

doi:10.11733/j.issn.1007-0435.2026.02.032

引用格式:尉志强,杜文华,任昱鑫,等.西藏牧区‘藏饲3号’小黑麦品种的饲草生产性能研究[J].草地学报,2026,34(2):702—712

YU Zhi-qiang, DU Wen-hua, REN Yu-xin, et al. Production Performance of Triticale Variety ‘Zangsi No. 3’ in Xizang Pastoral Area[J]. Acta Agrestia Sinica, 2026, 34(2):702—712

西藏牧区‘藏饲3号’小黑麦品种的饲草生产性能研究

尉志强,杜文华*,任昱鑫,贺俊生

(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)

摘要:为确定小黑麦(*Triticosecale* Wittmack)品种‘藏饲3号’在西藏牧区的生产性能及适宜种植区域,试验以小黑麦品种‘藏饲1号’和‘甘农2号’为对照,于2022和2023年,研究了‘藏饲3号’在南木林、达孜和拉孜试验点的株高、分蘖数、鲜草产量和干草产量。结果表明:从年份看,2023年3个试验点3个小黑麦品种的平均干草产量显著高于2022年($P<0.05$),但平均株高、分蘖数和鲜草产量均无显著差异;从试验点看,南木林试验点2年3个小黑麦品种的平均株高、鲜草产量和干草产量均显著高于达孜和拉孜试验点($P<0.05$),拉孜试验点的平均分蘖数显著最高($P<0.05$);从年份 $\times$ 试验点 $\times$ 品种的差异来看,2022年南木林试验点‘藏饲3号’的鲜草产量($52.80\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$)显著高于其他品种($P<0.05$),2023年该品种的干草产量最高,为 $19.08\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$,显著高于对照品种($P<0.05$)。从综合评价看,南木林试验点‘藏饲3号’在2022和2023年综合评价值均最高,其生产性能表现最好。综上,‘藏饲3号’饲草生产性能优于‘藏饲1号’和‘甘农2号’,适宜在南木林试验点以及与其相似气候区域推广种植。

关键词:西藏牧区;小黑麦;生产性能;隶属函数法

中图分类号:S54

文献标识码:A

文章编号:1007-0435(2026)02-0702-11

Production Performance of Triticale Variety ‘Zangsi No. 3’ in Xizang Pastoral Area

YU Zhi-qiang, DU Wen-hua*, REN Yu-xin, HE Jun-sheng

(College of Pratacultural Science, Gansu Agricultural University/Key Laboratory of Grassland Ecosystem of Education Ministry/Pratacultural Engineering Laboratory of Gansu Province/Sino-U. S. Centers for Grazingland Ecosystem Sustainability, Lanzhou, Gansu Province 730070, China)

Abstract: To determine the production performance and suitable planting area of triticale (*Triticosecale* Wittmack) variety ‘Zangsi No. 3’ in Xizang pastoral area, the plant height, tiller number, fresh yield and hay yield of ‘Zangsi No. 3’ in Namling, Dagzê and Lazi experimental sites were studied in 2022 and 2023, with triticale varieties ‘Zangsi No. 1’ and ‘Gannong No. 2’ as controls. The results showed that the average hay yield of three triticale varieties in 2023 was significantly higher than that in 2022 ($P<0.05$), but there were no significant difference in average plant height, tiller number and fresh yield. From the experimental sites of view, the average plant height, fresh yield and hay yield of the three triticale varieties in Namling experimental site were significantly higher than those in Dagzê and Lazi experimental sites ($P<0.05$), and the average tiller number in Lazi experimental site was the highest ($P<0.05$). From the difference of years $\times$ experimental sites $\times$ varieties, the fresh yield ($52.80\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$) of ‘Zangsi No. 3’ in Namling experimental site in 2022 was significantly higher than other varieties ($P<0.05$), and the hay yield of this variety was the highest in 2023, $19.08\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$, significantly higher than the control varieties ($P<0.05$). From the comprehensive evaluation, the comprehensive

收稿日期:2025-03-19;修回日期:2025-05-12

基金项目:国家自然科学基金项目(32260339);甘肃省高等学校产业支撑计划项目(2022CYZC-49);农业生物育种重大专项(2023ZD0402605-02)资助

作者简介:尉志强(1998-),男,汉族,甘肃陇西人,博士,主要从事草种质资源及育种栽培研究,E-mail: 15593235765@163.com; *通信作者 Author for correspondence, E-mail: duwh@gsau.edu.cn

sive evaluation value of ‘Zangsi No. 3’ in Namling experimental site was the highest in 2022 and 2023, and its production performance was the best. In summary, the production performance of ‘Zangsi No. 3’ was better than ‘Zangsi No. 1’ and ‘Gannong No. 2’, which was suitable for planting in Namling experimental site and other similar climate area.

Key words: Tibetan pastoral area; Triticale; Production performance; Membership function method

西藏地处青藏高原西南部,是我国重要的生态屏障和畜牧业基地^[1-2]。长期以来,饲草短缺问题严重制约着当地畜牧业的可持续发展^[3-4]。西藏天然草地退化面积已达 $2.36 \times 10^7 \text{ hm}^2$,占全区草地总面积的28.16%^[5]。人工草地的建设不仅能有效缓解天然草地的放牧压力,还能显著提升饲草供给能力,解决草畜矛盾^[6]。与天然草地相比,人工草地不仅草产量更高,而且营养价值更为丰富^[7]。在此背景下,培育高产、抗逆的饲草品种成为保障区域生态安全与畜牧业高质量发展的关键。2022年中央一号文件明确提出深入实施种业振兴行动^[8],这为高寒牧区优良饲草品种的选育及推广指明了政策方向。

小黑麦($\times$ *Triticosecale* Wittmack)是小麦属(*Triticum*)与黑麦属(*Secale*)杂交而成的新物种^[9-10],兼具小麦的丰产性,以及黑麦的抗逆性和适应性,是一种极具发展潜力的粮饲兼用型作物^[11-12]。其高产优质、适口性好,使其深受家畜青睐^[13]。小黑麦种植范围广^[14],尤其在高原牧区优势突出,能有效缓解冬春季饲草短缺问题^[15]。近年来,西藏自治区成功审定‘藏饲1号’小黑麦和‘藏饲1号’黑麦等优良品种,实现了主栽牧草品种的本地化繁种^[16]。但西藏地形复杂、气候垂直差异明显^[17-18],同一牧草品种在不同生态区的生产性能差异亟待系统评估。已有研究表明,黑麦品系C32在南木林试验点的生产性能显著优于拉萨与尼玛试验点^[19]。然而,小黑麦品种与环境因子的交互效应尚缺乏定量分析。甘肃农业大学培育的‘藏饲3号’小黑麦是以澳大利亚六倍体小黑麦品种DH265为母本,AT528为父本,利用有性杂交和系谱法选育的新品种,其在西藏牧区的生产性能研究仍属空白。因此,本试验拟通过研究‘藏饲3号’小黑麦品种在西藏3个不同气候条件地区(南木林、达孜和拉孜)的株高、分蘖数、鲜草产量和干草产量,以评价其在西藏牧区的生产潜力及筛选适宜种植的区域,为该品种的进一步推广和优化栽培管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

