

甘农 2 号小黑麦在云贵高原的生产性能研究

赵方媛¹, 王文², 陈平², 杜文华¹

(1. 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; 2. 云南省种羊繁育推广中心, 云南 寻甸 655200)

摘要:以甘农 2 号小黑麦为试验材料, 以黑麦品系 C39 为对照, 采用二因素随机区组设计, 研究了甘农 2 号小黑麦在云贵高原地区不同播种密度(170、260、350、440、530 万基本苗/hm²)的株高、枝条数以及草产量, 并对其营养价值进行测定。结果表明:小黑麦的平均株高、枝条数和平均鲜(干)草产量均显著高于黑麦。随着播种密度增加, 小黑麦和黑麦的平均枝条数表现为先增加后减少, 播种密度为 350 万基本苗/hm² 时平均枝条数最多。从播种密度和牧草种类交互作用分析, 播种密度为 530 万基本苗/hm² 时, 小黑麦的鲜(干)草产量最高(37 437.5、10 482.5 kg/hm²), 黑麦的鲜(干)草产量也最高(21 812.5、6415.4 kg/hm²), 但均与播种密度为 350 万基本苗/hm² 时的鲜(干)草产量无显著差异; 考虑不同播种密度的枝条数, 小黑麦播种密度为 350 万基本苗/hm² 时枝条数最多且草产量较高, 为最经济播种密度, 但要获得最高产量, 则需要将播种密度增至 530 万基本苗/hm²。小黑麦的粗蛋白含量(11.13%)显著高于黑麦(9.05%), NDF 含量(46.64%)和 ADF 含量(32.95%)则显著低于黑麦(51.05%, 36.81%)。

关键词:小黑麦; 黑麦; 云贵高原; 播种密度; 生产潜力

中图分类号:S 512.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2019)01-0043-06

云贵高原属亚热带气候, 雨量充沛, 气候温和, 雨热同期, 适合大多数优良牧草生长, 有着发展草地畜牧业非常优越的自然条件。云贵高原种质资源丰富, 在天然草地中, 禾本科牧草代表优势的有 145 属 600 种, 如狼尾草、王草、非洲狗尾草等, 约占全国禾本科总数的 80%。云南草地面积大, 拥有可利用草地面积达 0.12 亿 hm², 全国排名第 7, 仅次于内蒙、西藏、新疆、

青海、四川、甘肃。然而, 云贵高原也属生态脆弱带, 在以籽实生产为主的传统农业下, 大量天然草地被开垦为耕地, 水土流失和土壤肥力下降等现象极其严重^[1]。随着农业产业结构调整, 在人们生活水平不断提高的同时, 畜牧业在农业总产值的比重逐渐增大, 种草养畜的意义越来越大^[2]。云贵高原气候优势显著, 大力发展草牧业具有较高的经济效益和生态效益, 种植青贮玉米、黑麦、小黑麦、光叶紫花苕等优质高效饲料作物, 实现一年两季种植模式, 不仅可以提升土地利用效率, 还可以生产优质饲草^[3]。因此, 研究饲草在云贵高原的生产性能, 挖掘其生产潜力, 可以进一步提升草牧业发展。

黑麦(*Secale cereal*)为一年生禾本科牧草, 是小麦的三级基因源, 其根系发达, 植株高大, 草产量较高, 适应性及抗病虫能力较强, 但其茎秆纤细, 抗倒伏性较差^[4-6], 近年来, 在云贵高原的秋闲田种植较多。小黑麦(*Triticale wittmack*)是由小麦属(*Triticum*)和黑麦属(*Secale*)植物经属间杂交及染色体加倍而成的新

收稿日期:2018-07-22; **修回日期:**2018-09-11

基金项目:国家自然科学基金项目(31360577, 31760702); 甘肃省草地畜牧业可持续发展创新团队项目(2017C-11); 云南省重点研发项目(2018BB002)资助

