

甘农1号黑麦在青藏高原高寒牧区的生产性能研究

王伟强, 田新会, 杜文华

(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:以甘农1号黑麦品种为试验材料, 冬牧70黑麦品种为对照, 通过测定其在青藏高原高寒牧区(青海同德、铁卜加, 西藏曲水, 四川道孚、西昌和红原, 甘肃合作)的草产量, 以研究其丰产性和稳产性。结果表明: 单因素间, 2个黑麦品种中甘农1号在7个试验点的平均干草产量(11.94 t/hm^2)显著高于冬牧70(7.23 t/hm^2); 7个试验点中, 西昌点2个黑麦品种的干草产量(11.86 t/hm^2)高于其他试验点; 2019年2个黑麦品种的平均干草产量(10.12 t/hm^2)高于2018年(9.05 t/hm^2)。2因素间, 品种 \times 试验点交互作用中, 甘农1号黑麦在合作点的平均干草产量(15.91 t/hm^2)显著高于其他处理; 品种 \times 年份交互作用, 2019年甘农1号黑麦的平均干草产量(12.70 t/hm^2)显著高于冬牧70; 试验点 \times 年份交互作用中, 合作点2019年2个黑麦品种的平均干草产量(17.34 t/hm^2)显著高于其他处理。品种 \times 试验点 \times 年份3因素交互作用中, 2019年合作点甘农1号黑麦的干草产量(23.69 t/hm^2)显著高于其他处理。综合评价表明, 甘农1号黑麦适合青藏高原高寒牧区的气候条件, 草产量高, 丰产性和稳产性好, 甘肃省合作市适合甘农1号黑麦种植。

关键词:黑麦; 干草产量; 青藏高原高寒牧区; 丰产性; 稳产性

中图分类号: S543.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-5500(2021)03-0057-06

DOI: 10.13817/j.cnki.cyycp.2021.03.008

黑麦(*Secale cereale*)是一年或越年生禾本科牧草, 起源于西南亚小麦族黑麦属, 北欧和北非是黑麦的主要产区^[1-2]。中国黑麦种植地区主要分布在云南、贵州、内蒙古、甘肃、四川、西藏、新疆等高寒和干旱地区。黑麦具有很强的抗寒和抗旱能力, 对土壤有较强的适应性^[3]。黑麦具有大而浅的须根系, 可防止水土流失, 并有效吸收土壤中的养分, 根系腐烂后能提高土壤肥力, 促进后茬作物生长^[4]。黑麦分蘖能力强, 能抑

制杂草^[5], 叶片大, 营养品质高, 适口性好^[6]。黑麦的粗蛋白质含量为10%, 但粗纤维含量较高^[7]。由于黑麦的青干草或青贮饲料中富含各种矿物质和微量元素, 饲喂家畜后不仅可增加日增重, 而且可节省精饲料, 降低养殖成本^[8]。改革开放以来, 中国产业结构逐步趋于合理, 草牧业在农业总产值所占比重逐渐增大。因此, 引进高产优质、抗逆性强的牧草, 对中国草牧业生产具有极其重要的意义^[9]。

目前国内外有关黑麦的研究主要集中在生产性能、复种模式、染色体特异分子标记、基因组育种等方面^[10-13]。赵方媛等^[10]研究表明, 黑麦新品系C32在西藏牧区的生产性能良好, 营养品质高, 适合家畜饲用。杨明进等^[11]研究表明, 黑麦复种水稻能减少化学除草剂使用量, 提高水稻品质。邱玲等^[12]对小麦-黑麦的远缘杂交育种提供了实践应用。David等^[13]拟利用基因组学方法加速冬季黑麦复杂性状育种的进程。

青藏高原是中国最大、世界海拔最高的高原, 平均海拔4 000 m以上, 被称为“世界屋脊”^[14]。青藏高原

收稿日期: 2020-07-31; **修回日期:** 2020-10-23

基金项目: 西藏饲草产业专项(XZ201801NA02, XZ201901NA03); 国家重点研发计划(2018YFD0502402-3); 甘肃省草地畜牧业可持续发展创新团队项目(2017C-11)

