

15份小黑麦材料在甘南高寒牧区的生产性能及营养品质

祝嘉慧,褚红丽,史志强,尹玉林,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:【目的】筛选出适合高寒牧区种植的高产优质小黑麦品系。【方法】选用15份小黑麦品系为研究对象,以甘农2号小黑麦为对照,研究参试小黑麦材料在甘肃省合作市的生产性能与营养品质,并利用隶属函数法对参试小黑麦材料进行综合评价。【结果】TP17-66的株高最高,为167.27 cm,TP17-28的枝条数最多,为 $725 \times 10^4/\text{hm}^2$,TP17-29的干草产量最高,为 $16.98 \text{ kg}/\text{hm}^2$,TP17-37的粗蛋白含量最高的,为13.09%。【结论】TP17-68、TP17-28、TP17-66小黑麦在甘肃高寒牧区具有成为高产优质牧草的潜力。

关键词:小黑麦;高寒牧区;生产性能;营养品质;综合评价

中图分类号:S512.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2024)04-0133-08

DOI:10.13817/j.cnki.cycp.2024.04.015



随着中国畜牧业快速发展以及农业结构调整,畜牧业的经济价值地位日益突出,许多地区对牧草需求量大幅增加^[1],但优质牧草供应不足,已经成为限制畜牧业发展的关键因素。甘肃省高寒牧区地处青藏高原东北端,是甘肃省重要的畜牧发展基地^[2],该地区属于高原性气候^[3],由于年均温低,冷季长,暖季短,冬春季牧草数量少且适口性、营养品质差,牲畜体况较差,且繁殖率降低,限制了甘南州畜牧业发展^[4-5]。据相关数据分析,甘肃省甘南高寒牧区因受气候变化及过度放牧影响,草地发生大面积退化,草地退化面积已经达到天然草地总面积的70%^[6],这种恶性退化从根本上制约了该地区畜牧业发展^[7-8]。人工种草是解决该地区冬季饲草匮乏问题的重要途径^[9-10]。

小黑麦(*Triticosecale Wittmack*)是一年生禾本科植物,不仅具有较强的杂种优势,还保持了小麦优质高产的特点,在生产籽粒的同时,其秸秆可做粗饲料^[11-13]。小黑麦抗逆性强,适应性广,其植株高大,叶量丰富,蛋白质、脂肪含量高,是优质的绿色食品和饲料^[14-15]。目前小黑麦在中国的黑龙江、河北、新疆、甘肃、安徽、四川、江苏等省均有种植,在一定程度上减轻了北方地区由于季节更替而出现的饲料缺乏问题^[17]。

张起荣等^[17]研究了3个小黑麦品种在甘肃天祝高寒牧区的生产性能。金涛等^[18]通过对小黑麦新品系的多个指标(干草产量、粗蛋白、酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维)进行多重比较筛选出了在西藏地区适宜种植的品种。李冬梅等^[19]通过研究小黑麦品系的株高、分蘖数、干草产量以及营养成分,筛选出了适应性强、品质优良的小黑麦品系。赵方媛^[20]等研究表明,30份小黑麦品种(系)的粗蛋白含量为9.55%~14.21%,酸性洗涤纤维含量为34.49%~42.26%,中性洗涤纤维含量为53.88%~63%。甘农2号小黑麦是甘肃农业大学利用常规有性杂交和系谱法选育的小黑麦品种,该品种高产优质,适应性广,抗逆性强,适合于青

收稿日期:2022-10-22;修回日期:2023-01-29

基金资助:国家重点研发计划(2018YFD0502402-3);国家自然科学基金项目(31760702);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:祝嘉慧(1998-),女,甘肃张掖人,硕士研究生。

E-mail:2750847369@qq.com

*通信作者。E-mail:duwh@gsau.edu.cn

藏高原高寒牧区、云贵高原及甘肃省干旱半干旱雨养农业区和灌区种植^[21]。本试验以甘农2号小黑麦品种为对照,通过比较甘肃农业大学培育的15个小黑麦新品系在甘肃省高寒牧区(合作)的生产性能及营养价值,筛选出适应当地环境的高产优质品系,为新品种的培育奠定理论基础。

