

# 川西北地区甘农3号黑麦的生产性能和营养价值研究

杨亚彭,刘欢,杜文华,田新会

(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:**为研究甘农3号黑麦在川西北地区的适应性,以冬牧70为对照,测定了甘农3号黑麦2018和2019年在四川省红原、道孚和布拖3个试验点的株高、鲜草产量、干草产量和营养价值。结果表明:甘农3号黑麦的鲜草产量和干草产量显著高于冬牧70( $P<0.05$ ),株高、鲜干比与冬牧70无显著差异;NDF含量显著低于冬牧70( $P<0.05$ ),ADF含量显著高于冬牧70,CP含量显著高于冬牧70( $P<0.05$ )。2个黑麦品种在红原和道孚点的生产性能显著高于布拖点( $P<0.05$ )。甘农3号黑麦的生产性能和营养价值优于冬牧70,适宜于在川西北地区推广种植。

**关键词:**黑麦;川西北;草产量;营养价值

**中图分类号:**S512.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2022)04-0083-08

**DOI:**10.13817/j.cnki.cycp.2022.04.011



川西北牧草产区位于青藏高原东南缘,毗邻青海省三江源保护区,也是我国主要牧草产区之一,总面积 $3.0\times 10^5\text{ km}^2$ 。近年来,随着畜牧业的快速发展,冷季缺草成为制约高寒牧区畜牧业发展的主要问题,由于川西北地区地处高海拔,受气候寒冷、牧草生长期短、牧草品种单一、天然草地牧草供给不足等多重不利因素的制约更为严重<sup>[2-3]</sup>。因此,培育选择优质饲草品种、建立优质的牧草基地,不仅是保证川西北地区畜牧业长期高效发展的重要措施,也是提高草原生产力水平、解决川西北牧区饲草短缺的途径<sup>[4-5]</sup>。

黑麦(*Secale cereale*)是禾本科黑麦属一年生草

本,具有分蘖力高、抗逆性强、草产量高、叶片营养丰富等特点<sup>[6-7]</sup>,全世界栽培面积居于栽培作物的前列<sup>[8]</sup>,中国黑麦主要分布在云南、贵州、内蒙古、甘肃和新疆等省的高寒山区和干旱地区<sup>[9]</sup>。近年来,黑麦在我国华北、西南、西北及青藏高原高寒牧区的种植面积逐年扩大<sup>[10-11]</sup>,尤其是它具有抗旱、抗寒及不易倒伏的特殊优势,在高海拔地区贫瘠的沙性或酸性土壤中种植极为适宜<sup>[12]</sup>。

目前国内外对黑麦的研究主要集中在栽培技术和营养价值研究等方面,代寒凌等<sup>[13]</sup>研究了6个黑麦新品系在干旱半干旱灌区抗病性、株高、草产量和营养价值,筛选综合性状较优的黑麦品系。其他研究则多集中在我国栽培多年的黑麦优质品种冬牧70<sup>[14]</sup>,该品种抗旱系数高达1.93<sup>[15]</sup>,对白粉病<sup>[16]</sup>和条锈病<sup>[17]</sup>均有较强抗性。杨晓婉等<sup>[18-19]</sup>对冬牧70黑麦不同播种量的鲜草和干草产量进行比较分析,并对该品种在宁夏地区适宜的株高、收获期及群体动态进行了综合评估。赵方媛等<sup>[20]</sup>在西藏牧区对黑麦C32生产性能和营养价值进行了评价。本试验以甘农3号黑麦为研究对象,以冬牧70为对照,研究了2个黑麦品种在川西北3个不同气候条件地区的生产性能及营养价值,为

**收稿日期:**2021-03-12; **修回日期:**2021-04-12

**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);现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-40-09B)

**作者简介:**杨亚彭(1996-),男,甘肃岷县人,硕士研究生。

E-mail:1582927279@qq.com

刘欢为通信作者。

E-mail:liuhuan@gsau.edu.cn

甘农3号黑麦在川西北高寒地区种植和推广提供技术支撑。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验地概况

本试验在四川省的红原县、道孚县和布拖县进行,试验地概况见表1。3个试验点在2018、2019年的月降水量如图1所示。

### 1.2 试验材料

选择甘肃农业大学草业学院利用有性杂交技术和系谱法培育的甘农3号黑麦品种,对照为冬牧70黑麦。

### 1.3 试验方法

本试验为三因素随机区组设计,A因素为试验材料,设2个水平(甘农3号黑麦,冬牧70);B因素为试验点,设3个水平(红原点,道孚点,布拖点);C因素为年份,设两个水平(2018年,2019年)。小区间距1 m,行距20 cm,播量225 kg/hm<sup>2</sup>,播种深度3~5 cm,小区面积3 m×5 m,3次重复。播种时间红原点2018年4月21日、2019年4月19日,道孚点2018年4月16日、

2019年4月18日,布拖点2018年4月23日、2019年4月20日,播前施尿素109 kg/m<sup>2</sup>(含氮50 kg/hm<sup>2</sup>),过磷酸钙3015 kg/hm<sup>2</sup>(含磷79 kg/hm<sup>2</sup>),试验期间及时除草。

