



生育期对燕麦全株产量和营养价值的影响

那亚 陶雅 李峰 花梅 徐丽君 李文龙 乌仁曹

Effects of growth period and variety on whole plant yield and nutritional value of *Avena sativa*

Naya, TAO Ya, LI Feng, HUA Mei, XU Lijun, LI Wenlong, Wurencao

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2023-0067>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

保水剂处理下呼伦贝尔地区燕麦草产量和营养成分差异分析

Analysis of yield and nutrient composition of oats in the Hulunbuir region based on the concentration of water-retaining agent treatment

草业科学. 2023, 40(10): 2629 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2022-0498>

承德坝上御道口地区不同燕麦品种生产性能及饲用价值

Comparison of production performance and feeding value of different oat varieties in Yudaokou, Bashang, Chengde

草业科学. 2022, 39(7): 1412 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0784>

25个饲草燕麦品种农艺性状与品质比较

Comparative analysis of the agronomic characters and quality of 25 forage oat varieties

草业科学. 2023, 40(7): 1902 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2022-1005>

宁夏雨养区饲用甜高粱品种的生产性能和营养价值

Comparative study of production performance and nutritional value of *Sorghum dochna* varieties in rainfed areas in Ningxia, China

草业科学. 2022, 39(6): 1235 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0497>

不同燕麦品种在迪庆高寒牧区的青贮潜力

Silage potential of different oat cultivars in the alpine pastures of Diqing

草业科学. 2022, 39(3): 597 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0544>

14个青贮玉米品种在宁夏雨养区的生产性能和营养价值综合评价

Comprehensive evaluation of the production performance and nutritional value of 14 silage maize varieties in rainfed areas of Ningxia

草业科学. 2022, 39(5): 977 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0424>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2023-0067

那亚, 陶雅, 李峰, 花梅, 徐丽君, 李文龙, 乌仁曹. 生育期对燕麦全株产量和营养价值的影响. 草业科学, 2024, 41(7): 1720-1728.

Naya, TAO Y, LI F, HUA M, XU L J, LI W L, Wurencao. Effects of growth period and variety on whole plant yield and nutritional value of *Avena sativa*. Pratacultural Science, 2024, 41(7): 1720-1728.

生育期对燕麦全株产量和营养价值的影响

那亚¹, 陶雅², 李峰², 花梅¹, 徐丽君³, 李文龙², 乌仁曹⁴

(1. 内蒙古农业大学草原与资源环境学院 / 草地资源教育部重点实验室 / 农业农村部饲草栽培、加工和高效利用重点实验室, 内蒙古 呼和浩特 010011; 2. 中国农业科学院草原研究所, 内蒙古 呼和浩特 010019; 3. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081; 4. 内蒙古鄂尔多斯市乌审旗林业和草原局, 内蒙古 鄂尔多斯 017300)

摘要: 观测 15 个燕麦 (*Avena sativa*) 品种的产量和营养品质等指标, 研究不同生育期对不同燕麦品种全株产量和营养价值的影响, 为鄂尔多斯地区引进高产优质的燕麦品种提供科学参考依据。结果表明: 1) 在灌浆期、乳熟期和蜡熟期干草产量最高的品种分别是‘爱沃 256’‘领袖’和‘黄燕麦’; 2) 粗蛋白含量在灌浆期、乳熟期和蜡熟期最高的品种分别是‘爱沃 256’‘青引 2 号’和‘甜燕麦’; 3) 粗灰分含量在灌浆期、乳熟期和蜡熟期最低的品种分别是‘青引 1 号’‘白燕 7 号’和‘黄燕麦’; 4) ‘青引 2 号’的中性洗涤纤维含量在灌浆期最低, 蜡熟期和乳熟期最低的品种均是‘白燕 7 号’; 5) 在灌浆期、乳熟期、蜡熟期酸性洗涤纤维含量最低的品种均是‘白燕 7 号’; 6) 随着生育期的推移, ‘白燕 7 号’的干草产量先降低后增加, 粗蛋白含量无显著变化, 酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维含量显著下降。综合分析得出, ‘白燕 7 号’可作为鄂尔多斯地区高产优质的燕麦品种进行推广种植, 其最适刈割期为蜡熟期。

关键词: 燕麦; 生育期; 品种; 产量; 营养成分; 引种; 鄂尔多斯

文献标识码: A 文章编号: 1001-0629(2024)07-1720-09

Effects of growth period and variety on whole plant yield and nutritional value of *Avena sativa*

Naya¹, TAO Ya², LI Feng², HUA Mei¹, XU Lijun³, LI Wenlong², Wurencao⁴

(1. College of Grassland, Resource and Environmental, Inner Mongolia Agricultural University / Key Laboratory of Grassland Resources of the Ministry of Education / Forage Cultivation, Processing and High Efficient Utilization of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Hohhot 010011, Inner Mongolia, China;

2. Institute of Grassland Research, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Hohhot 010019, Inner Mongolia, China;

3. Institute of Agricultural Resources and Regional Planning of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China;

4. Forestry and Grassland Bureau of Wushen Banner, Ordos 017300, Inner Mongolia, China)

Abstract: In the present study, the effects of different growth periods on the yield and nutritional value of 15 oat varieties (*Avena sativa*) were investigated. The results provide a scientific reference for the introduction of high-yield and high-quality oat varieties in the Ordos region in China. The main results were as follows: 1) the varieties with the highest hay yield in the grain filling stage, milky stage, and waxy stage were ‘Everleaf 256’ ‘Souris’ ‘Yellow Oat’, respectively; 2) the varieties with the highest crude protein content in the grain filling stage, milky stage, and waxy stage were ‘Everleaf 256’ ‘Qingyin No.2’