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验材料为甘肃农业大学培育的15份小黑麦品系,对照(CK)为小黑麦品种甘农2号。参试小黑麦材料的编号见表1。

表1 小黑麦品系编号

Table 1 Triticale strain numbers and codes

编号	小黑麦材料	编号	小黑麦材料
A1	TP17-1	A9	TP17-40
A2	TP17-10	A10	TP17-41
A3	TP17-19	A11	TP17-51
A4	TP17-22	A12	TP17-61
A5	TP17-28	A13	TP17-66
A6	TP17-29	A14	TP17-67
A7	TP17-37	A15	TP17-68
A8	TP17-39	CK	甘农2号

1.2 试验地概况

试验地位于甘南藏族自治州合作市(34°42'~35°21' N,102°47'~103°23' E),地处青藏高原东北边缘与黄土高原西部过渡地带,是黄河上游重要的水源补给生态功能区,海拔2 950 m,冷季漫长,最高气温28℃,年均降水量545 mm,50%以上集中在6-8月,雨热同期。栗钙土,土壤肥力均匀,无灌溉条件,土壤有机质含量为2.3 g/kg,碱解氮90.05 mg/kg,速效磷7.36 mg/kg,速效钾172.8 mg/kg,土壤pH为7.35。

1.3 试验设计

采用随机区组试验设计。为准确评价15份小黑麦材料的生产性能,播种密度均按照 600×10^4 基本苗/hm²计算而得。小区面积15 m²(5 m×3 m),每个小区种10行,条播,行距为20 cm,3次重复,播种深度3~4 cm,试验地周围设1 m种植保护行。播种时间为2020年5月1日,播种前施磷酸二铵(N+P₂O₅≥64.0%)300 kg/hm²,返青期和拔节期分别追施尿素(N≥46.0%)196 kg/hm²,小黑麦分蘖期和拔节期各

除草1次,开花期刈割测产,留茬高度约5 cm。

1.4 测定指标与方法

1.4.1 株高 开花期刈割前进行。分别从每小区随机选取10株(边行除外),测量从地面至最高点的自然高度,将10株株高的平均值作为该小区的株高。

1.4.2 枝条数 开花期刈割前进行。在每个小区内随机选取1 m的样段(边行除外),记录样段内株高高于20 cm的枝条数量。

1.4.3 草产量 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的50 cm部分),称重,得到鲜草产量。随机抽取样品500 g,于65~70℃烤箱中烘8 h,至恒重,称取干草产量,计算干鲜比。

1.4.4 营养品质 草样粉碎,过1 mm筛子,从混合均匀的草样中随机抽取3份样品,每份样品约0.5 g,平行测定各项指标,粗蛋白(crude protein, CP)含量用凯氏定氮法测定^[22],粗脂肪(Ether extract, EE)含量用索氏脂肪抽提法分别测定^[22],中性洗涤纤维(Neutral detergent fiber, NDF)和酸性洗涤纤维(Acid detergent fiber, ADF)含量用Van Soest法测定^[22]。采用人工瘤胃法测定干物质消化率(dry matter digestibility, DMD)^[22-23]。

干物质消化率(DMD) = $88.9 - 0.779 \times \text{ADF}(\%)$

1.5 数据分析与处理

利用Excel 2010软件对数据进行统计和处理,运用SPSS 20.0软件进行方差分析,Duncan法进行多重比较。

1.6 综合评价

用隶属函数法对16份小黑麦材料进行综合评价。隶属函数值 $[X(q1), X(q2)]$ 计算公式为:

$$X(q1) = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \quad (1)$$

$$X(q2) = 1 - X(q1) \quad (2)$$

$$r_j = \sum_{k=1}^5 \xi_{jk} \times W_k \quad (j = 1, 2, 3 \dots 16; k = 1, 2, 3, 4, 5) \quad (3)$$

式中: j 代表小黑麦材料,1-16分别对应小黑麦材料A₁-A₁₅以及CK; k 代表小黑麦材料的营养品质,1代表干草产量,2代表CP,3代表ADF,4代表NDF,5代表DMD; r_j 代表第 j 个小黑麦材料的综合评价价值; ξ_{jk} 代表第 j 个小黑麦材料营养品质对应的隶属函数值; W_k 代表营养品质指标的权重(表2)。X为小黑麦材料某

