

不同生育期刈割对豫北小黑麦草产量、品质和青贮发酵质量的影响

桑瑞娟¹ 董春阳¹ 张红妹¹ 何云² 孙浩^{1,3,4}
刘伯帅^{1,3,4} 朱晓艳^{1,3,4} 马森^{1,3,4} 李德锋^{1,3,4}

¹河南农业大学动物科技学院, 450046, 河南郑州; ²河南科技学院动物科学学院, 453003, 河南新乡;
³河南省饲草资源创新与利用重点实验室, 450046, 河南郑州; ⁴河南省牧草工程技术研究中心, 450046, 河南郑州)

摘要 为明确豫北地区小黑麦优质高产且适宜青贮的刈割期, 以“优能”和“雷神”2个小黑麦品种为试验材料, 设置抽穗期、开花期、灌浆期和乳熟期4个刈割期, 测定干物质产量、营养品质及青贮发酵质量等指标。结果表明, 干物质产量从抽穗期至乳熟期呈逐渐升高的趋势, 优能和雷神均在乳熟期达到峰值, 分别为15.64和16.67 t/hm²; 随着刈割期推迟, 含水量、粗蛋白及粗灰分含量逐渐降低, 中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量先升后降, 其中抽穗期营养品质最佳; 各刈割期青贮料的pH为4.05~4.50, 乳酸含量为2.11%~4.00%, 均未检测出丁酸。优能在开花期至灌浆期、雷神在抽穗期至灌浆期进行刈割, 其青贮发酵质量较好。综上, 优能和雷神分别适宜在开花期和抽穗期刈割, 此时二者干物质产量较高, 营养品质与青贮发酵质量俱佳。

关键词 小黑麦; 刈割期; 产量; 营养品质; 发酵质量

小黑麦(*Triticosecale* Wittm.)作为小麦属(*Triticum* spp.)与黑麦属(*Secale cereale* L.)通过属间有性杂交并结合染色体工程培育而成的新物种, 兼具小麦与黑麦的优良特性, 具备产量高和抗逆性强等优势^[1]。其利用方式灵活多样, 可用于青刈、调制干草及青贮等, 是极具发展潜力的优质饲草^[2]。河南省牛羊养殖规模庞大, 对优质饲草的需求极为旺盛。在河南省种植小黑麦是解决优质饲草短缺问题、实现节本增效的有效途径。刈割期对小黑麦的产量与品质影响较大^[3-4], 小黑麦生长发育过程中光合产物积累量逐渐增加, 刈割时间越晚则产量越高, 但品质会降低。目前, 针对小黑麦最佳刈割期的研究发现, 中饲1048、石大1号和甘农2号在河南济源地区于抽穗期刈割^[5]; 中饲1048和冀饲2号在湖南地区于灌浆期刈割^[1]; 11个小黑麦新品系在甘肃定西地区于开花期刈割时, 均能获得最佳干草产量与品质^[2]。受区域气候条件和种植品种差异等因素影响, 各地区小黑麦实现高产优质的最佳刈割期并不统一。因此, 各地区在种植小黑麦时需对刈割期进行研究。

在河南省, 小黑麦通常于4月抽穗、5月刈割, 而此阶段易突发降雨^[6], 给调制干草带来风

险。青贮方式可避免天气因素的干扰, 还能有效减少营养损失^[7]。青贮发酵质量受刈割期影响显著, 在抽穗期刈割时, 若小黑麦含水量较高则会减缓乳酸菌发酵进程和pH下降速度^[8]。王增远等^[9]认为于开花期进行青贮, 其发酵质量最佳; 贾龙等^[10]则提出灌浆期—乳熟期为最佳刈割期; 还有学者^[11]认为蜡熟期刈割能够制成发酵质量较好的青贮饲料。目前, 关于刈割期对豫北地区小黑麦青贮发酵质量影响的研究鲜见报道。基于此, 本研究以“优能”和“雷神”2个小黑麦品种为研究对象, 设置抽穗期、开花期、灌浆期和乳熟期4个刈割期, 研究刈割期对小黑麦干物质产量、营养品质以及青贮发酵质量等指标的影响, 旨在明确小黑麦在豫北地区的适宜刈割期, 为河南省小黑麦的优质高产栽培提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

