

干旱缺水对陇中旱作区饲草型小黑麦 产量及营养品质的影响

侯云鹏¹, 张明¹, 文殷花¹, 权小兵¹, 王会蓉¹, 周丽娜¹, 沈慧², 张健¹

(1. 定西市农业科学研究院, 甘肃 定西 743000; 2. 甘肃省农业科学院
农业经济与信息研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 研究干旱缺水对饲草型小黑麦生物产量和营养品质的影响, 筛选出适宜陇中地区种植的高产优质抗旱小黑麦品种。以4个小黑麦品种(系)为供试材料, 分别测定正常供水和干旱缺水对小黑麦鲜草产量、干草产量和营养品质的影响。结果表明, 与正常供水处理相比, 干旱缺水显著降低小黑麦鲜草产量、干草产量、粗蛋白含量、粗脂肪含量, 降低幅度分别为25.25%~29.71%、23.82%~29.19%、23.99%~30.41%、20.42%~29.55%; 显著增加粗纤维含量、中性洗涤纤维含量、酸性洗涤纤维含量, 增加幅度分别为16.42%~22.05%、7.14%~9.95%、11.61%~16.63%, 各项指标在不同小黑麦品种(系)间差异较大。综合评价, 品种(系)3297、5全50的鲜草产量、干草产量、营养品质各项指标均表现较佳, 适宜在陇中干旱半干旱地区示范推广。

关键词: 干旱缺水; 小黑麦; 鲜草产量; 干草产量; 营养品质

中图分类号: S512.4

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2025)01-0034-05

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2025.01.006

Effects of Drought and Water Shortage on the Yield and Nutritional Quality of Forage Triticale in Longzhong Dry Farming Areas

HOU Yunpeng¹, ZHANG Ming¹, WEN Yin Hua¹, QUAN Xiaobing¹, WANG Huirong¹, ZHOU Lina¹, SHEN Hui², ZHANG Jian¹

(1. Dingxi Academy of Agricultural Sciences, Dingxi Gansu 743000, China; 2. Institute of Agricultural Economics and Information, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: The effects of drought and water shortage on the biological yield and nutritional quality of forage triticale were studied to select high yield, high quality and drought-resistant triticale varieties suitable for planting in Longzhong area. Four triticale varieties (lines) were used as experiment materials, the effects of normal water supply and drought on the fresh yield, hay yield and nutritional quality of triticale were determined, respectively. Results showed that compared with normal water supply treatment, drought and water shortage significantly decreased the yield of fresh grass, hay, crude protein content and ether extract content by 25.25% to 29.71%, 23.82% to 29.19%, 23.99% to 30.41%, and 20.42% to 29.55%, respectively. Crude fiber content, neutral detergent fiber content and acid detergent fiber content were significantly increased by 16.42% to 22.05%, 7.14% to 9.95%, and 11.61% to 16.63%, respectively. There were significant differences among different triticale varieties (lines). According to the comprehensive evaluation, varieties (lines) 3297 and 5 Quan 50 showed better performance in forage fresh yield, hay yield and nutritional quality, which was suitable for demonstration and promotion in arid and semi-arid areas of Longzhong.

Key words: Drought and water shortage; Triticale; Fresh grass yield; Hay yield; Nutritional quality

小黑麦(*Triticale* Wittmack)是由小麦和黑麦经属间有性杂交及杂种染色体加倍技术人工培育合成的新物种^[1-2]。饲草型小黑麦远源杂交优势突

出, 同时继承了双亲的优异特性, 具有根系发达、茎秆粗壮、茎叶生长繁茂、生物产量高、氨基酸种类多、蛋白质含量高、营养价值丰富、耐瘠薄、

收稿日期: 2024-09-22

基金项目: 定西市科技局重点技术攻关专项(DX2024AZ09); 甘肃省科技厅重点研发计划项目(22YF7NJ198); 甘肃省科技厅乡村振兴专项项目(24CXNJ001); 干旱气象科学研究基金项目(IAM202318)。