收稿日期: 2023-02-16 接受日期: 2023-06-28

基金项目: “科技兴安”行动重点专项 (KJXM-EEDS-2020010); 2022 年度内蒙古自治区留学回国人员创新启动支持计划项目; 云南省科技厅科技计划项目 (202003AD150016); 中国农业科学院创新工程项目 (CAAS-ASTIP-IGR 2016-02); 内蒙古农业大学博士后科研基金项目 (108956)

第一作者: 那亚 (1985-), 男 (蒙古族), 内蒙古赤峰人, 副教授, 博士, 研究方向为草地资源利用。E-mail: naya_2003@126.com

通信作者: 陶雅 (1982-), 女, 内蒙古呼和浩特人, 副研究员, 博士, 研究方向为牧草栽培与加工。E-mail: taoya2001@126.com

‘Sweet Oat’, respectively; 3) the varieties with the lowest crude ash content in the grain filling stage, milky stage, and waxy stage were ‘Qingyin No.1’ ‘Baiyan No.7’ ‘Yellow Oat’, respectively; 4) the neutral detergent fiber content of ‘Qingyin No.2’ was the lowest in the grain filling stage, and the variety with the lowest neutral detergent fiber content in the milky stage and waxy stage was ‘Baiyan No.7’; 5) the variety with the lowest acid detergent fiber content in the grain filling stage, milky stage, and waxy stage was ‘Baiyan No.7’; 6) as the growth period increased, the hay yield of ‘Baiyan No.7’ decreased first and then increased, and the crude protein content did not change significantly, while the acid detergent fiber and neutral detergent fiber content decreased significantly. These results indicate that ‘Baiyan No.7’, a high-yield and high-quality oat variety whose most suitable cutting period is the waxy stage, shows potential as a crop in the Ordos Region.

Keywords: oat; growth period; variety; yield; nutritive value; introduction; Ordos

Corresponding author: TAO Ya E-mail: taoya2001@126.com

建设优质、高产栽培草地能有效减轻天然草地压力, 提高草地生产性能, 是促进当地畜牧业持续健康发展的关键之一。为此, 2022 年 2 月 16 日, 我国农业农村部在印发的《“十四五”全国饲草产业发展规划》中明确提出, 要扩大高产、优质饲草的种植面积, 创办一批专业化的优质饲草种植基地。该产业政策的出台, 为饲草产业的发展提供了良好前景。饲用燕麦 (*Avena sativa*) 作为一种优良饲草, 在饲料工业中发挥着重要作用, 是草食性家畜最喜爱的饲料品种之一, 也是我国北方地区公认的优质饲草^[1]。与其他牧草相比, 饲用燕麦所含粗纤维含量较低, 适口性更佳, 生长周期短且含有碳水化合物, 可以满足家畜在圈养期间对营养的需求^[2]。生育期是体现不同饲用燕麦品种对环境适应性的重要参数, 随着燕麦生育期的推移, 其营养物质含量和生产性能均会发生改变。近年来, 学者们比较重视在不同地区开展饲用燕麦品种引种试验^[3-9], 以筛选在当地综合表现最优的品种。然而在鄂尔多斯地区水热等气候条件下, 燕麦不同生育期生产力变化趋势未见报道, 营养物质积累规律尚不明确, 品种间差异研究较少, 如何确定最适生育期进行收获以兼顾产量和品质是该区域建立饲用燕麦合理收获制度的关键。鉴于此, 本研究拟在鄂尔多斯高原引种 15 个不同燕麦品种, 研究不同品种和生育期对其产量性状和营养品质的影响, 综合营养和产量变化规律, 以期确定最佳刈割时期。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验在内蒙古自治区鄂尔多斯市达拉特旗树林

召镇新民村鄂尔多斯市农牧业科学研究院综合试验站进行, 地处鄂尔多斯高原北部、黄河冲积平原南部, 地理坐标为 110°06′ E, 40°27′ N, 海拔 1 080 m。年均无霜期 135~150 d, 年均日照时长约 3 000 h, 年均气温 6.5 °C, 年均最低温 -25.3 °C, 年均最高温 36.4 °C, ≥ 10 °C 有效积温 3 000~3 200 °C·d, 年均降水量 311 mm。

1.2 试验材料

试验材料为 15 个燕麦品种, 其中‘燕王’‘牧王’‘枪手’‘领袖 (速锐)’‘太阳神’‘贝勒’‘爱沃 256’和‘贝勒 2’为国外品种, 来自北京正道种业有限公司; ‘青海 444’‘白燕 7 号’‘甜燕麦’‘黄燕麦’‘青燕 1 号’‘青引 1 号’和‘青引 2 号’为国内品种, 来自青海绿青新科技有限责任公司。

1.3 试验设计

试验共设 45 个小区 (15 个品种 $\times$ 3 次重复), 每个小区面积为 5 m $\times$ 8 m, 采用完全随机区组排列。2021 年 4 月 9 日播种, 在绝大部分品种分别进入灌浆期、乳熟期、蜡熟期进行刈割取样, 留茬高度为 10 cm。

1.4 试验方法

生育期的划分参考农业行业标准 NY/T 1091—2006^[10]。对供试燕麦品种观测、记录、取样分别在灌浆期、乳熟期、蜡熟期进行。

干草产量: 每小区避开边际 30 cm, 选取 2 m $\times$ 1 m 的样方, 刈割后称重, 计算每公顷鲜草产量。从中均匀选取 1 000 g 新鲜样品, 65 °C 烘干至恒重并称重, 计算干草产量。

营养成分: 将干草样品粉碎用于营养成分测

定。粗蛋白 (crude protein, CP) 采用 GB/T 6432—2018 凯氏定氮法测定; 中性洗涤纤维 (neutral detergent fiber, NDF) 和酸性洗涤纤维 (acid detergent fiber, ADF) 分别采用 GB/T 20806—2006 和 NY/T 1459—2022 中规定的方法测定; 粗灰分采用 GB/T 6438—2007 中规定的方法测定。