作者简介:赵方媛和王文为共同第一作者。

赵方媛(1992-), 女, 甘肃天水人, 在读博士。

E-mail:1006997460@qq.com

杜文华为通讯作者。

E-mail:duwh@gsau.edu.cn

物种。小黑麦不但保持了小麦的丰产性能和优良籽粒品质,而且还结合了黑麦抗逆性和适应性强等特点^[7]。小黑麦的种植还具有成本低,收益大的特点,在我国安徽、新疆、甘肃、黑龙江、河北、四川、江苏等地均有种植^[11]。小黑麦在云贵高原种植及生产性能研究方面的报道较少。因此,以黑麦为对照,研究甘农 2 号小黑麦在云贵高原的生产性能,评价其在云贵高原的生产潜力,为小黑麦在云贵高原的推广种植提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验地位于云南省寻甸县,地处昆明市东北部地区, E 103°19'15", N 25°39'12", 海拔 2 480 m。年降水量 1 429.6 mm, 年日照时数 2 088.6 h, 年平均气温 11.0℃, 年平均相对湿度 85%, 无霜期 229 d。属低纬度季风气候, 春季干旱, 冬季温暖, 四季温差较小, 雨量充沛, 雨热同季, 降水量集中在 5~10 月。无灌溉条件, 土壤为黄棕壤土。

1.2 试验材料

以甘肃农业大学选育的甘农 2 号小黑麦为试验材料, 黑麦新品系 C39 为对照。

1.3 试验设计

二因素随机区组设计。A 因素为牧草种类, 设 2 个水平, 分别为甘农 2 号小黑麦(简称小黑麦)和黑麦品系 C39(简称黑麦); B 因素为播种密度, 设 5 个水平, 分别为 S1(170 万基本苗/hm²)、S2(260 万基本苗/hm²)、S3(350 万基本苗/hm²)、S4(440 万基本苗/hm²)、S5(530 万基本苗/hm²)。条播, 行距 20 cm。播种深度为 3~5 cm。小区面积为 4 m×5 m, 4 次重复, 共 40 个小区。播种时间为 2016 年 5 月 10 日。田间管理与当地种植黑麦的管理一致。

1.4 测定指标及方法

株高: 开花期刈割前进行测量^[9]。每小区随机选取 10 个单株, 分别测量地面至穗顶部的自然高度, 计算平均值。

枝条数: 开花期刈割前进行^[9]。每个小区内随机选取 1 m 样段(边行除外), 数取样段内株高高于 20 cm 的枝条数量。

草产量: 开花期参照文献^[9]的方法测定。每个小区内刈割(留茬高度 5 cm)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。

随机抽取样品 500 g, 于 65~70℃ 烘箱中烘 8 h, 至恒重, 称取干草产量, 计算干鲜比。

营养价值: 将草样粉碎, 过 1 mm 筛子, 从混合均匀的草样中随机取 3 份样品, 平行测定各项指标, 粗蛋白(CP)含量测定采用凯氏定氮法, 中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)含量测定参照定文献^[10]采用范氏的洗涤纤维分析法。

1.5 数据统计

用 Excel 2010 进行数据整理和作图。用 SPSS 19.0 软件进行方差分析, 用二因素随机区组设计的方差分析法分析牧草种类间、播种密度间、牧草种类×播种密度间株高、枝条数、草产量的差异显著性, 并对材料间的粗蛋白(CP)、中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)进行方差分析, 如果差异显著, 分别用 Duncan 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 株高

方差分析表明, 播种密度间株高无显著差异, 牧草种类间和牧草种类×播种密度间的株高具有极显著差异, 对显著差异的指标进行多重比较(表 1)。

表 1 黑麦和小黑麦品系株高、枝条数及草产量的方差分析

Table 1 Variance analysis on plant height, number of branches and yield of two materials

变异来源	F 值			
	株高	枝条数	鲜草产量	干草产量
牧草种类间	2 257.157**	0.496*	85.846**	68.464**
播种密度间	0.008	2.668*	0.260	0.301
牧草种类×播种密度间	351.475**	1.315	15.647**	12.556**

注: * 表示差异达显著水平($P < 0.05$); ** 表示差异达极显著水平($P < 0.01$)

参试黑麦及小黑麦由于遗传背景不同, 株高差异较大。小黑麦和黑麦的平均株高存在显著差异($P < 0.05$), 小黑麦的平均株高为 123.02 cm, 黑麦的平均株高为 59.13 cm(见图 1)。