### 1.4 测定指标及方法

**株高:**初花期进行测定,各区域随机选取10株(边行除外)作为样本,测定其自然高度,求平均值。

**鲜草产量、干草产量和鲜干比:**初花期进行小区测产,齐地面割取植株地上部分(除去边行和地头两边50 cm的部分),称重得鲜草产量。从鲜草样中抽取500 g草样,带回实验室中,于105℃杀青30 min,置于65℃烘箱中烘8 h,至恒重,可得到鲜草样的干重。最后计算鲜干比(鲜草产量/干草产量)。

**营养价值:**将草样粉碎,通过孔径为1 mm筛子,从混合均匀的草样中随机取3份样品,测定各项营养指标。中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)含量测定采用由滤袋技术改进的范氏酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维法,粗蛋白(CP)含量测定采用凯氏定氮法<sup>[21-22]</sup>。

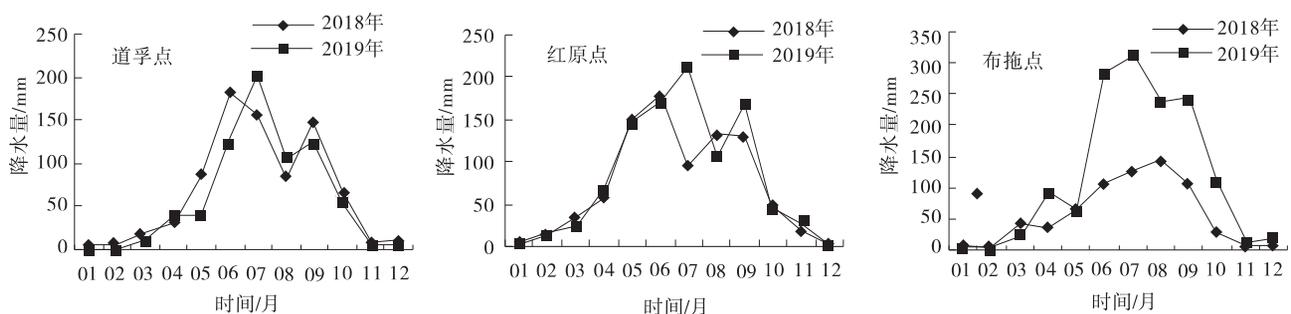


图1 3个试验点的降水量

Fig. 1 Monthly precipitation of three test sites

表1 红原、布拖和道孚的试验地概况

Table 1 The general conditions of Hongyuan, Butuo and Daofu test site

试验点	地理位置	海拔/m	年均温度/℃	年降水量/mm	最高温度和最低温度	土壤类型	日照时长/h
红原	四川省草原科学研究院试验地 N32°47', E102°32'	3 460	1.1	738	最热月7月, 平均温度13℃, 最冷月1月, 平均温度-7.6℃	高山草甸土	2 418
道孚	道孚种畜场 N30°30', E101°29'	3 504	4.5	926	最热月7月, 平均温度18℃, 最冷月1月, 平均温度-4℃	山地棕壤土	2 318
布拖	布拖县半细毛羊原种场 N27°16', E102°43'	2 400	10.1	1 114.7	最热月7月, 平均温度8℃, 最冷月1月, 平均温度-3℃	高山草甸土	1 996

## 1.5 数据分析

采用 Excel 2019 进行数据整理和作图,通过 SPSS 22 软件各指标进行方差分析,如果差异显著( $P < 0.05$ ),分别用 Duncan 法进行多重比较。

## 2 结果与分析

方差分析结果表明黑麦品种间除株高和鲜干比,其余指标都有显著差异( $P < 0.05$ );试验点间除 ADF

和 NDF 含量,其他指标均有显著差异( $P < 0.05$ );年份间各指标均无显著差异;品种×试验点间各指标均有显著差异( $P < 0.05$ );品种×年份间除株高和鲜干比,其他指标都有显著差异( $P < 0.05$ );试验点×年份间除 CP、ADF 和 NDF 含量,其他指标有显著差异( $P < 0.05$ );品种×试验点×年份间各指标均有显著差异( $P < 0.05$ );需对上述存在显著差异的指标进行多重比较(表2)。

表2 黑麦品种间、试验点间、年份间和试验点×品种、试验点×年份、品种×年份以及试验点×品种×年份交互作用间各项测定指标的方差分析

Table2 Variance analysis of all indexes among rye varieties, experiment sites, years and their interaction

变异来源	F 值						
	鲜草产量	干草产量	株高	鲜干比	CP 含量	NDF 含量	ADF 含量
品种间	11.513**	15.193**	0.042 <sup>NS</sup>	0.627 <sup>NS</sup>	29.558**	241.315**	131.885**
试验点间	9.300**	12.144**	13.766**	7.133**	7.428**	1.923 <sup>NS</sup>	2.716 <sup>NS</sup>
年份间	0.077 <sup>NS</sup>	0.872 <sup>NS</sup>	3.257 <sup>NS</sup>	0.942 <sup>NS</sup>	0.147 <sup>NS</sup>	0.003 <sup>NS</sup>	0.179 <sup>NS</sup>
试验点×品种	15.569**	28.113**	7.696**	8.379**	24.273**	309.051**	118.470**
年份×品种	3.925*	5.864**	2.684 <sup>NS</sup>	1.580 <sup>NS</sup>	10.885**	75.852**	43.079**
年份×试验点	5.961**	4.918**	10.295**	8.420**	2.782 <sup>NS</sup>	0.708 <sup>NS</sup>	1.036 <sup>NS</sup>
年份×试验点×品种	12.803**	15.985**	13.389**	42.741**	16.228**	124.860**	54.049**