1.5 数据统计及分析

试验数据采用 Excel 2019 和 SAS 9.2 进行统计分析, 不同品种间差异通过方差分析, $P < 0.05$ 视为差异显著。

2 结果与分析

2.1 生育期和品种对燕麦干草产量的影响

参试燕麦品种在 3 个生育期的干草产量有所差异 (表 1)。灌浆期 15 个燕麦品种的产量为 8 891.43~

14 394.34 kg·hm⁻², 其中‘爱沃 256’的产量最高, 显著高于‘青燕 1 号’‘枪手’‘甜燕麦’和‘燕王’($P < 0.05$), 与其他 10 个品种间差异不显著 ($P > 0.05$); ‘燕王’的产量最低, 显著低于‘爱沃 256’‘领袖 (速锐)’‘贝勒’‘黄燕麦’和‘青引 1 号’($P < 0.05$)。乳熟期 15 个燕麦品种的产量为 8 237.91~14 287.07 kg·hm⁻², 其中‘领袖 (速锐)’的产量最高, 显著高于‘燕王’‘甜燕麦’‘青引 2 号’‘青燕 1 号’和‘青海 444’($P < 0.05$), 与其他 9 个品种间差异不显著 ($P > 0.05$); ‘青燕 1 号’和‘青海 444’的产量较低, 显著低于‘领袖 (速锐)’‘黄燕麦’和‘太阳神’($P < 0.05$)。蜡熟期 15 个燕麦品种的产量为 6 804.62~17 506.33 kg·hm⁻², 其中‘黄燕麦’的产量最高, 显著高于‘枪手’和‘燕王’($P < 0.05$), 与其他 12 个品种间差异不显著 ($P > 0.05$); ‘燕王’的产量最低, 显著低于‘黄燕麦’‘贝勒 2’‘白燕 7 号’‘爱沃 256’和‘太阳神’($P < 0.05$)。

表 1 各参试燕麦品种在不同生育期的干草产量
Table 1 Yield comparison of different oat varieties at different growth periods

品种 Variety	灌浆期 Grain filling stage	乳熟期 Milky stage	kg·hm ⁻²
			蜡熟期 Waxy stage
燕王 Forage plus	8 891.43 ± 899.61Ca	9 874.07 ± 697.99BCDa	6 804.62 ± 1 185.84Cb
牧王 Haymaker	10 608.18 ± 1 405.47ABCa	12 011.21 ± 1 381.70ABCDa	10 821.83 ± 2 013.10ABCa
枪手 Qiangshou	9 705.49 ± 1 194.87BCa	11 294.22 ± 1 047.60ABCDa	8 900.04 ± 2 583.54BCa
领袖(速锐) Souris	13 111.81 ± 393.54ABa	14 287.07 ± 2 110.01Aa	13 031.45 ± 1 771.32ABCa
太阳神 Helios	12 693.55 ± 1 678.57ABCa	12 865.40 ± 413.86ABCa	13 580.83 ± 3 123.21ABa
贝勒 Baler	13 095.35 ± 1 727.43ABa	11 578.05 ± 1 242.22ABCDa	13 128.12 ± 1 986.28ABCa
爱沃256 Everleaf 256	14 394.34 ± 976.95Aa	11 730.26 ± 580.12ABCDa	14 410.78 ± 1 138.72ABa
贝勒2 Baler2	12 284.53 ± 147.97ABCa	11 945.81 ± 1 079.98ABCDa	14 775.54 ± 1 831.55ABa
青海444 Qinghai 444	11 092.97 ± 1 158.47ABCa	8 237.91 ± 1 994.00Da	13 112.83 ± 797.96ABCa
白燕7号 Baiyan No.7	12 732.94 ± 984.19ABCab	12 343.95 ± 845.37ABCDb	14 593.24 ± 1 533.91ABa
甜燕麦 Sweet oat	9 446.94 ± 808.07BCa	9 799.37 ± 1 245.60BCDa	11 659.13 ± 2 541.34ABCa
黄燕麦 Yellow oat	13 232.01 ± 1 379.24ABb	13 151.96 ± 1 417.85ABb	17 506.33 ± 1 313.35Aa
青燕1号 Qingyan No.1	10 123.74 ± 1 049.91BCa	8 426.38 ± 883.76Da	10 774.12 ± 2 089.61ABCa
青引1号 Qingyin No.1	13 441.87 ± 1 958.25ABa	11 477.16 ± 2 161.98ABCDa	12 046.35 ± 3 031.20ABCa
青引2号 Qingyin No.2	12 905.49 ± 184.04ABCa	8 664.82 ± 1 146.90CDa	11 009.39 ± 2 150.65ABCa

同列不同大写字母表示同一时期不同品种间差异显著($P < 0.05$), 同行不同小写字母表示同一品种不同时期差异显著($P < 0.05$)。下表同。
Different capital letters within the same column indicate significant difference among different varieties during the same period at the 0.05 level; different lowercase letters within the same row indicate significant difference for the same variety among different times at the 0.05 level. This is applicable for the following tables as well.