作者简介: 侯云鹏(1990—), 男, 甘肃渭源人, 助理研究员, 主要从事作物新品种选育及示范推广工作。Email: 1351904022@qq.com。

通信作者: 张健(1978—), 男, 甘肃定西人, 研究员, 主要从事作物新品种选育及示范推广工作。Email: zj0932@126.com。

耐盐碱、投入成本低、田间管理简易方便、抗逆性强、抗病性强、适应性广等优良特性^[3-4]。作为畜牧业可持续发展的一种新型饲料作物, 小黑麦在饲草产业应用和生态文明建设中取得了良好的经济效益和生态效益, 已受到人们的高度重视。种植饲草型小黑麦不仅能够改善土壤理化性状, 降低盐碱成分, 提高土壤肥力^[5], 还能利用冬春枯草期修复改善生态系统, 缓解冬春季节牧草供需紧张的问题^[6], 对于促进当地畜牧业可持续发展具有重要意义, 已经在甘肃陇东黄土高原区、甘南高寒牧区、陇中干旱半干旱区大面积推广种植^[7]。

水分对农作物的生长发育、产量和品质有重要的影响, 降水或适时适量灌溉是实现农作物稳产高产的重要条件^[8]。西北地区干旱发生频繁、范围广、持续时间长、旱情严重, 提高水资源利用效率显得尤为重要^[9]。甘肃中部地区全年降水量主要集中在夏季, 降水分布不均匀, 干旱少雨, 农业水资源严重匮乏^[10]。饲草型小黑麦是甘肃中部干旱半干旱地区贫瘠地、盐碱地等区域种植的优势牧草, 目前相关研究主要侧重于饲草型小黑麦在该地区的种子产量构成因素、籽粒产量、籽粒品质和适应性等方面^[11-12]。关于干旱缺水极端条件下饲草型小黑麦的相关研究报道尚少, 因此, 我们研究了干旱缺水对饲草型小黑麦鲜草产量、干草产量以及营养品质等的影响, 以期为陇中干旱半干旱地区饲草型小黑麦抗旱育种和生产示范应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于中国气象局定西干旱气象与生态环境野外试验基地 (35° 32' N、104° 37' E), 海拔 1 920 m。当地年均气温 6.7 °C, 年均降水量 350 ~ 500 mm, 年均日照时数 2 400 ~ 2 500 h, 年均无霜期 150 d 左右。试验地土壤类型为黄绵土, 耕层土壤含有机质 12.5 g/kg、有效氮 64.5 mg/kg、有效磷 25.3 mg/kg、有效钾 84.6 mg/kg, pH 7.5 ~ 7.8, 呈弱碱性。试验地地势平整, 肥力中等, 前茬作物为马铃薯。

1.2 供试品种

供试小黑麦品种(系)为 3297、5 全 50、中饲

3241、中饲 1048(CK), 均为近年定西市农业科学研究院从中国农业科学院作物科学研究所引进筛选的优良新品种(系)。

1.3 试验方法

试验采用完全随机区组排列, 自出苗期至乳熟期共设置 2 个处理, 分别为正常供水和干旱缺水处理, 重复 3 次, 小区面积 15 m² (5 m × 3 m), 每小区种植 15 行, 行距 20 cm, 小区间设 25 cm 水泥隔离带。小区安装 PC-09 型水势仪测定土壤水势, 土壤水势监测范围分别为 -30 ~ -20 kPa、-60 ~ -50 kPa, 每天早中晚不间断地监测土壤水势变化, 同时观察小区植株叶片萎蔫程度, 当水势仪数据达到试验设定值时, 对不同处理正常供水和干旱缺水小区分别浇水 120 L 和 80 L^[13]。播前结合耕地整地施用农家肥鸡粪 22 500 kg/hm², 播种时人工撒施基肥(NH₄)₂SO₄ 300 kg/hm²、P₂O₅ 375 kg/hm²、K₂O 225 kg/hm²。试验于 2023 年 9 月 20 日人工开沟撒播种植, 播种量 450 kg/hm², 区组周围设置 1.5 m 保护行, 生育期内不追肥, 人工除草, 严格控制病虫草害。