一营养品质指标的测定值; X_{\max} 为小黑麦材料某一营养品质指标的最大值; X_{\min} 为小黑麦材料某一营养品质指标的最小值。若所测指标与其营养价值呈正相关,则采用(1)式计算隶属值,负相关则用(2)式。综合评价时,根据小黑麦总干草产量、CP、NDF、ADF和DMD在其生产中的重要程度,各指标分配权重如表2。根据表2的权重利用公式(3)计算不同小黑麦材料的综合评价值(comprehensive evaluation value)。

表2 小黑麦综合营养品质的构建及各指标的权重

Table 2 Construction of the comprehensive nutritional quality of triticale and weight of each index

指标	干草产量	CP	NDF	ADF	DMD
权重	0.6	0.1	0.1	0.1	0.1

表3 不同小黑麦材料间方差分析

Table 3 Variance analysis on the triticale materials

变异来源	F值								
	株高	枝条数	鲜草产量	干草产量	CP	EE	NDF	ADF	DMD
小黑麦材料	646.97**	141.82**	239.28**	706.18**	5.0**	23.09**	11.32**	8.02**	6.24*

注:*表示差异显著($P<0.05$);**表示差异极显著($P<0.01$)。

表4 不同小黑麦材料间生产性能的多重比较

Table 4 Multiple comparisons on the production performance among different triticale materials

小黑麦材料	测定指标			
	株高/cm	枝条数/($10^4 \cdot \text{hm}^{-2}$)	鲜草产量/($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)	干草产量/($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)
A1	123.07±1.68 ⁱ	375±3.46 ^{ef}	20.02±1.19 ^f	5.42±0.01 ⁿ
A2	124.90±0.29 ^k	335±1.15 ^{gh}	17.88±3.61 ^f	5.53±0.11 ^m
A3	145.17±0.64 ^e	395±4.04 ^{ed}	38.21±3.89 ^{de}	10.23±0.01 ^j
A4	141.13±0.52 ^b	315±2.89 ^{hi}	11.09±1.05 ^g	2.86±0.01 ^p
A5	151.73±0.37 ^f	725±2.31 ^a	38.03±2.13 ^{de}	12.01±0.02 ^d
A6	160.63±0.27 ^c	502±0.33 ^c	38.13±4.44 ^{de}	16.98±0.01 ^a
A7	150.97±0.37 ^f	550±1.15 ^b	12.3±1.34 ^e	10.46±0.01 ⁱ
A8	135.83±0.23 ^j	257±1.33 ^j	34.02±7.49 ^e	3.25±0.01 ^o
A9	155.50±0.35 ^d	390±1.15 ^{ef}	22.80±2.88 ^f	11.74±0.03 ^g
A10	163.40±0.2 ^b	360±2.31 ^{fg}	42.04±3.29 ^{bcd}	12.46±0.01 ^c
A11	152.20±0.31 ^f	290±0.10 ^j	36.09±3.35 ^{de}	6.36±0.01 ^l
A12	139.60±0.12 ^j	277±2.60 ^j	44.75±1.71 ^b	11.96±0.03 ^e
A13	160.57±0.32 ^c	425±1.73 ^d	42.60±2.70 ^{bc}	9.53±0.31 ^k
A14	151.50±0.35 ^f	277±0.33 ^j	38.60±1.34 ^{de}	13.05±0.01 ^b
A15	167.27±0.2 ^a	548±1.45 ^b	53.07±2.65 ^a	13.03±0.01 ^b
CK	164.70±0.06 ^b	485±2.89 ^c	32.80±1.70 ^e	10.61±0.02 ^h

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.2 不同小黑麦材料营养品质的多重比较

16份小黑麦材料的营养品质以A7的CP含量

2 结果与分析

方差分析表明,16份小黑麦材料间除DMD存在显著差异($P<0.05$)外,株高、枝条数、鲜草产量、干草产量、CP、EE、NDF及ADF均存在极显著差异($P<0.01$),需进行多重比较(表3)。

