European Journal of Agronomy, 2018, 92: 1—8.
- [21] 聂秀美,赵桂琴,柴继宽,等. 黄土高原兰干旱区引进燕麦种质的适应性评价[J]. 草原与草坪,2019,39(2):25—31.
- [22] 侯玉龙,于立河,薛盈文,等. 不同播期和密度对裸燕麦产量及品质的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2020,32(6):7—12.
- [23] 王永刚,姬铭泽,赵旭涵,等. 播期对白燕 7 号在黑龙江省中西部地区产量的影响[J]. 作物杂志,2019(3):106—111.
- [24] 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[J]. 草业学报,2017,26(11):222—230.
- [25] 刘敏,龚吉蕊,王忆慧,等. 豆禾混播建植人工草地对牧草产量和草质的影响[J]. 干旱区研究,2016,33(1):179—185.
- [26] 温明星,陈爱大,李东升,等. 播期和密度对镇麦 168 农艺和品质性状的影响[J]. 麦类作物学报,2013,33(6): 1243—1247.
- [27] Zhou M, Roberts G, Robards K, *et al.* Effects of sowing date, nitrogen application, and sowing rate on oat quality

[J]. Grop and Pasture Science,1998,49(5):845—852.

[28] 杨晓婉,何芳芳,王泽平,等. 冬牧 70 黑麦最佳品质和最高产量收获期研究[J]. 耕作与栽培,2017(4):7—11+25+28.

[29] 赵准,齐军仓,李剑,等. 播期对青贮大麦产量和青贮品质的影响[J]. 麦类作物学报,2020,40(2):227—233.

[30] 宋旭东,赵桂琴. 不同种类除草剂对燕麦幼苗生理生化指标的影响[J]. 草原与草坪,2015,35(4):54—60.

[31] 王璐. 阴山丘陵区不同播期和施肥量对燕麦生长和产质的影响[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2020:21.

[32] 周恩光,王虎成,尚占环. 甜高粱的饲用价值及其绵羊体外瘤胃发酵产气性能研究[J]. 草业学报,2020,29(5):43—49.

[33] 梅振国. 灰色关联度胶其计算方法[J]. 系统工程,1992,10(5):43—44..

[34] 王建芳,高山,牟德华. 基于主成分分析和聚类分析的不同品种燕麦品质评价[J]. 食品工业科技,2020,41(13):85—91.

Effects of sowing date on yield and quality of seven oat varieties in the high-cold area of Gande County, Qinghai Province

TONG Yong-shang¹, WANG Yan-long², WANG Peng-bin¹, SONG Jian-chao¹, HE You-long³, WANG Hai-bo³, YU Xiao-jun¹

(1. College of Grassland Science, Gansu Agricultural University, Key Laboratory of Grassland Ecosystem, Ministry of education, Sino-U. S. Center for Grassland Ecosystem Sustainability, Pratacultural Engineering Laboratory of Gansu Province, Lanzhou 730070, Gansu, China; 2. Qinghai Academy of Animal Husbandry and Veterinary Sciences, Xining 810016, Qinghai Province; 3. Grassland Station of Guoluo Prefecture, Guoluo 814099, Qinghai Province)

Abstract: This study aimed to select the suitable varieties and the optimum sowing date of *Avena sativa* in Gande alpine region. The production performance and nutritional quality of seven oat varieties at four sowing dates (May 23, May 30, June 6, June 13, 2020) were comprehensively evaluated using grey correlation and cluster analysis. The results showed that among all varieties with different sowing dates, the hay yield of Menglong sown on May 30 was the highest (20 022 kg/hm²), followed by Monika (19 835 kg/hm²), and Longyan No. 3 sown on May 30 had the highest crude protein content (5.57%). With the delay of sowing date, the tiller number of seven oat varieties increased first and then decreased, and the stem base diameter decreased gradually. Based on the relative values of hay yield, crude protein content, neutral detergent fiber content, acid detergent fiber content and soluble sugar content, the comprehensive evaluation of grey correlation showed that Qinghai No. 444 planted on May 23 had the best comprehensive performance, followed by Qingyin No. 2 planted on May 30. There were four categories including high hay yield, low hay yield, high crude protein content and low crude protein content, according to the cluster analysis.

Key words: sowing date; oats; production performance; alpine region; variety screening