注:\*表示差异显著( $P < 0.05$ );\*\*表示差异极显著( $P < 0.01$ ),NS表示无显著差异

### 2.1 单因素间黑麦生产性能和营养品质的差异

2.1.1 黑麦品种间 甘农3号黑麦的鲜草产量(34.14 t/hm<sup>2</sup>)和干草产量(10.38 t/hm<sup>2</sup>)均显著高于

冬牧70( $P < 0.05$ )。甘农3号黑麦的 CP 含量显著高于冬牧70, NDF 含量显著低于冬牧70( $P < 0.05$ ), ADF 含量显著高于冬牧70( $P < 0.05$ )(表3)。

表3 黑麦种质间草产量(鲜草、干草)和营养品质

Table 3 Differences of the fresh weight, hay yield and nutritional value between rye varieties

种质	鲜草产量/(t·hm <sup>-2</sup> )	干草产量/(t·hm <sup>-2</sup> )	CP 含量/%	NDF 含量/%	ADF 含量/%
甘农3号	34.14±2.07 <sup>a</sup>	10.38±0.83 <sup>a</sup>	9.65±0.09 <sup>a</sup>	54.29±0.52 <sup>b</sup>	40.63±0.38 <sup>a</sup>
冬牧70	24.39±1.99 <sup>b</sup>	6.72±0.43 <sup>b</sup>	8.84±0.12 <sup>b</sup>	65.78±0.52 <sup>a</sup>	35.37±0.25 <sup>b</sup>

注:同列不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。下同

2.1.2 试验点间 红原和道孚试验点的鲜草产量、干草产量和株高均显著高于布拖点( $P < 0.05$ ),平均鲜干比红原点和布拖点显著高于道孚点( $P < 0.05$ )。

CP 含量红原点显著高于布拖和道孚点( $P < 0.05$ )(表4)。

表4 不同试验点间株高、草产量、鲜干比和营养品质

Table 4 Differences of the plant height, hay yield, ratio of fresh to dry and nutrition within different experimental sites

试验点间	鲜草产量/(t·hm <sup>-2</sup> )	干草产量/(t·hm <sup>-2</sup> )	株高/cm	鲜干比	CP 含量/%
红原	36.21±2.05 <sup>a</sup>	9.23±0.91 <sup>a</sup>	156.23±3.47 <sup>a</sup>	4.22±0.36 <sup>a</sup>	9.70±0.13 <sup>a</sup>
布拖	21.96±1.96 <sup>b</sup>	5.65±0.35 <sup>b</sup>	132.20±4.00 <sup>b</sup>	3.97±0.34 <sup>a</sup>	9.12±0.16 <sup>b</sup>
道孚	29.63±2.89 <sup>a</sup>	10.77±0.87 <sup>a</sup>	159.95±4.63 <sup>a</sup>	2.74±0.14 <sup>b</sup>	8.91±0.16 <sup>b</sup>

### 2.2 二因素间黑麦生产性能和营养品质的差异

2.2.1 试验点×品种 红原和道孚试验点黑麦的平

均株高无显著差异,布拖点甘农3号黑麦的株高显著低于冬牧70( $P < 0.05$ )。甘农3号黑麦在红原和道孚

试验点的鲜草产量和干草产量均显著高于冬牧70( $P < 0.05$ ),布拖试验点黑麦材料间无显著差异。红原点甘农3号黑麦的鲜干比显著低于冬牧70( $P < 0.05$ ),道孚和布拖试验点黑麦的鲜干比无显著差异(表5)。

甘农3号黑麦在红原和道孚试验点的平均株高、鲜草产量和干草产量均显著高于布拖点( $P < 0.05$ ),在道孚试验点的鲜干比显著低于布拖试验点。冬牧70在红原和道孚试验点的株高显著高于布拖点,鲜草

产量红原试验点显著高于其他两个试验点,干草产量道孚试验点显著高于其他两个试验点,鲜干比道孚试验点显著低于红原和布拖试验点(表5)。

甘农3号黑麦在3个试验点的CP含量和ADF含量均显著高于冬牧70( $P < 0.05$ ),NDF含量显著低于冬牧70( $P < 0.05$ )。黑麦品种在红原试验点的CP含量显著高于布拖和道孚试验点( $P < 0.05$ ),在红原和道孚试验点的NDF和ADF显著高于布拖点( $P < 0.05$ )(表5)。

表5 黑麦品种×试验点交互作用间株高、鲜草产量、干草产量、鲜干比和营养品质

Table 5 The interaction between experiment sites and rye varieties for the plant height, fresh weight, hay yield, fresh dry ratio and nutrition