南木林试验点:该试验点位于日喀则市南木林县艾玛乡(89°18'E, 29°39'N),地处西藏自治区中西部,日喀则市东部,雅鲁藏布江中上游北岸,海拔3843 m,为高原性内陆干旱气候,太阳辐射强,昼夜温差大,干湿季明显,无霜期95~125 d,土壤类型为耕种亚高山草原土,质地多为砂质壤土。

达孜试验点:该试验点位于拉萨市达孜区雪乡扎西岗村(91°48'E, 29°83'N),地处西藏自治区中南部,拉萨市东北部,海拔3767 m,为高原温带半干旱季风气候,温差大,多风,无霜期130 d,年度降水量比较均匀,雨季分明,土壤类型为亚高山草原土。

拉孜试验点:该试验点位于日喀则市拉孜县玉哲村(87°64'E, 29°09'N),地处西藏自治区西南部,日喀则市中部,海拔4021 m,冬春季节干旱严重,极少降雨雪,由于年日照时数高,风多风大,降水偏少,气候极为干燥。3个试验点试验期间的月降水量、月平均气温如图1所示。

1.2 试验材料

参试材料为甘肃农业大学培育的‘藏饲3号’小黑麦品种,对照品种为西藏自治区审定的第1个小黑麦品种‘藏饲1号’小黑麦,以及国家草品种审定委员会2018年审定的‘甘农2号’小黑麦。以上供试材料均由甘肃农业大学草业学院提供。

1.3 试验设计

三因素随机区组设计。A因素为年份,分别为2022年和2023年;B因素为试验点,分别为南木林、达孜和拉孜;C因素为小黑麦品种,分别为‘藏饲3号’小黑麦(简称3号)、“藏饲1号”小黑麦(CK₁)和“甘农2号”小黑麦(CK₂)。每个处理3次重复。小区面积为15 m²(5 m×3 m),条播,行距20 cm,播种深度3~4 cm,播量按照600万基本苗·hm⁻²计算而得,试验地周围1 m种植保护行。施氮量为240 kg·hm⁻²,

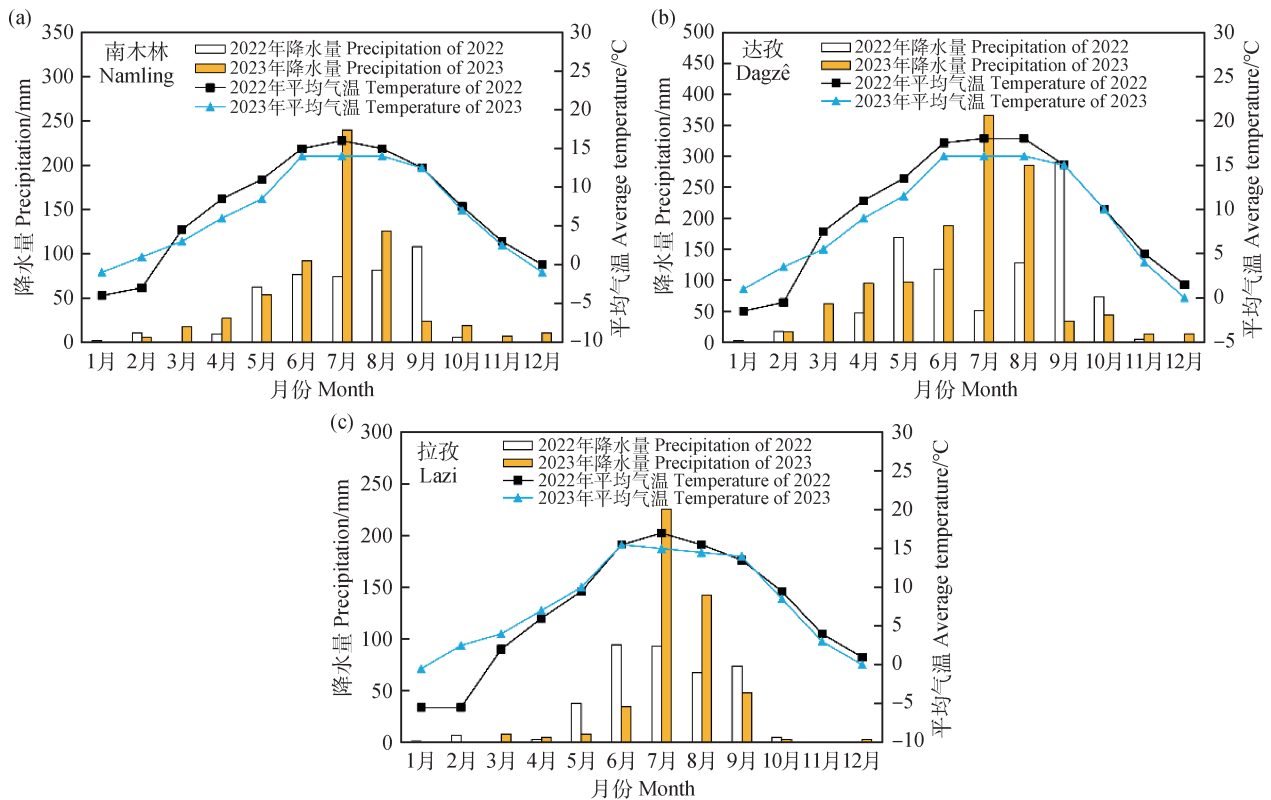


图1 试验区2022—2023年月平均气温、降水量分布

Fig. 1 Monthly temperature and precipitation in 2022—2023 in the experimental site

分3次施入(播种前:25%,出苗期:37.5%,拔节期:37.5%)。小黑麦生长发育期间管理水平和当地燕麦一致,无灌溉条件。各小黑麦品种于开花期刈割,留茬高度约5 cm。2022年南木林试验点小黑麦的播期为5月7日,达孜试验点为5月17日,拉孜试验点为5月30日;2023年3个试验点的播期分别为5月10日、5月19日和5月25日。

1.4 测定指标及方法

株高:开花期刈割前测量。每个小区随机选取10个单株,分别测量地面至穗顶部的自然高度,10株的平均值作为该区小黑麦的株高^[20]。

分蘖数:开花期刈割前测量。每个小区内随机选取1 m样段(边行和距地头50 cm部分除外),数取样段内株高高于30 cm的分蘖数^[21]。

草产量:开花期齐地面刈割每个小区内所有植株的地上部分(除去边行和地头两边50 cm部分),称重,得到鲜草产量。从每个小区分别取样500 g,105℃烘箱中杀青30 min,然后在70℃烘箱中烘至恒重,称重得到干草重,计算鲜干比。根据500 g鲜草样的鲜干比计算每个小区的干草产量^[22]。

1.5 数据统计

数据的统计、计算及作图均采用Excel 2019。利用SPSS 26.0中多因素随机区组设计的统计方法对各测定指标进行方差分析,分析方法参照盖钧镒^[23]的方法,如果 F 检验差异显著,则利用Duncan法进行多重比较,数据结果用“平均值±标准误”表示。