于2020年10月至2021年6月在河南农业大学原阳牧草基地(35.11°N, 113.96°E)进行试验。该地区年均气温约15℃, 全年极端低温(-14~-8℃)出现在12月至次年2月, 年均无霜期

作者简介: 桑瑞娟, 主要从事饲草生产与利用研究, E-mail: sang0950@163.com

李德锋为通信作者, 主要从事饲草生产与利用研究, E-mail: Leadephone@126.com; 马森为共同通信作者, 主要从事饲草生产与利用研究, E-mail: ms0321021@163.com

基金项目: 财政部和农业农村部国家现代农业产业技术体系(CARS-34)

收稿日期: 2024-08-28; 修回日期: 2024-09-26; 网络出版日期: 2025-03-14

225 d, 年降水量 550 mm 以上。该试验基地土壤类型为壤土, 土壤基本理化性质为有机质 15.35 g/kg、

速效钾 105.08 mg/kg、速效磷 18.83 mg/kg、碱解氮 73.65 mg/kg、pH 7.2。试验期间气温见图 1。

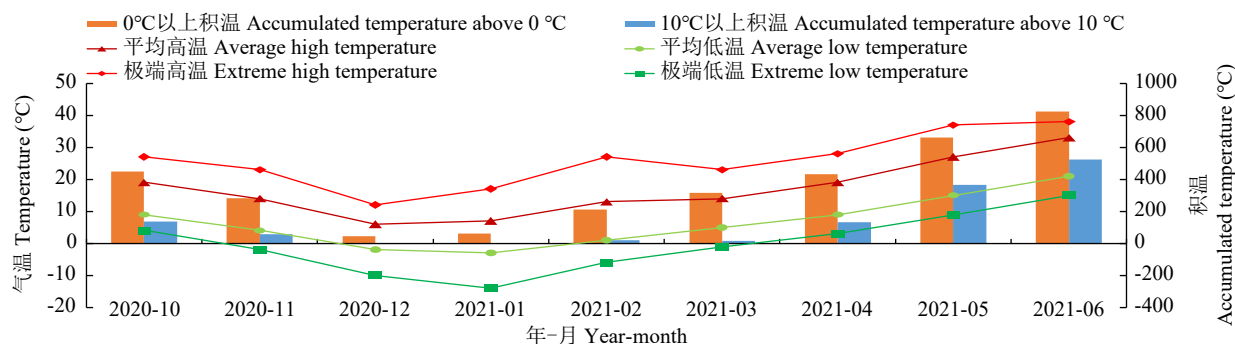


图 1 2020 年 10 月至 2021 年 6 月试验地气温与积温

Fig.1 Temperature and accumulated temperature at the test site from October 2020 to June 2021

1.2 试验设计

供试材料为“优能”和“雷神”2 个小黑麦品种, 由北京正道种业有限公司提供。设置抽穗期、开花期、灌浆期(花后 7 d)和乳熟期(花后 14 d)4 个生育期进行刈割, 刈割时间记载标准为 50%植株进入该生育时期的日期。2 个品种均于 2020 年 10 月 24 日播种, 采用完全随机区组排列, 4 个重复, 共 32 个小区, 小区面积 30 m² (3 m×10 m), 条播, 行距 20 cm, 播种量 150 kg/hm², 播种深度 3~5 cm。播前施氮磷钾复合肥(N:P₂O₅:K₂O=15%:15%:15%) 450 kg/hm²作为底肥, 于拔节期追施尿素 150 kg/hm²。于 12 月上旬、拔节期和孕穗期灌溉。按设置的生育期进行刈割与测产, 刈割后的小黑麦不经晾晒直接用铡草机切碎, 长度 2~3 cm, 采用真空袋青贮, 每袋 2.0 kg。