15 个燕麦品种在不同生育期之间的产量亦有所差异。其中,‘燕王’灌浆期和乳熟期的产量显著高于蜡熟期 ($P < 0.05$); ‘白燕 7 号’蜡熟期的产量显著高于乳熟期 ($P < 0.05$); ‘黄燕麦’蜡熟期的产量显著高于灌浆期和乳熟期 ($P < 0.05$); 其他品种在不同生育期之间的产量差异不显著 ($P > 0.05$)。

2.2 生育期和品种对燕麦粗蛋白含量影响

参试燕麦品种在 3 个生育期的粗蛋白 (CP) 含量有所差异 (表 2)。灌浆期 CP 含量较高的为‘爱沃 256’和‘青燕 1 号’, 分别为 10.63% 和 10.18%, 二者 CP 含量均显著高于含量最低的‘青引 1 号’ ($P < 0.05$), 二者与其他 12 个品种间差异不显著 ($P > 0.05$)。乳熟期和蜡熟期 15 个燕麦品种 CP 含量均差异不显著 ($P > 0.05$)。

15 个燕麦品种所含 CP 含量总体上随着生育期的推移而递减, 其中‘牧王’‘爱沃 256’和‘青燕 1 号’灌浆期的 CP 含量显著高于乳熟期和蜡熟期 ($P < 0.05$); ‘领袖 (速锐)’‘贝勒’‘黄燕麦’和‘青引 2 号’灌浆期的 CP 含量显著高于蜡熟期 ($P < 0.05$); 其他品

种不同生育期 CP 含量差异不显著 ($P > 0.05$)。

2.3 生育期和品种对燕麦粗灰分含量的影响

参试燕麦品种在 3 个生育期的粗灰分含量有所差异 (表 3)。灌浆期粗灰分含量较高的为‘贝勒 2’和‘太阳神’, 分别为 9.23% 和 9.20%, 二者粗灰分含量均显著高于‘青海 444’‘白燕 7 号’‘青燕 1 号’‘青引 2 号’和‘青引 1 号’ ($P < 0.05$); 含量较低的为‘青燕 1 号’和‘青引 1 号’, 分别为 7.13% 和 7.03%。乳熟期粗灰分含量最高的为‘爱沃 256’, 达 9.50%, 与‘贝勒 2’和‘燕王’之间差异不显著 ($P > 0.05$), 显著高于其他 12 个参试品种 ($P < 0.05$); 含量最低的为‘白燕 7 号’, 为 7.17%。蜡熟期粗灰分含量最高的为‘爱沃 256’, 达 9.03%, 与‘燕王’和‘贝勒 2’之间差异不显著 ($P > 0.05$), 显著高于其他 12 个参试品种 ($P < 0.05$); 含量最低的为‘黄燕麦’, 为 6.53%。

15 个燕麦品种分别在不同生育期之间的粗灰分含量有所差异 (表 3)。“牧王”和“领袖 (速锐)”灌浆期的粗灰分含量显著高于蜡熟期 ($P < 0.05$); 其他品种在不同生育期之间的粗灰分含量差异不显著

表 2 各参试燕麦品种在不同生育期的粗蛋白含量
Table 2 Comparison of crude protein contents of different oat varieties at different growth periods

品种 Variety	灌浆期 Grain filling stage	乳熟期 Milky stage	蜡熟期 Waxy stage
燕王 Forage Plus	9.97 ± 0.35ABa	9.35 ± 1.05Aa	8.54 ± 8.78Aa
牧王 Haymaker	9.85 ± 0.86ABa	8.63 ± 0.56Ab	8.74 ± 8.90Ab
枪手 Qiangshou	9.70 ± 0.39ABa	9.21 ± 0.95Aa	9.18 ± 9.63Aa
领袖(速锐) Souris	9.58 ± 0.37ABa	8.38 ± 0.47Aab	7.89 ± 7.93Ab
太阳神 Helios	9.83 ± 0.58ABa	8.89 ± 1.26Aa	8.28 ± 8.28Aa
贝勒 Baler	9.15 ± 0.43ABa	8.49 ± 0.54Aab	7.93 ± 7.93Ab
爱沃256 Everleaf 256	10.63 ± 0.39Aa	9.47 ± 0.11Ab	8.64 ± 8.59Ab
贝勒2 Baler2	9.56 ± 0.30ABa	8.38 ± 0.27Aa	8.65 ± 8.88Aa
青海444 Qinghai 444	9.93 ± 0.32ABa	9.13 ± 0.35Aa	8.87 ± 8.57Aa
白燕7号 Baiyan No.7	9.47 ± 0.15ABa	8.72 ± 0.48Aa	8.50 ± 8.53Aa
甜燕麦 Sweet Oat	9.63 ± 0.43ABa	9.12 ± 0.26Aa	9.48 ± 8.81Aa
黄燕麦 Yellow Oat	9.66 ± 0.35ABa	8.67 ± 0.47Aab	8.03 ± 8.01Ab
青燕1号 Qingyan No.1	10.18 ± 0.48Aa	9.29 ± 0.54Ab	9.23 ± 8.84Ab
青引1号 Qingyin No.1	8.51 ± 0.50Ba	8.19 ± 0.23Aa	8.15 ± 7.72Aa
青引2号 Qingyin No.2	9.88 ± 0.07ABa	9.48 ± 0.16Aab	8.94 ± 0.50Ab

表 3 各参试燕麦品种在不同生育期的粗灰分含量
Table 3 Comparison of crude ash contents of different oat varieties at different growth periods