1.4 测定项目及方法

1.4.1 鲜草产量 在开花盛期刈割, 每小区选取一半面积进行测产, 称重之后折算产量。

1.4.2 干草产量 将鲜草样品在风干室中自然风干, 称重后获得干草产量。

1.4.3 营养品质 每小区取鲜草样品 500 g, 自然风干, 经粉碎机粉碎后过 1 mm 筛子, 将获得的均匀混合草样分别测定各项指标^[14], 重复 3 次。粗蛋白(CP)含量采用凯氏定氮法测定, 粗纤维(CF)、中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)采用范氏洗涤纤维分析法测定, 粗脂肪(EE)采用索氏抽提法测定^[15]。

1.5 数据处理

使用 Excel 2019 软件进行数据整理, 采用 SPSS 19.0 软件进行方差分析, 采用 Origin 8.5 软件制图。

2 结果与分析

2.1 干旱缺水对饲草型小黑麦鲜草产量的影响

由图 1 可知, 4 个小黑麦品种(系)在干旱缺水处理下, 开花盛期的鲜草产量均低于正常供水处理, 且各品种(系)在不同供水条件下鲜草产量均

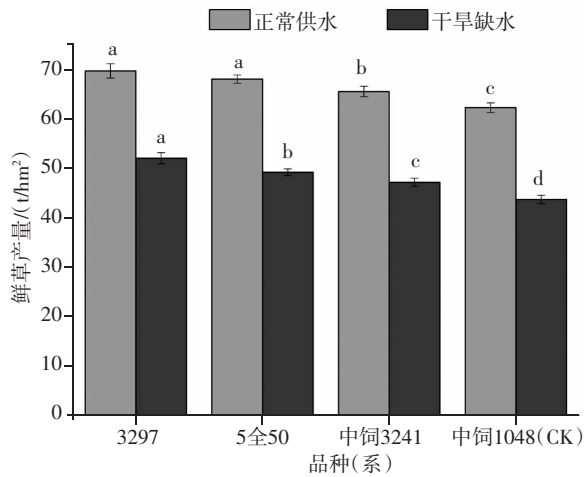


图1 不同处理下饲草型小黑麦鲜草产量

显著高于中饲 1048(CK)。在正常供水处理下, 参试小黑麦鲜草产量为 62.10~69.50 t/hm², 其中3297与5全50之间无显著差异, 均显著高于中饲3241和中饲1048(CK)($P<0.05$)。品种3297鲜草产量最高, 较中饲1048(CK)增产11.92%; 5全50鲜草产量为67.85 t/hm², 较中饲1048(CK)增产9.26%; 中饲3241鲜草产量为65.35 t/hm², 较中饲1048(CK)增产5.23%。在干旱缺水处理下, 参试小黑麦鲜草产量为43.65~51.95 t/hm², 各参试品种(系)间均存在显著差异($P<0.05$), 其中品种3297鲜草产量最高, 较中饲1048(CK)增产19.01%; 5全50鲜草产量为49.10 t/hm², 较中饲1048(CK)增产12.49%; 中饲3241鲜草产量为47.10 t/hm², 较中饲1048(CK)增产7.90%。与正常供水处理相比较, 干旱缺水处理均显著降低了参试小黑麦的鲜草产量, 其中3297、5全50、中饲3241、中饲1048(CK)分别减产25.25%、27.63%、27.93%、29.71%。因此, 干旱缺水抑制小黑麦的正常生长发育, 显著降低开花盛期的鲜草产量, 各品种(系)减产幅度较大, 减产差异性与品种抗旱性有关。

