网络出版时间:2025-09-10 DOI:10.13207/j.jnwafu.2026.03.011

不同刈割期对黄河三角洲盐碱地小黑麦生产性能的影响

高润,王国良,张进红,吴波

(山东省农业科学院 休闲农业研究所/农业农村部华东都市农业重点实验室/生态园艺植物育种山东省工程研究中心,山东 济南 250100)

[摘 要] 【目的】筛选适宜黄河三角洲地区种植的高产优质小黑麦品种,并明确其收获的最佳刈割期,为小黑麦在黄河三角洲盐碱地高产、稳产栽培提供理论依据。【方法】选择中饲 1048、优能、普瑞、麦丰和雷神 5 个小黑麦品种,在黄河三角洲盐碱地进行引种试验,设置抽穗期、扬花期和灌浆期 3 个刈割期,测定不同品种小黑麦在各个刈割期的农艺性状、生产性能和营养品质等指标,通过主成分分析法对 5 个小黑麦品种进行综合评价。【结果】中饲 1048 品种在各刈割期的株高均最高,其次为麦丰,雷神在扬花期和灌浆期仅次于麦丰。中饲 1048 品种的茎占比在各刈割期均较其他品种高,而叶占比、穗占比和叶茎比低于其他品种;雷神和麦丰的茎占比在各刈割期均较低,而叶占比、穗占比和叶茎比均较高。抽穗期中饲 1048 和雷神的干草产量较高,扬花期麦丰和优能的干草产量较高,灌浆期普瑞、雷神和麦丰的干草产量较高。灌浆期中饲 1048 品种的干物质含量显著高于其他品种,扬花期雷神的中性洗涤纤维含量显著高于中饲 1048、优能和普瑞,但与麦丰无显著差异。主成分分析结果表明,抽穗期中饲 1048 表现较好,扬花期中饲 1048、麦丰和雷神表现较好,灌浆期中饲 1048、雷神、麦丰和普瑞表现较好。【结论】中饲 1048 在各刈害期表现均较好,雷神和麦丰在扬花期和灌浆期表现较好,这 3 种小黑麦均适宜在黄河三角洲地区推广种植。

[关键词] 盐碱地;小黑麦;刈割期;生产性能;营养品质

[中图分类号] S512.4 [文献标志码] A [文章编号] 1671-9387(2026)03-0104-08

Effects of different cutting period on the production performance of triticale in saline-alkali land in the Yellow River Delta

GAO Run, WANG Guoliang, ZHANG Jinhong, WU Bo

(*Institute of Leisure Agriculture/Key Laboratory of Urban Agriculture in East China, Ministry of Agriculture and Rural Affairs/Shandong Engineering Research Centre for Ecological Horticultural Plant Breeding, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan, Shandong* 250100, *China*)

Abstract: 【Objective】 This research aims to screen high-yield and high-quality triticale varieties suitable for planting in saline-alkali land in the Yellow River Delta region, and to clarify the optimal cutting stage for harvesting, to provide a theoretical basis for the high yield and stable yield of triticale in saline-alkali land in the Yellow River Delta region. 【Method】 Five triticale varieties, namely Zhongsi 1048, Youneng, Purui, Maifeng, and Leishen, were selected for introduction experiments in saline-alkali land in the Yellow River Delta. Three cutting stages were set, including heading, flowering and grain-filling stages, to determine the agronomic traits, production performance, and nutritional quality of different varieties of

[收稿日期] 2024-12-03 [修回日期] 2025-01-09

[基金项目] 山东省农业科学院高层次人才引进项目“山东省农业科学院农业科技创新工程”(CXGC2024F12);国家牧草产业技术体系项目(CARS-34);山东省牛产业技术体系项目(SDAIT-9-10)

[作者简介] 高润(1990—),女,陕西榆林人,助理研究员,博士,主要从事牧草生产与加工利用研究。E-mail:15847113529@163.com

[通信作者] 吴波(1979—),男,山东莱西人,助理研究员,主要从事牧草栽培与加工利用研究。E-mail:wuwootom@126.com

triticale at various cutting stages. Principal component analysis was used for comprehensive evaluation of the five triticale.【Result】During all the cutting periods, the plant height of Zhongsi 1048 was the highest, followed by Maifeng, and Leishen ranked just below Maifeng during the flowering and grain-filling stages. The stem proportion of Zhongsi 1048 was higher than those of other varieties at all cutting stages, while the leaf proportion, ear proportion and leaf stem ratio were lower than those of other varieties. However, the stem proportion of Leishen and Maifeng were relatively low at all cutting stages, but the leaf proportion, ear proportion and leaf stem ratio were relatively high. During the heading stage, the hay yield of Zhongsi 1048 and Leishen were relatively high. During the flowering stage, the hay yield of Maifeng and Youneng were relatively high. During the grain-filling stage, the hay yield of Purui, Leishen and Maifeng were relatively high. The dry matter content of Zhongsi 1048 during the grain-filling stage was significantly higher than those of other varieties, and the neutral detergent fiber content of Leishen during the flowering stage was significantly higher than those of Zhongsi 1048, Youneng, and Purui, which, however, showed no significant difference compared to Maifeng. Principal component analysis showed that Zhongsi 1048 performed better during the heading stage, Zhongsi 1048, Maifeng, and Leishen performed better during the flowering stage, and Zhongsi 1048, Leishen, Maifeng and Purui performed better during the grain-filling stage.【Conclusion】Zhongsi 1048 showed better performance during the heading, flowering and grainfilling stages, and Leishen and Maifeng varieties showed better performance during the flowering and grain-filling stages, all of which are suitable for promotion of planting in saline-alkali of the Yellow River Delta region.