随着播种密度增加, 小黑麦和黑麦的株高均无显著性变化; 在同一播种密度下, 小黑麦的株高均显著高于黑麦; 从牧草种类×播种密度的交互作用看出, 小黑麦的播种密度为 S1(170 万基本苗/hm²)时, 株高最

高,为 123.83 cm;黑麦的播种密度为 S3(350 万基本苗/hm²)时,株高最低,为 56.20 cm(图 2)。

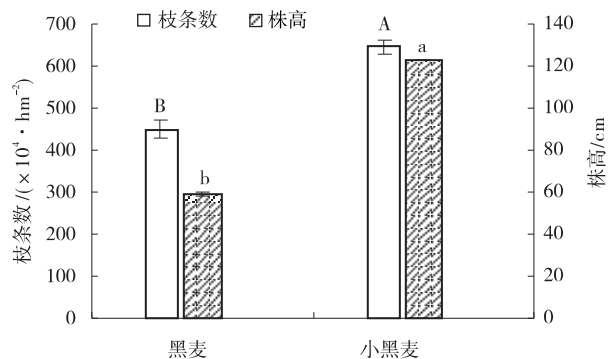


图 1 黑麦和小黑麦间株高、枝条数的差异

Fig. 1 Differences of the plant height and number of branches of two forages

注:不同大写字母表示枝条数间差异显著($P < 0.05$);不同小写字母表示株高间差异显著($P < 0.05$),下同

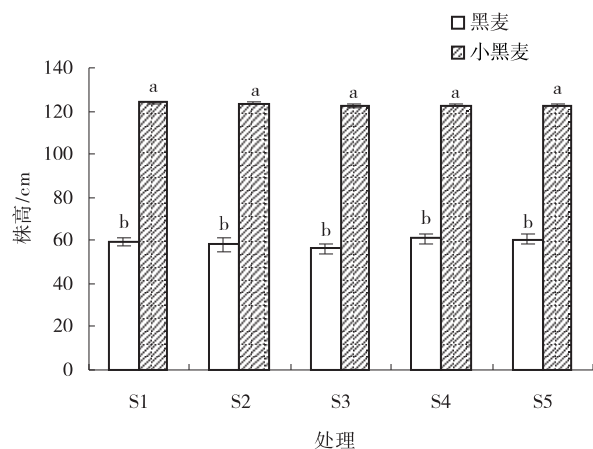


图 2 黑麦和小黑麦×播种密度交互作用间株高的差异

Fig. 2 Differences of the plant height between the interactions of forage type and sowing densities

2.2 枝条数

方差分析结果表明,黑麦和小黑麦播种密度间的枝条数有显著差异,需要对其的枝条数进行多重比较(表 1);小黑麦的平均枝条数(646 万/hm²)显著高于黑麦(450 万/hm²),说明小黑麦的分蘖性能较强;随着播种密度增加,枝条数表现为先增加后减少的变化趋势。当播种密度为 S3(350 万基本苗/hm²)时平均枝条数最多,为 718 万枝/hm²,显著高于 S1($P < 0.05$),但与其他播种密度下的枝条数无显著差异($P > 0.05$);播种密度为 S1(170 万基本苗/hm²)时,平均枝条数最少(585 万枝/hm²),显著低于其余各播种密度的处理($P < 0.05$)(图 3)。