2.2 干旱缺水对饲草型小黑麦干草产量的影响

由图2可知, 4个小黑麦品种(系)在干旱缺水处理下干草产量均低于正常供水处理, 且各品种(系)在不同供水条件下干草产量均显著高于中饲1048(CK)。在正常供水处理下, 参试小黑麦干草产量为19.70~22.25 t/hm², 其中3297、5全50、中饲3241之间差异不显著, 3297、5全50显著高于中饲1048(CK)($P<0.05$)。品种3297、5全50、中饲3241的干草产量分别为22.25、21.70、21.00

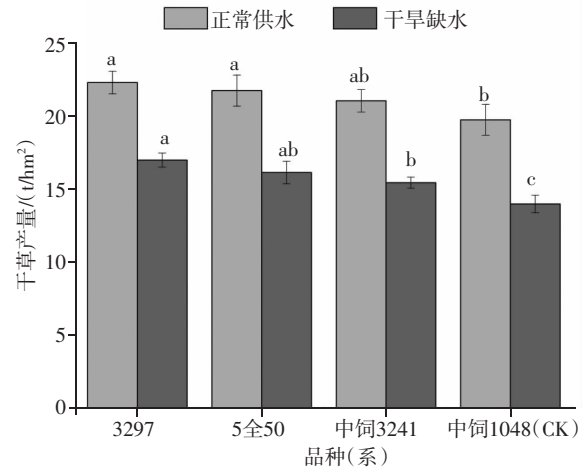


图2 不同处理下饲草型小黑麦干草产量

t/hm², 较中饲1048(CK)分别增产12.94%、10.15%、6.60%。在干旱缺水处理下, 参试小黑麦干草产量为13.95~16.95 t/hm², 其中3297显著高于中饲3241和中饲1048(CK)($P<0.05$)。品种3297、5全50、中饲3241的干草产量分别为16.95、16.10、15.41 t/hm², 较中饲1048(CK)分别增产21.51%、15.41%、10.47%。与正常供水处理相比较, 干旱缺水显著降低了参试小黑麦的干草产量, 其中品种3297、5全50、中饲3241、中饲1048(CK)分别减产23.82%、25.81%、26.62%、29.19%。因此, 干旱缺水处理显著降低了小黑麦干草产量, 各品种减产差异性与品种鲜草产量高低、鲜草与干草的转化等有关。

2.3 干旱缺水对饲草型小黑麦营养品质的影响

由表1可知, 在正常供水处理下, 参试小黑麦粗蛋白含量为74.0~95.1 g/kg, 各参试品种(系)间均存在显著差异($P<0.05$), 其中品种3297最高, 中饲1048(CK)最低。粗脂肪含量为17.6~28.4 g/kg, 品种3297和5全50之间无显著差异, 均显著低于中饲3241和中饲1048(CK)($P<0.05$)。粗纤维含量为231.7~316.7 g/kg, 中饲3241和中饲1048(CK)无显著差异, 均显著低于3297和5全50($P<0.05$)。中性洗涤纤维含量为486.2~649.5 g/kg, 各参试品种(系)间均存在显著差异($P<0.05$), 中饲1048(CK)含量最高, 3297含量最低。酸性洗涤纤维为285.7~414.3 g/kg, 各参试品种(系)间均存在显著差异($P<0.05$), 中饲1048(CK)含量最高, 3297含量最低。在干旱缺水处理下, 参试小黑麦粗蛋白含量为51.5~71.4 g/kg, 粗脂肪含量为

表 1 不同处理下饲草型小黑麦的营养品质

处理	品种(系)	g/kg				
		粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	中性洗涤纤维	酸性洗涤纤维
正常供水	3297	95.1±1.2 a	17.6±1.1 c	316.7±8.7 a	486.2±8.1 d	285.7±10.4 d
	5全50	84.2±1.4 b	18.4±1.1 c	288.4±7.1 b	527.1±8.5 c	315.7±7.0 c
	中饲3241	81.5±1.7 c	28.4±1.0 a	236.8±9.0 c	567.8±9.1 b	362.2±7.7 b
	中饲1048(CK)	74.0±1.3 d	23.7±1.4 b	231.7±6.5 c	649.5±6.9 a	414.3±6.1 a
干旱缺水	3297	71.4±0.9 a	12.4±0.6 c	368.7±8.1 a	534.6±8.0 d	333.2±7.9 d
	5全50	64.0±1.6 b	13.3±0.8 c	338.5±5.0 b	574.8±7.5 c	365.9±9.9 c
	中饲3241	60.5±1.1 c	22.6±0.7 a	288.4±9.4 c	617.1±9.4 b	412.7±8.9 b
	中饲1048(CK)	51.5±0.6 d	17.9±1.4 b	282.8±5.8 c	695.9±5.2 a	462.4±7.0 a