为了消除单个指标带来的片面性,本研究采用隶属函数法^[24-25]对2个年份3个试验点3个小黑麦品种的生产性能各指标进行综合评价。隶属函数值 U 计算公式为:

$$U_{ij} = (X_{ij} - X_{j\min}) / (X_{j\max} - X_{j\min}) \quad (1)$$

$$U_{ij} = (X_{j\max} - X_{ij}) / (X_{j\max} - X_{j\min}) \quad (2)$$

式中: i 表示处理; j 表示指标; U_{ij} 表示 i 处理 j 指标的隶属函数值; X_{ij} 表示 i 处理 j 指标的测定值; $X_{j\min}$ 表示所有处理 j 指标的最小值; $X_{j\max}$ 表示所有处理 j 指标的最大值。若所测指标与其生产性能呈正相关,则采用式(1)计算,负相关则用式(2)。

进行综合评价时,根据株高、分蘖数、鲜草产量和干草产量在小黑麦生产中的重要程度,对各指标进行权重分配^[21],再由公式(3)计算出不同处理下的综合评价值。

$$D_i = \sum_{j=1}^n U_{ij} \times \omega_j \tag{3}$$

式中: ω_j 表示 j 指标的权重值; D_i 表示 i 处理的综合评价价值, 值越大表明其综合表现越好。

2 结果与分析

由表 1 可知, 年份间小黑麦干草产量存在显著

差异 ($P < 0.05$), 其余各指标均无显著差异; 试验点间小黑麦各指标均存在极显著差异 ($P < 0.01$); 小黑麦品种间各指标均无显著差异; 年份 $\times$ 试验点间小黑麦各指标均存在极显著差异 ($P < 0.01$); 年份 $\times$ 小黑麦品种间各指标均无显著差异; 试验点 $\times$ 小黑麦品种间各指标均存在极显著差异 ($P < 0.01$); 年份 $\times$ 试验点 $\times$ 小黑麦品种间各指标均存在极显著差异 ($P < 0.01$)。

表 1 年份、试验点、品种及其交互间小黑麦生产性能的方差分析

Table 1 Variance analysis of production performance of triticale among years, experimental sites, varieties and their interactions

变异来源 Variation source	F 值 F value			
	株高 Plant height	分蘖数 Tiller number	鲜草产量 Fresh yield	干草产量 Hay yield
年份 Years	0.270	1.339	0.289	6.174*
试验点 Experimental sites	247.097**	24.962**	174.287**	71.649**
品种 Varieties	0.178	0.953	0.858	1.56
年份 $\times$ 试验点 Years $\times$ Experimental sites	103.836**	13.827**	70.145**	88.174**
年份 $\times$ 品种 Years $\times$ Varieties	0.209	0.671	0.494	1.928
试验点 $\times$ 品种 Experimental sites $\times$ Varieties	67.973**	7.516**	76.289**	25.039**
年份 $\times$ 试验点 $\times$ 品种 Years $\times$ Experimental sites $\times$ Varieties	52.390**	4.429**	58.701**	224.900**

注: *表示差异显著 ($P < 0.05$); **表示差异极显著 ($P < 0.01$)。下同
Note: * indicates significant difference at $P < 0.05$; ** indicates significant difference at $P < 0.01$. The same as below

2.1 单因素间小黑麦生产性能的差异

年份间: 2023 年 3 个试验点 3 个小黑麦品种的平均干草产量显著高于 2022 年 ($P < 0.05$) (表 2)。
试验点间: 从 2 个年份 3 个小黑麦品种的平均

值看, 南木林试验点的平均株高和鲜(干)草产量均显著高于达孜和拉孜试验点 ($P < 0.05$); 但拉孜试验点的平均分蘖数显著高于南木林和达孜试验点 ($P < 0.05$) (表 2)。

表 2 年份和试验点间小黑麦生产性能的差异

Table 2 Differences in production performance of triticale between years and experimental sites

处理 Treatment		株高 Plant height/cm	分蘖数 Tiller number/($\times 10^4$ tiller $\cdot$ hm $^{-2}$)	鲜草产量 Fresh yield/(t $\cdot$ hm $^{-2}$)	干草产量 Hay yield/(t $\cdot$ hm $^{-2}$)
年份 Years	2022 年	115.96 $\pm$ 4.85 ^a	592.37 $\pm$ 14.63 ^a	32.05 $\pm$ 2.25 ^a	9.56 $\pm$ 0.57 ^b
	2023 年	119.70 $\pm$ 5.32 ^a	567.89 $\pm$ 15.28 ^a	33.75 $\pm$ 2.23 ^a	12.24 $\pm$ 0.92 ^a
试验点 Experimental sites	南木林 Namling	139.11 $\pm$ 2.93 ^a	553.33 $\pm$ 16.06 ^b	44.00 $\pm$ 1.50 ^a	14.53 $\pm$ 0.75 ^a
	达孜 Dagzê	131.28 $\pm$ 1.39 ^b	531.17 $\pm$ 5.55 ^b	36.25 $\pm$ 0.43 ^b	12.07 $\pm$ 0.44 ^b
	拉孜 Lazi	83.11 $\pm$ 0.81 ^c	655.89 $\pm$ 15.60 ^a	18.44 $\pm$ 0.73 ^c	6.10 $\pm$ 0.17 ^c

注: 同一因素同列不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。下同
Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same as below

2.2 二因素交互作用间小黑麦生产性能的差异

2.2.1 年份 $\times$ 试验点间小黑麦生产性能的差异
株高: 由表 3 可知, 2022 年南木林试验点 3 个小黑麦品种的平均株高显著高于拉孜试验点 ($P < 0.05$), 但与达孜试验点无显著差异; 2023 年南木林试验点的平均株高显著高于达孜和拉孜试验点 ($P < 0.05$)。就同一试验点而言, 达孜和拉孜试验点在 2 个年份间的平均株高均无显著差异, 南木林试验点在 2023 年的平均株高显著高于 2022 年 ($P < 0.05$)。

总体来看, 2023 年南木林试验点的平均株高最高, 2022 年南木林试验点次之, 2022 和 2023 年拉孜试验点最低。由此说明, 2 个年份中, 相较于达孜和拉孜试验点, 南木林试验点小黑麦的平均株高均较高。
分蘖数: 由表 3 可知, 2022 和 2023 年拉孜试验点 3 个小黑麦品种的平均分蘖数均显著高于南木林和达孜试验点 ($P < 0.05$)。就同一试验点看, 达孜和拉孜试验点在不同年份间的平均分蘖数均无

显著差异,而南木林试验点在2022年的平均分蘖数显著高于2023年($P<0.05$)。总体而言,2022年拉孜试验点的平均分蘖数最高,2023年拉孜试验点次之,2022年达孜试验点最低。由此表明,2个年份中,拉孜试验点小黑麦的平均分蘖数均较高。

鲜(干)草产量:2022和2023年南木林试验点3个小黑麦品种的平均鲜(干)草产量均显著高于达孜和拉孜试验点($P<0.05$)。从同一试验点看,3个

试验点在不同年份间的平均鲜草产量均无显著差异;南木林和达孜试验点在2023年的平均干草产量均显著高于2022年($P<0.05$),拉孜试验点在2个年份间的平均干草产量无显著差异。总体来看,2023年南木林试验点的平均鲜(干)草产量均最高。由此说明,2个年份中,南木林试验点小黑麦的平均鲜(干)草产量均较高,其中2023年的气候条件更有利于小黑麦草产量的提高(表3)。

表3 年份×试验点间小黑麦生产性能的差异

Table 3 Differences in production performance of triticale in the interaction of years and experimental sites