2.1 不同小黑麦材料生产性能的多重比较

A15的株高(167.27 cm)显著高于CK和其余小黑麦材料($P<0.05$),A10、A6表现次之,A1株高(123.07 cm)最低;A5的枝条数($725 \times 10^4/\text{hm}^2$)最多,A7和A15次之,3份材料的枝条数均显著高于其他材料,A8的枝条数最低;A15的鲜草产量($53.07 \text{ t}/\text{hm}^2$)显著高于其他材料($P<0.05$),A4鲜草产量最低;A6干草产量($16.98 \text{ t}/\text{hm}^2$)最高,A14和A15次之,A4干草产量最低(表4)。

(13.09%)显著高于CK($P<0.05$),而A8的CP含量(4.22%)显著低于其余小黑麦材料($P<0.05$)(图1)。

A3的EE含量(4.92%)显著高于其余小黑麦材料($P < 0.05$),A2、A5次之,A15(0.71%)最低(图2)。A14的NDF含量(68.45%)显著低于其余小黑麦($P < 0.05$),A8的NDF含量(68.45%)最高(图3);A14的ADF含量(22.77%)显著低于其余小黑麦材料($P < 0.05$),而A15的ADF含量(40.6%)显著高于其余小黑麦材料($P < 0.05$)(图4)。

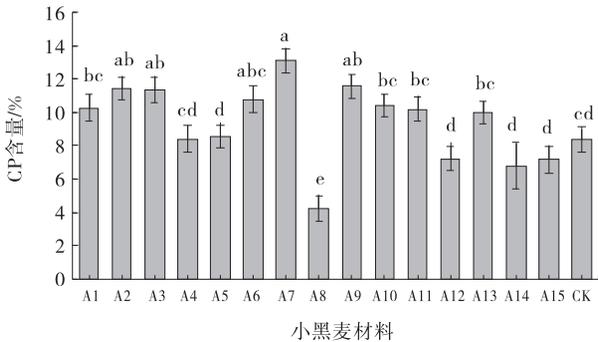


图1 不同小黑麦材料间CP含量的差异

Fig. 1 Differences in CP content among triticale materials

2.3 综合评价

由于本试验中不同小黑麦材料的株高、枝条数、鲜草产量、干草产量和各个营养指标表现均不一致,无法确定最好的小黑麦材料。隶属函数法可以消除个别指标带来的片面性,使不同小黑麦材料总体差异具有真实可比性。所以本试验利用隶属函数法对不