2.3 草产量

方差分析表明,牧草种类间和牧草种类×播种密度交互作用间的鲜草产量和干草产量均有显著差异($P < 0.05$),需要进行多重比较(表 1)。

2.3.1 鲜草产量 多重比较结果表明,小黑麦的平均鲜草产量(34 100.0 kg/hm²)显著高于黑麦(20 725.0 kg/hm²)。

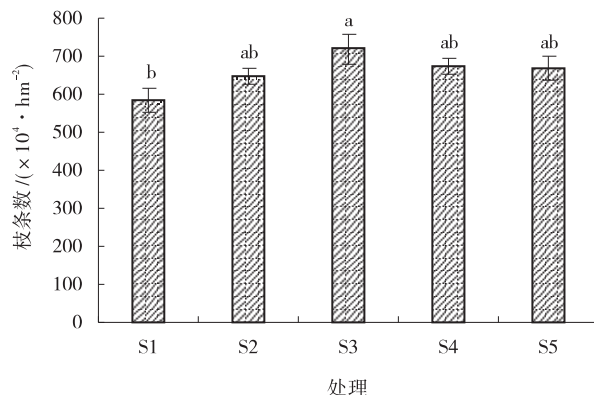


图 3 不同播种密度间的枝条数

Fig. 3 Number of branches between different sowing densities

随着播种密度的增加,小黑麦的鲜草产量无显著差异,播种密度为 S5(530 万基本苗/hm²),鲜草产量最高(37 437.5 kg/hm²);不同播种密度下黑麦的鲜草产量无显著差异,播种密度为 S5(530 万基本苗/hm²)时,鲜草产量最高,为 21 812.5 kg/hm²;在同一播种密度下,小黑麦的鲜草产量均显著高于黑麦(表 2)。

表 2 黑麦和小黑麦×播种密度交互作用间鲜草、干草产量的差异

Table 2 Fresh weight and hay yield between the interactions of forage types and sowing densities

牧草种类×播种密度	鲜草产量/(kg·hm ⁻²)	干草产量/(kg·hm ⁻²)
小黑麦×S1	31 750.0±973.61 ^a	8 890.0±272.61 ^a
小黑麦×S2	32 687.5±1762.97 ^a	9 152.5±493.63 ^a
小黑麦×S3	33 812.5±1419.27 ^a	9 467.5±397.40 ^a
小黑麦×S4	34 812.5±1637.37 ^a	9 747.5±458.46 ^a
小黑麦×S5	37 437.5±954.02 ^a	10 482.5±267.13 ^a
黑麦×S1	21 562.5±1795.18 ^b	6 341.9±527.99 ^b
黑麦×S2	21 500.0±2506.24 ^b	6 323.5±737.13 ^b
黑麦×S3	17 812.5±1718.09 ^b	5 239.0±505.32 ^b
黑麦×S4	20 937.5±1708.97 ^b	6 158.1±502.64 ^b

黑麦×S5 21 812.5±2978.00^b 6 415.4±875.88^b

注:鲜(干)草产量间不同小写字母表示黑麦和小黑麦×播种密度交互作用间的差异显著($P<0.05$)

2.3.2 干草产量 由多重比较结果分析,小黑麦的平均干草产量为 9 548.0 kg/hm²,与鲜草产量一样,显著高于黑麦(6 096.5 kg/hm²)。

同鲜草产量一样,小黑麦的干草产量在不同的播种密度下不存在显著差异,播种密度为 S5(530 万基本苗/hm²)时,干草产量最高,为 10 482.5 kg/hm²;黑麦也在该播种密度下的干草产量最高(6 415.4 kg/hm²),但与其余播种密度下的干草产量均无显著差异;在同一播种密度下,小黑麦的干草产量均显著高于黑麦(表 2)。

2.4 营养价值

方差分析表明,参试小黑麦和黑麦间的 CP, NDF 和 ADF 含量均有极显著差异($P<0.01$)(表 3),需要进行多重比较。

多重比较结果表明,小黑麦的 CP 含量(11.13%)显著高于黑麦(9.05%);与之相反,小黑麦的 NDF 含量(46.64%)和 ADF 含量(32.95%)显著低于黑麦(51.05%, 36.81%)。