Key words: saline-alkali land; triticale; cutting period; production performance; nutritional quality

近年来，随着“增草节粮”行动的推进，养殖业对优质饲草资源的需求越来越多。小黑麦是一种抗性较强的牧草，其是通过小麦属和黑麦属有性杂交，应用染色体工程方法人工培育的新作物，兼具小麦和黑麦的优点，产量高、适应性广且营养丰富[1-3]，富含氨基酸、维生素等营养成分，是草食家畜食用的优良牧草之一[4]。2024 年，小黑麦将纳入我国粮改饲项目补贴范围，与青贮玉米轮作倒茬，解决了青贮玉米重茬产量低的问题，且可充分利用冬春闲田，减少资源浪费，改善生态环境，提高产草量和经济效益[5]。小黑麦与青贮玉米轮作倒茬形成“小黑麦＋青贮玉米”一年两作技术，在我国北方农牧交错地区的种植面积越来越广，受到了越来越多牧草生产者及养殖场的喜爱。

盐碱地等闲置土地是发展饲草种植和现代草食畜牧业的重要区域，黄河三角洲盐碱地土壤偏盐碱，未开发土地面积大，与粮食种植竞争小，是山东省重要的饲草生产基地，饲草种植历史悠久[6]。但目前有关不同品种小黑麦生产性能的相关研究主要集中在西南地区。宋谦等[3]研究表明，小黑麦具有优良的抗寒性和抗病性，在甘南州玛曲县的干草产量达 15.62 t/hm^2，粗蛋白含量达 13.31%，表现出高产和稳产的优势。刘彦培等[7]研究表明，适合在迪庆高寒地区秋播种植的小黑麦品种有冀饲 2 号、优能、冀饲 3 号、甘农 2 号和中饲 1048，可与夏播青贮玉米形成轮作体系。贾龙等[8]研究表明，刈割期对小黑麦青贮饲料的营养品质影响显著，刈割期越晚，其水分和粗蛋白含量越低，而中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量越高，较为合适的刈割时间为 5 月 8 日至 19 日。孙亮等[9]和赵雅姣等[10]研究表明，小黑麦抽穗期粗蛋白产量最高(2.24 t/hm^2)，营养价值也最高，从抽穗期到蜡熟期小黑麦的干草产量呈逐渐上升趋势，至乳熟期干草产量最高，但随着刈割期的推迟，其木质化程度迅速增加，营养价值和适口性显著下降。蒙正兵等[11]研究表明，贵州地区小黑麦在乳熟期调制青贮的品质最佳。任昱鑫等[12]研究表明，小黑麦在蜡熟期刈割草产量最高，在乳熟期刈割营养价值和青贮品质表现较好。

本研究针对 5 个小黑麦在不同刈割期的农艺性状、生产性能及营养价值进行研究，旨在筛选出适宜黄河三角洲地区推广种植的高产优质小黑麦品种，并明确其在黄河三角洲地区的最佳刈割期，为小黑麦在黄河三角洲地区的推广种植提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验地概况

试验在山东省农业科学院黄河三角洲现代农业试验示范基地进行，位于东营市农高区(37°18′ N，

118°37′ E),海拔 2 m,属暖温带季风气候。试验地土壤为滨海盐碱潮土,0～20 cm 土层土壤 pH 为 8.0,可溶性盐含量为 0.3%,有机质含量为 16.65 g/kg,碱解氮含量为 72.49 mg/kg,有效磷含量为 19.4 mg/kg,速效钾含量为 173 mg/kg。

1.2 试验材料

供试小黑麦品种有中饲 1048、优能、普瑞、麦丰和雷神,其中中饲 1048 由山东省畜牧总站提供,其他品种由北京正道生态科技有限公司提供。

1.3 试验设计

小黑麦于 2020 年 10 月 11 日播种,随机区组设计,3 次重复,小区面积 3 m(宽)×5 m(长)=15 m^2,共 15 个小区。行距 30 cm,条播,播种量 150 kg/hm^2。播前施复合肥 300 kg/hm^2 作为底肥,返青期结合浇水追施尿素 100 kg/hm^2。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 农艺性状测定 分别于抽穗期(5 月 13 日)、扬花期(5 月 23 日)和灌浆期(6 月 6 日),在每小区随机选取 10 株长势均匀的小黑麦,用直尺测定其株高。每个小区选取长势均匀的小黑麦 30 株,将其茎、叶和穗分离,采用烘干法测量各部分烘干质量,计算茎占比、叶占比、穗占比和叶茎比,其中茎、叶和穗占比为其占整株的比例。