品种 Variety	灌浆期 Grain filling stage	乳熟期 Milky stage	蜡熟期 Waxy stage
燕王 Forage Plus	8.13 ± 0.43ABCDa	8.40 ± 0.62ABa	7.90 ± 0.76ABCa
牧王 Haymaker	8.50 ± 0.20ABCa	7.90 ± 0.46Bab	7.27 ± 0.15BCb
枪手 Qiangshou	8.23 ± 0.15ABCDa	8.00 ± 0.51Ba	7.33 ± 0.56BCa
领袖(速锐) Souris	8.37 ± 0.58ABCa	7.40 ± 0.49Bab	6.60 ± 0.23Cb
太阳神 Helios	9.20 ± 0.25Aa	8.00 ± 1.36Ba	6.70 ± 0.97Ca
贝勒 Baler	8.07 ± 0.28ABCDa	8.07 ± 1.04Ba	7.47 ± 0.20BCa
爱沃256 Everleaf 256	8.93 ± 0.41ABa	9.50 ± 0.15Aa	9.03 ± 0.26Aa
贝勒2 Baler2	9.23 ± 0.42Aa	8.63 ± 0.42ABa	8.43 ± 0.49ABa
青海444 Qinghai 444	7.70 ± 0.26CDa	7.60 ± 0.29Ba	6.70 ± 0.20Ca
白燕7号 Baiyan No.7	7.73 ± 0.33BCDa	7.17 ± 0.44Ba	6.87 ± 0.03Ca
甜燕麦 Sweet Oat	8.10 ± 0.44ABCDa	7.73 ± 0.54Ba	7.13 ± 0.64BCa
黄燕麦 Yellow Oat	8.60 ± 0.31ABCa	7.67 ± 0.54Ba	6.53 ± 0.48Ca
青燕1号 Qingyan No.1	7.13 ± 0.37Da	7.50 ± 0.32Ba	6.60 ± 0.51Ca
青引1号 Qingyin No.1	7.03 ± 0.54Da	7.30 ± 0.06Ba	7.17 ± 0.15BCa
青引2号 Qingyin No.2	7.40 ± 0.00CDa	7.80 ± 0.41Ba	7.35 ± 0.20BCa

($P > 0.05$)。

2.4 生育期和品种对燕麦中性洗涤纤维含量的影响

参试燕麦品种在 3 个生育期的中性洗涤纤维(NDF)含量有所差异(表 4)。灌浆期 NDF 含量较高的为‘枪手’和‘燕王’,分别为 63.03% 和 62.57%,二者 NDF 含量均显著高于‘领袖(速锐)’‘青引 1 号’‘贝勒’‘青燕 1 号’‘白燕 7 号’和‘青引 2 号’($P < 0.05$);含量最低的为‘青引 2 号’,为 50.50%。乳熟期 NDF 含量较高的为‘太阳神’和‘燕王’,分别为 59.90% 和 59.00%,二者 NDF 含量均与‘牧王’‘枪手’‘爱沃 256’和‘贝勒 2’之间差异不显著($P > 0.05$),显著高于其他 9 个参试品种($P < 0.05$);含量最低的是‘白燕 7 号’,为 46.67%。蜡熟期 NDF 含量最高的品种为‘贝勒 2’,为 56.80%,其 NDF 含量与‘牧王’‘太阳神’和‘燕王’之间差异不显著($P > 0.05$),显著高于其他 11 个参试品种($P < 0.05$);含量最低的品种是‘白燕 7 号’,为 46.00%。

15 个燕麦品种所含 NDF 含量均随着生育期的

推移而递减,其中‘枪手’和‘贝勒’在灌浆期的 NDF 含量显著高于蜡熟期($P < 0.05$);‘太阳神’和‘青引 2 号’在灌浆期和乳熟期的 NDF 含量显著高于蜡熟期($P < 0.05$);‘爱沃 256’的各生育期 NDF 含量之间差异显著($P < 0.05$);‘领袖(速锐)’‘青海 444’‘白燕 7 号’‘甜燕麦’‘青燕 1 号’和‘青引 1 号’在灌浆期的 NDF 含量显著高于乳熟期和蜡熟期($P < 0.05$);‘燕王’‘牧王’‘贝勒 2’‘黄燕麦’在不同生育期之间的 NDF 含量差异不显著($P > 0.05$)。

2.5 生育期和品种对燕麦酸性洗涤纤维含量的影响

参试燕麦品种在 3 个生育期的酸性洗涤纤维(ADF)含量有所差异(表 5)。灌浆期 ADF 含量最高的品种是‘太阳神’,为 36.47%,其 ADF 含量显著高于‘青燕 1 号’‘黄燕麦’‘青引 2 号’和‘白燕 7 号’($P < 0.05$),与其他 10 个品种间差异不显著($P > 0.05$);含量最低的品种是‘白燕 7 号’,为 28.77%。乳熟期 ADF 含量最高的品种是‘太阳神’,为 35.83%,其 ADF 含量与‘爱沃 256’‘燕王’和‘枪手’之间差异不

表 4 各参试燕麦品种在不同生育期的中性洗涤纤维含量

Table 4 Comparison of neutral detergent fiber contents of different oat varieties at different growth periods

品种 Variety	灌浆期 Grain filling stage	乳熟期 Milky stage	蜡熟期 Waxy stage	%
燕王 Forage Plus	62.57 ± 1.42Aa	59.00 ± 2.21Aa	54.60 ± 1.51ABCDa	
牧王 Haymaker	61.30 ± 1.64ABCa	57.73 ± 2.54ABa	56.43 ± 1.02ABa	
枪手 Qiangshou	63.03 ± 1.53Aa	57.20 ± 1.27ABCab	53.00 ± 2.13BCDEb	
领袖(速锐) Souris	57.47 ± 0.88BCDa	51.47 ± 1.63DEFb	48.23 ± 1.10FGHb	
太阳神 Helios	62.23 ± 0.90ABa	59.90 ± 1.20Aa	54.80 ± 0.99ABCb	
贝勒 Baler	56.53 ± 0.92CDa	52.77 ± 1.49BCDEab	47.63 ± 1.05GHb	
爱沃256 Everleaf 256	62.13 ± 0.90ABa	56.73 ± 1.33ABCDb	51.67 ± 0.75CDEFc	
贝勒2 Baler2	59.67 ± 1.57ABCa	56.87 ± 1.40ABCDa	56.80 ± 0.45Aa	
青海444 Qinghai 444	58.20 ± 1.15ABCa	51.63 ± 0.18DEFb	50.83 ± 0.85DEFGb	
白燕7号 Baiyan No.7	53.00 ± 2.66DEa	46.67 ± 2.57Fb	46.00 ± 2.08Hb	
甜燕麦 Sweet Oat	58.43 ± 1.07ABCa	53.17 ± 2.15BCDEb	52.07 ± 0.39CDEb	
黄燕麦 Yellow Oat	58.63 ± 3.01ABCa	53.77 ± 1.19BCDEa	52.67 ± 0.80BCDEa	
青燕1号 Qingyan No.1	53.07 ± 0.92DEa	52.07 ± 0.92CDEb	50.33 ± 1.30EFGb	
青引1号 Qingyin No.1	57.43 ± 1.79BCDa	53.37 ± 0.41BCDEb	52.10 ± 0.25CDEb	
青引2号 Qingyin No.2	50.50 ± 1.31Ea	50.65 ± 2.00EFa	47.15 ± 0.69GHb	