品种×试验点	株高/cm	鲜草产量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	干草产量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	鲜干比	CP含量/%	NDF含量/%	ADF含量/%
红原×甘农3号	161.05±6.05 <sup>a</sup>	38.19±2.63 <sup>a</sup>	11.91±0.73 <sup>a</sup>	3.21±0.10 <sup>bcd</sup>	9.97±0.10 <sup>a</sup>	55.72±0.25 <sup>c</sup>	42.19±0.45 <sup>a</sup>
布拖×甘农3号	123.32±5.33 <sup>c</sup>	25.29±3.41 <sup>b</sup>	6.09±0.29 <sup>c</sup>	4.22±0.64 <sup>b</sup>	9.59±0.64 <sup>b</sup>	51.46±0.36 <sup>d</sup>	38.86±0.20 <sup>c</sup>
道孚×甘农3号	162.08±8.59 <sup>a</sup>	38.96±1.30 <sup>a</sup>	13.14±0.89 <sup>a</sup>	3.02±0.19 <sup>cd</sup>	9.39±0.19 <sup>b</sup>	55.70±0.45 <sup>c</sup>	40.85±0.30 <sup>b</sup>
红原×冬牧70	151.40±2.62 <sup>ab</sup>	34.23±3.18 <sup>a</sup>	6.54±0.42 <sup>c</sup>	5.24±0.39 <sup>a</sup>	9.43±0.39 <sup>b</sup>	67.05±0.47 <sup>a</sup>	35.89±0.27 <sup>d</sup>
布拖×冬牧70	141.09±3.22 <sup>b</sup>	18.63±0.89 <sup>b</sup>	5.22±0.61 <sup>c</sup>	3.72±0.27 <sup>bc</sup>	8.66±0.27 <sup>c</sup>	63.01±0.42 <sup>b</sup>	34.07±0.21 <sup>e</sup>
道孚×冬牧70	157.82±4.29 <sup>a</sup>	20.30±0.49 <sup>b</sup>	8.41±0.54 <sup>b</sup>	2.45±0.11 <sup>d</sup>	8.43±0.11 <sup>c</sup>	67.29±0.28 <sup>a</sup>	36.15±0.20 <sup>d</sup>

2.2.2 年份×品种 2018年、2019年甘农3号黑麦在3个试验点的平均草产量均高于冬牧70,尤其是2018年甘农3号黑麦平均鲜草产量(34.82 t/hm<sup>2</sup>)和干草产量(9.38 t/hm<sup>2</sup>)及2019年甘农3号黑麦的平均干草产量(11.37 t/hm<sup>2</sup>)均显著高于冬牧70( $P < 0.05$ )。从同一品种不同年份草产量比较,甘农3号黑麦和冬牧70在年份间均无显著差异(图1)。

年份间甘农3号黑麦营养品质无显著差异,冬牧70的NDF含量存在显著差异( $P < 0.05$ ),CP和ADF含量无显著差异(表6)。

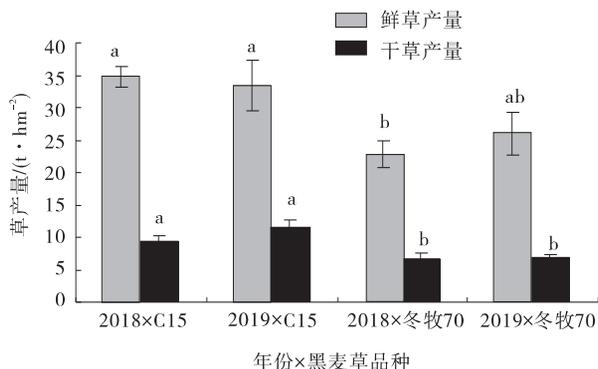


图2 年份×黑麦品种交互作用间鲜草产量和干草产量的差异  
Fig. 2 The interaction between rye varieties and years for the fresh grass yield, hay yield

表6 年份×黑麦品种交互作用间营养品质

Table 6 The interaction between rye varieties and years for the nutrition

年份×品种	CP/%	NDF/%	ADF/%
2018×C15	9.58±0.11 <sup>a</sup>	53.53±0.28 <sup>c</sup>	39.62±0.29 <sup>a</sup>
2019×C15	9.72±0.15 <sup>a</sup>	53.81±0.36 <sup>c</sup>	39.88±0.34 <sup>a</sup>
2018×冬牧70	8.99±0.19 <sup>b</sup>	66.54±0.25 <sup>a</sup>	35.59±0.20 <sup>b</sup>
2019×冬牧70	8.69±0.14 <sup>b</sup>	65.35±0.31 <sup>b</sup>	35.48±0.17 <sup>b</sup>

2.2.3 年份×试验点 从不同试验点看,红原和道孚试验点的平均株高均显著高于布拖点( $P < 0.05$ )。2018年试验点间的平均鲜草产量无显著差异,2019年的鲜草产量红原点显著高于布拖和道孚试验点( $P < 0.05$ )。布拖试验点的鲜干比显著低于红原和道孚试验点(表7)。

从不同年份看,道孚试验点2019年株高显著高于2018年( $P < 0.05$ ),红原和布拖试验点年份间无显著差异。2019年红原的平均鲜草产量显著高于2018年( $P < 0.05$ ),道孚和布拖试验点无显著差异。3个试验点年份间干草产量无显著差异。道孚和红原试验点鲜干比年份间无显著差异,布拖试验点鲜干比2018年显著高于2019年( $P < 0.05$ )。