1.4.2 生产性能测定 分别于抽穗期(5 月 13 日)、扬花期(5 月 23 日)和灌浆期(6 月 6 日),在每个小区分别选取 2.1 m×1 m=2.1 m^2(7 行)的样方进行刈割,留茬 5 cm,称取小黑麦鲜草质量。随机选取 500 g 鲜样准确称量并记录鲜质量,然后将样品置于 105 ℃烘箱中杀青 30 min,再将烘箱温度调至 65 ℃烘干 48 h 至恒质量,称量干质量,计算干物质(dry matter, DM)含量并换算成干草产量(t/hm^2)。

1.4.3 营养品质测定 将 1.4.2 节的烘干样品粉碎后过孔径为 0.42 mm 的筛,采用元素分析仪测定氮含量,计算粗蛋白(crude protein,CP)含量,粗蛋白含量=氮含量×6.25。采用滤袋法[13]测定中性洗涤纤维(neutral detergent fiber,NDF)和酸性洗涤纤维(acidic detergent fiber,ADF)含量,计算半纤维素(hemicellulose, HC)含量,半纤维素含量=NDF−ADF。

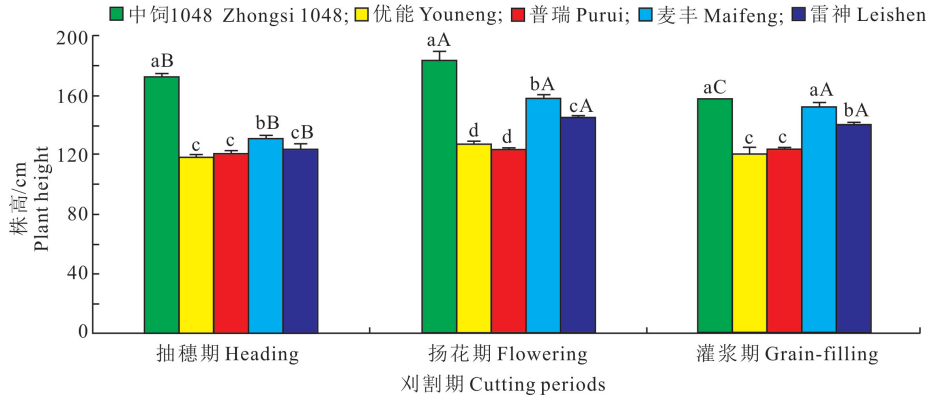
1.5 数据分析

用 Excel 软件进行数据均值和标准差计算及图表绘制,用 SAS 9.4 软件进行单因素方差分析和主成分分析。采用 ANOVA 程序对各刈割期不用品种小黑麦的各指标进行单因素方差分析,并用 Duncan 法在 0.05 水平下进行多重比较。主成分分析共纳入 11 个指标,包括株高、茎占比、叶占比、穗占比、叶茎比、干草产量、干物质含量、粗蛋白含量、中性洗涤纤维含量、酸性洗涤纤维含量和半纤维素含量。

2 结果与分析

2.1 不同品种小黑麦在不同刈割期的农艺性状与生产性能

不同品种小黑麦在不同刈割期株高的变化见图 1。



图柱上标不同小写字母表示同一刈割期不同品种小黑麦株高差异显著($P<0.05$),标不同大写字母表示同一品种小黑麦不同刈割期株高差异显著($P<0.05$)。

Different lowercase letters marked on the bars indicate significant differences in plant height among different varieties of triticale at the same cutting period($P<0.05$). Different uppercase letters indicate significant differences in plant height among different cutting periods of the same variety of triticale($P<0.05$).

图 1 不同品种小黑麦在不同刈割期株高的变化

Fig. 1 Changes in plant height of different triticale varieties at different cutting periods

由图 1 可以看出，不同刈割期小黑麦株高表现不同。抽穗期各品种小黑麦株高均高于 110 cm，其中中饲 1048 品种的株高最高，达到 172.97 cm，显著高于其他品种；其次为麦丰品种，株高为 131.57 cm，显著高于其他 3 个品种（$P<0.05$）。扬花期中饲 1048 品种的株高显著高于其他品种，达到 183.50 cm，其次为麦丰，优能和普瑞 2 个品种株高最低。灌浆期中饲 1048 和麦丰的株高均显著高于其他品种，优能和普瑞 2 个品种株高最低。中饲 1048 品种在扬花期的株高显著高于抽穗期和灌浆期，麦丰和雷神在抽穗期的株高显著低于扬花期和灌浆期，其他品种在不同刈割期则无显著差异。

由表 1 可以看出，不同品种小黑麦茎占比在 48.78%～71.62%，叶占比在 6.03%～21.20%，穗占比在 12.24%～41.37%，叶茎比在 0.11～0.33。在抽穗期，中饲 1048 品种茎占比显著高于普瑞、麦丰和雷神（$P<0.05$），而叶占比、穗占比和叶茎比则无显著差异；在扬花期和灌浆期，不同品种小黑麦茎占比、叶占比、穗占比和叶茎比均无显著差异。

表 1　不同品种小黑麦在不同刈割期茎、叶和穗占比的变化

Table 1　Changes in stem, leaf, and spike proportion of different triticale varieties at different cutting periods