12.4 ~ 22.6 g/kg, 粗纤维含量为 282.8 ~ 368.7 g/kg, 中性洗涤纤维含量为 534.6 ~ 695.9 g/kg, 酸性洗涤纤维含量为 333.2 ~ 462.4 g/kg, 各营养成分含量差异显著性与正常供水处理一致。与正常供水处理相比较, 干旱缺水处理下参试小黑麦粗蛋白含量降低了 23.99% ~ 30.41%, 粗脂肪含量降低了 20.42% ~ 29.55%, 粗纤维含量增加了 16.42% ~ 22.05%, 中性洗涤纤维含量增加了 7.14% ~ 9.95%, 酸性洗涤纤维含量增加了 11.61% ~ 16.63%。因此, 干旱缺水处理降低了小黑麦粗蛋白含量和粗脂肪含量, 增加了粗纤维含量、中性洗涤纤维含量和酸性洗涤纤维含量, 不同品种(系)增减幅度不同。

3 讨论与结论

水分是植物进行光合作用的基本条件之一, 水分胁迫会对作物根系的生长发育、光合作用效率、干物质的积累、籽粒形成和品质产生显著影响^[16]。郭莹等^[17]研究发现, 水分胁迫处理能显著降低小黑麦品系的株高、穗粒数、籽粒产量和生物产量, 显著增加小穗数。本研究表明, 干旱缺水处理显著降低了 4 个小黑麦品种(系)的生物产量, 鲜草产量和干草产量分别下降了 25.25% ~ 29.71%、23.82% ~ 29.19%。李想等^[18]采用 6 种不同灌水处理方式对拉萨河谷小黑麦生物量与品质的影响研究中发现, 苗期—越冬期、返青—拔节期缺水处理对小黑麦生物量和品质的影响不显著; 拔节—抽穗期为小黑麦的需水关键期, 该阶段缺水处理显著降低小黑麦的生物量和品质, 应充足水分灌溉; 综合分析认为中等水分灌溉处理的小黑麦生物量和品质最高, 充足水分灌溉处理导致水资源浪费, 降低了水分利用效率。本研究在小黑麦苗期至乳熟期进行缺水处理, 4 个小黑麦品种

(系)的鲜草产量、干草产量以及部分品质指标含量不同程度降低。因此, 为提高小黑麦的产量及品质, 适宜陇中地区小黑麦种植的最佳灌水量和灌水时期仍需进一步研究。

营养品质是衡量小黑麦营养价值的关键, 其中粗蛋白、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维的含量共同决定小黑麦营养价值的高低, 一般认为粗蛋白含量越高、中性洗涤纤维含量和酸性洗涤纤维含量越低, 小黑麦的饲用价值就越大^[19]。本研究结果表明, 干旱缺水显著降低 4 个小黑麦品种(系)的粗蛋白含量和粗脂肪含量, 降低幅度分别为 23.99% ~ 30.41%、20.42% ~ 29.55%; 显著增加粗纤维含量、中性洗涤纤维含量和酸性洗涤纤维含量, 增加幅度分别为 16.42% ~ 22.05%、7.14% ~ 9.95%、11.61% ~ 16.63%。郭莹等^[17]发现水分胁迫条件下, 小黑麦的酸性洗涤纤维含量增加, 中性洗涤纤维含量降低, 但差异均不显著。而本研究中干旱缺水处理下小黑麦的酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维含量均显著增加, 出现这种差异的原因可能是水分处理方式不同或水分胁迫处于小黑麦不同生育阶段, 也可能与小黑麦不同种植区域的气候环境、品种自身特性的差异有关。