表 5 各参试燕麦品种在不同生育期的酸性洗涤纤维含量

Table 5 Comparison of acid detergent fiber contents of different oat varieties at different growth periods

品种 Variety	灌浆期 Grain filling stage	乳熟期 Milky stage	蜡熟期 Waxy stage	%
燕王 Forage Plus	35.23 ± 0.75ABa	34.33 ± 0.48ABCa	31.27 ± 1.03ABb	
牧王 Haymaker	34.33 ± 1.79ABCa	32.60 ± 0.40BCDEa	32.40 ± 0.10Aa	
枪手 Qiangshou	36.10 ± 0.17Aa	33.87 ± 0.68ABCDb	30.87 ± 0.20ABc	
领袖(速锐) Souris	34.93 ± 1.25ABa	31.20 ± 0.44Eab	29.57 ± 1.29BCDb	
太阳神 Helios	36.47 ± 1.44Aa	35.83 ± 1.07Aa	32.03 ± 0.41Ab	
贝勒 Baler	32.10 ± 1.01ABCDa	31.13 ± 0.81Ea	27.67 ± 0.35Eb	
爱沃256 Everleaf 256	36.27 ± 0.58Aa	34.70 ± 0.12ABb	30.57 ± 0.15ABCc	
贝勒2 Baler2	33.20 ± 0.31ABCDa	32.43 ± 0.55BCDEab	31.10 ± 0.31ABb	
青海444 Qinghai 444	31.90 ± 1.44ABCDa	30.83 ± 0.55Ea	28.83 ± 0.27CDEa	
白燕7号 Baiyan No.7	28.77 ± 0.52Da	27.00 ± 1.63Fab	25.47 ± 0.54Fb	
甜燕麦 Sweet Oat	34.93 ± 0.63ABa	31.40 ± 0.95DEb	30.10 ± 0.26BCDb	
黄燕麦 Yellow Oat	30.73 ± 3.84BCDa	31.47 ± 0.20DEa	29.60 ± 0.49BCDa	
青燕1号 Qingyan No.1	31.23 ± 0.83BCDa	30.00 ± 0.87Eb	28.53 ± 0.90DEc	
青引1号 Qingyin No.1	34.93 ± 1.45ABa	32.07 ± 0.88CDEb	32.27 ± 0.68Ab	
青引2号 Qingyin No.2	30.00 ± 0.08CDa	31.15 ± 1.76Ea	29.70 ± 1.39BCDa	

显著 ($P > 0.05$), 显著高于其他 11 个品种 ($P < 0.05$); 含量最低的品种是‘白燕 7 号’, 为 27.00%。蜡熟期 ADF 含量最高的品种是‘牧王’, 达 32.40%, 其次是‘青引 1 号’和‘太阳神’, 分别为 32.27% 和 32.03%, 三者之间差异不显著 ($P > 0.05$), 三者 ADF 含量均与‘燕王’‘贝勒 2’‘枪手’和‘爱沃 256’之间差异不显著 ($P > 0.05$), 显著高于其他 8 个参试品种 ($P < 0.05$); 含量最低的品种是‘白燕 7 号’, 为 25.47%。

15 个燕麦品种所含 ADF 含量总体上随着生育期的推移而递减, 其中‘燕王’‘太阳神’和‘贝勒’的灌浆期和乳熟期 ADF 含量显著高于蜡熟期 ($P < 0.05$); ‘枪手’‘爱沃 256’和‘青燕 1 号’的各生育期 ADF 含量之间差异显著 ($P < 0.05$); ‘领袖 (速锐)’‘贝勒 2’和‘白燕 7 号’的灌浆期 ADF 含量显著高于蜡熟期 ($P < 0.05$); ‘甜燕麦’和‘青引 1 号’的灌浆期 ADF 含量显著高于乳熟期和蜡熟期 ($P < 0.05$); 其他品种在不同生育期之间的 ADF 含量差异不显著 ($P > 0.05$)。

3 讨论

3.1 生育期和品种对燕麦产量的影响

产草量是反映牧草生产效率的一个重要指标, 牧草产量的高低与牧草经济效益呈正比关系^[11]。本研究中, ‘太阳神’和‘甜燕麦’的干草产量随着生育期的推移有上升趋势, 而‘贝勒’‘爱沃 256’‘贝勒 2’‘青海 444’‘白燕 7 号’‘黄燕麦’‘青燕 1 号’‘青引 1 号’和‘青引 2 号’的干草产量则随着生育期的延长, 呈现先降后升的趋势; ‘燕王’‘牧王’‘枪手’和‘领袖 (速锐)’的干草产量表现为先升高后降低, 这与王彦超^[8]等的研究结果一致。整体上, 除‘青引 1 号’和‘青引 2 号’的灌浆期干草产量最高外, 其他 13 个燕麦品种的干草产量最高期均出现在乳熟期到蜡熟期, 这与杨云贵^[12]等的研究结果一致。这种不同结果的出现, 说明不同燕麦品种的产量与其自身特点有关外^[8], 还与不同生育期所处的气候、采样、收获措施等有关^[13-14]。