处理 Treatment		株高 Plant height/cm	分蘖数 Tiller number/($\times 10^4$ tiller· hm^{-2})	鲜草产量 Fresh yield/($\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$)	干草产量 Hay yield/($\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$)
2022	南木林 Namling	135.22±4.43 ^b	594.44±20.30 ^b	42.62±2.89 ^a	12.18±0.83 ^c
	达孜 Dagzê	129.56±1.74 ^b	526.67±9.93 ^c	35.30±0.49 ^b	10.38±0.14 ^d
	拉孜 Lazi	83.11±1.38 ^c	656.00±23.00 ^a	18.22±1.22 ^c	6.11±0.24 ^e
2023	南木林 Namling	143.00±3.61 ^a	512.22±16.16 ^c	45.37±0.82 ^a	16.88±0.58 ^a
	达孜 Dagzê	133.00±2.11 ^b	535.67±5.21 ^c	37.20±0.55 ^b	13.75±0.30 ^b
	拉孜 Lazi	83.11±0.95 ^c	655.78±22.49 ^a	18.67±0.88 ^c	6.09±0.25 ^c

2.2.2 试验点×品种间小黑麦生产性能的差异
株高:由图2a可知,南木林试验点3号在2个年份下的平均株高最高,为145.94 cm,显著高于CK₂($P<0.05$),但与CK₁不显著;达孜和拉孜试验点3个小黑麦品种的平均株高均无显著差异。就同一小黑麦品种而言,3号在南木林试验点的平均株高显著高于达孜和拉孜试验点($P<0.05$),CK₁和CK₂在南木林与达孜试验点的平均株高均无显著差异,但均显著高于拉孜试验点($P<0.05$)。整体来看,南木林试验点3号的平均株高最高,CK₁次之(137.78 cm),拉孜试验点CK₁最低(80.33 cm)。由此说明,南木林试验点3个小黑麦品种的平均株高均较高,更适宜小黑麦生长。

分蘖数:南木林试验点3号在2022年和2023年的平均分蘖数为 559.17×10^4 tiller· hm^{-2} ,介于CK₁和CK₂之间,且与二者无显著差异;达孜和拉孜试验点3号的平均分蘖数分别为544.17和 650.17×10^4 tiller· hm^{-2} ,与CK₁和CK₂均无显著差异。就同一小黑麦品种看,3号和CK₁在拉孜试验点的平均分蘖数(650.17 和 656.00×10^4 tiller· hm^{-2})均显著高于南木林和达孜试验点($P<0.05$);CK₂在拉孜试验点的平均分蘖数最高,为 661.50×10^4 tiller· hm^{-2} ,显著高于达孜试验点($P<0.05$),但与南木林试验点无显著差异。整体而言,拉孜试验点CK₂的平均分蘖数最高,CK₁次之,南木林试验点CK₁最低,为 507.50×10^4 tiller· hm^{-2} 。由此表明,拉孜试验点3

个小黑麦品种的平均分蘖数均较高,此区域环境条件更适宜小黑麦分蘖(图2a)。

鲜(干)草产量:南木林试验点3号在2个年份下的平均鲜(干)草产量均最高,分别为50.12和 $17.08\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$,均显著高于CK₁和CK₂($P<0.05$);达孜和拉孜试验点3号的平均鲜(干)草产量分别为36.96,12.79 $\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和19.83,7.02 $\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$,均高于CK₁和CK₂,但无显著差异。从同一小黑麦品种看,3号、CK₁和CK₂在南木林试验点的平均鲜(干)草产量均高于达孜和拉孜试验点。整体来看,南木林试验点3号的平均鲜(干)草产量均高于其他所有处理,CK₂次之。由此说明,南木林试验点3个小黑麦品种的平均鲜(干)草产量均较高,相较于其他两个试验点,该试验环境点更适合提高小黑麦的草产量(图2b)。

2.3 三因素交互作用间小黑麦生产性能的差异

株高:由图3a可知,2022年南木林试验点3号的株高最高,为147.89 cm,显著高于CK₁和CK₂($P<0.05$);达孜和拉孜试验点3号的株高分别为130.45和82.33 cm,与CK₁和CK₂均无显著差异。2023年南木林、达孜和拉孜试验点3号的株高分别为144.00,136.00和84.00 cm,与CK₁和CK₂均无显著差异。总体而言,2023年南木林试验点CK₁的株高最高(152.33 cm),2022年南木林试验点3号次之,2022和2023年拉孜试验点CK₁的株高最低,均为80.33 cm。

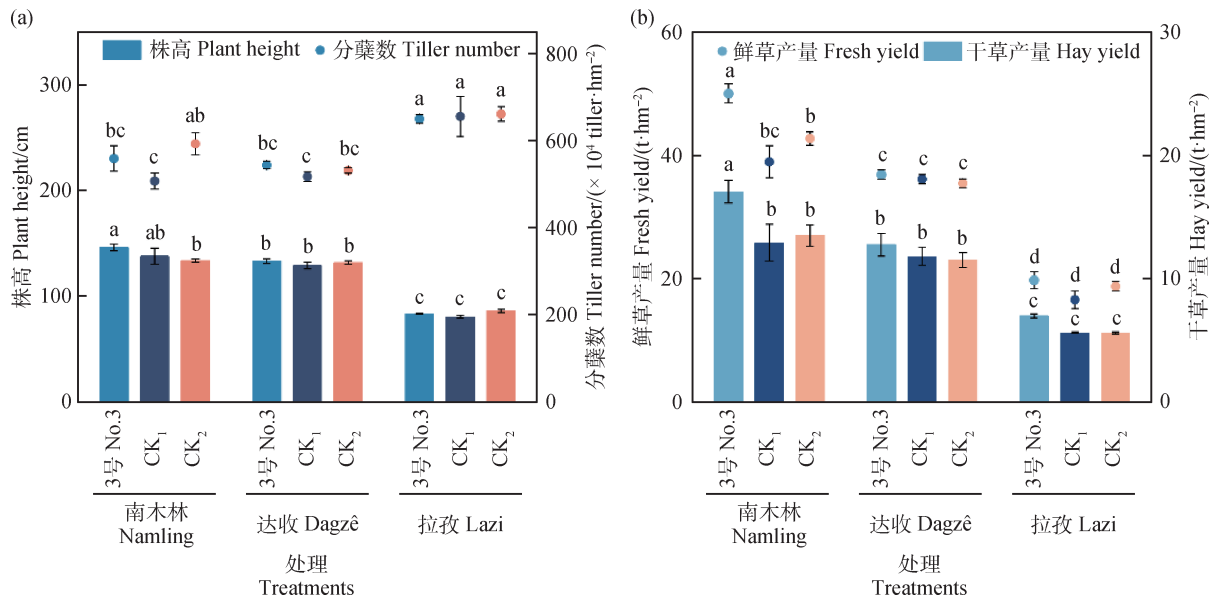


图2 试验点×品种间小黑麦株高(a)、分蘖数(a)和鲜(干)草产量(b)的差异

Fig. 2 Differences in plant height (a), tiller number (a) and fresh (hay) yield (b) of triticale in the interaction of experimental sites and varieties

注:同一参数不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。误差棒代表平均值的标准误差。3号,‘藏饲3号’小黑麦;CK₁,‘藏饲1号’小黑麦;CK₂,‘甘农2号’小黑麦。下同