1.3 测定指标与方法

于 2020 年 11 月 29 日(初霜期), 每小区随机选其中 1 行标记 1 m, 测定苗数 M_1 ; 于 2021 年 3 月 5 日(返青期), 挖出标记的小黑麦测定成活的苗数 M_2 , 计算越冬率(N): $N(\%) = (M_2/M_1) \times 100$ 。分别于初霜期和返青期在每小区避开边缘随机挖取 20 株小黑麦, 测定每株分蘖数, 计算平均值。按设置的生育期刈割, 每小区随机选取 4 m² (5 行, 4 m 长) 样方, 留茬 5 cm 刈割, 称量鲜重(鲜草产量), 取 1 kg 左右鲜草样, 于实验室 105 °C 杀青后, 65 °C 烘干至恒重, 称量干重并留样, 用于测定营养指标, 计算干鲜比, 折算干物质产量。计算青贮含水量: 青贮含水量(%) = (鲜草产量-干物质产量)/鲜草产量×100。同时, 每个小区随机选择 20 个有效穗, 测量植株绝对高度为株高。

上述烘干的草样粉碎后, 采用近红外检测方法^[12]测定粗蛋白(crude protein, CP)、粗灰分(crude ash, CA)、中性洗涤纤维(neutral detergent fiber, NDF)和酸性洗涤纤维(acid detergent fiber, ADF)含量, 计算相对牧草质量(relative forage quality, RFQ)^[13-14]: $RFQ = 1.9499 \times \{ [(120/NDF) \times (88.9 - 0.779 \times ADF)] / 1.29 \} - 67.03$ 。青贮 60 d 后开封, 测定 pH 值, 采用液相色谱法^[15]测定有机酸(乳酸、乙酸、丙酸和丁酸)含量。

1.4 数据处理

采用 SPSS 26.0 软件进行单因素方差分析, 对差异显著的指标进行邓肯多重比较, 对各营养指标和青贮发酵指标进行主成分分析, 并计算主成分得分。采用灰色关联度分析法对干物质产量、营养品质和青贮发酵质量进行综合评价^[16]。

2 结果与分析

2.1 2 个小黑麦品种的越冬和分蘖情况

优能和雷神的越冬率分别为 67.0%和 84.6%, 雷神显著高于优能。优能和雷神越冬前分蘖数分别为 3.1 和 3.2, 二者无显著差异; 越冬后分蘖数分别增加至 5.8 和 8.6, 雷神显著高于优能(表 1)。

表 1 不同小黑麦品种的分蘖数与越冬率
Table 1 The tiller number and winter survival rate of different triticale varieties

品种 Variety	分蘖数 Tiller number		越冬率 Winter survival rate (%)
	越冬前 Before winter	越冬后 After winter	
优能 Youneng	3.1±0.2c	5.8±0.6b	67.0±2.2b
雷神 Leishen	3.2±0.4c	8.6±1.7a	84.6±9.1a

不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。下同
Different lowercase letters indicate significant difference ($P < 0.05$). The same below.

2.2 不同刈割期小黑麦的农艺性状、草产量和营养品质

2 个小黑麦品种的株高和干物质产量均随刈割期推迟逐渐升高，于乳熟期达到最高，此时优能和

雷神的株高分别为 1.32 和 1.58 m，干物质产量分别为 15.64 和 16.67 t/hm²，雷神显著高于优能（表 2）。优能和雷神从播种至乳熟期的生育期天数分别为 209 和 216 d，雷神相对晚熟。

表 2 不同刈割期小黑麦的农艺性状和草产量
Table 2 Agronomic traits and forage yield of triticale in different mowing periods