作者简介: 王伟强(1994-), 男, 甘肃甘谷人, 在读硕士研究生。

E-mail: 1466941912@qq.com

杜文华为通讯作者。

E-mail: duwh@gsau.edu.cn

最暖月均温也不足 10°C , 辐射强烈, 日照多, 气温低, 气温日较差大^[15-17]。黑麦耐旱、耐寒、耐贫瘠、抗病虫害, 在逆境条件下适应性高于小麦, 温度在 2°C 以上就能生根发芽, 适合在高海拔、土壤贫瘠区域种植^[18-20]。本试验通过研究甘农 1 号黑麦在青藏高寒牧区(同德、铁卜加、曲水、道孚、红原、西昌和合作)的适应性, 来评价甘农 1 号黑麦的生产潜力, 为新品种审定奠定基础。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验在 7 个试验点进行, 各个试验点的概况如下。

同德试验点: 位于青海省同德县。N $35^{\circ}25'$, E $100^{\circ}58'$, 海拔 3 660 m。该地位于青海省东南部, 地处海南、黄南和果洛 3 个藏族自治州的交接处。高原大陆性气候, 日照时间长, 太阳辐射强, 气候温凉寒冷, 年均气温 0.5°C , 年均降水量 440 mm, 无绝对无霜期。土壤类型为暗栗钙土。

铁卜加试验点: 位于青海省铁卜加草原改良试验站, N $37^{\circ}13'$, E $99^{\circ}45'$, 海拔 3 270 m。该试验站东临青海湖, 西与海西州天峻县毗邻。干旱大陆性气候, 日照强烈, 昼夜温差大。年均气温 -0.7°C , 年均降水量 392 mm, 无绝对无霜期。土壤类型为暗栗钙土。

曲水试验点: 位于西藏自治区拉萨市曲水县。N $29^{\circ}25'$, E $90^{\circ}18'$, 海拔 4 700 m。曲水县属雅鲁藏布江中游河谷地带, 地势平坦。温带半干旱气候, 年均温 7.5°C , 年均降水量 444 mm, 主要集中在 5—9 月, 无霜期 133 d。土壤类型为潮土。

道孚试验点: 位于四川省甘孜藏族自治州道孚县乾宁种畜场, N $30^{\circ}30'$, E $101^{\circ}29'$, 海拔 3 504 m。道孚县位于四川省西北部, 甘孜州东北部。寒温带大陆性季风气候, 昼夜温差大。冬长夏短, 冬寒干燥。年均温 4.6°C , 年均降水量 926.3 mm, 多集中在 6—9 月, 无霜期 113 d。土壤类型为山地棕壤土。

红原试验点: 位于四川省阿坝藏族羌族自治州红原县四川省草原科学研究院牧草试验基地, N $32^{\circ}47'$, E $102^{\circ}32'$, 海拔 3 460 m。红原县位于四川省西北部, 大陆性高原寒温带季风气候, 无明显四季界线, 气候偏冷, 春秋短促, 长冬无夏。年均温 1.1°C , 年均降水量 738 mm, 无绝对无霜期。土壤类型为亚高山草甸土。

西昌试验点: 位于四川省西昌市。N $27^{\circ}89'$, E $102^{\circ}23'$, 海拔 1 580 m。西昌市位于四川盆地南部山

区。热带高原季风气候, 冬暖夏凉、雨量充沛、降雨集中, 日照充足。白天太阳辐射强, 昼夜温差大。年均温 18°C , 年降水量 1 020 mm, 无霜期 273 d。土壤类型为砂质土。