表 3 小黑麦和黑麦品系间营养价值的方差分析

Table 3 Variance analysis on nutritional value between triticale and rye

变异来源	F 值		
	CP	NDF	ADF
牧草种类间	363.506**	14.553**	30.664**

3 讨论

3.1 播种密度对小黑麦和黑麦生产性能的影响

作物产量受光合作用影响较大,光合面积适宜时,光合时间长,光合产物消耗少,且分配利用合理,则产量高^[11],然而,单位土地面积上叶面积大小及分布情况等,均会影响光合能力,从而影响有机物的积累及产量^[12]。播种密度对植株光合作用有显著影响,其影响作物的生长发育、产量及品质^[13]。杨晓婉等^[14]发现黑麦品种冬牧 70 在宁夏地区的适宜播种密度为 180~440 万基本苗/hm²,在这个范围内群体结构合理,个体发育充分,草产量高。在河北平原农区,以种子生产为目标的饲用小黑麦和饲用黑麦的适宜播种密度均为 110 万株基本苗/hm²,饲用黑麦可比饲用小黑麦适当减少播种量^[15]。研究发现,随着播种密度的逐渐增大,参试小黑麦和黑麦的株高并没有显著变化,主要是因为株高受遗传与环境影响较大,播种密度对株高的影响不显著,这与于德花等^[16]的研究结果一致。随着播种密度增大,平均枝条数表现出先增多后减少的变化,播种密度为 350 万基本苗/hm²时,平均枝条数最多(718 万枝/hm²)。董永琴等^[17]报道,不同的播种密度会影响小黑麦分蘖,基本苗越多,则群体总苗数越多,单株分蘖就越少;相反,基本苗少则单株分蘖数多,但群体总苗数少,这与试验研究结果一致。随着播种密度的逐渐增大,参试黑麦和小黑麦的鲜(干)草产量均无显著差异。考虑到枝条数的变化,播种密度为 350 万基本苗/hm²时枝条数最多,该播种密度下小黑麦的草产量与本试验设计中最大播种密度下的草产量

无显著差异,因此,综合考虑,云贵高原甘农 2 号小黑麦最适的播种密度为 350 万基本苗/hm²。

3.2 小黑麦和黑麦生产性能比较

云南省自然气候及冬闲田的季节闲置均有一定的特殊性,再加上冬闲田牧草采用的管理方式较为粗放^[18]。因此,引进高产优质、抗逆性强的牧草,并研究其适宜的播种密度对于草业生产具有极其重要的意义。植物的草产量及株高、分蘖性能等产量构成因素决定于遗传特性,同时也受环境因素的影响^[22,23]。宋谦等^[21]研究发现,小黑麦在甘肃省高寒牧区肃南、合作、玛曲 3 个试点的株高为 87~170 cm,枝条数的变化为 353~860 万枝/hm²,干草产量在 6 500~15 620 kg/hm²。郭建文等^[6]研究表明,5 个小黑麦品系株高的变化范围为 94.8~119.2 cm,鲜草产量变化范围为 42 240~69 150 kg/hm²,干草产量变化为 10 630~16 200 kg/hm²,7 个黑麦材料株高为 153.67~187.67 cm^[25,9]。孟祥君等^[23]通过研究黑麦的生产性能发现,虽然黑麦品种甘引 1 号的分蘖数(4.5 个/株)低于冬牧 70(5.2 个/株),株高以及干草产量(12 980 kg/hm²)却显著高于冬牧 70(8 450 kg/hm²),说明株高对草产量的影响也较大。项目组研究表明,在正常生长状况下,黑麦的株高显著高于小黑麦,枝条数和鲜(干)草产量显著低于小黑麦。试验结果表明,甘农 2 号小黑麦的枝条数和鲜(干)草产量均显著高于黑麦,这与前期研究结果一致^[24]。但小黑麦的株高显著高于黑麦,主要是因为试验区年降水量较高,黑麦进入拔节期后就严重倒伏(倒伏率达 70%),对株高和草产量的影响较大。而甘农 2 号小黑麦由于茎秆粗壮,抗倒伏性较强,未出现倒伏。说明云贵高原地区,小黑麦的生产性能优于黑麦,具有较好的生产性能。