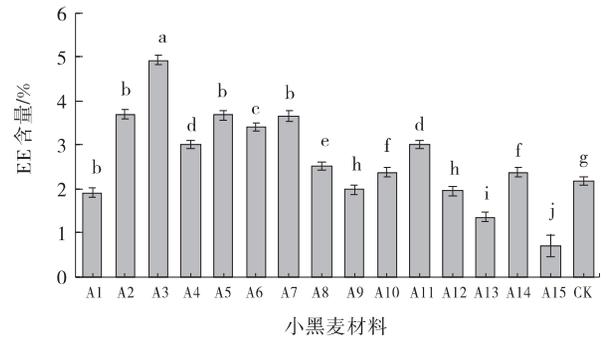


图2 不同小黑麦材料间EE含量的差异

Fig. 2 Differences in EE content among triticale materials

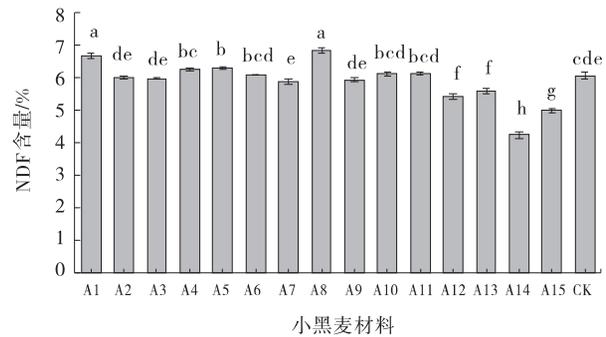


图3 不同小黑麦材料间NDF含量的差异

Fig. 3 Differences in NDF content among triticale material

同小黑麦材料的信息进行综合评价,计算出16份小黑麦材料的综合评价值(表5)。

根据干草产量和营养品质对评价小黑麦材料的重要程度,依据各指标的权重(表2),利用公式(3)计

表5 不同小黑麦材料综合评价值

Table 5 Comprehensive evaluation value of different triticale materials

小黑麦材料	测定指标					综合评价值	排序
	干草产量	CP	NDF	ADF	DMD		
A1	2.40	5.71	23.87	20.07	16.55	8.06	12
A2	2.50	6.88	17.11	18.13	3.01	6.01	14
A3	7.20	6.81	16.83	14.46	20.93	10.22	9
A4	1.17	3.88	19.52	18.06	18.12	6.66	15
A5	9.42	3.99	19.87	16.97	18.97	11.63	2
A6	8.70	6.25	17.90	17.36	18.67	11.24	5
A7	0.21	8.55	15.94	17.29	18.72	6.18	16
A8	7.45	1.32	25.44	17.17	18.81	10.74	7
A9	3.33	7.03	16.44	14.99	20.51	7.90	13
A10	8.87	5.86	18.25	20.60	16.14	11.41	4
A11	6.50	5.65	18.46	19.27	17.18	9.96	10
A12	10.02	2.68	11.13	16.69	19.19	10.98	6
A13	10.01	5.44	12.82	16.38	19.43	11.41	3
A14	8.98	2.25	1.62	1.35	32.46	9.16	11
A15	13.95	2.64	7.08	42.01	21.61	15.70	1
CK	7.61	3.86	17.56	17.48	18.57	10.31	8

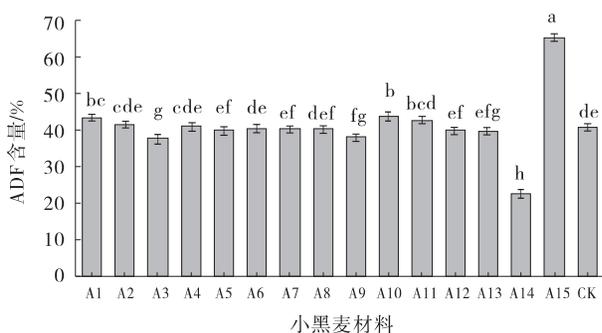


图4 不同小黑麦材料间 ADF 含量的差异

Fig. 4 Differences in ADF content among triticale materials

算不同小黑麦材料的综合评价。结果表明, A15(TP17-68)的综合评价最高, A5(TP17-28)次之, A7(TP17-37)最低。16份小黑麦材料的综合评价排序依此为: A15(TP17-68) > A5(TP17-28) > A13(TP17-66) > A10(TP17-41) > A6(TP17-29) > A12(TP17-61) > A8(TP17-39) > CK(甘农2号) > A3(TP17-19) > A11(TP17-51) > A14(TP17-67) > A1(TP17-1) > A9(TP17-40) > A2(TP17-10) > A4(TP17-22) > A7(TP17-37)(表6)。

3 讨论

甘肃省高寒牧区海拔高, 年平均气温低, 气候条件恶劣, 再加之草地利用不合理, 过度放牧, 冬春季饲草缺乏, 最好的解决办法就是建植人工草地^[24]。多年生牧草在高寒地区生长缓慢, 干物质积累率低, 草产量低, 而小黑麦作为一年生牧草, 抗寒性较强, 适合于高寒地区种植, 因此研究小黑麦种质在高寒牧区的适应性, 对提高当地饲草产量, 快速发展现代草地畜牧业具有积极影响。

3.1 不同小黑麦材料间生产性能的差异及原因

饲草的生产性能是由其自身遗传特性决定, 同时受到外界栽培条件及气候变化等多种因素的影响, 是自身遗传特性和外界环境综合作用的结果^[25-27]。株高是指植株根茎部到顶部之间的距离, 是检测牧草产量高低较为理想的特征指标。相关研究表明, 株高与牧草产量呈显著正相关, 株高增加后牧草产量以及干物质随之增加^[28-29]。孙亮等^[30]研究发现, 小黑麦株高在开花期后基本不再增长, 约168 cm。宋谦等^[31]研究了小黑麦在甘肃省高寒牧区肃南、合作、玛曲3个试点的生产性能, 结果表明株高变化为87~170 cm, 干草