Note: Different lowercase letters within the same parameters indicate significant differences at the 0.05 level. Error bars represent standard errors of the means. No. 3, ‘Zangsi No. 3’, CK₁, ‘Zangsi No. 1’; CK₂, ‘Gannong No. 2’. The same as below

分蘖数:除2022年南木林试验点CK₂的分蘖数显著高于CK₁外($P < 0.05$),其余同一年份同一试验点3个小黑麦品种的分蘖数均无显著差异。整体来看,2022和2023年拉孜试验点CK₂的分蘖数均较高,分别为661.67和661.33 $\times 10^4$ tiller $\cdot$ hm⁻²,2023年南木林试验点CK₁的分蘖数最低,为481.67 $\times 10^4$ tiller $\cdot$ hm⁻²(图3b)。

鲜(干)草产量:除2022年南木林试验点3号的鲜草产量(52.80 t $\cdot$ hm⁻²)显著高于CK₁和CK₂外($P < 0.05$),其余同一年份同一试验点,3号的鲜草产量均高于CK₁和CK₂,但无显著差异。对于干草产量而言,除2022年达孜试验点3号的干草产量(10.72 t $\cdot$ hm⁻²)略高于CK₁和CK₂且无显著差异外,其余同一年份同一试验点,3号的干草产量均显著高于CK₁和CK₂($P < 0.05$)。整体而言,2022年南木林试验点3号的鲜草产量最高,2023年南木林试验点3号的干草产量最高,为19.08 t $\cdot$ hm⁻²。由此可知,2个年份3个试验点3号的鲜(干)草产量均较高,丰产性和稳产性均较好,其中干草产量为7.01~19.08 t $\cdot$ hm⁻²,比CK₁高5.20%~55.62%,比CK₂高4.79%~28.23%(图3c和d)。

2.4 综合评价

用株高、分蘖数和鲜(干)草产量对2个年份3个试验点3个小黑麦品种的生产性能进行分析时,各指标结果不一致,因此需要利用隶属函数法进行综合评价。鲜(干)草产量是小黑麦生产性能的重要体现,株高和分蘖数是小黑麦农艺性状的重要指标,因此有必要依据各指标的重要性赋予权重值(ω),我们对干草产量、鲜草产量、株高和分蘖数依次赋权重值为0.50,0.30,0.10和0.10^[20,22],计算综合评价值的大小并对所有试验处理进行排序(表4),从而客观地评价小黑麦的生产性能。由表可知,对于同一年份同一试验点而言,3号的综合评价值均高于CK₁和CK₂;就同一年份同一小黑麦品种来说,南木林试验点的综合评价值均高于达孜和拉孜试验点;从同一试验点同一小黑麦品种来看,2023年的综合评价值高于2022年。整体而言,2023年南木林试验点3号的综合评价值最高(0.862),2022年南木林试验点3号的综合评价值次之(0.813),说明南木林试验点3号的综合表现最好。

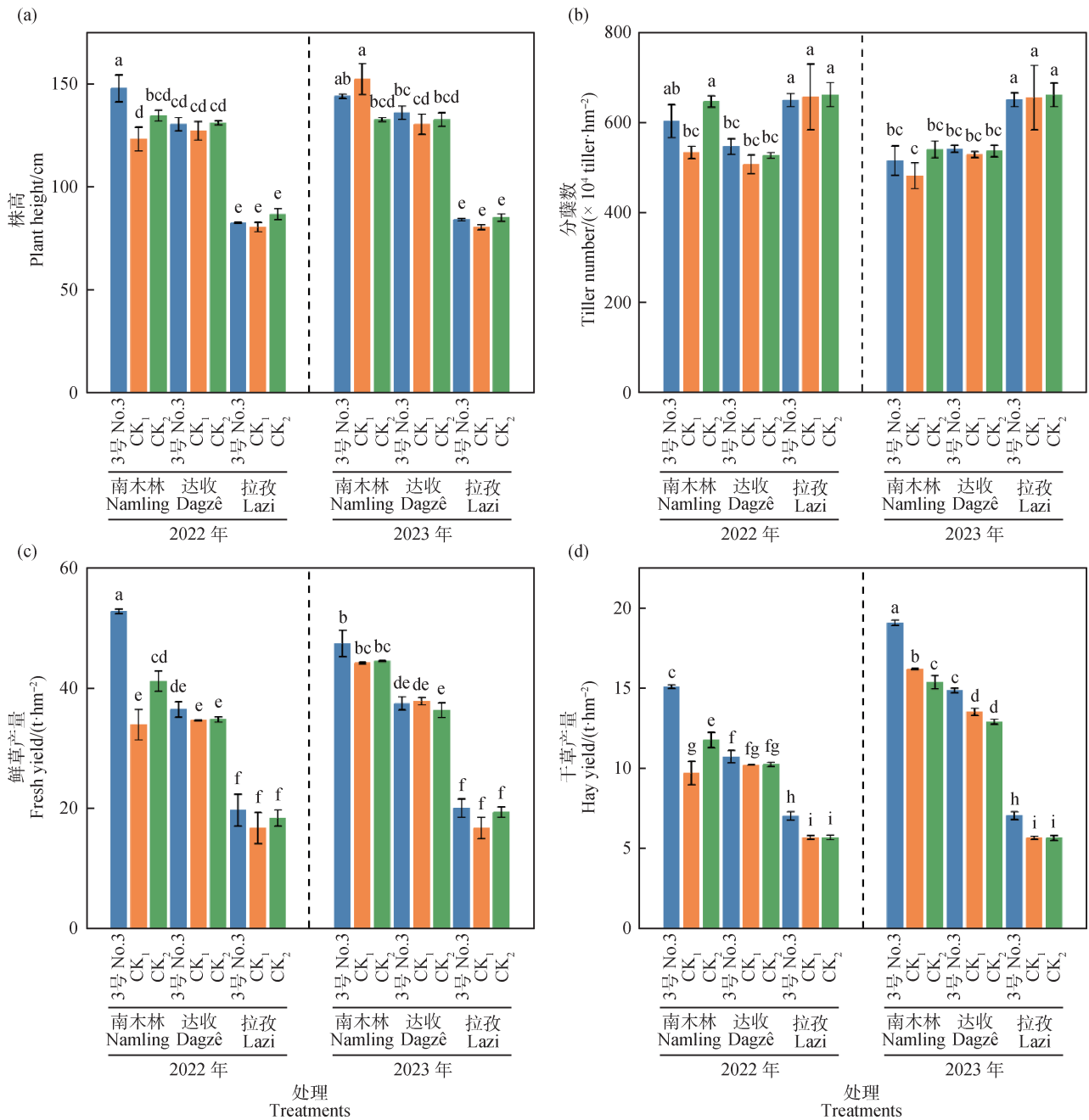


图3 年份×试验点×品种间小黑麦株高(a)、分蘖数(b)、鲜草产量(c)和干草产量(d)的差异

Fig. 3 Differences in plant height (a), tiller number (b), fresh yield (c) and hay yield (d) of triticale under the interaction of years, experimental sites and varieties

3 讨论

3.1 单因素间小黑麦生产性能的差异及原因

牧草的株高、分蘖数和鲜(干)草产量受其遗传特性和外界环境条件的共同影响^[26-27]。由于不同年份间气温和降水状况存在差异,小黑麦的生产性能也有所不同。本研究表明,年份间干草产量存在显著差异。其中,2023年小黑麦的平均干草产量显著高于2022年。尽管年份间小黑麦的平均株高、分蘖