合作试验点: 位于甘肃省合作市。N $35^{\circ}01'$, E $102^{\circ}91'$, 海拔 2 884 m。合作市地处青藏高原的东北端, 甘、青、川三省交界处。气候为高寒湿润季风气候, 全年日照充足, 太阳能利用率高, 自然灾害频繁。年均温 1.5°C , 年降水量 545 mm, 集中于 7—9 月。无霜期 48 d。土壤类型为高寒草甸土。

1.2 试验设计

3 因素随机区组设计, 3 个因素分别为黑麦品种、试验点和年份。黑麦品种设 2 个水平, 分别为甘农 1 号黑麦(V_1)、冬牧 70 黑麦(V_2); 试验点设 7 个水平, 分别为青海同德(E_1)、青海铁卜加(E_2)、拉萨曲水(E_3)、四川道孚(E_4)、四川红原(E_5)、四川西昌(E_6)和甘肃合作(E_7); 年份设 2 个水平, 分别为 2018 年(Y_1)和 2019 年(Y_2)。

1.3 种植管理

2 年 7 个点的试验设计相同。条播, 行距 20 cm, 播种深度 3~4 cm, 小区面积 $3\text{ m}\times 5\text{ m}$ 。4 次重复。试验地周围种植 1 m 的保护行, 实际播种量以理论播量 650 万基本苗/ hm^2 计算而得。播种前每个小区施磷二铵 930 g 作为基肥, 拔节期每小区追施尿素 320 g。如果无灌溉条件则在下雨前撒施, 有灌溉条件在灌水前撒施, 以免烧苗。人工及时防除杂草, 以保证所有参试材料的正常生长。

1.4 试验材料

参试材料为甘肃农业大学利用有性杂交和系谱法培育的甘农 1 号黑麦品种, 对照品种为国家黑麦区域试验规定的对照: 冬牧 70 黑麦。

1.5 干草产量测定方法

开花期进行。测产时先去掉小区两侧边行, 再将余下的 13 行留中间 4 m, 然后去掉两头, 实测所留 10.4 m^2 的鲜草产量。测产后, 从每个小区随机取 3~5 把草样, 将 4 个重复的草样混合均匀, 取约 1 000 g 样品, 剪成 3~4 cm 长度。将样品置于烘箱中, 在 $65\sim 70^{\circ}\text{C}$ 烘干 48 h, 取出放置室内冷却回潮 24 h 后称重, 然后再放入烘箱在 $60\sim 65^{\circ}\text{C}$ 下烘干 8 h, 取出置于室内冷却回潮 24 h 后称重, 直至两次称重之差不超过 2.5 g 为止。

1.6 统计分析

用 Microsoft Excel 2016 处理数据和作图。用 SPSS 19.0 中随机区组设计的试验方法对品种、试验点、年份、品种×试验点、品种×年份、试验点×年份和品种×试验点×年份的干草产量进行显著性分析。如果差异显著,则分别利用 Duncan 法进行多重比较。试验结果以“平均数±标准误”表示。

2 结果与分析

方差分析(表1)表明,单因素,品种间干草产量存在极显著差异($P<0.01$);试验点间干草产量存在显著差异($P<0.05$);年份间干草产量无显著差异。二因素,品种×试验点、品种×年份和试验点×年份交互作用间干草产量均存在极显著差异($P<0.01$)。品种×试验点×年份三因素交互作用间干草产量存在极显著差异($P<0.01$)。需对上述存在显著差异的指标进行多重比较。

根据 F 测验,黑麦品种间 2 年 7 个试验点的平均干草产量差异最大,其次为品种×试验点×年份交互作用的干草产量。

表 1 单因素间、二因素和三因素交互作用间黑麦品种干草产量的方差分析

Table 1 Significance of different sources of variability for hay yield, including variety, site, year and their two-way and three-way interactions

	变异来源	F 值
		干草产量
单因素	品种间	32.55**
	试验点间	2.40*
	年份间	1.17 ^{NS}
二因素	品种×试验点	7.53**
	品种×年份	17.42**
	试验点×年份	6.30**
三因素	品种×试验点×年份	26.75**