刈割期 Cutting period	品种 Variety	茎占比/% Stem proportion	叶占比/% Leaf proportion	穗占比/% Spike proportion	叶茎比 Leaf stem ratio
抽穗期 Heading	中饲 1048 Zhongsi 1048	71.62±0.70 a	16.15±1.06 b	12.24±1.23 a	0.23±0.02 b
	优能 Youneng	68.21±1.25 ab	17.98±1.10 ab	13.81±0.32 a	0.26±0.02 ab
	普瑞 Purui	65.91±0.68 b	20.68±0.31 a	13.41±0.40 a	0.31±0.01 a
	麦丰 Maifeng	65.85±1.32 b	21.16±1.68 a	13.00±0.61 a	0.32±0.03 a
	雷神 Leishen	64.50±1.84 b	21.20±1.49 a	14.30±0.35 a	0.33±0.03 a
	P 值 *P* value	0.02	0.08	0.35	0.06
扬花期 Flowering	中饲 1048 Zhongsi 1048	69.29±1.51 a	14.52±1.49 a	16.19±1.10 b	0.21±0.03 a
	优能 Youneng	66.35±1.91 ab	15.55±1.54 a	18.10±0.38 ab	0.24±0.03 a
	普瑞 Purui	64.08±0.73 b	17.91±0.89 a	18.00±0.51 ab	0.28±0.02 a
	麦丰 Maifeng	64.42±0.75 ab	17.28±0.69 a	18.30±0.53 ab	0.27±0.01 a
	雷神 Leishen	63.58±1.29 b	17.02±0.86 a	19.40±1.10 a	0.27±0.02 a
	P 值 *P* value	0.12	0.37	0.23	0.30
灌浆期 Grain-filling	中饲 1048 Zhongsi 1048	56.34±0.65 a	6.03±0.74 a	37.63±1.18 a	0.11±0.01 a
	优能 Youneng	49.68±2.48 b	9.67±2.30 a	40.65±0.18 a	0.20±0.06 a
	普瑞 Purui	50.24±2.27 ab	10.05±0.64 a	39.71±2.78 a	0.20±0.01 a
	麦丰 Maifeng	53.38±1.47 ab	9.56±0.91 a	37.06±0.89 a	0.18±0.02 a
	雷神 Leishen	48.78±0.83 b	9.86±0.84 a	41.37±1.65 a	0.20±0.01 a
	P 值 *P* value	0.09	0.23	0.29	0.23

注：同列数据后标不同小写字母表示同一刈割期不同品种小黑麦差异显著（$P<0.05$）。下同。

Note: Different lowercase letters after data in the same column indicate significant differences among different varieties of triticale at the same cutting period ($P<0.05$). The same below.

不同刈割期小黑麦干草产量如表 2 所示。表 2 结果表明，灌浆期普瑞品种的干草产量最高，达到了 16.43 t/hm^2，显著高于中饲 1048 和优能 2 个品种（$P<0.05$），中饲 1048 干草产量最低。其他刈割期各小黑麦品种间干草产量无显著差异。

表 2　不同品种小黑麦在不同刈割期干草产量的变化

Table 2　Changes in hay yield of different triticale varieties at different cutting periods　　t/hm^2

品种 Variety	抽穗期 Heading	扬花期 Flowering	灌浆期 Grain-filling
中饲 1048 Zhongsi 1048	11.11±0.59 a	11.44±0.09 a	12.51±2.53 c
优能 Youneng	10.83±0.46 a	12.68±0.54 a	13.47±1.28 bc
普瑞 Purui	10.61±1.63 a	12.78±1.18 a	16.43±1.28 a
麦丰 Maifeng	10.92±1.17 a	13.34±0.74 a	14.16±0.90 abc
雷神 Leishen	10.89±0.30 a	12.05±1.29 a	16.14±1.51 ab
P 值 *P* value	0.99	0.59	0.04

2.2　不同品种小黑麦在不同刈割期的营养品质

不同品种小黑麦在不同刈割期的营养成分如表 3 所示。表 3 结果表明，灌浆期中饲 1048 品种的干物质含量显著高于其他品种，普瑞品种的干物质含量最低。随着刈割期的推迟，各品种小黑麦 CP 含量逐渐降低，但各品种在同一刈割期内大多无显著

差异。抽穗期(除普瑞与雷神 DNF 含量外)和灌浆期各品种小黑麦 NDF 和 ADF 含量均无显著差异;扬花期中饲 1048 和优能 2 个品种的 NDF 含量显著低于麦丰和雷神 2 个品种($P<0.05$),而 ADF 含量亦无显著差异。各刈割期不同品种小黑麦间的 HC 含量均无显著差异。

表 3 不同品种小黑麦在不同刈割期营养成分的变化

Table 3 Changes in nutritional components of different triticale varieties at different cutting periods