数和鲜草产量没有显著差异,但2023年3个试验点的降水量均高于2022年(图1),这可能是导致干草产量差异的原因。株高是衡量牧草产量的关键指标之一^[28],3个试验点间株高存在极显著差异,其中南木林试验点的平均株高显著高于达孜和拉孜试验点。这主要是因为南木林试验点小黑麦生长期间的气温较低,降水量较多且集中(图1a),适宜小黑麦生长,这与刘晶等^[29]的研究结果一致。分蘖数是衡量牧草分蘖能力的重要指标^[30-31]。本试验发

表 4 年份×试验点×品种的综合评价
Table 4 Comprehensive evaluation of the interaction of years, experimental sites and varieties

处理 Treatment			综合评价值(D 值) comprehensive evaluation value (D value)	排名 Rank
2022 年	南木林 Namling	3 号 No.3	0.813	2
		CK ₁	0.383	12
		CK ₂	0.598	6
	达孜 Dagzê	3 号 No.3	0.459	9
		CK ₁	0.398	11
		CK ₂	0.417	10
	拉孜 Lazi	3 号 No.3	0.173	14
		CK ₁	0.099	17
		CK ₂	0.124	16
2023 年	南木林 Namling	3 号 No.3	0.862	1
		CK ₁	0.721	3
		CK ₂	0.698	4
	达孜 Dagzê	3 号 No.3	0.627	5
		CK ₁	0.564	7
		CK ₂	0.536	8
	拉孜 Lazi	3 号 No.3	0.179	13
		CK ₁	0.097	17
		CK ₂	0.128	15

注:3 号,‘藏饲 3 号’小黑麦;CK₁,‘藏饲 1 号’小黑麦;CK₂,‘甘农 2 号’小黑麦
Note: No. 3, ‘Zangsi No. 3’; CK₁, ‘Zangsi No. 1’; CK₂, ‘Gannong No. 2’

现,拉孜试验点的平均分蘖数显著高于南木林和达孜试验点,这可能与该试验点高海拔、干旱环境下的小黑麦群体补偿机制有关。张舒芸^[32]研究表明,在高海拔干旱地区,小黑麦通过增加分蘖数来弥补单株产量的不足,形成冗余结构以抵御倒伏、冻害和干旱。本试验中,南木林试验点的平均鲜(干)草产量显著高于达孜和拉孜试验点。这主要是因为南木林试验点有最高的平均株高(表 2),且株高和草产量呈显著正相关关系^[33-34]。

3.2 二因素交互作用间小黑麦生产性能的差异及原因

适宜的气候条件与地理位置可显著提高牧草的生产性能^[35]。根据年份×试验点间株高、分蘖数和鲜(干)草产量的差异可知,2023 年南木林试验点小黑麦的平均株高及鲜(干)草产量均高于其他处理,但平均分蘖数却低于其他处理。这可能与该试验点海拔较高、太阳辐射强,以及 2023 年气温较低且降水量较多(图 1a)有关。相关研究表明,高海拔地区紫外线及可见光辐射增强,促进了植株的光合效率,从而显著增加其株高和草产量^[36]。此外,低温可能抑制分蘖芽的萌发,促使植株将资源集中在主茎生长上^[37]。较多的降水量可以缓解高海拔地区潜在的干旱胁迫,有利于细胞膨大和茎秆伸

长^[38]。本研究中,南木林试验点 3 号的平均株高和鲜(干)草产量均高于其他处理,平均鲜(干)草产量分别达 50.12 和 17.08 t·hm⁻²。刘汉成^[39]对青藏高原高寒牧区小黑麦品系 C35 的研究发现,其鲜(干)草产量最高可达 67.63 和 18.71 t·hm⁻²,与之相比,本试验的鲜(干)草产量较低,这可能源于不同小黑麦材料生产潜能的差异^[40],以及各试验点水肥管理措施和环境条件的不同^[41]。拉孜试验点 CK₂ 的平均分蘖数高于其他处理,但平均干草产量却低于其他处理。这主要是因为拉孜试验点极为干燥的气候迫使 CK₂ 以高分蘖策略适应环境^[42],但水分和土壤条件限制了产量。

3.3 三因素交互作用间小黑麦生产性能的差异及原因

在农业生产中,牧草产量是决定其品质的关键因素,也是评估牧草优劣的重要指标^[43-44],而牧草产量的高低主要受农艺性状的影响^[45]。本试验发现,年份×试验点×品种间各指标均存在极显著差异。其中,2023 年南木林试验点 CK₁ 的株高最高,2022 年拉孜试验点 CK₂ 的分蘖数最高,2022 年南木林试验点 3 号的鲜草产量最高,2023 年南木林试验点 3 号的干草产量最高。由此可见,小黑麦作为一种优质牧草,其高产不仅受遗传特性影响,也与适宜的

气候条件和生态环境密切相关^[46]。不同小黑麦品种的生产性能因年份和试验点不同差异显著,单一指标难以全面评价其生产性能,而隶属函数法能够结合多个指标进行综合分析,可更全面地评价小黑麦的生产性能^[22,47]。本试验综合评价表明,2023年南木林试验点3号的综合评价值为0.862,2022年同一试验点3号为0.813,分别为第1和第2。由此说明,2个年份间南木林试验点3号的综合评价价值均最高,其小黑麦生产性能综合表现最好。

4 结论

从试验点看,南木林试验点小黑麦的株高和鲜(干)草产量均最高,拉孜试验点小黑麦的分蘖数最高。从三因素交互作用看,2022年南木林试验点‘藏饲3号’小黑麦的鲜草产量($52.80\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$)显著高于其他品种,2023年该组合的干草产量显著最高,为 $19.08\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。综合评价表明,南木林试验点‘藏饲3号’小黑麦在2022和2023年均获得最高的综合评价价值,其生产性能表现最好。综上所述,‘藏饲3号’小黑麦的生产性能优于‘藏饲1号’小黑麦和‘甘农2号’小黑麦,在西藏牧区具有一定示范推广价值,适宜在南木林试验点以及气候相似区域推广种植。