注:**表示差异极显著($P<0.01$),*表示差异显著($P<0.05$),NS表示差异不显著

2.1 单因素间干草产量的差异

2 个黑麦品种中, V_1 的平均干草产量极显著高于对照(V_2)(表 2)。7 个试验点中, E_6 的平均干草产量显著高于 E_1 、 E_2 、 E_3 、 E_4 和 E_5 ,与 E_7 无显著差异。年份间的多重比较表明,2019 年(Y_2)的平均干草产量高于

2018 年(Y_1),但无显著差异。

表 2 单因素间黑麦干草产量的多重比较

Table 2 Multiple comparison of rye hay yield within the single factor

变异来源	水平	指标
		干草产量/(t·hm ⁻²)
品种间	V_1	11.94±0.61 ^a
	V_2	7.23±0.29 ^b
试验点间	E_6	11.86±1.02 ^a
	E_7	11.65±1.98 ^a
	E_2	9.49±0.80 ^{ab}
	E_1	9.27±0.92 ^{ab}
	E_5	8.86±0.66 ^{ab}
	E_3	8.21±0.44 ^b
	E_4	7.78±0.57 ^b
年份间	Y_2	10.12±0.63 ^a
	Y_1	9.05±0.50 ^a

注:同列不同字母表示差异显著($P<0.05$)。 V 代表黑麦品种, V_1 :甘农 1 号, V_2 :冬牧 70。 E 代表试验点, E_1 :同德, E_2 :铁卜加, E_3 :曲水, E_4 :道孚, E_5 :红原, E_6 :西昌, E_7 :合作。 Y 代表年份, Y_1 :2018 年, Y_2 :2019 年,下同

2.2 二因素交互作用间干草产量的差异

品种×试验点交互作用间的多重比较表明,7 个试验点 V_1 的平均干草产量均极显著高于 V_2 ,其中 V_1E_7 的平均干草产量最高,显著高于除 V_1E_6 的其他处理;品种×年份交互作用间的多重比较表明,2018 和 2019 年 7 个点 V_1 的平均干草产量均极显著高于 V_2 ,其中 V_1Y_2 的平均干草产量最高,显著高于 V_2Y_1 和 V_2Y_2 ,与 V_1Y_1 差异不显著;试验点×年份交互作用间的多重比较表明,7 个试验点及不同年份 2 个黑麦品种的平均干草产量差异较大,变幅为 5.96 ~ 17.34 t/hm²,其中 E_7Y_2 的平均干草产量最高,极显著高于其他处理(图 1)。

2.3 品种×试验点×年份交互作用间干草产量的差异

品种×试验点×年份交互作用间的多重比较(表 3)表明,同一年份同一试验点 V_1 的干草产量均显著或不显著高于 V_2 ,其中 $V_1E_7Y_2$ 的干草产量最高,显著高于其他处理; $V_2E_7Y_1$ 的干草产量最低,显著低于除 $V_2E_1Y_2$ 、 $V_2E_2Y_1$ 、 $V_2E_3Y_1$ 和 $V_2E_4Y_2$ 之外的其他处理。