3.3 小黑麦和黑麦营养价值比较

除产量外,牧草营养价值高低也是评价其饲用价值的重要因素,粗蛋白含量越高,NDF 和 ADF 含量越低,则牧草的饲用价值越高^[26]。粗蛋白是牧草中含氮物质的总和,是决定牧草营养品质的重要指标,NDF 含量的高低则会影响饲草的适口性,含量高则适口性差,使得采食量降低,ADF 含量会影响消化率,含量越高,家畜对牧草的消化率越低^[26]。牧草的粗蛋白含量的高低受遗传、气候、田间管理等多种因素的影响,参试小黑麦的粗蛋白含量显著高于黑麦,是基因型不同造成。谢楠等^[27]研究发现,相比饲用黑麦,饲用小黑麦表现出较高的粗蛋白产量,更适宜引种推广,这与试验研究结果一致。参试小黑麦的 NDF 和 ADF 含量又显著低于黑麦。由此可知,甘农 2 号小黑麦能够获得较高的粗蛋白含量和较低的 NDF、ADF 含量,饲用品质较好。

4 结论

综合不同播种密度下黑麦和甘农 2 号小黑麦的株高、枝条数以及草产量以及营养品质,甘农 2 号小黑麦的生产性能和营养品质均优于黑麦,在云贵高原具有一定示范推广价值,其最经济的播种密度为 350 万基本苗/hm²,该播种密度下的枝条数最多。

参考文献:

- [1] 尹俊,张泽军,徐祖林,等.云南草业现状与可持续发展战略研究[J].草业与畜牧,2009(4):46-50.
- [2] 张烈.种草养畜促进农业产业结构调整的重大意义[J].

- 南方农机,2017,48(1):66+77.
- [3] 王文,陈平. 土地整治与山地草牧业现代化关系刍议——以云南省为例[J]. 中国畜牧业,2017(22):31-34.
- [4] 尹冬冬,安调过,李立会,等. 分子标记技术在黑麦研究中的应用[J]. 中国生态农业学报,2011,19(2):477-483.
- [5] 张鹤山,刘洋,田宏. 黑麦种子在不同盐胁迫下萌发特性的研究[J]. 种子,2009,28(3):14-17.
- [6] 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.
- [7] 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(自然科学版),2011,26(4):433-437.
- [8] 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.
- [9] 赵雅姣,田新会,杜文华. 饲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.
- [10] 杨胜. 饲料分析及饲料质量监测技术[M]. 北京:中国农业大学出版社,1998:330-338.
- [11] 李陶. 密度和氮素营养对小黑麦产量及品质的影响[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2008.
- [12] 李涛. 群体密度对高等植物光合功能的影响及调控机制[D]. 北京:北京林业大学,2015.
- [13] 王萍,陶丹,宋海星,等. 品种、播期和密度对冬小麦生育后期和产量的影响[J]. 沈阳农业大学学报,1999,30(6):602-605.
- [14] 杨晓婉,王瑞琴,何芳芳,等. 冬牧 70 黑麦适宜播种密度试验研究[J]. 宁夏农林科技,2017,58(4):9-11.
- [15] 游永亮,李源,赵海明等. 种植密度对饲用小黑麦、饲用黑麦种子生产性能的影响[J]. 草业科学,2017,34(7):1522-1529.
- [16] 于德花,陈小芳,毕云霞,等. 种植密度对不同株型青贮玉米产量及相关性状的影响[J]. 草业科学,2018(6):1465-1471.
- [17] 董永琴,郭春英,王华芬. 不同播种密度对小黑麦不同品种的影响[J]. 贵州农业科学,1988(1):17-22.
- [18] 钟声,黄梅芬,薛世明,等. 播种期和播种密度对 2 种冬性牧草生产和干物质产量的影响[J]. 草业学报,2007(4):9-14.
- [19] 裴忠有,李玥莹,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.
- [20] 徐长林. 高寒牧区不同燕麦品种生长特性比较研究[J]. 草业学报,2012,21(2):280-285.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] 孟祥君,俞联平,张少平,等. 甘引 1 号黑麦在高寒地区的适应性评价[J]. 草原与草坪,2017,37(6):72-77.
- [24] 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.
- [25] 李春喜,叶润荣,周玉碧,等. 高寒牧区不同燕麦品种饲草产量及品质的研究[J]. 草地学报,2014,22(4):882-888.
- [26] 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.
- [27] 谢楠,赵海明,刘贵波,等. 河北低平原区饲用黑麦、小黑麦的引种筛选试验[J]. 华北农学报,2006(S2):77-80.

(下转 53 页)