品种 Variety	刈割期 Mowing period	刈割时间 Mowing time	株高 Plant height (m)	鲜草产量 Fresh forage yield (t/hm ²)	干物质产量 Dry matter yield (t/hm ²)	干鲜比 Dry to fresh ratio
优能 Youneng	抽穗期	4 月 24 日	0.97±0.06c	42.30±1.58cd	6.39±0.24f	0.15±0.00e
	开花期	5 月 4 日	1.27±0.02b	45.00±1.06bc	10.48±0.25e	0.23±0.01d
	灌浆期	5 月 11 日	1.32±0.02b	41.25±1.77d	11.76±0.50d	0.29±0.02c
	乳熟期	5 月 18 日	1.32±0.03b	44.67±1.41bcd	15.64±0.49b	0.35±0.01a
雷神 Leishen	抽穗期	5 月 1 日	1.32±0.03b	55.60±1.48a	12.19±0.33d	0.22±0.01d
	开花期	5 月 11 日	1.51±0.03a	46.75±1.77b	13.20±0.50c	0.28±0.00c
	灌浆期	5 月 18 日	1.57±0.04a	46.36±0.27b	14.88±0.09b	0.32±0.01b
	乳熟期	5 月 26 日	1.58±0.03a	45.06±0.38b	16.67±0.07a	0.37±0.02a

随刈割期推迟，2 个品种的 CP 含量逐渐降低，NDF 和 ADF 含量先升高后降低。优能的 RFQ 从高到低依次为：抽穗期>开花期>乳熟期>灌浆期；雷神依次为：抽穗期>乳熟期>灌浆期>开花期（表 3）。对营养品质指标进行主成分分析，提取出 2 个主成

分，ADF、NDF 和 RFQ 对主成分得分的影响较大（表 4），抽穗期的营养品质主成分得分最高。对各生育期小黑麦进行干草质量分级，优能抽穗期至乳熟期分别为一级、二级、三级和三级；雷神抽穗期至乳熟期分别为一级、三级、二级和二级。

表 3 不同刈割期小黑麦的营养成分含量和主成分得分
Table 3 Nutrient content and principal component scores of triticale in different mowing periods

品种 Variety	刈割期 Mowing period	粗蛋白 CP (%)	粗灰分 CA (%)	中性洗涤纤维 NDF (%)	酸性洗涤纤维 ADF (%)	相对牧草质量 RFQ (%)	主成分得分 Principal component score	分级 Grade
优能 Youneng	抽穗期	15.76±0.34a	11.08±0.11ab	51.63±0.88d	39.51±0.72b	137.16±0.38a	2.46	一级
	开花期	11.70±0.11c	13.01±0.63a	56.10±1.08c	42.18±0.70b	114.17±3.42b	1.25	二级
	灌浆期	11.63±0.38c	11.36±0.64ab	60.47±0.20a	45.93±0.26a	92.31±3.11c	0.17	三级
	乳熟期	9.55±0.26d	10.37±0.35b	58.53±0.39ab	41.63±0.03b	107.97±0.59b	0.81	三级
雷神 Leishen	抽穗期	13.07±1.07b	13.35±1.54a	53.45±0.61d	40.67±1.10b	127.14±2.18a	1.85	一级
	开花期	11.93±0.47bc	11.81±1.16ab	59.21±1.50ab	45.22±2.00a	97.39±4.39c	0.43	三级
	灌浆期	10.22±0.42d	10.97±1.51ab	57.65±0.63bc	42.29±1.71b	109.03±8.94b	0.83	二级
	乳熟期	8.79±0.53e	10.38±1.32b	55.01±0.20c	41.99±1.55b	118.25±3.23ab	1.18	二级

表 4 小黑麦各营养指标的主成分分析
Table 4 Principal component analysis of nutritional indexes of triticale

指标 Index	主成分 Principal component	
	PC1	PC2
酸性洗涤纤维 ADF	0.956	-0.030
中性洗涤纤维 NDF	0.953	0.235
相对牧草质量 RFQ	0.950	0.293
粗蛋白 CP	0.446	0.716
粗灰分 CA	0.020	-0.914
累计方差贡献率 Cumulative variance contribution rate (%)	58.474	29.804

2.3 不同刈割期小黑麦的青贮发酵质量

随刈割期推迟，优能和雷神的青贮含水量分别

由 88.2%和 75.6%逐渐降低为 71.4%和 64.4%。优能各生育期刈割后的青贮饲料 pH 和乳酸含量差异不显著，乙酸含量在 0.74%~1.45%，抽穗期检测出丙酸，各生育期未检测到丁酸。雷神各生育期刈割后的青贮饲料 pH 和乳酸含量分别为 4.05~4.50 和 2.11%~3.78%，各刈割期乙酸含量差异不显著，灌浆期和乳熟期的丙酸含量分别为 0.13%和 0.15%，各生育期未检测到丁酸（表 5）。对 pH 和有机酸含量进行主成分分析，发现优能和雷神分别于开花期和抽穗期青贮发酵质量较好。