3 讨论

牧草产量是畜牧业发展的物质基础,也是衡量一

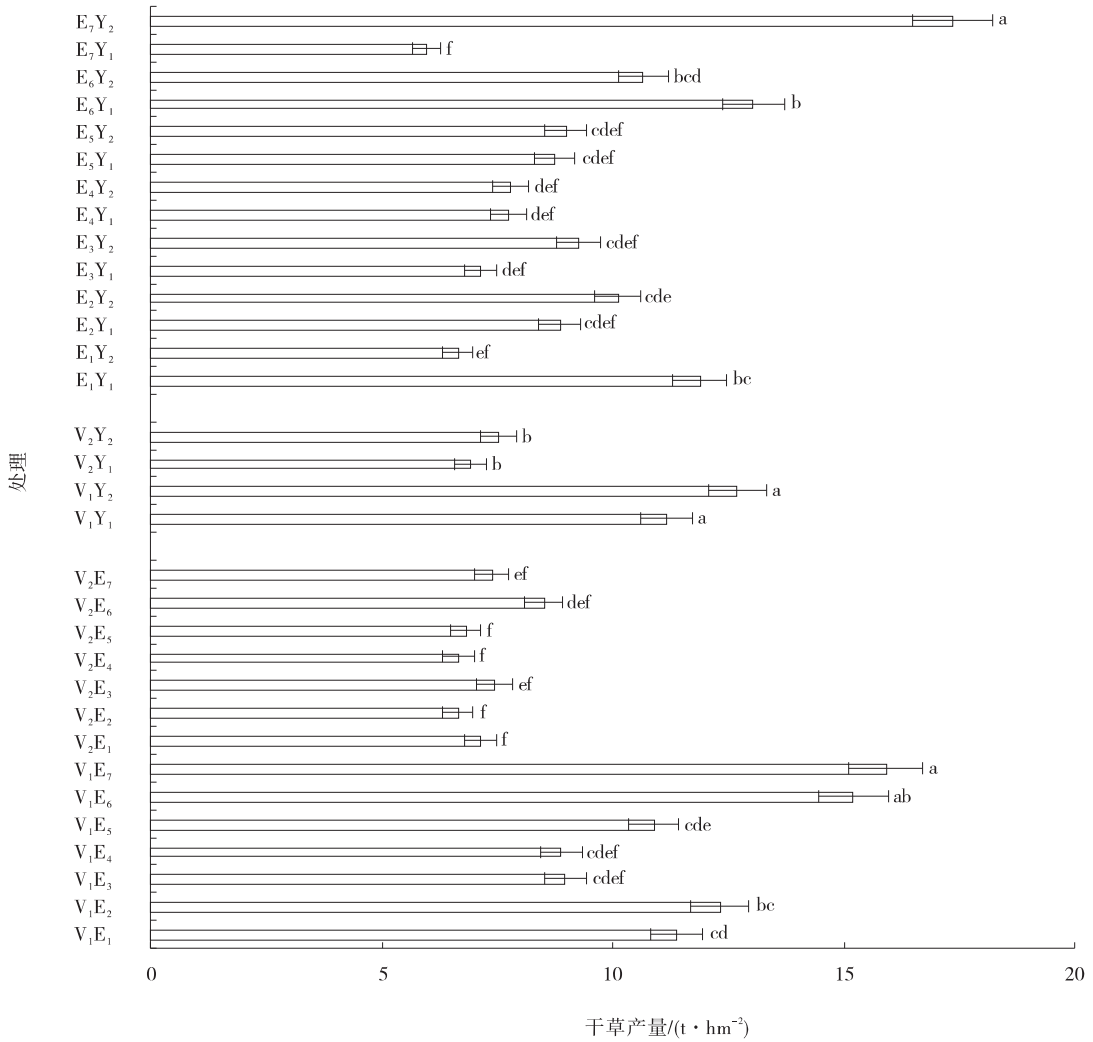


图 1 二因素交互作用间黑麦干草产量的多重比较

Fig. 1 Multiple comparison of rye hay yield between two-way interactions

表 3 品种×试验点×年份交互作用的黑麦干草产量的多重比较

Table 3 Multiple comparison of rye hay yield among the interaction of rye varieties, experimental sites and years