产量在6.5~15.6 t/hm²。本试验研究发现, 16份小黑麦材料的株高变化为123~167 cm, 与上述试验结果相一致。

枝条数是指单位面积内有效分蘖的总数, 是衡量牧草分蘖能力的重要指标, 直接影响牧草产量与种子产量。枝条数与株高都反映产量的高低, 株高较高容易造成倒伏, 反而引起草产量及饲草营养品质的降低。王伟强等^[32]研究表明, 植株的高度能间接反映饲草的生产能力, 但分蘖性能直接决定饲草的产量。刘晶等^[33]研究表明, 株高和枝条数对小黑麦的草产量均有影响, 但分枝数对小黑麦草产量的影响更大。本试验表明, TP17-28枝条数显著高于其他小黑麦材料($P < 0.05$), 其鲜(干)草产量也相对较高。杨小辉等^[34]研究发现, 在小黑麦的整个生育时期, 枝条数的变化呈现出先增加后降低的趋势, 拔节期达到最高, 开花期以后趋于不变, 因此, 对小黑麦杂交后代选择时应注重选择枝条数多的材料, 提高其草产量。不同小黑麦材料的株高与枝条数呈极显著负相关($P < 0.05$), 说明小黑麦材料的株高越高, 单位面积的枝条数越少^[20]。本试验由相关性分析得出: 株高与枝条数之间的相关性系数为0.438, 无显著差异, 与上述结论相悖, 原因如下: (1) 株高与枝条数的变化受多种因素影响, 除遗传因素外, 还与土壤肥力、种植方式等有关; (2) 因本试验为一年试验, 对选育的优异品系应进行2年以上的区域试验, 以筛选适应性强, 品质优良的小黑麦品系。

鲜、干草产量是反映牧草生产性能的重要指标^[35-37]。张莹等^[38]研究表明, 从孕穗期到乳熟期的鲜草产量呈先升高后降低的趋势, 开花期达到最高(47.24 t/hm²)。在甘肃省临洮地区, 32份国内外小黑麦品种的干草产量为11.54~16.12 t/hm²^[39]。本研究中, TP17-29干草产量为16.98 t/hm², 优于其他小黑麦材料, 主要是因为其枝条数和株高均较高。而TP17-22由于株高中等、枝条数较少而干草产量较低。TP17-68株高显著高于其他材料, 枝条数显著高于除TP17-29以外的其他材料, 但其干草产量却并非最优, 其原因主要为TP17-68株高较高, 茎秆纤细柔弱, 易倒伏, 影响其分蘖能力。

3.2 不同小黑麦材料间营养品质的差异及原因

饲草的营养成分是牧草品质鉴定的重要内容, 可

以为品种选育及合理利用提供重要依据^[40-41]。CP、EE、NDF、ADF以及DMD是评价牧草品质优劣的重要指标,家畜饲喂效果也取决于牧草营养价值的高低。CP是指饲草中含氮量的总和,是衡量优质饲草的主要依据之一,ADF和NDF含量的高低影响饲草的消化率和适口性,ADF和NDF含量越高,则饲草适口性越差,家畜对饲草的消化率越低^[42-44]。DMD是评价饲草饲用价值的重要指标,DMD越高,说明饲草的饲用价值越好^[45]。

赵方媛^[21]研究表明,30份国内外小黑麦品种(系)的CP含量为9.55%~14.21%,ADF含量为34.49%~42.26%,NDF含量为53.88%~63.00%。本试验发现,TP17-37、TP17-40和TP17-10的CP含量为11%~13%,这与上述材料结论趋同。株高与枝条数的增加可以提升饲草的营养品质,本研究中TP17-68的株高、枝条数以及干草产量均显著高于其他小黑麦材料,DMD较高,因此其营养品质较好,综合评价价值也优于其他小黑麦材料。而TP17-10由于株高较低、枝条数较少导致其干草产量较低,DMD较小,与上述材料形成鲜明对比,进一步证明株高与枝条数影响饲草的营养品质。TP17-19的CP含量和DMD较高,而NDF和ADF含量较低,可能是因为小黑麦株高较高但茎秆柔软,枝条数较多且叶量大,因为叶片中的蛋白质含量远远高于茎秆,可直接影响饲草的营养品质,这一点与郭建文等^[24,27]研究结果相吻合。