综上所述, 干旱缺水显著降低陇中地区 4 个小黑麦品种(系)的鲜草产量、干草产量、粗蛋白含量和粗脂肪含量, 降幅分别为 25.25% ~ 29.71%、23.82% ~ 29.19%、23.99% ~ 30.41%、20.42% ~ 29.55%; 显著增加粗纤维含量、中性洗涤纤维含量和酸性洗涤纤维含量, 增幅分别为 16.42% ~ 22.05%、7.14% ~ 9.95%、11.61% ~ 16.63%, 各项指标在不同小黑麦品种(系)间差异较大。其中品种 3297 和 5 全 50 鲜草产量、干草产量和营养品质综合评价相对较好, 适宜在陇中干旱半干旱地

区示范推广。

参考文献:

- [1] 孙元枢. 中国小黑麦遗传育种研究与应用[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 2002.
- [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[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(8): 727-730.
- [3] 崔兴国. 新型饲草作物小黑麦利用研究[J]. 农业科技与装备, 2011(4): 5-7; 9.
- [4] 郭莹, 杨芳萍, 李鸿满, 等. 六倍体小黑麦新品系 T-133 引种鉴定及特性分析[J]. 寒旱农业科学, 2024, 3(2): 128-132.
- [5] 周雅欣, 乐祥鹏, 魏臻武, 等. 江淮地区冬闲田豆禾牧草混播生产模式的发展前景[J]. 草业科学, 2021, 38(2): 304-315.
- [6] 许庆方. 小黑麦的特性及应用研究进展[J]. 草原与草坪, 2008(4): 80-86.
- [7] 陈娟. 优质牧草的种植技术分析[J]. 种子科技, 2021, 39(20): 31-32.
- [8] 吕桂英. 水分对作物生长发育和产品质量的影响[J]. 中国种业, 2007(3): 61-62.
- [9] 薛亮, 袁淑杰, 王劲松. 我国不同区域气象干旱成因研究进展与展望[J]. 干旱气象, 2023, 41(1): 1-13.
- [10] 白鑫, 程静. 甘肃中部地区农业种植结构调整对虚拟水的影响[J]. 甘肃科技, 2023, 39(9): 134-140.
- [11] 王旭, 褚红丽, 杜文华, 等. 小黑麦种质在兰州地区的种子产量及构成因素分析[J]. 草原与草坪, 2021, 41(1): 119-125.
- [12] 谷海涛, 王珊珊, 谢慧芳, 等. 113 份六倍体冬性小黑麦种质遗传多样性[J]. 新疆农业科学, 2022, 59(12): 2933-2941.
- [13] 张健, 张明, 侯云鹏, 等. 干旱胁迫对甘肃中部春小麦生理性状及灌水利用效率的影响[J]. 干旱气象, 2019, 37(1): 139-145.
- [14] 任昱鑫, 刘汉成, 田新会, 等. 氮肥施用量和播种密度对甘南高寒牧区小黑麦生产性能和营养价值的影响[J]. 草业科学, 2019, 36(10): 2601-2611.
- [15] 刘沛钦. 饲料及饲料添加剂质量检测方法与品质管理[J]. 中国畜牧兽医文摘, 2017, 33(8): 228.
- [16] 张琴. 小麦对土壤水分胁迫响应的研究进展[J]. 现代农业科技, 2024(18): 31-34.
- [17] 郭莹, 杨芳萍, 张雪婷, 等. 六倍体小黑麦在甘肃生态区域的生产潜力及饲用特性综合评价[J]. 草业科学, 2022, 39(4): 707-719.
- [18] 李想, 张紫森, 徐冰, 等. 拉萨河谷喷灌不同灌溉量对小黑麦生物量与品质的影响分析[J]. 节水灌溉, 2023(10): 91-97.
- [19] 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.