处理	干草产量/($t \cdot hm^{-2}$)	处理	干草产量/($t \cdot hm^{-2}$)
V ₁ E ₇ Y ₂	23.69 ± 1.74 ^a	V ₂ E ₆ Y ₂	8.30 ± 0.39 ^{ghijkl}
V ₁ E ₆ Y ₁	17.38 ± 0.90 ^b	V ₁ E ₃ Y ₁	8.16 ± 0.85 ^{ghijklm}
V ₁ E ₁ Y ₁	14.84 ± 0.67 ^c	V ₁ E ₇ Y ₁	8.12 ± 0.78 ^{ghijklm}
V ₁ E ₆ Y ₂	13.02 ± 0.75 ^{cd}	V ₁ E ₁ Y ₂	7.94 ± 0.29 ^{hijklmn}
V ₁ E ₂ Y ₂	12.81 ± 0.86 ^{cd}	V ₁ E ₄ Y ₁	7.75 ± 0.91 ^{ghijklmn}
V ₁ E ₂ Y ₁	11.83 ± 0.59 ^{de}	V ₂ E ₄ Y ₁	7.74 ± 0.76 ^{ghijklmn}
V ₁ E ₅ Y ₂	11.65 ± 0.92 ^{de}	V ₂ E ₂ Y ₂	7.42 ± 0.32 ^{hijklmn}
V ₂ E ₇ Y ₂	10.99 ± 0.95 ^{def}	V ₂ E ₅ Y ₁	7.32 ± 0.42 ^{ijklmn}
V ₁ E ₅ Y ₁	10.13 ± 0.85 ^{efg}	V ₂ E ₅ Y ₂	6.32 ± 0.93 ^{ijklmn}
V ₁ E ₄ Y ₂	10.03 ± 1.10 ^{efgh}	V ₂ E ₃ Y ₁	6.14 ± 0.33 ^{lmno}
V ₁ E ₃ Y ₂	9.79 ± 0.59 ^{efghi}	V ₂ E ₂ Y ₁	5.88 ± 0.51 ^{lmno}
V ₂ E ₁ Y ₁	8.93 ± 0.50 ^{fghij}	V ₂ E ₄ Y ₂	5.58 ± 0.71 ^{lmno}
V ₂ E ₃ Y ₂	8.75 ± 0.61 ^{fghijk}	V ₂ E ₁ Y ₂	5.35 ± 0.39 ^{no}
V ₂ E ₆ Y ₁	8.72 ± 1.17 ^{fghijk}	V ₂ E ₇ Y ₁	3.79 ± 0.63 ^o

个国家农业发展状况的重要标志之一,在发达国家,畜牧业占农业的50%以上,是现代农业的重要支柱^[21-22]。随着农业产业结构的调整和中国畜牧业发展的不断推进,优质牧草的短缺已成为我国实现优质高效畜牧业发展的瓶颈,在此背景下,培育优质牧草显得十分迫切^[23]。黑麦由于生物量高和抗逆性强,已成为促进中国种植业和畜牧业协调发展的新型牧草^[24]。

3.1 单因素间黑麦干草产量的差异及原因

牧草产量的高低取决于其遗传特性,但也受环境因素影响^[25]。从黑麦品种看,甘农1号黑麦的平均干草产量(11.94 t/hm²)显著高于对照(冬牧70)(7.23 t/hm²),这是由于甘农1号黑麦的分蘖性能较强,株高略高于冬牧70,所以干草产量较高。7个试验点,西昌试验点2个黑麦品种的平均干草产量(11.86 t/hm²)高于其他试验点,这主要是因为西昌试验点的年均温高(18℃),降水多(1 020 mm),能够满足黑麦对热量和水分的需求,这与张钦仁等^[25]的研究一致。

3.2 二因素交互作用间黑麦干草产量的差异及原因

品种×试验点间甘农1号黑麦在合作点的平均干草产量最高(15.91 t/hm²),说明合作点的气候特征更适宜于甘农1号黑麦的生长。品种×年份交互作用表明,2018和2019年甘农1号黑麦的平均干草产量均极显著高于冬牧70,说明甘农1号黑麦的丰产性和稳产性较好,更适合青藏高原高寒牧区的气候条件,2019年甘农1号黑麦的平均干草产量最高,主要是由于相对于2018年,2019年黑麦生长期降水量较多、温度较高。试验点×年份交互作用间,2019年合作试验点黑麦的平均干草产量最高(17.34 t/hm²),主要是因为水肥条件对牧草饲料作物的草产量有不同程度影响^[26-27],说明2019年合作点的水肥条件和气候等诸多因素更适合于黑麦的生长。