2.4 不同刈割期小黑麦的综合评价

采用灰色关联度分析法进行综合评价（表 6，表 7），对各指标的加权关联度进行排序，关联度

表 5 不同刈割期小黑麦的青贮含水量、pH 和有机酸含量
Table 5 Silage moisture content, pH and organic acid content of triticale in different mowing periods

品种 Variety	刈割期 Mowing period	青贮含水量 Silage moisture content (%)	pH	有机酸含量 Organic acid content (%)				主成分得分 Principal component score
				乳酸 Lactic acid	乙酸 Acetic acid	丙酸 Propanoic acid	丁酸 Butyric acid	
优能 Youneng	抽穗期	88.2	4.20±0.28b	4.00±1.20a	1.45±0.21a	0.49±0.69a	—	0.89
	开花期	76.2	4.10±0.00b	3.94±0.19a	1.06±0.22abc	—	—	1.50
	灌浆期	74.6	4.15±0.00b	3.88±0.09a	1.12±0.03ab	—	—	1.41
	乳熟期	71.4	4.30±0.00ab	3.74±0.37a	0.74±0.14bcd	—	—	1.18
雷神 Leishen	抽穗期	75.6	4.05±0.07b	3.78±0.58a	0.55±0.08cd	—	—	1.52
	开花期	70.5	4.20±0.00b	3.43±0.26a	0.48±0.11d	—	—	1.23
	灌浆期	66.0	4.20±0.00b	3.18±0.63ab	0.83±0.17bcd	0.13±0.00a	—	1.04
	乳熟期	64.4	4.50±0.14a	2.11±0.41b	0.41±0.02d	0.15±0.06a	—	0.35

表 6 不同刈割期小黑麦的关联系数值和加权关联度
Table 6 Correlation coefficient value and weighted relevance degree of triticale in different mowing periods

品种 Variety	刈割期 Mowing period	干物质产量 Dry matter yield	营养品质 Nutritional quality	发酵质量 Fermentation quality	加权关联度 Weighted relevance degree	排序 Sort
优能 Youneng	抽穗期	0.333	1.000	0.478	1.558	4
	开花期	0.454	0.486	0.967	1.785	1
	灌浆期	0.511	0.333	0.842	1.593	3
	乳熟期	0.833	0.410	0.632	1.730	2
雷神 Leishen	抽穗期	0.534	0.652	1.000	1.989	1
	开花期	0.597	0.361	0.835	1.685	2
	灌浆期	0.742	0.413	0.549	1.562	4
	乳熟期	1.000	0.472	0.333	1.621	3

表 7 小黑麦各指标的等权关联度和权重系数
Table 7 Equal-weight correlation degree and weight coefficient of indexes of triticale

项目 Item	干物质产量 Dry matter yield	营养品质 Nutritional quality	青贮发酵质量 Silage fermentation quality
等权关联度 Equal weight correlation degree	0.209	0.172	0.235
权重系数 Weight coefficient	0.919	0.758	1.035

越大说明与最优指标的相似度越高。优能开花期综合表现最优，其次为乳熟期；雷神抽穗期表现最优，其次为开花期。

3 讨论

小黑麦青贮收获需兼顾优质高产与良好的发酵质量。本试验发现，随刈割期推迟 2 个小黑麦品种的干物质产量均呈逐渐升高趋势，与前人^[17-18]研究结果类似。在牧草生长发育过程中，产量与品质呈相反变化趋势，品质随生育进程推进而逐渐降低^[19]。因此，要实现高产与优质的平衡，需选择适宜的刈割期^[20]。目前，国内外针对小黑麦最佳刈割期开展了大量研究^[21-23]，但由于品种、区域和气候等存在差异，最佳刈割期并无统一标准。本试验表明，随着刈割期推迟，小黑麦的 CP 含量逐渐降低，ADF 和 NDF 含量先升高后降低，且 2 个品种