参考文献

- [1] 余成群, 庞晓攀, 李捷, 等. 西藏草业时空拓展的模式和路径[J]. 草业科学, 2024, 41(5): 1255-1265
YU C Q, PANG X P, LI J, et al. Spatio-temporal expansion models and pathways for prataculture development in Xizang[J]. Pratacultural Science, 2024, 41(5): 1255-1265
- [2] 杜帛洋, 郭永刚, 关法春, 等. 西藏高寒草地退化现状与修复途径[J]. 特种经济动植物, 2023, 26(7): 185-188
DU B Y, GUO Y G, GUAN F C, et al. Degradation status and restoration approaches of alpine grassland in Xizang[J]. Special Economic Animals and Plants, 2023, 26(7): 185-188
- [3] 赵卫, 沈渭寿, 刘波, 等. 西藏地区草地承载力及其时空变化[J]. 科学通报, 2015, 60(21): 2014-2028
ZHAO W, SHEN W S, LIU B, et al. Carrying capacity of grasslands and its spatiotemporal change in Tibet, China[J]. Chinese Science Bulletin, 2015, 60(21): 2014-2028
- [4] 彭艳, 马素洁, 孙晶远, 等. 西藏12份野生豆科牧草种质资源综合性状评价[J]. 草业科学, 2021, 38(12): 2429-2439
PENG Y, MA S J, SUN J Y, et al. Comprehensive character evaluation of 12 wild legume forage germplasms in Tibet[J]. Pratacultural Science, 2021, 38(12): 2429-2439
- [5] 李晴婉, 李庆琳, 陈俊松, 等. 西藏草地退化界定及其原因分析[J]. 世界林业研究, 2023, 36(6): 71-77
LI Q W, LI Q L, CHEN J S, et al. Definition and causes analysis of grassland degradation in Xizang[J]. World Forestry Research, 2023, 36(6): 71-77
- [6] 张海娟, 周学丽, 芦光新, 等. 有机肥与补播对退化人工草地植被与土壤的影响[J]. 中国草地学报, 2023, 45(2): 67-75
ZHANG H J, ZHOU X L, LU G X, et al. Effect of organic fertilizer and reseeding on vegetation and soil in degraded artificial grassland[J]. Chinese Journal of Grassland, 2023, 45(2): 67-75
- [7] 陈美榕, 聂晓伟, 张学民, 等. 西藏那曲适宜建植人工草地的牧草筛选研究[J]. 草地学报, 2023, 31(10): 2897-2904
CHEN M R, NIE X W, ZHANG X M, et al. Study on screening the suitable forage grass for artificial grass establishment in Nagqu, Xizang[J]. Acta Agrestia Sinica, 2023, 31(10): 2897-2904
- [8] 杨卫, 陈梦雪. 我国水产种苗产业国际竞争力分析[J]. 中国渔业经济, 2024, 42(6): 55-63
YANG W, CHEN M X. Analysis of international competitiveness of Chinese aquatic seeding industry[J]. Chinese Fisheries Economics, 2024, 42(6): 55-63
- [9] LI C Y, LI W H, LI C, et al. Starch synthesis and programmed cell death during endosperm development in *Triticale* ($\times$ *Triticosecale* Wittmack)[J]. Journal of Integrative Plant Biology, 2010, 52(7): 602-615
- [10] ME H Q, WADDINGTON S R, SARKER Z I, et al. Production and promotion of *Triticale* as a high quality fodder and feed in small-scale dairy farmers of Bangladesh[J]. Progressive Agriculture, 2013, 19(2): 217-228
- [11] 赵方媛, 郭蕊, 杜文华. 小黑麦和小麦杂交后代主要性状配合力及杂种优势分析[J]. 西北农业学报, 2024, 33(12): 2223-2230
ZHAO F Y, GUO R, DU W H. Combining ability and heterosis analysis on main traits of hybrid offspring of *Triticale* and wheat[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2024, 33(12): 2223-2230
- [12] 张晓娟, 马宏财, 马佳乐, 等. 宁夏灌区不同牧草复种模式综合效益分析[J]. 草业科学, 2024, 41(10): 2458-2470
ZHANG X J, MA H C, MA J L, et al. Analysis of production performance and economic benefit of different forage multiple cropping modes in Ningxia irrigation area[J]. Pratacultural Science, 2024, 41(10): 2458-2470
- [13] 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[J]. 草业学报, 2023, 32(1): 192-202
WANG S S, GU H T, XIE H F, et al. Evaluation of forage yield and quality traits of 113 forage hexaploid *Triticale* germplasm lines[J]. Acta Pratacultural Sinica, 2023, 32(1): 192-202
- [14] 李冬梅, 田新会, 杜文华. 小黑麦新品系的草产量及营养价值研究[J]. 草地学报, 2016, 24(6): 1164-1169
LI D M, TIAN X H, DU W H. Studies on the forage yield and nutritional value of new *Triticale* lines[J]. Acta Agrestia Sinica, 2016, 24(6): 1164-1169