4 结论

以甘农2号小黑麦作对照,综合比较15个不同小黑麦品系在甘肃省合作市的生产性能及营养品质,并通过隶属函数计算综合评价得出:TP17-68、TP17-28及TP17-66小黑麦品系适合在甘肃高寒牧区(合作)及其他气候相似区域种植,具有高产优质的潜力。

参考文献:

- [1] 李纲,刘景辉,赵勇,等.不同高产农艺栽培措施及刈割时期对健宝品质的影响[J].耕作与栽培,2008(1):37-39.
- [2] 代寒凌.高寒牧区小黑麦、黑麦和燕麦的生产性能和饲用品质比较[D].兰州:甘肃农业大学,2018.
- [3] 蒲致娟.2015年合作市气候变化特征分析[J].现代农业科技,2018(7):236-237.
- [4] 梁天刚,冯琦胜,夏文韬,等.甘南牧区草畜平衡优化方案与管理决策[J].生态学报,2011,31(4):1111-1123.
- [5] 权宏林.建立人工草地是保证甘南州畜牧业生产稳定持续增长的关键措施[J].草业科学,2004,21(9):62-64.
- [6] 姚宝辉,王缠,郭怀亮,等.人工草地建设对甘南草原土壤理化特性和微生物数量特征的影响[J].水土保持学报,2019,33(1):192-199.
- [7] 刘兴元,冯琦胜,梁天刚,等.甘南牧区草地生产力与载畜量时空动态平衡研究[J].中国草地学报,2010,32(1):99-106.
- [8] 朱建国,袁翀.甘南州发展草产业的前景与对策[J].草业科学,2002,19(2):26-28.
- [9] 杨晓,宋谦,余小亮,等.陇东旱塬区秋播小黑麦与青贮玉米的复种效果[J].草业学报,2019,36(8):2127-2134.
- [10] 孙敏,郭媛.小黑麦生物学特性、营养价值及利用前景[J].山西农业大学学报,2003(3):200-204.
- [11] 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.
- [12] 董为民,王宏,李凤兰.小黑麦在畜牧业生产中的应用[J].中国草食动物,2003,23(3):28-29.
- [13] 赵雅姣.基于ISSR标记的小黑麦遗传多样性分析及在甘肃省临洮地区的生产性能研究[D].兰州:甘肃农业大学,2015:11-15.
- [14] 黄玉贤.小黑麦的生产特性及应用现状[J].黑龙江畜牧科技,2000(2):18-19.
- [15] 曹玉贤,田霄鸿,杨习文,等.小麦和小黑麦籽粒的营养品质及其相关性分析[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2010,38(1):104-110.
- [16] 朱铁霞,高凯,王国成.小黑麦研究进展[J].内蒙古民族大学学报,2011,26(4):433-435.
- [17] 张起荣,潘正武,韩天维.小黑麦对高寒地区的适应性研究[J].中国草食动物,2011,31(4):56-58.
- [18] 金涛.西藏中部农区冬春季小黑麦饲草生产技术研究[D].北京:中国农业科学院,2016:10-11.
- [19] 李冬梅,田新会,杜文华.饲草型小黑麦新品系在甘肃临洮灌区的生产性能研究[J].草原与草坪,2016,36(5):76-81.
- [20] 赵方媛,杜文华,田新会.饲料型小黑麦品系的秸秆产量及其营养品质研究[J].草地学报,2019,27(4):913-920.
- [21] 任昱鑫,刘汉成,田新会,等.甘南高寒牧区秋播小黑麦对氮肥施用量和播种密度的响应[J].草地学报,2019,