均在抽穗期刈割时营养品质最佳。综合产量和品质因素，本研究发现优能在开花期、雷神在抽穗期刈割可实现优质高产。鉴于河南济源地区 2019 年和 2021 年的气候条件与本试验地相似，其研究结果^[5,24]显示小黑麦产量和品质的最佳刈割期为抽穗期至开花期，表明河南省气候条件相近地区种植小黑麦的最佳刈割期较为一致。

不同生育期小黑麦含水量差异较大^[10]，而含水量是影响青贮发酵的重要因素之一^[25]。有学者^[26-27]认为，抽穗期含水量过高，青贮过程中易导致养分流失；乳熟期接近蜡熟期时的含水量适宜青贮，若刈割过晚、含水量过低，则会抑制乳酸菌生长^[28-30]。乳酸含量通常越高越好，因其能快速降低 pH，抑制好氧菌和霉菌生长，减少养分损失。

本试验中，小黑麦含水量在 64.4%~88.2%，青贮时均未出现腐烂现象；在抽穗期至灌浆期，乳酸

含量较高，pH 显著低于乳熟期。乙酸可抑制真菌繁殖，减少开窖后的二次发酵，但含量过高会影响适口性，一般可接受的乙酸含量低于 2%^[31]。本试验中，乙酸含量占干物质的 0.41%~1.45%，符合优质青贮标准。此外，优质青贮饲料一般要求不含丁酸或其含量较低 (<0.1%)^[32]，本试验未检测到丁酸。综合各生育期的含水量和 pH 等因素，优能在开花期至灌浆期、雷神在抽穗期至灌浆期进行刈割，青贮效果更佳。

在实际生产中，小黑麦的干物质产量、营养品质与青贮发酵质量难以同时达到最优状态^[33]。为此，本试验采用灰色关联度法，对小黑麦不同刈割期的干草产量、营养品质及青贮发酵品质展开综合评价。结果显示，优能在开花期、雷神在抽穗期进行刈割表现较佳，此时二者青贮产量分别达 45.06 和 55.60 t/hm²，高于宁夏^[34]和四川^[35]等地的产量，展现出较大的饲草生产潜力。小黑麦具备较强的抗寒性，河南省冬季气候寒冷，2021 年 1 月曾出现 -14℃ 的极端低温，但 2 个品种均能安全越冬，表明其可适应本地区的气候与土壤条件。小黑麦在低温环境下仍可生长，能有效利用初冬和早春的光热资源^[36-37]。并且，2 个品种均在 5 月上旬刈割，收获时间较早，有利于接茬种植花生和晚熟型玉米等其他作物，可在实现一年两熟的同时提高土地利用率，增加河南省优质饲草的供应量。

4 结论

随刈割期推迟，小黑麦干物质产量逐渐增加，含水量和营养品质逐渐降低；优能在开花期至灌浆期、雷神在抽穗期至灌浆期刈割的青贮发酵质量较好。综合认为，优能在开花期、雷神在抽穗期刈割的干物质产量较高，营养品质和青贮发酵质量较好。