品种 Variety	干物质含量/% DM content		
	抽穗期 Heading	扬花期 Flowering	灌浆期 Grain-filling
中饲 1048 Zhongsi 1048	27.40±1.57 a	38.19±1.81 a	53.11±1.13 a
优能 Youneng	23.62±0.34 ab	32.20±2.01 b	43.09±0.08 bc
普瑞 Purui	21.94±2.22 b	33.36±1.36 ab	41.15±2.82 c
麦丰 Maifeng	23.02±0.31 ab	32.88±1.05 b	44.60±1.82 bc
雷神 Leishen	25.08±1.14 ab	34.48±1.62 ab	47.71±2.86 b
P 值 *P* value	0.15	0.11	0.01
品种 Variety	粗蛋白含量/% CP content		
	抽穗期 Heading	扬花期 Flowering	灌浆期 Grain-filling
中饲 1048 Zhongsi 1048	8.62±0.24 ab	8.14±0.55 a	7.06±0.36 a
优能 Youneng	8.43±0.13 ab	8.35±0.54 a	7.41±0.63 a
普瑞 Purui	8.07±0.21 b	7.84±0.18 a	7.59±0.25 a
麦丰 Maifeng	8.57±0.21 ab	7.96±0.30 a	7.87±0.82 a
雷神 Leishen	8.96±0.16 a	8.22±0.72 a	7.91±0.90 a
P 值 *P* value	0.10	0.94	0.90
品种 Variety	中性洗涤纤维含量/% NDF content		
	抽穗期 Heading	扬花期 Flowering	灌浆期 Grain-filling
中饲 1048 Zhongsi 1048	60.12±1.71 ab	57.75±1.22 c	63.22±4.59 a
优能 Youneng	58.93±0.46 ab	57.85±1.09 c	65.26±0.62 a
普瑞 Purui	57.81±0.48 b	59.27±1.49 bc	65.17±2.10 a
麦丰 Maifeng	59.07±0.39 ab	61.32±0.24 ab	66.98±1.79 a
雷神 Leishen	61.05±0.34 a	62.80±0.81 a	68.90±4.52 a
P 值 *P* value	0.16	0.02	0.72
品种 Variety	酸性洗涤纤维含量/% ADF content		
	抽穗期 Heading	扬花期 Flowering	灌浆期 Grain-filling
中饲 1048 Zhongsi 1048	35.61±1.37 a	33.15±1.19 a	30.55±1.50 a
优能 Youneng	34.53±0.65 a	33.10±1.02 a	26.66±1.15 a
普瑞 Purui	33.48±0.18 a	33.56±0.79 a	27.64±0.59 a
麦丰 Maifeng	34.24±0.40 a	35.85±0.07 a	30.39±0.88 a
雷神 Leishen	35.66±0.13 a	36.32±1.13 a	29.59±1.80 a
P 值 *P* value	0.19	0.10	0.14
品种 Variety	半纤维素含量/% HC content		
	抽穗期 Heading	扬花期 Flowering	灌浆期 Grain-filling
中饲 1048 Zhongsi 1048	24.51±0.46 a	24.60±0.49 a	35.67±1.06 a
优能 Youneng	24.40±0.49 a	24.75±0.32 a	38.60±1.50 a
普瑞 Purui	24.33±0.58 a	25.71±1.13 a	37.53±1.53 a
麦丰 Maifeng	24.82±0.51 a	25.47±0.20 a	36.59±1.21 a
雷神 Leishen	25.39±0.41 a	26.48±0.60 a	35.56±0.29 a
P 值 *P* value	0.65	0.25	0.64

2.3 不同品种小黑麦的综合评价

主成分分析结果(表 4)表明,前 3 个主成分的累计方差贡献率达到 83.61%,因此取前 3 个主成分进行分析。第 1 主成分中,茎占比、叶占比、穗占比、干物质含量和半纤维素含量的得分系数绝对值均超过了 0.3;第 2 主成分主要受株高、茎占比和叶茎比的影响,第 3 主成分主要受株高、粗蛋白含量、中性洗涤纤维含量和酸性洗涤纤维含量的影响。

供试品种前 3 个主成分得分及综合得分如表 5 所示。由表 5 可以看出,在抽穗期,中饲 1048 品种表现高于平均水平,在抽穗期表现最优。在扬花期,中饲 1048、麦丰和雷神 3 个品种的表现高于平均水平,在扬花期表现较好。在灌浆期,中饲 1048、雷神、麦丰和普瑞 4 个品种的表现高于平均水平,在灌浆期表现较好。

表 4　不同品种小黑麦各指标特征向量的主成分分析

Table 4　Principal component analysis of eigenvectors of various indicators in different triticale varieties

指标 Index	P1	P2	P3
株高 Plant height	0.02	0.68	0.35
茎占比 Stem proportion	−0.34	0.33	−0.14
叶占比 Leaf proportion	−0.35	−0.25	0.08
穗占比 Spike proportion	0.38	−0.11	0.06
叶茎比 Leaf stem ratio	−0.29	−0.43	0.17
干草产量 Hay yield	0.28	−0.14	0.13
干物质含量 DM content	0.35	0.17	0.14
粗蛋白含量 CP content	−0.20	−0.20	0.64
中性洗涤纤维含量 NDF content	0.27	−0.08	0.50
酸性洗涤纤维含量 ADF content	−0.29	0.23	0.35
半纤维素含量 HC content	0.37	−0.13	0.06
特征值 Eigenvalue	6.64	1.64	0.92
方差贡献率/% Variance contribution rate	60.33	14.91	8.37
累计方差贡献率/% Cumulative variance contribution rate	60.33	75.24	83.61