表 7 年份×试验点交互作用间株高、鲜草产量、干草产量和鲜干比

Table 7 The interaction between experiment sites and years for the plant height, fresh weight, hay yield and fresh dry ratio

年份×试验点	株高/cm	鲜草产量/(t·hm <sup>-2</sup> )	干草产量/(t·hm <sup>-2</sup> )	鲜干比
2018×红原	152.85±3.11 <sup>b</sup>	30.98±2.24 <sup>b</sup>	8.62±0.99 <sup>ab</sup>	3.74±0.29 <sup>bc</sup>
2019×红原	159.60±6.22 <sup>ab</sup>	41.45±1.60 <sup>a</sup>	9.84±1.57 <sup>a</sup>	4.71±0.62 <sup>ab</sup>
2018×布拖	132.25±6.64 <sup>c</sup>	25.32±3.27 <sup>bc</sup>	5.04±0.38 <sup>c</sup>	4.94±0.34 <sup>a</sup>
2019×布拖	132.15±5.13 <sup>c</sup>	18.61±1.29 <sup>c</sup>	6.26±0.50 <sup>bc</sup>	3.00±0.14 <sup>cd</sup>
2018×道孚	147.10±3.08 <sup>bc</sup>	30.13±4.43 <sup>b</sup>	10.43±0.78 <sup>a</sup>	2.83±0.25 <sup>cd</sup>
2019×道孚	172.80±4.31 <sup>a</sup>	29.13±1.11 <sup>b</sup>	11.11±1.63 <sup>a</sup>	2.64±0.99 <sup>d</sup>

### 2.3 三因素间黑麦生产性能和营养品质的差异

不同品种 2019 年红原点和道孚点甘农 3 号黑麦的株高显著高于冬牧 70 ( $P < 0.05$ ), 甘农 3 号黑麦的干草产量和鲜草产量均高于冬牧 70。红原点鲜干比甘农 3 号黑麦显著低于冬牧 70 ( $P < 0.05$ ), 2018 年布拖点和道孚点鲜干比甘农 3 号黑麦显著高于冬牧 70 ( $P < 0.05$ ) (表 8)。

不同年份甘农 3 号黑麦在 2018 年的株高显著低于 2019 年 ( $P < 0.05$ ), 冬牧 70 的株高年份间无显著差异。甘农 3 号黑麦和冬牧 70 在红原点 2019 年的鲜草产量显著高于 2018 年 ( $P < 0.05$ ), 布拖点则相反, 道孚点无显著差异。红原点和道孚点甘农 3 号黑麦在 2018 年的干草产量显著低于 2019 年 ( $P < 0.05$ )。布拖点 2018 年的鲜干比显著高于 2019 年 ( $P < 0.05$ ), 红原点冬牧 70 的鲜干比 2018 年份显著低于 2019 年 ( $P < 0.05$ ), 布拖点则相反, 道孚点甘农 3 号黑麦的鲜干比 2018 年显著高于 2019 年 ( $P < 0.05$ ) (表 9)。

不同试验点, 甘农 3 号黑麦在红原和道孚点的株高均显著高于布拖点 ( $P < 0.05$ ); 甘农 3 号黑麦在道孚点和红原点的鲜草产量和干草产量均显著高于布拖点 ( $P < 0.05$ )。冬牧 70 在红原点鲜草产量显著高于布拖点和道孚点 ( $P < 0.05$ ), 但干草产量道孚点显著高于其他点。甘农 3 号黑麦在布拖点的鲜干比显著高于红原点和道孚点, 冬牧 70 在试验点的鲜干比为: 红原点 > 布拖点 > 道孚点 (表 9)。

红原点的 CP 含量显著高于布拖点和道孚点 ( $P < 0.05$ ), 红原试验点甘农 3 号黑麦 CP 含量 2018 年份显著低于 2019 年份, CP 含量在布拖和道孚试验点无显著差异, ADF 和 NDF 含量在试验点间和年份间无显著差异。黑麦品种的 NDF 和 ADF 含量在红原和道孚试验点显著高于冬牧 70 布拖试验点 ( $P <$

0.05) (表 9)。

## 3 讨论

测定牧草的草产量, 最直接的办法是测量其株高, 许多研究学者的研究表明株高与牧草的产量呈显著正相关<sup>[23]</sup>。郭建文等<sup>[24]</sup>在甘肃临洮地区研究黑麦材料的株高在 153.67~187.67 cm, 代寒凌等<sup>[13]</sup>在甘肃干旱半干旱灌区研究黑麦材料的株高在 166.80~175.80 cm。在本试验中, 黑麦品种的株高在 119.13~180.50 cm, 变化范围较大, 可能是由于地区间气候条件差异较大, 温度、海拔对株高产生较大影响。在本试验中, 甘农 3 号黑麦的株高与冬牧 70 无显著差异, 但甘农 3 号黑麦的鲜草产量和干草产量均显著高于冬牧 70 ( $P < 0.05$ ), 这可能是因为甘农 3 号黑麦的分蘖数较多所导致的, 许多研究中, 牧草的草产量与叶片数、分蘖数呈显著正相关关系<sup>[25-27]</sup>。此外, 黑麦品种年份间在道孚试验点草产量无显著差异表明其在道孚试验点具有一定的稳产性。