3.3 三因素交互作用间黑麦干草产量的差异及原因

品种×试验点×年份交互作用中,同一年份同一试验点甘农1号黑麦的干草产量均显著或不显著高于冬牧70,更进一步说明其丰产性和稳产性较好。另外,水分对甘农2号黑麦草产量的影响较大,由于2019年合作试验点黑麦生长季降水较多,干草产量最高(23.69 t/hm²)。

4 结论

甘农1号黑麦适合在青海同德和铁卜加,拉萨曲

水,四川道孚、红原和西昌,以及甘肃合作种植,草产量高,丰产性和稳产性好,甘肃合作为最佳种植区,生长季雨水充沛有利于提高草产量。

综合不同年份、不同试验点间不同黑麦品种的干草产量分析可得,甘农1号黑麦的生产性能均优于冬牧70,更适宜于青藏高原高寒牧区推广种植。

参考文献:

- [1] 吴国彪,卢嘉友,卫金珍. 冬牧—70 黑麦引种栽培试验总结[J]. 贵州畜牧兽医科技,1987(4):1-3+7.
- [2] 孔令娜,冯金侠,陈卫平. 黑麦—遗传学实验的常用材料[J]. 实验科学与技术,2011,9(2):56-58.
- [3] 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.
- [4] 吕婷婷. 小麦—黑麦衍生后代赤霉病鉴定及分子细胞学分析[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2019.
- [5] 张雪悦,左师宇,田礼欣,等. 不同密度下越冬型黑麦产量形成的光合特性差异[J]. 草业学报,2019,28(3):131-141.
- [6] Ville M. Koistinen, Kati Hanhineva. Microbial and endogenous metabolic conversions of rye phytochemicals [J]. *Molecular Nutrition & Food Research*, 2017, 61(7): 123-132.
- [7] Burbach K, Strang E J P, Mosenthin R, et al. Porcine intestinal microbiota is shaped by diet composition based on rye or triticale [J]. *Journal of Applied Microbiology*, 2017, 123(6): 1571-1583.
- [8] 李世丹,陈仕勇,马莉,等. 青藏高原川西北高寒牧区黑麦青贮饲料中耐低温乳酸菌的分离与鉴定[J]. 草原与草坪,2018,38(6):79-82.
- [9] 王波. 新时期农业产业结构调整的思考[J]. 农业开发与装备,2015(1):10.
- [10] 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.
- [11] 杨明进,殷延勃,刘媛,等. 冬牧70黑麦复种水稻诱草灭草效果试验初报[J]. 宁夏农林科技,2020,61(2):7-8+13.
- [12] 邱玲,唐宗祥,李萌,等. 黑麦染色体特异分子标记开发 [C]//中国作物学会. 第六届全国小麦基因组学及分子育种大会论文集. 北京:中国作物学会,2015:1.
- [13] David S G, Silvia K, Franz J F, et al. Genome-wide association mapping and genomic prediction of Fusarium head blight resistance, heading stage and plant height in winter rye (*Secale cereale*) [J]. *Plant Breeding*, 2020, 139(3): 1571-1582.