表 5　供试小黑麦品种的主成分得分及综合得分

Table 5　Principal component score and comprehensive score of the tested triticale varieties

刈割期 Cutting period	品种 Variety	主成分得分 Principal component score			综合得分 Comprehensive score	排名 Ranking
		P1	P2	P3		
抽穗期 Heading	中饲 1048 Zhongsi 1048	−0.78	1.42	0.63	1.27	1
	优能 Youneng	−0.88	−0.42	−0.60	−1.91	4
	普瑞 Purui	−0.99	−0.75	−0.90	−2.64	5
	麦丰 Maifeng	−1.02	−0.63	−0.03	−1.68	3
	雷神 Leishen	−1.00	−0.93	−0.62	−1.31	2
扬花期 Flowering	中饲 1048 Zhongsi 1048	−0.38	1.83	0.06	1.52	1
	优能 Youneng	−0.43	−0.06	−0.61	−0.10	4
	普瑞 Purui	−0.42	−0.46	−0.63	−1.50	5
	麦丰 Maifeng	−0.40	0.57	0.54	0.71	2
	雷神 Leishen	−0.39	0.23	0.72	0.56	3
灌浆期 Grain-filling	中饲 1048 Zhongsi 1048	1.34	1.40	−0.51	2.23	1
	优能 Youneng	1.43	−1.06	−0.93	−0.56	5
	普瑞 Purui	1.36	−0.98	−0.26	0.12	4
	麦丰 Maifeng	1.19	0.21	0.67	2.07	3
	雷神 Leishen	1.37	−0.38	1.23	2.22	2

3　讨　论

小黑麦具有较好的适应性，能在很多地区生长，但由于品种及地区环境差异，小黑麦在不同地区的生产性能具有一定差异，且受刈割期的影响较大。本研究发现，在黄河三角洲地区，中饲 1048 在各刈割期的株高一直最高，干草产量仅在抽穗期高于其他品种，而在扬花期和灌浆期均低于其他品种。黄杰等[14]研究表明，小黑麦干草产量与株高成正效应。这可能是因为抽穗期中饲 1048 株高一直处于较高水平，使得其干草产量处在较高水平，而随着刈割期的推后，中饲 1048 穗占比一直处于较低水平，使得其在扬花期和灌浆期的干草产量处于较低水平。本研究中，麦丰在扬花期的干草产量最高，达到了 13.34 t/hm^2，普瑞、雷神和麦丰在灌浆期的产量较高，均达到了 14 t/hm^2 以上。明雪花等[15]连续两年在宁夏雨养区的研究表明，晋饲草 1 号小黑麦品种的干草产量均达到了 8 t/hm^2 以上，在该地区具有较好的适应性。王兆凤等[16]研究发现，冀饲 2 号适宜在鲁北地区非盐碱地种植，其干草产量达到了 13.18 t/hm^2。王敏等[17]研究发现，各品种（系）小黑麦在陇东旱塬区灌浆期连续两年的平均干草产量在 11.56～15.91 t/hm^2。岳竞之等[18]研究发现，在豫西北地区石大 1 号品种小黑麦的干草产量达到了 25.88 t/hm^2。本研究各小黑麦品种干草产量在抽穗期最低，但均达到了 10.61 t/hm^2 以上，这表明小黑麦在黄河三角洲地区具有较好的适应性，较适宜在黄河三角洲盐碱地生长。与其他研究相比，本试验小黑麦的干草产量处于中等偏上水平，这可能是因为本试验所处的地区是盐碱地，对小黑麦生长

具有一定的限制作用。王兆凤等[16]研究发现,冀饲 1 号适宜在鲁北地区中轻度盐碱地种植,干草产量达到了 4.9 t/hm^2。马霞等[19]研究表明,在宁夏盐碱地,中饲 1048、优能和普瑞的干草产量最高为 6.81 t/hm^2。以上盐碱地小黑麦的干草产量均较本研究低,这可能是因为土壤盐碱程度不同导致的。

适当的刈割期是保证高品质牧草的重要因素,随着刈割期的延迟,CP 含量逐渐降低,NDF 和 ADF 含量逐渐升高,刈割期越晚,营养价值越低[20]。本研究发现,刈割期越晚,小黑麦的 DM 含量越高,各小黑麦品种在抽穗期的 CP 含量最高,随着刈割期的推后 CP 含量呈现下降趋势,而 NDF 含量呈现上升趋势,说明随着刈割期的推迟小黑麦营养品质降低。岳竞之等[18]和 DENG 等[21]研究发现,刈割期越晚,小黑麦的 NDF 含量越高。本研究结果表明,中饲 1048 和优能 2 个小黑麦品种在扬花期的 NDF 含量低于抽穗期和灌浆期,灌浆期 NDF 含量高,呈现先下降后上升的趋势。这与 GAO 等[22]在非盐碱地鲁北地区对石大 1 号小黑麦 NDF 含量的研究结果相同。但本研究发现,中饲 1048 和优能 2 个小黑麦品种在扬花期的 NDF 含量较低,这可能是由于品种不同所致。代寒凌等[23]研究表明,小黑麦品系混合材料在灌浆期的 NDF 含量为 64.42%。本研究发现,在灌浆期,中饲 1048 的 NDF 含量为 63.22%,其余品种的 NDF 含量均超过了 65%,说明中饲 1048 在灌浆期的营养价值较好,更有利于反刍动物消化吸收。