3.2 生育期和品种对燕麦粗蛋白含量的影响

CP 是动物所必需的含氮物质, 是衡量牧草营养品质的重要指标^[15]。牧草收获期的确定除考虑产量外, 还要考虑其营养品质, 这其中 CP 是重要的考量

依据。本研究中, 在灌浆期、乳熟期和蜡熟期 CP 含量最高的品种分别是‘爱沃 256’‘青引 2 号’和‘甜燕麦’。总的来说, 各品种所含 CP 含量在灌浆期最高, 参试燕麦品种的 CP 含量随着生育期的推移呈降低趋势, 其结果与王彦超等^[8]和杨云贵等^[12]的研究一致。‘牧王’‘爱沃 256’和‘青燕 1 号’的灌浆期 CP 量显著高于乳熟期和蜡熟期 ($P < 0.05$), 其他品种在不同生育期之间的粗灰分含量差异不显著 ($P < 0.05$)。本研究中, 各品种在乳熟期所含 CP 含量略低于山西雁门地区的研究结果^[16], 这表明燕麦营养品质与研究区生境条件有关。

3.3 生育期和品种对燕麦粗灰分含量的影响

粗灰分是评价饲草品质的一个重要指标, 粗灰分含量过高则表明饲草质量较差。本研究中, 在灌浆期、乳熟期和蜡熟期粗灰分含量最低的品种分别是‘青引 1 号’‘白燕 7 号’和‘黄燕麦’。谭秀英等^[17]通过在贵州地区对燕麦物质含量和营养性状等指标进行分析, 结果表明, 随着生育期的推进燕麦品种的粗灰分含量表现为下降趋势, 与本研究结果相似。

3.4 生育期和品种对燕麦酸性洗涤纤维与中性洗涤纤维含量的影响

ADF 和 NDF 含量对饲草品质有重要影响, NDF 含量表示饲草品质的好坏, 而 ADF 含量表示消化率的高低。一般两者含量低会提高饲草的品质^[18]。本研究中, 各品种所含 ADF 含量总体上随着生育期的推移而递减, 其中‘爱沃 256’在各生育期 NDF 含量之间差异显著 ($P < 0.05$); ‘枪手’‘爱沃 256’和‘青燕 1 号’在各生育期 ADF 含量之间差异显著 ($P < 0.05$)。因此, 除上述 3 个品种外, 其他 12 个燕麦品种在乳熟期与蜡熟期所含 ADF 和 NDF 含量均差异不显著, 均可作为这 12 个燕麦品种收获的备选时期。参试品种中‘白燕 7 号’的 NDF 含量和 ADF 含量在乳熟期和蜡熟期均最低。李春喜等^[19]在祁连山高寒牧区开展的不同燕麦品种种植研究中‘白燕 7 号’的表现也较为突出。

4 结论

灌浆期‘爱沃 256’的干草产量和 CP 含量最高, 但其 NDF 含量和 ADF 含量也较高; ‘白燕 7 号’在乳熟期和蜡熟期的干草产量较高, CP 含量与其他品

种无显著差异, NDF 含量和 ADF 含量均最低, 粗灰分含量比较低; 随着生育期的推移, ‘白燕 7 号’的干草产量增加, CP 含量无显著变化, ADF 和 NDF 显著下降。综合分析得出, ‘白燕 7 号’可作为鄂尔多斯高原高产优质的燕麦品种进行推广种植, 其最适刈割期为蜡熟期。

参考文献 References:

- [1] 张杰, 闫志坚, 尹强, 王慧, 于洁, 孟元发, 王育青. 22 种燕麦饲草品种在达拉特旗地区的评价与筛选. 中国草地学报, 2020, 42(6): 134-140.
ZHANG J, YAN Z J, YIN Q, WANG H, YU J, MENG Y F, WANG Y Q. Evaluation and screening of twenty two oat forage cultivars in Dalad Qi. Chinese Journal of Grassland, 2020, 42(6): 134-140.
- [2] 张金霞, 刘雨田, 梁万鹏, 耿智广. 不同生育期对燕麦青贮品质的影响. 饲料研究, 2021, 44(10): 79-82.
ZHANG J X, LIU Y T, LIANG W P, GENG Z G. Effect of different breeding periods on quality of oat silage. Feed Research, 2021, 44(10): 79-82.
- [3] 张光雨, 马和平, 邵小明, 王江伟, 沈振西, 付刚. 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.
ZHANG G Y, MA H P, SHAO X M, WANG J W, SHEN Z X, FU G. 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.
- [4] 张伟, 周青平, 陈有军, 潘静, 金晓明, 孙万斌, 贾志锋. 呼伦贝尔地区 10 个引进燕麦品种生产性能及饲草品质比较. 草业学报, 2021, 30(12): 129-142.
ZHANG W, ZHOU Q P, CHEN Y J, PAN J, JIN X M, SUN W B, JIA Z F. Comparison of production performance and forage quality of ten introduced oat varieties in Hulunbuir, China. Acta Prataculturae Sinica, 2021, 30(12): 129-142.
- [5] 赵继秀, 马祥, 琚泽亮, 刘凯强, 何纪桐, 马小龙, 贾志锋. 青海省东部不同燕麦种质资源产量性状评价. 草业科学, 2022, 39(10): 2160-2170.
ZHAO J X, MA X, JU Z L, LIU K Q, HE J T, MA X L, JIA Z F. Evaluation of yield traits of different oat germplasms in eastern Qinghai Province. Pratacultural Science, 2022, 39(10): 2160-2170.
- [6] 柳茜, 孙启忠, 乔雪峰, 郝虎, 徐丽君, 陶雅, 李峰. 6 个燕麦品种在攀西地区生产性能比较. 草学, 2019(4): 38-43.
LIU Q, SUN Q Z, QIAO X F, HAO H, XU L J, TAO Y, LI F. Study on productive performance of six oat varieties in Pan-xi Region. Journal of Grassland and Forage Science, 2019(4): 38-43.
- [7] 闫天芳, 魏臻武, 王爱华, 范金明, 周燕红. 8 份燕麦材料在江淮地区生产性能及饲用价值评价. 中国草地学报, 2020, 42(3): 111-118.
YAN T F, WEI Z W, WANG A H, FAN J M, ZHOU Y H. Evaluation of production performance and feeding value of different oat materials in Jianghuai Area. Chinese Journal of Grassland, 2020, 42(3): 111-118.
- [8] 王彦超, 宋磊, 张凡凡, 王旭哲, 孙艳梅, 马春晖. 不同燕麦品种生育期农艺性状、生产性能及品质的比较. 新疆农业科学, 2020, 57(2): 254-263.
WANG Y C, SONG L, ZHANG F F, WANG X Z, SUN Y M, MA C H. Comparative study on production performance of 10 oat varieties. Xinjiang Agricultural Sciences, 2020, 57(2): 254-263.
- [9] 孙建平, 董宽虎, 蒯晓妍, 薛竹慧, 高永强. 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.
SUN J P, DONG K H, KUAI X Y, XUE Z H, GAO Y Q. Comparison of productivity and feeding value of introduced oat varieties in the agro-pasture ecotone of northern Shanxi. Acta Prataculturae Sinica, 2017, 26(11): 222-230.
- [10] 袁庆华, 苏加楷, 张文淑, 李聪. NY/T 1091—2006 草品种审定技术规程. 北京: 中国质检出版社, 2006.
YUAN Q H, SU J K, ZHANG W S, LI C. NY/T 1091—2006 Technical Regulations for the Validation of Grass Varieties. Beijing: China Quality Inspection Press, 2006.