- [14] 刘同德. 青藏高原区域可持续发展研究[D]. 天津:天津大学,2009.
- [15] 郑度,赵东升. 青藏高原的自然环境特征[J]. 科技导报, 2017,35(6):13-22.
- [16] 樊红芳. 青藏高原现代气候特征及大地形气候效应[D]. 兰州:兰州大学,2008.
- [17] 韩海辉. 基于 SRTM-DEM 的青藏高原地貌特征分析 [D]. 兰州:兰州大学,2009.
- [18] 高新华,郭荣. 宁夏引黄灌区稻前种植美国 70 黑麦的前景及栽培技术要点[J]. 宁夏科技,2002(6):66-66.
- [19] 王德轩,刘冠军,王秀萍. 黑麦是抗逆力强适应性广的高产稳产作物[J]. 中国科学院西北水土保持研究所集刊, 1988(2):57-58.
- [20] 齐志庆,关勇. 黑龙江省冬黑麦栽培技术[J]. 现代化农业,2019(9):13-14.
- [21] 陈海燕. 中国畜牧业政策支持水平研究[D]. 北京:中国农业大学,2014.
- [22] 栗林. 现代畜牧业发展要素浅析[J]. 畜牧与饲料科学, 2008,29(6):93-96.
- [23] 杨伟坤. 河北省饲草产业发展的经济学分析[D]. 保定:河北农业大学,2006.
- [24] 李季,慧欣,永志. 小黑麦、黑麦栽培管理[J]. 北京农业, 2004(11):35.
- [25] 裴忠有,李明莹,沈平,等. 禾本科作物株高遗传的研究进展[J]. 杂粮作物,2000(5):18-22.
- [25] 张钦仁,颜亮东,张峰,等. 气候变化对青海天然牧草影响研究[J]. 高原气象,2007(4):724-731.
- [26] 于亚军,李军,贾志宽,等. 不同水肥条件对宁南旱地谷子产量、WUE 及光合特性的影响[J]. 水土保持研究, 2006,13(2):87-90.
- [27] 孙本普,王勇,李秀云,等. 不同年份的气候和栽培条件对冬小麦产量构成因素的影响[J]. 麦类作物学报, 2004,24(2):83-87.

Forage productivity of *Secale cereal* cv. Gannong No. 1 in Qinghai-Tibet alpine pastoral area

WANG Wei-qiáng, TIAN Xin-hui, DU Wen-hua

(College of Grassland Science, Gansu Agricultural University, Key Laboratory for Grassland Ecosystem of Ministry of Education, Pratacultural Engineering Laboratory of Gansu Province, Sino-U. S.

Centers for Grazing Land Ecosystem Sustainability, Lanzhou 730070, China)

Abstract: This study investigated the forage productivity and yield stability of *Secale cereal* cv. Gannong No. 1 at seven sites (Tongde, Tiebujia, Qushui, Daofu, Hongyuan and Hezuo) in Qinghai-Tibet alpine pastoral area, with *Secale cereal* cv. Dongmu 70 as the control. Results showed that the mean hay yield (11.94 t/hm²) of Gannong No. 1 at seven experimental sites over two years was significantly higher than that of Dongmu 70 (7.23 t/hm²). Across seven experimental sites, mean hay yield of two rye varieties at Xichang site (11.86 t/hm²) was significantly higher than that at the other experimental sites except Hezuo site. The mean hay yield of two rye varieties in 2019 (10.12 t/hm²) was higher than that in 2018 (9.05 t/hm²). For the interaction of variety × site, mean hay yield of Gannong No. 1 at the Hezuo site (15.91 t/hm²) was significantly higher than that in the other treatments. For the interaction of variety × year, mean hay yield of Gannong No. 1 2019 (12.70 t/hm²) was significantly higher than that of Dongmu 70. For the interaction of experimental site × year, mean rye hay yield at the Hezuo site in 2019 (17.34 t/hm²) was significantly higher than that of the other treatments. For the interactions of rye variety × experimental site × year, hay yield of Gannong No. 1 at the Hezuo site in 2019 (23.69 t/hm²) was significantly higher than the other treatments. In conclusion, Gannong No. 1 could adapt to the climate of Qinghai-Tibet plateau, showing high and stable forage yield. Among the seven different experimental sites, Hezuo in Gansu province was the most suitable region to cultivate Gannong No. 1.

Key words: *Secale cereal*; hay yield; Qinghai-Tibet alpine pastoral area; yielding ability; yield stability