岳竞之等[24]综合生产性能、农艺性状和营养品质发现,甘农 2 号在开花期的表现最优,适宜在豫西北地区推广种植。王兆凤等[16]综合小黑麦生产性能和营养品质发现,冀饲 2 号适宜在鲁北地区非盐碱地种植,冀饲 1 号适宜在鲁北地区中轻度盐碱地种植。岳竞之等[18]综合生产性能和营养品质发现,石大 1 号适合在豫西北地区推广种植。本试验结果表明,中饲 1048 在各刈割期表现均较好,雷神和麦丰在扬花期和灌浆期表现较好,与农艺性状和生产性能等指标较为吻合。

4 结 论

中饲 1048 在各刈割期的株高均最高,麦丰次之,雷神在扬花期和灌浆期仅次于麦丰。中饲 1048 的茎占比在各刈割期均较高,叶占比、穗占比和叶茎比低于其他品种,雷神和麦丰的茎占比在各刈割期均较低,叶占比、穗占比和叶茎比均较高。中饲 1048 和雷神 2 个品种在抽穗期的干草产量较高,麦丰和优能 2 个品种在扬花期的干草产量较高,普瑞、雷神和麦丰 3 个品种在灌浆期的干草产量较高。中饲 1048 在灌浆期的干物质含量较高,雷神和麦丰在扬花期的中性洗涤纤维含量无显著差异,但显著高于中饲 1048、优能和普瑞。综合农艺性状、生产性能和营养品质,中饲 1048 在各刈割期表现均较好,雷神和麦丰 3 个品种在扬花期和灌浆期表现均较好。

[参考文献]

[1] ZILLINSKY F J. The development of triticale[J]. Advances in Agronomy,1974,26:315-348.

[2] 何江峰,赵萌莉,郑轶慧,等. 小黑麦的饲用特性及其在草地生态中的应用前景[J]. 中国草地学报,2012,34(1):101-107.
HE J F,ZHAO M L,ZHENG Y H,et al. Forage characteristics and application perspective of triticale in grassland ecology [J]. Chinese Journal of Grassland,2012,34(1):101-107.

[3] 宋谦,田新会,杜文华. 甘肃省高寒牧区小黑麦新品系的生产性能[J]. 草业科学,2016,33(7):1367-1374.
SONG Q,TIAN X H,DU W H. Studies on production performance of new triticale lines in alpine pastoral areas of Gansu [J]. Pratacultural Science,2016,33(7):1367-1374.

[4] FACCINI N,MORCIA C,TERZI V,et al. Triticale in Italy [N]. Biology,2023,12(10):1308.

[5] 张林萍. 将饲用小黑麦纳入国家粮改饲项目补贴,与青贮玉米倒茬轮作[N]. 中国畜牧兽医报,2024-03-10(1).
ZHANG L P. Incorporate triticale for feed into the national grain to feed project subsidy and rotate it with silage corn in reverse[N]. Chinese Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine,2024-03-10(1).

[6] 张进红,刘名江,吴波,等. 50 个紫花苜蓿品种在黄河三角洲盐碱地区的生产性能评价[J]. 农学学报,2019,9(2):64-71.
ZHANG J H,LIU M J,WU B,et al. 50 alfalfa varieties in saline areas of the Yellow River Delta:production performance evaluation[J]. Journal of Agriculture,2019,9(2):64-71.

[7] 刘彦培,薛世明,蔡明,等. 迪庆高海拔高寒地区秋播小黑麦引种试验[J]. 草业科学,2021,38(10):2029-2040.
LIU Y P,XUE S M,CAI M,et al. Introduction of autumn-sown triticale in high-elevation and alpine regions of Diqing[J]. Pratacultural Science,2021,38(10):2029-2040.

[8] 贾龙,王敬宽,王艳,等. 刈割期及青贮时长对饲草青贮品质的影响[J]. 山东农业科学,2021,53(3):116-121.
JIA L,WANG J K,WANG Y,et al. Effects of mowing period and silage duration on quality of forage silage[J]. Shandong Agricultural Sciences,2021,53(3):116-121.

[9] 孙亮,龙忠富,张瑜,等. 黔饲 1 号小黑麦适宜刈割次数及刈割期研究[J]. 贵州畜牧兽医,2016,40(4):57-62.
SUN L,LONG Z F,ZHANG Y,et al. Study on cutting periods and cutting frequency of triticale Qiansi No. 1[J]. Guizhou

Journal of Animal Husbandry & Veterinary Medicine，2016，40(4)：57-62.

[10] 赵雅姣，田新会，杜文华. 饲草型小黑麦在定西地区的最佳刈割期[J]. 草业科学，2015，32(7)：1143-1149.
ZHAO Y J，TIAN X H，DU W H. Studies on the optimal cutting period of forage triticale in Dingxi area[J]. Pratacultural Science，2015，32(7)：1143-1149.