- [15] 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,2002:165-166
SUN Y S. *Triticale* genetic breeding and utilization in China[M]. Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Press, 2002: 165-166
- [16] 张学民,姜丽丽,苏德荣,等. 西藏自治区人工草地发展现状分析[J]. 草原与草坪,2024,44(1):202-207
ZHANG X M, JIANG L L, SU D R, et al. Analysis of the current development status of artificial grassland in the Tibet Autonomous Region[J]. Grassland and Turf, 2024, 44(1): 202-207
- [17] 史继清,周刊社,张东东,等. 西藏地区一种新的四季划分方法[J]. 干旱区地理,2024,47(5):773-784
SHI J Q, ZHOU K S, ZHANG D D, et al. A new method of four seasons division in Tibet[J]. Arid Land Geography, 2024, 47(5):773-784
- [18] 周佳佳,原现军,陈雷,等. 西藏乡土乳酸菌和商品乳酸菌制剂对箭筈豌豆青贮发酵品质的改善效果[J]. 畜牧与饲料科学,2018,39(10):16-20,36
ZHOU J J, YUAN X J, CHEN L, et al. Improving effects of Tibetan local lactic acid bacteria and commercial lactic acid bacteria preparation on the silage fermentation quality of *Vicia sativa*[J]. Animal Husbandry and Feed Science, 2018, 39(10): 16-20,36
- [19] 赵方媛,杜文华,曲广鹏,等. 黑麦新品系C32在西藏牧区的生产性能和营养价值研究[J]. 草地学报,2020,28(1):279-284
ZHAO F Y, DU W H, QU G P, et al. Studies on the production performance and nutritional value of new rye line C32 in pastoral areas of Tibet[J]. Acta Agrestia Sinica, 2020, 28(1): 279-284
- [20] 史志强,尉志强,刘汉成,等. 甘南高寒牧区小黑麦与豌豆混播草地对施肥种类的响应[J]. 草地学报,2025,33(1):295-306
SHI Z Q, YU Z Q, LIU H C, et al. Response of mixed grassland of *Triticale* and peas to fertilizer types in the alpine pastoral areas of Gannan[J]. Acta Agrestia Sinica, 2025, 33(1): 295-306
- [21] 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
REN Y X, LIU H C, TIAN X H, et al. Effects of the nitrogen application rate and sowing density on the productivity and nutritional value of $\times$ *Triticosecale* Wittmack in the Gannan area[J]. Pratacultural Science, 2019, 36(10):2601-2611
- [22] REN Y X, LIU H C, TIAN X H, et al. Selection of succeeding crops for a double-cropping system in alpine pastoral areas of the Qinghai - Tibetan Plateau[J]. Grass and Forage Science, 2024, 79(1):47-55
- [23] 盖钧镒. 试验统计方法《田间实验和统计方法》重编版[M]. 北京:中国农业出版社,2000:252-261
GAI J Y. Experimental statistical methods (Revised edition of field experiments and statistical methods)[M]. Beijing: China Agricultural Press, 2000:252-261
- [24] 包凤轩,陈宁,王楠,等. 基于隶属函数法鉴定抗寒苜蓿种质苗期耐苏打盐碱性[J]. 草地学报,2024,32(12):3827-3835
BAO F X, CHEN N, WANG N, et al. Identification of soda saline-alkali tolerance of cold-resistant alfalfa germplasm at seedling stage based on membership function method[J]. Acta Agrestia Sinica, 2024, 32(12):3827-3835
- [25] 吴秀宁,付鑫鑫,陈月星,等. 商洛主栽小麦品种苗期抗旱性综合评价[J]. 西北农业学报,2024,33(7):1225-1234
WU X N, FU X X, CHEN Y X, et al. Comprehensive evaluation of drought resistance of main wheat varieties at seedling stage in Shangluo[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2024, 33(7):1225-1234
- [26] CORNELISSEN J H C, LAVOREL S, GARNIER E, et al. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide[J]. Australian Journal of Botany, 2003, 51(4):335
- [27] ZHANG S Z, HU X H, WANG F F, et al. Identification of QTLs for plant height and branching-related traits in cultivated peanut[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2025, 24(7): 2511-2524
- [28] 景芳,南铭,刘彦明,等. 品种和种植密度对燕麦饲草产量、品质和病害的影响[J]. 草地学报,2023,31(10):3174-3184
JING F, NAN M, LIU Y M, et al. Effects of variety and planting density on yield, quality and disease of forage oat[J]. Acta Agrestia Sinica, 2023, 31(10):3174-3184
- [29] 刘晶,杜明川,张文婷,等. 青海不同地区小黑麦种质的筛选[J]. 新疆农业科学,2024,61(9):2183-2190
LIU J, DU M C, ZHANG W T, et al. Screening of *Triticale* germplasm in different areas of Qinghai[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2024, 61(9):2183-2190
- [30] YAO F Q, LI X H, WANG H, et al. Down-expression of TaPIN1s increases the tiller number and grain yield in wheat[J]. BMC Plant Biology, 2021, 21(1):443
- [31] 王恬. 新麦草分蘖相关性状的SSR分子标记关联分析[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2023:47-48
WANG T. Association analysis of tiller-related traits with SSR markers in *psathyrostachys juncea*[D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2023:47-48
- [32] 张舒芸. 小黑麦和黑麦的抗旱性与抗寒性研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2018:5-18
ZHANG S Y. Studies on the drought and cold resistance of *Triticale* and rye[D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2018:5-18
- [33] 邵春慧,徐强,史志强,等. 夏河农牧交错区小黑麦与豆科牧草混播的生产性能研究[J]. 草地学报,2022,30(10):2791-2801
SHAO C H, XU Q, SHI Z Q, et al. Studies on the forage yield of the mixture of *Triticale* and legume in the farming-pastoral ecotone of Xiahe[J]. Acta Agrestia Sinica, 2022, 30(10):2791-2801
- [34] 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
- [35] 罗谨, 王军邦, 杨永胜, 等. 1991—2015年三江源河曲高寒草甸干湿状况及牧草产量变化的气候归因研究[J]. 冰川冻土, 2021, 43(5): 1542-1550
- LUO J, WANG J B, YANG Y S, et al. Analysis of surface humid level and climatic attribution of forage yield changes in Hequ alpine meadow from 1991 to 2015 [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2021, 43(5): 1542-1550
- [36] 吴浩, 张燕, 贾志锋, 等. 青海东部农区引进燕麦品种各器官C、N、P生态化学计量学特征变化研究[J]. 干旱地区农业研究, 2023, 41(1): 160-168
- WU H, ZHANG Y, JIA Z F, et al. C, N and P stoichiometry characteristics of oat cultivars in eastern agricultural area of Qinghai Province [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2023, 41(1): 160-168
- [37] 梅英文. 外源尿囊素对水稻孕穗期低温胁迫根系生长和碳氮代谢的影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2023: 51-53
- MEI Y W. Effects of exogenous allantoin on root growth and carbon and nitrogen metabolism of rice under low temperature stress at booting stage [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2023: 51-53
- [38] 沈姣姣, 王靖, 李建科, 等. 农牧交错带地区油菜适时播种气象条件分析[J]. 干旱地区农业研究, 2013, 31(3): 237-243
- SHEN J J, WANG J, LI J K, et al. Analysis of suitable meteorological condition for planting oil sunflower in agro-pastoral ecotone [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2013, 31(3): 237-243
- [39] 刘汉成. 小黑麦与黑麦的甄别及在青藏高原东北缘高寒牧区高产栽培技术研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2018: 85-86
- LIU H C. Discriminations of *Triticale* and rye, and studies on the high-yield cultivation techniques in the alpine pastoral area of the northeastern margin of Qinghai-Tibet plateau, China [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2018: 85-86
- [40] 高述, 李春喜, 周宝元, 等. 种植密度和施氮量耦合对夏玉米干物质积累及氮肥利用率的影响[J]. 玉米科学, 2017, 25(5): 105-111
- GAO T, LI C X, ZHOU B Y, et al. Effects of planting density and nitrogen rate on dry matter accumulation and nitrogen utilization efficiency of summer maize [J]. Journal of Maize Sciences, 2017, 25(5): 105-111
- [41] 王亚凯, 刘孟雨, 董宝娣, 等. 干旱对太行山山前平原雨养农田产量影响的模拟研究[J]. 干旱地区农业研究, 2019, 37(2): 185-194
- WANG Y K, LIU M Y, DONG B D, et al. Simulation of drought impact on yield of rainfed wheat and maize in the Piedmont Plain of Mt. Taihang, China [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2019, 37(2): 185-194
- [42] 孙娜, 秦雪龙, 梁锋娜, 等. 不同干旱胁迫强度下的类芦生长权衡研究[J]. 草业科学, 2023, 40(6): 1582-1591
- SUN N, QIN X L, LIANG F N, et al. Growth trade-offs in *Neyraudia reynaudiana* in response to different levels of drought stress [J]. Pratacultural Science, 2023, 40(6): 1582-1591
- [43] 赵方媛. 饲料型小黑麦新品系的抗旱性评价及在干旱半干旱灌区的生产性能研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2017: 25-26
- ZHAO F Y. Evaluations on drought resistance and studies on the production of new *Triticale* lines in arid and semi-arid irrigated area [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2017: 25-26
- [44] 蒋奇仲, 董海宾, 高昌宇, 等. 2000—2022年我国小黑麦领域研究进展与发展趋势——基于CiteSpace分析[J]. 中国农业资源与区划, 2024, 45(6): 171-179
- JIANG Q S, DONG H B, GAO C Y, et al. Reserach progress and development trend of *Triticale* in our country from 2000 to 2022 based on citespace [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2024, 45(6): 171-179
- [45] 王玲秀, 邵帅, 姜亚桦. 异时萌发对旱麦草属4种牧草生长与品质的影响[J]. 草地学报, 2024, 32(2): 495-502
- WANG L X, SHAO S, LOU Y H. The effect of heterochronic germination on the growth and quality of four forage species in the eremopyrum [J]. Acta Agrestia Sinica, 2024, 32(2): 495-502
- [46] 刘晶, 杜明川, 李林秀, 等. 平安地区小黑麦种质筛选[J]. 种子, 2023, 42(5): 81-85
- LIU J, DU M C, LI L X, et al. Screening of *Triticale* germplasms in Ping'an area [J]. Seed, 2023, 42(5): 81-85
- [47] 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[J]. 草业学报, 2018, 27(5): 85-96
- LIU J, SONG Q, TIAN X H, et al. Evaluation of the adaptability of *Triticale* genotypes using membership function and GGE-Biplot analysis [J]. Acta Prataculturae Sinica, 2018, 27(5): 85-96

(责任编辑 刘婷婷)