高寒地区由于热量不足等气候条件的限制, 许多在温暖地区生长良好的优良牧草不适宜在高寒地区生长<sup>[28]</sup>。本试验结果表明, 3 个试验点间甘农 3 号黑麦的株高差异显著, 说明环境对甘农 3 号黑麦株高的影响较大。在 3 个试验点中, 红原和道孚试验点的株高和草产量较高, 可能是因为黑麦的抗寒性较强, 适当的低温更有利于其生长发育, 从而积累更多的能量, 布拖点 (2 400 m) 海拔较低, 对黑麦的株高影响较大。这与宋谦等<sup>[29]</sup>对甘肃省高寒牧区小黑麦新品系的生产性能的研究结果一致。甘农 3 号黑麦在红原试验点 2019 年的株高、鲜草产量和干草产量均显著高于 2018 年 ( $P < 0.05$ ), 这可能是由于在 2019 年红原点在生长季的降水量大于 2018 年。布拖试验点 2019 年降

表8 黑麦品种×试验点×年份交互作用间的株高、鲜草产量、干草产量、鲜干比和营养品质

Table 8 The interaction between experiment sites, rye varieties and years for the plant height, fresh weight, hay yield and fresh dry ratio

年份×品种× 试验点	株高/cm	鲜草产量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	干草产量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	鲜干比/%	CP含量/%	NDF含量/%	ADF含量/%
2018×红原×甘农3号	149.14±	32.51±	10.57±	3.08±	9.74±	55.71±	42.73±
	5.47 <sup>de</sup>	1.48 <sup>bc</sup>	0.59 <sup>cd</sup>	0.06 <sup>cd</sup>	0.25 <sup>b</sup>	0.34 <sup>c</sup>	0.68 <sup>a</sup>
2019×红原×甘农3号	172.97±	43.87±	13.26±	3.33±	10.19±	55.72±	41.64±
	3.40 <sup>ab</sup>	0.39 <sup>a</sup>	0.72 <sup>ab</sup>	0.18 <sup>c</sup>	0.16 <sup>a</sup>	0.45 <sup>c</sup>	0.48 <sup>ab</sup>
2018×布拖×甘农3号	119.13±	32.26±	5.78±0.33 <sup>f</sup>	5.60±	9.50±	51.48±	38.89±
	6.17 <sup>g</sup>	2.12 <sup>bc</sup>		0.36 <sup>a</sup>	0.10 <sup>bc</sup>	0.43 <sup>d</sup>	0.40 <sup>c</sup>
2019×布拖×甘农3号	127.50±	18.32±	6.40±0.48 <sup>f</sup>	2.84±	9.68±	51.42±	38.83±
	9.30 <sup>fg</sup>	2.25 <sup>d</sup>		0.14 <sup>ede</sup>	0.09 <sup>b</sup>	0.67 <sup>d</sup>	0.21 <sup>c</sup>
2018×道孚×甘农3号	143.67±	39.70±	11.80±	3.37±	9.49±	56.04±	41.23±
	4.86 <sup>de</sup>	2.58 <sup>ab</sup>	0.81 <sup>bc</sup>	0.17 <sup>c</sup>	0.21 <sup>bc</sup>	0.87 <sup>c</sup>	0.34 <sup>b</sup>
2019×道孚×甘农3号	180.50±	38.21±	14.47±	2.67±	9.29±	55.35±	40.47±
	2.59 <sup>a</sup>	1.12 <sup>ab</sup>	1.24 <sup>a</sup>	0.16 <sup>de</sup>	0.13 <sup>bcd</sup>	0.33 <sup>c</sup>	0.45 <sup>b</sup>
2018×红原×冬牧70	158.60±	25.28±	5.86±	4.31±	9.66±	66.60±	35.93±
	1.10 <sup>bcd</sup>	3.15 <sup>cd</sup>	0.62 <sup>f</sup>	0.08 <sup>b</sup>	0.11 <sup>bc</sup>	0.62 <sup>a</sup>	0.28 <sup>d</sup>
2019×红原×冬牧70	146.23±	39.02±	6.41±	6.08±	9.20±	67.49±	35.85±
	1.81 <sup>de</sup>	2.62 <sup>ab</sup>	0.35 <sup>f</sup>	0.21 <sup>a</sup>	0.04 <sup>cd</sup>	0.71 <sup>a</sup>	0.55 <sup>d</sup>
2018×布拖×冬牧70	147.15±	23.22±	5.30±	4.35±	8.87±	63.30±	34.27±
	2.86 <sup>de</sup>	4.88 <sup>d</sup>	1.01 <sup>f</sup>	0.10 <sup>b</sup>	0.17 <sup>de</sup>	0.35 <sup>b</sup>	0.27 <sup>e</sup>
2019×布拖×冬牧70	136.81±	18.89±	6.13±	3.16±	8.44±	62.72±	33.87±
	4.85 <sup>ef</sup>	1.79 <sup>d</sup>	0.99 <sup>f</sup>	0.22 <sup>cd</sup>	0.16 <sup>e</sup>	0.81 <sup>b</sup>	0.35 <sup>e</sup>
2018×道孚×冬牧70	150.53±	20.56±	9.05±	2.29±	8.44±	67.40±	36.23±
	3.50 <sup>cde</sup>	0.49 <sup>d</sup>	0.74 <sup>de</sup>	0.12 <sup>c</sup>	0.07 <sup>e</sup>	0.26 <sup>a</sup>	0.25 <sup>d</sup>
2019×道孚×冬牧70	165.10±	20.05±	7.76±	2.61±0.14 <sup>de</sup>	8.42±	67.17±	36.07±
	5.19 <sup>bc</sup>	0.94 <sup>d</sup>	0.72 <sup>ef</sup>		0.11 <sup>e</sup>	0.54 <sup>a</sup>	0.42 <sup>d</sup>