[11] 蒙正兵，张瑜，龙忠富，等. 不同收获期对饲用小黑麦青干草及青贮品质的影响[J]. 贵州农业科学，2017，45(1)：95-98.
MENG Z B，ZHANG Y，LONG Z F，et al. Effects of different harvest time on triticale green hay and silage quality[J]. Guizhou Agricultural Sciences，2017，45(1)：95-98.

[12] 任昱鑫，代寒凌，田新会，等. 添加剂对甘肃省高寒牧区不同刈割期小黑麦青贮饲料营养品质和青贮品质的影响[J]. 草业学报，2020，29(3)：197-206.
REN Y X，DAI H L，TIAN X H，et al. Effects of different additives and cutting dates on nutritional and silage fermentation quality of triticale silage in an alpine pastoral area of Gansu Province[J]. Acta Prataculturae Sinica，2020，29(3)：197-206.

[13] VAN SOEST P J，ROBERTSON J B，LEWIS B A. Methods for dietary fiber，neutral detergent fiber，and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition[J]. Journal of Dairy Science，1991，74(10)：3583-3597.

[14] 黄杰，金茜，杨发荣，等. 甘肃高寒区 11 个小黑麦品种(系)产量与主要农艺性状的通径分析[J]. 饲料研究，2024，47(12)：128-133.
HUANG J，JIN Q，YANG F R，et al. Path analysis of yield and major agronomic traits in 11 triticale varieties (lines) in high-altitude cold region of Gansu Province[J]. Feed Research，2024，47(12)：128-133.

[15] 明雪花，王斌，王腾飞，等. 氮肥对饲用小黑麦生产性能及营养品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版)，2024，52(8)：27-35.
MING X H，WANG B，WANG T F，et al. Effects of nitrogen fertilizer on production performance and nutritional quality of forage triticale[J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition)，2024，52(8)：27-35.

[16] 王兆凤，柏杉杉，姜彩霞，等. 鲁北地区饲用小黑麦不同品种生产性能比较研究[J]. 山东农业科学，2020，52(8)：36-40.
WANG Z F，BAI S S，JIANG C X，et al. Study on forage production performance of different triticale varieties in Northern Shandong[J]. Shandong Agricultural Sciences，2020，52(8)：36-40.

[17] 王敏，宋谦，杜文华. 陇东旱塬区饲用小黑麦品系形态特征和草产量对干旱的响应[J]. 西北农业学报，2024，33(8)：1424-1435.
WANG M，SONG Q，DU W H. Morphological characteristics and forage yield of triticale lines in response to drought in Longdong rainfed plateau area[J]. Acta Agriculture Boreali-Occidentalis Sinica，2024，33(8)：1424-1435.

[18] 岳竞之，孙迷平，牛小沛，等. 刈割期对豫西北地区小黑麦草产量和营养品质的影响[J]. 饲料研究，2024，47(15)：112-118.
YUE J Z，SUN M P，NIU X P，et al. Effects of harvesting period on forage yield and nutritional quality of triticale in northwestern He'nan Province[J]. Feed Research，2024，47(15)：112-118.

[19] 马霞，王斌，王腾飞，等. 宁夏盐碱地饲用小黑麦品种(系)生产性能及营养品质综合评价[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版)，2024，52(9)：19-29.
MA X，WANG B，WANG T F，et al. Comprehensive evaluation of production performance and nutritional quality of forage triticale varieties (lines) in saline alkali land of Ningxia[J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition)，2024，52(9)：19-29.

[20] MAXIN G，ANDUEZA D，LE MORVAN A，et al. Effect of intercropping vetch (*Vicia sativa* L.)，field pea (*Pisum sativum* L.) and triticale (×*Triticosecale*) on dry-matter yield，nutritive and ensiling characteristics when harvested at two growth stages[J]. Grass and Forage Science，2017，72(4)：777-784.

[21] DENG X C，JIA Y S，GE G T，et al. Microbiomics and volatile metabolomics-based investigation of changes in quality and flavor of oat (*Avena sativa* L.) silage at different stages[J]. Frontiers in Plant Science，2023，14：1278715.

[22] GAO R，LIU Y，WU B，et al. Effect of harvest maturity and *Lactiplantibacillus plantarum* inoculant on dynamics of fermentation characteristics and bacterial and fungal community of triticale silage[J]. Agriculture，2024，14(10)：1707.

[23] 代寒凌，田新会，杜文华，等. 不同添加剂处理对小黑麦和黑麦青贮营养品质和发酵品质的影响[J]. 草业学报，2019，28(12)：211-219.
DAI H L，TIAN X H，DU W H，et al. Effects of silage additives on nutritional quality and silage quality of triticale and rye[J]. Acta Prataculturae Sinica，2019，28(12)：211-219.

[24] 岳竞之，孙迷平，陈丽，等. 豫西北地区小黑麦生产性能和营养品质的研究[J]. 饲料研究，2024，47(17)：144-149.
YUE J Z，SUN M P，CHEN L，et al. Study on production performance and nutritional quality of triticale cultivars in northwest Henan region[J]. Feed Research，2024，47(17)：144-149.

(责任编辑：屈李纯)