参考文献

- [1] 何鹏亮, 汪娅梅, 揭红东, 等. 不同刈割期对饲用小黑麦草产量和营养品质的影响. 草地学报, 2021, 29(11): 2609-2614.
- [2] 侯云鹏, 张明, 文殷花, 等. 甘肃中部干旱半干旱区小黑麦饲用价值评价. 寒旱农业科学, 2023, 2(8): 727-730.
- [3] 周磊, 王璐, 赵宝平, 等. 北方农牧交错区不同播期和刈割期对燕麦饲草产量和品质的影响. 草地学报, 2021, 29(10): 2355-2363.
- [4] 陈丽雪, 张继宗, 李会彬, 等. 河北坝上地区 4 个燕麦品种饲草产量和品质对不同刈割期的响应. 山西农业科学, 2022, 50(8): 1204-1208.
- [5] 孙迷平, 肖兴中, 岳竞之, 等. 饲用小黑麦在济源地区的刈割期及刈割次数研究. 中国种业, 2021(2): 63-66.
- [6] 李凤秀, 姬兴杰. 1961~2018 年河南省暴雨初终日数和暴雨日数的时空变化规律分析. 长江流域资源与环境, 2019, 28(10): 2527-2538.
- [7] 张兰, 马淑梅, 宋谦, 等. 品系和青贮时长对小黑麦青贮饲料营养成分及发酵品质的影响. 黑龙江畜牧兽医, 2023(10): 102-108.
- [8] 刘秦华, 张建国, 卢小良. 乳酸菌添加剂对王草青贮发酵品质及有氧稳定性的影响. 草业学报, 2009, 18(4): 131-137.
- [9] 王增远, 孙元枢, 陈秀珍, 等. 优质饲草小黑麦与其产业化生产优势//2003 中国作物学会学术年会文集. 北京: 中国作物学会, 2003.
- [10] 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. 山东农业科学, 2021, 53(3): 116-121.
- [11] Khorasani G R, Okine E K, Kennelly J J, et al. Effect of whole crop cereal grain silage substituted for alfalfa silage on performance of lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 1993, 76(11): 3536-3546.
- [12] Rohweder D A, Barnes R F, Jorgensen N A. Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. Journal of Animal Science, 1978, 47(3): 747-759.
- [13] 郭帅, 夏雪岩, 崔纪菡, 等. 不同品种夏播饲用谷子生产性能与营养品质的关联分析及评价. 中国草地学报, 2021, 43(9): 60-70.
- [14] 李志强. 燕麦干草质量评价. 中国奶牛, 2013, 1(9): 1-3.
- [15] 覃方铨, 赵桂琴, 焦婷, 等. 含水量及添加剂对燕麦捆裹青贮品质的影响. 草业学报, 2014, 23(6): 119-125.
- [16] 郑敏娜, 李荫藩, 梁秀芝, 等. 晋北地区引种苜蓿品种的灰色关联度分析与综合评价. 草地学报, 2014, 22(3): 631-637.
- [17] 朱昊, 张荟荟, 张学洲, 等. 新疆昌吉 15 个引进饲用燕麦品种的生产性能综合评价. 草地学报, 2024, 32(7): 2151-2157.
- [18] 张仲鹏, 郝曦煜, 李峰, 等. 黑龙江中南部不同品种和刈割时期对燕麦饲草产量和品质的影响. 草业科学, 2024, 41(12): 2928-2938.
- [19] 游永亮, 赵海明, 李源, 等. 饲用麦类作物的生物量积累和营养品质动态变化规律. 草业学报, 2022, 31(6): 189-201.
- [20] 李诚, 艾尼瓦尔·哈德尔, 孔广超, 等. 不同饲用小黑麦品种在最佳收草期研究. 石河子大学学报(自然科学版), 2006, 24(4): 406-409.
- [21] 李奇铮. 播期和刈割时期对饲用小黑麦生产性能和营养价值的研究. 银川: 宁夏大学, 2023.
- [22] 孙元枢. 第 3 届国际小黑麦会议. 世界农业, 1995(6): 54-56.
- [23] 宋慧欣, 许永新, 王崇旺. 饲草小黑麦干草生产适宜割、晒期研究. 作物杂志, 2003(6): 29-31.
- [24] 岳竞之, 孙迷平, 牛小沛, 等. 刈割时期对豫西北地区小黑麦草产量和营养品质的影响. 饲料研究, 2024, 47(15): 112-118.
- [25] 段娜宁, 王伟, 魏希杰, 等. 不同处理方式对高寒地区燕麦青贮乳酸菌数量及 pH 值的影响. 青海畜牧兽医杂志, 2021, 51(6): 37-45.
- [26] 赵世锋, 田长叶, 陈淑萍, 等. 草用燕麦品种适宜刈割期的确定. 华北农学报, 2005, 20: 132-134.
- [27] Gomes A L M, Jacovaci F A, Bolson D C, et al. Effects of light wilting and heterolactic inoculant on the formation of volatile organic compounds, fermentative losses and aerobic stability of oat silage. Animal Feed Science and Technology, 2019, 247: 194-198.
- [28] Günter P, Muck R E, Driehuis F, et al. Silage science and technology. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America,