水量显著高于2018年( $P<0.05$ ),但甘农3号黑麦在2019年的鲜草产量显著低于2018年,实际上降雨量对黑麦的影响是双向的,一方面促进黑麦增产,一方面造成倒伏,增加锈病的危害<sup>[17]</sup>,由于2019年布拖降水量过多,导致甘农3号黑麦出现倒伏,所以导致产量的降低。鲜干比可反映牧草的干物质积累程度及利用价值<sup>[30]</sup>。在本试验中,道孚试验点的平均鲜干比最低,说明在道孚试验点干物质积累程度最高。

牧草营养价值的高低直接影响反刍动物的采食率、消化率及适口性,粗蛋白和粗纤维的含量在一定程度上决定牧草的营养品质,ADF和NDF含量越低,

家畜消化率越高,则粗饲料品质越好<sup>[31]</sup>。因此在牧草营养评价中,NDF和ADF常被作为负向指标<sup>[32]</sup>,CP的含量越高,表明牧草营养价值越好<sup>[33]</sup>。在本研究中甘农3号黑麦的CP含量显著高于冬牧70,NDF含量显著低于冬牧70,ADF含量显著高于冬牧70( $P<0.05$ )。研究结果表明甘农3号黑麦的CP含量高于冬牧70,具有更高的营养价值。海拔是影响植物生长的重要外界环境因素,其变化可直接影响植物的物质代谢和结构功能。高海拔地区气候波动较大,对植物营养积累产生复杂影响。何鸿源等<sup>[34]</sup>对黑麦营养价值研究中得出冬牧70的CP含量为9.27%,NDF含量为

58.62%, ADF的含量为34.89%, 本研究中冬牧70的CP和ADF与其研究结果基本一致, 但NDF含量较低。这可能是由于四川研究点海拔高于云南, 这可能与牧草抵御逆境胁迫有关。本研究中CP含量随海拔高度升高无规律性变化, 红原和道孚试验点NDF含量和ADF含量显著高于布拖试验点( $P < 0.05$ ), 这可能是由于布拖海拔相对较低, 海拔的升高造成牧草纤维含量的升高, 牧草可能会通过适当地增加纤维含量来抵御逆境胁迫。

#### 4 结论

综合不同试验点间参试黑麦品种的株高、草产量以及营养价值, 甘农3号黑麦的生产性能和营养价值优于冬牧70, 在川西北高寒牧区有一定的推广价值, 具有较广阔的应用前景; 甘农3号黑麦更适宜于在红原县和道孚县气候相似的地区种植。