- 27(4):1044-1051.
- [22] 杨胜. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京:北京农业大学出版社,1993:19-21,56-66.
- [23] 梁建勇,焦婷,吴建平,等. 不同类型草地牧草消化率季节动态与营养品质的关系研究[J]. 草业学报,2015,24(6):108-115.
- [24] 郭建文,李林渊,田新会,等. 饲草型小黑麦新品系在甘肃高海拔地区的生产性能和品质研究[J]. 草原与草坪,2018,38(4):72-77.
- [25] 孔令慧,赵桂琴. 红三叶株型结构与草产量的相关性研究[J]. 草原与草坪,2013,33(3):11-15.
- [26] 富新年,潘正武,孟祥君,等. ‘甘引1号’黑麦农艺性状与鲜草产量的关系[J]. 草地学报,2017,25(2):433-436.
- [27] 郭建文,李林渊,田新会,等. 饲草型小黑麦新品系在甘肃高海拔地区的生产性能和品质研究[J]. 草原与草坪,2018,38(4):72-77.
- [28] 魏小星,阿啟兰,刘勇,等. 青海东部农区不同饲用燕麦品种生产性能及营养品质的比较[J]. 干旱地区农业研究,2019,37(6):24-28.
- [29] 武慧娟,孟祥君,杨浩,等. 甘引1号黑麦在永登县生产性能和营养品质的分析评价[J]. 中国草食动物科学,2017,37(3):37-39.
- [30] 孙亮,龙忠富,张瑜,等. 黔饲1号小黑麦适宜刈割次数及刈割期研究[J]. 贵州畜牧兽医,2016,40(4):57-62.
- [31] 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.
- [32] 王伟强,刘晶,田新会,等. ‘甘农4号’小黑麦品种在青海省不同区域的适应性评价[J]. 草地学报,2020,28(6):1626-1634.
- [33] 刘晶,赵方媛,杜文华,等. 甘肃省不同生态区高产优质小黑麦种质的筛选[J]. 草原与草坪,2019,39(5):44-52.
- [34] 杨小辉,王春宏,姜佰文. 氮素调控对复种条件下饲用小黑麦-青贮玉米产量和品质的影响[J]. 作物杂志,2011(4):70-73.
- [35] 赵雅姣,田新会,杜文华. 牧草型小黑麦在定西地区的最佳刈割期[J]. 草业科学,2015,32(7):1143-1149.
- [36] 张杰,贾志宽,韩清芳. 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.
- [37] 李星月,孟凯,肖燕子,等. 配方施肥对苜蓿茎叶比和鲜干比的影响[J]. 草原与草业,2015,27(4):32-37.
- [38] 张莹,陈志飞,张晓娜,等. 不同刈割时期对春播、秋播燕麦干草产量与品质的影响[J]. 草业学报,2016,25(11):124-135.
- [39] 赵雅姣. 饲草型小黑麦遗传多样性的ISSR分析[J]. 草地学报,2017,25(3):574-581.
- [40] 李国辉,李志坚,胡跃高. 青刈黑麦产草量与营养动态分析[J]. 草地学报,2000(1):49-54.
- [41] 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.
- [42] 夏劲伟. 氮肥对一年生黑麦草产量及品质影响的研究[D]. 南京:南京农业大学,2000.
- [43] 韩建国,马春晖,毛培胜,等. 播种比例和施氮量及刈割期对燕麦与豌豆混播草地产草量和质量的影响[J]. 草地学报,1999(2):87-94.
- [44] 张霞. 青贮饲草营养价值评定及其育肥肉牛研究[D]. 兰州:兰州大学,2019.

Performance and nutritional quality of 15 triticale materials in Gannan alpine pastoral area

ZHU Jia-hui, CHU Hong-li, SHI Zhi-qiang, YIN Yu-li, DU Wen-hua*

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

Abstract: [Objective] The study is performed In order to screen out high yield and high quality triticale strains suitable for planting in alpine pastoral area. [Method] In this experiment, 15 triticale strains were selected as the research objects, and Gannong No. 2 triticale was used as the control variety to study the production performance and

nutritional quality of triticale materials in Hehe City, Gansu Province, and the subordination function method was used to comprehensively evaluate the triticale materials. 【Result】 The results showed that TP17-66 had the highest plant height of 167.27 cm, TP17-28 had the highest number of branches of $725 \times 10^4/\text{hm}^2$, TP17-29 had the highest hay yield (16.98 kg/hm²), and TP17-37 had the highest crude protein content (13.09%). 【Conclusion】 The results showed that TP17-68, TP17-28, TP17-66 triticale had the potential to become high yield and high quality forage in the alpine pasturing area of Gansu Province.

Key words: triticale; alpine pastoral areas; productivity; nutritional quality; comprehensive evaluation

(责任编辑 康宇坤)