- [11] 徐春明. 不同苜蓿 (*Medicago sativa*) 品种生长特性分析及评价. 杨凌: 西北农林科技大学硕士学位论文, 2003.
XU C M. Analysis and evaluation on growing characteristics of different alfalfa (*Medicago sativa*) varieties. Master Thesis. Yangling: Northwest A & F University, 2003.
- [12] 杨云贵, 程天亮, 杨雪娇, 张越利. 3 个燕麦品种不同收获期对青贮饲草营养价值的影响. 草地学报, 2013, 21(4): 683-688.
YANG Y G, CHENG T L, YANG X J, ZHANG Y L. Effects of different growth stages of three oat cultivars on the nutritive value of silage. *Acta Agrestia Sinica*, 2013, 21(4): 683-688.
- [13] 张晓娜, 宋书红, 林艳艳, 陈志飞, 张莹, 李广艳, 杨云贵. 生育期和品种对紫花苜蓿产量及品质的影响. 草地学报, 2016, 24(3): 676-681.
ZHANG X N, SONG S H, LIN Y Y, CHEN Z F, ZHANG Y, LI G Y, YANG Y G. Effects of growth stage and variety on yield and quality of alfalfa. *Acta Agrestia Sinica*, 2016, 24(3): 676-681.
- [14] 熊雪, 邵玲智, 董建新, 高俊虎. 承德坝上御道口地区不同燕麦品种生产性能及饲用价值. 草业科学, 2022, 39(7): 1412-1418.
XIONG X, SHAO L Z, DONG J X, GAO J H. Comparison of production performance and feeding value of different oat varieties in Yudaokou, Bashang, Chengde. *Pratacultural Science*, 2022, 39(7): 1412-1418.
- [15] 张晴晴, 梁庆伟, 杨秀芳, 娜日苏, 潘翔磊, 王昇. 12 份燕麦品种在阿鲁科尔沁旗地区的生产性能研究. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2020, 48(3): 23-29, 38.
ZHANG Q Q, LIANG Q W, YANG X F, Narisu, PAN X L, WANG S. Production performance of 12 oat varieties in the Aru kerqin banner. *Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition)*, 2020, 48(3): 23-29, 38.
- [16] 吴欣明, 陈智君, 池惠武, 贾会丽, 杨如达, 石永红, 王学敏. 25 个饲草燕麦品种农艺性状与品质比较. 草业科学, 2023, 40(7): 1902-1912.
WU X M, CHEN Z J, CHI H W, JIA H L, YANG R D, SHI Y H, WANG X M. Comparative analysis of the agronomic characters and quality of 25 forage oat varieties. *Pratacultural Science*, 2023, 40(7): 1902-1912.
- [17] 谭秀英, 严俊, 范昱, 徐欣然, 程晓彬, 阮景军, 程剑平. 不同生育时期饲用燕麦养分含量的动态分析及基因型筛选. 种子, 2019, 38(11): 20-28.
TAN X Y, YAN J, FAN Y, XU X R, CHENG X B, RUAN J J, CHENG J P. Dynamic analysis and genotypic screening of nutrient content of forage oats at different growth stages. *Seed*, 2019, 38(11): 20-28.
- [18] 韩建国, 马春晖, 毛培胜, 牛忠联, 孙瑞臣. 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. 草地学报, 1999, 7(2): 87-94.
HAN J G, MA C H, MAO P S, NIU Z L, SUN R C. The effects of seeding rate, nitrogen fertilizer and harvest time on the yield and quality of oat-pea mixture. *Acta Agrestia Sinica*, 1999, 7(2): 87-94.
- [19] 李春喜, 叶润荣, 周玉碧, 林丽, 孙菁, 张法伟, 彭立新. 高寒牧区不同燕麦品种饲草产量及品质的研究. 草地学报, 2014, 22(4): 882-888.
LI C X, YE R R, ZHOU Y B, LIN L, SUN J, ZHANG F W, PENG L X. Research on forage yields and qualities of different oat (*Avena sativa*) varieties in alpine pastoral regions. *Acta Agrestia Sinica*, 2014, 22(4): 882-888.

(责任编辑 王芳)

如有印装质量问题, 请将原杂志寄回本刊编辑部, 由本部负责调换。