- 2003.
- [29] Troller J A, Christian J H B. Water activity and food. New York: Academic Press, 1978.
- [30] 万里强, 李向林, 张新平, 等. 苜蓿含水量与添加剂组分浓度对青贮效果的影响研究. 草业学报, 2007, 16(2): 40-45.
- [31] 马旭光, 刘晶晶, 郑泽慧, 等. 乙酸和乳酸对玉米秸秆青贮料有氧稳定性和甲烷产率的影响. 中国农业大学学报, 2015, 20(1): 44-52.
- [32] 曹晓娟, 武俊英, 李文旭, 等. 不同添加剂对青贮燕麦发酵品质 and 营养成分的影响. 中国饲料, 2022(21): 60-65.
- [33] 刘晶, 宋谦, 田新会, 等. 基于隶属函数法和 GGE 双标图的饲草型小黑麦种质适应性评价. 草业学报, 2018, 27(5): 85-96.
- [34] 李满有, 朱保侠, 赵延军, 等. 宁南山区 6 个小黑麦品种适应性评价研究. 南方农机, 2024, 55(6): 42-45.
- [35] 柳茜, 卢寰宗, 乔雪峰, 等. 凉山安宁河流域冬闲田种植饲用燕麦与饲用小黑麦生产性能比较. 中国奶牛, 2023(12): 53-55.
- [36] 王晓春, 张瑞, 沈建荣, 等. 小黑麦品种“晋饲草 1 号”在宁夏灌区的引进评价. 宁夏农林科技, 2021, 62(9): 15-17, 29, 85.
- [37] 王珊珊, 谷海涛, 谢慧芳, 等. 113 份饲草型六倍体小黑麦种质饲草产量与品质性状的评价. 草业学报, 2023, 32(1): 192-202.

Effects of Mowing at Different Growth Stages on Forage Yield, Quality and Silage Fermentation Quality of Triticale in Northern Henan Province

Sang Ruijuan¹, Dong Chunyang¹, Zhang Hongmei¹, He Yun², Sun Hao^{1,3,4},
Liu Boshuai^{1,3,4}, Zhu Xiaoyan^{1,3,4}, Ma Sen^{1,3,4}, Li Defeng^{1,3,4}

¹College of Animal Science and Technology, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450046, Henan, China;

²College of Animal Science, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, Henan, China;

³Henan Key Laboratory of Forage Resources Innovation and Utilization, Zhengzhou 450046, Henan, China;

⁴Henan Forage Engineering Technology Research Center, Zhengzhou 450046, Henan, China)

Abstract In order to screen the suitable mowing period with high forage yield, good quality and good silage fermentation quality of triticale in Northern Henan. Triticale varieties ‘Youneng’ and ‘Leishen’ were used as experimental materials, and four mowing periods were set up to determine the dry matter yield, nutritional quality and silage fermentation quality. The results showed that from the heading stage to the milk stage, the dry matter yield of triticale gradually increased, with Youneng and Leishen reaching the highest of 15.64 and 16.67 t/ha, respectively. The whole plant moisture content, crude protein and crude ash contents all decreased with the delay of mowing period, the neutral detergent fiber and acid detergent fiber contents increased first and then decreased, and the principal component analysis of nutritional indicators indicated that the nutritional quality score peaked at the heading stage. The pH of silage was 4.05-4.50, the lactic acid content was 2.11%-4.00%, with no detection of butyric acid. Youneng and Leishen had better fermentation quality when mowed from flowering to filling stage, from heading to filling stage, respectively. In summary, Youneng and Leishen are suitable for mowing at the flowering and heading stages, respectively. At these stages, both varieties achieve high dry matter yields along with excellent nutritional and silage fermentation quality.

Key words Triticale; Mowing period; Yield; Nutritional quality; Fermentation quality