#### 参考文献:

- [1] 雷林. 创建国家级"四川西北国家生态保护与生态经济发展综合试验区"的研究——基于"青海三江源国家生态保护综合试验区"的建立及四川西北地区沙化治理的调研分析[J]. 决策咨询, 2016(1): 24-30.
- [2] 张新跃, 周裕. 川西北牧区草地资源保护与畜牧业发展对策[J]. 四川草原, 2000(1): 4-9.
- [3] 泽柏, 但其明, 李昌平, 等. 川西北牧区草地畜牧业可持续发展对策研究[J]. 草业与畜牧, 2008(8): 1-7.
- [4] 韩立辉, 尚占环, 任国华, 等. 青藏高原"黑土滩"退化草地植物和土壤对秃斑面积的响应[J]. 草业学报, 2011, 20(1): 1-6.
- [5] 杨定国. 概论川西北地区草场的退化与保护问题[J]. 山地研究, 1987(2): 115-121.
- [6] 李志坚, 周道玮, 胡跃高. 不同积温和种植密度对饲用黑麦分蘖动态的影响[J]. 应用生态学报, 2004, 15(3): 413-419.
- [7] 罗巧玲, 郑琪, 许云峰, 等. 390份小麦-黑麦种质材料主要农艺性状分析及优异材料的GISH与FISH鉴定[J]. 作物学报, 2014, (8): 1331-1339.
- [8] 罗晓均, 王显立, 王立新, 等. 毕节市黑麦引种试验研究[J]. 现代农业科技, 2015(14): 37-38.
- [9] 宛秀兰. 中国农业百科全书: 农作物卷(上)[M]. 北京: 农业出版社, 1991.
- [10] 孟祥君, 韩天虎, 陈兴荣, 等. 甘引1号黑麦在甘肃不同区域适应性研究[J]. 中国草食动物科学, 2016, 36(1): 45-48.
- [11] 李艳丽. 宁夏冬闲田冬牧70黑麦种植养畜研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2008.
- [12] 申端玲, 祝红蕾, 李红. 黑麦的营养保健功能及其在食品中的应用[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2008, 29(5): 79-82.
- [13] 代寒凌, 田新会, 杜文华, 等. 半干旱灌区黑麦新品系的草产量和营养价值研究[J]. 甘肃农业大学学报, 2018, 53(4): 107-115.
- [14] 肖文一. 饲用植物栽培与利用[M]. 北京: 农业出版社, 1991: 36-41.
- [15] 谢楠, 李源, 赵海明, 等. 饲用黑麦、小黑麦品种的抗旱性评价[J]. 中国草地学报, 2011, 33(6): 82-101.
- [16] 符书兰, 唐宗祥, 张怀琼, 等. 含有抗白粉病基因的黑麦染色体小片段向小麦的转移[J]. 遗传, 2006, 28(11): 1396-1400.
- [17] 曾兴权, 王长有, 刘新伦, 等. 普通小麦-奥地利黑麦抗条锈病衍生系NR1121的鉴定[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2010, 38(2): 63-68.
- [18] 杨晓婉, 王瑞琴, 何芳芳, 等. 冬牧70黑麦适宜播种量试验研究[J]. 宁夏农林科技, 2017, 58(4): 9-11.
- [19] 杨晓婉, 何芳芳, 王泽平, 等. 冬牧70黑麦最佳品质和最高产量收获期研究[J]. 耕作与栽培, 2017(4): 7-11+25+28.
- [20] 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.
- [21] 苏玲玲, 申煜, 张志军, 等. 不同方法测定饲料中NDF和ADF的比较[J]. 饲料研究, 2013, (11): 80-82.
- [22] 袁翠林, 朱亚骏, 林英庭, 等. 饲料中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维不同测定方法的比较[J]. 粮食与饲料工业, 2014: 62-64, 67.
- [23] 李小雷, 于肖夏, 于卓. 冰草10个主要农艺性状的QTL定位研究[J]. 麦类作物学报, 2013, 33(1): 44-50.
- [24] 郭建文, 田新会, 杜文华. 黑麦种子产量及其构成因素研究[J]. 甘肃农业科技, 2017(4): 20-25.
- [25] 康晓强, 赵桂琴, 柴继宽, 等. 两种防霉剂添加对高寒地区燕麦干草品质的影响[J]. 草原与草坪, 2020, 53(6): 108-117.
- [26] 朱志龙. 氮肥水平和播种密度互作对燕麦产量和干物质累积转运的影响[D]. 沈阳: 辽宁大学, 2011: 1517.
- [27] 聂秀美, 赵桂琴, 柴继宽, 等. 黄土高原半干旱区引进燕

- 麦种质的适应性评价[J]. 草原与草坪, 2019, 39(2): 25—31.
- [28] 李志昆. 牧草混播在高寒牧区的应用[J]. 养殖与饲料, 2008(4): 110—112.
- [29] 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.
- [30] 张杰, 贾志宽, 仙巍, 等. 不同养分对苜蓿茎叶比和鲜干比的影响[J]. 西北农业学报, 2007(4): 121—125.
- [31] 乌云高娃, 吴艳玲, 余红梅, 等. 内蒙古呼伦贝尔地区6种禾本科牧草营养成分分析[J]. 畜牧与饲料科学, 2017, 38(2): 50—52.
- [32] 张军, 李治国, 李江文, 等. 鄂温克草原常见禾本科牧草营养价值的综合评价与对应分析[J]. 中国草地学报, 2019, 41(5): 33—39.
- [33] Pezzopane J R M, Bernardi A C C, Bosi C, *et al.* Forage-productivity and nutritive value during pasture renovation in integrated systems [J]. *Agroforestry Systems*, 2017 (2), 1—11.
- [34] 何鸿源, 李清, 毛华明, 等. 黑麦、青稞的生产性能及营养价值综合评价[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2018(15): 156—159.

## Production performance and nutritional value of a new rye variety ‘Gannong No.3’ in Northwest Sichuan

YANG Ya-peng, LIU Huan, DU Wen-hua, TIAN Xin-hui

(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:** The study was conducted to evaluate the adaptability of a rye variety ‘Gannong No. 3’ in Northwest Sichuan region, with the conventional variety ‘winter grazing 70’ as a control. The plant height, fresh grass yield, hay yield and nutritional value were compared between the two rye cultivars at three sites, Hongyuan, Daofu and Butuo of Sichuan province in 2018 and 2019. Results showed that the nutritional value as well the fresh grass yield and hay yield of ‘Gannong No. 3’ were significantly higher than those of ‘winter grazing 70’ ( $P < 0.05$ ). However, there was no significant difference in plant height and fresh dry ratio between ‘Gannong No. 3’ and the control. By contrast, the NDF content of ‘Gannong No. 3’ was significantly lower than that of ‘winter grazing 70’. The content of ADF is significantly higher than ‘winter grazing 70’. The crude protein content of ‘Gannong No. 3’ was slightly higher than that of the control but there was no significant difference between the two varieties. The production performance indicators of two rye varieties in Hongyuan and Daofu were significantly higher than that in Butuo point in both years. Comprehensive analysis showed that the production performance and nutritional value of rye variety ‘Gannong No. 3’ were better than those of the ‘winter grazing 70’, and ‘Gannong No. 3’ is suitable for cropping in Northwest Sichuan.

**Key words:** *Secale cereal*; Northwest Sichuan region; forage yield; nutritional value