

# 张家口坝上地区不同禾草生产性能及营养品质评价

谢楠<sup>1</sup>, 刘振宇<sup>1</sup>, 冯伟<sup>1</sup>, 智健飞<sup>1</sup>, 李梦<sup>2</sup>, 杜姿璇<sup>1</sup>, 刘忠宽<sup>1</sup>

(1. 河北省农林科学院农业资源环境研究所, 河北省肥料技术创新中心, 河北 石家庄 050051;

2. 河北省农林科学院, 河北 石家庄 050031)

**摘要:**为筛选出适宜在张家口坝上地区种植的禾草, 揭示不同禾草的生产潜力, 以丰富人工草地建植, 提升草地生产力, 通过随机区组试验, 比较了不同禾草的产量性状、农艺性状、营养成分指标, 并采用隶属函数和标准差系数赋予权重法及粗饲料分级指数(Grading Index)对不同禾草进行了综合评价分析。结果表明, 不同禾草的各性状指标均存在显著差异。扁穗冰草(*Agropyron cristatum*)、细茎冰草(*Agropyron trachycaulum*) (牧丰)、老芒麦(*Elymus sibiricus*) 干草产量能达到 2 400 kg/hm<sup>2</sup> 以上, 相对较高; 紫羊茅(*Festuca rubra*) 和无芒雀麦(*Bromus inermis*) (原野) 粗饲料分级指数在 21.50 以上, 营养品质优良; 综合评价表明, 老芒麦和披碱草(*Elymus*) (垂穗二级) 的草产量及品质较好, 在张家口坝上地区可优先利用。

**关键词:** 禾草; 生产性能; 营养品质; 综合评价

**中图分类号:** S543 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-5500(2022)02-0028-06

**DOI:** 10.13817/j.cnki.cyyecp.2022.02.004



河北坝上地区属华北农牧交错带, 也是河北省主要的畜牧业基地。但随着社会经济发展和人口增加, 草原资源开发利用强度加剧, 忽略了草地生态系统的保护与建设, 草原退化、土地沙化现象严重, 退化面积已占全国草地面积的 30%<sup>[1]</sup>, 且产草量低、草质差。草地资源的不合理利用致使生物多样性减少, 草地生产力下降<sup>[2]</sup>, 放牧家畜采食不足, 生产性能降低<sup>[3]</sup>, 直接影响农牧交错带区域的生产功能和生态功能<sup>[4]</sup>, 也极大地影响到该地区草地畜牧业健康持续发展。同时, 随着首都水源涵养功能区和生态环境支撑区的实

施, 亟待进行草地生态治理及修复。但因受干旱少雨等自然环境条件的限制, 草地生产力的提升受到一定影响, 所以坚持以资源为基础, 筛选适宜坝上气候特点的优势牧草种质资源, 建植人工牧草生产基地, 提升牧草单位面积产量及饲用价值尤为重要, 这也是建植人工草地, 快速恢复退化草地的重要措施之一。

禾草是我国北方地区主要的牧草种类之一。在所有的优良牧草中, 禾本科牧草约占 43%, 是许多草地的建群种及主要优势种<sup>[5]</sup>, 具有适口性好、营养价值高、抗逆性强、用途广泛等诸多优点, 受到种植户和养殖户的认可。其中无芒雀麦(*Bromus inermis*) 耐牧性、抗旱性强<sup>[6]</sup>, 与冰草(*Agropyron*)、披碱草(*Elymus*) 均适宜冷凉地区种植, 可用于建植人工草地和牧区天然草地改良<sup>[7-8]</sup>; 紫羊茅(*Festuca rubra*) 耐旱、耐寒, 适应性强<sup>[9]</sup>, 适合人工草地建设<sup>[10]</sup>。这几种禾草立足不同生态类型区的适应性评价、筛选已有报道<sup>[11-14]</sup>。而张家口坝上地区适宜栽培牧草的筛选评价研究报道较少, 仅有姚泽英等<sup>[15]</sup> 选择垂穗披碱草和无芒雀麦针对混播草地进行混播效果及种植模式研究。因此, 本研究以收集的耐旱、抗寒性强, 适合冷凉地区种植的禾草为试材, 在产量、农艺性状、营养成分

**收稿日期:** 2021-03-16; **修回日期:** 2021-04-15

**基金项目:** 河北省重点研发计划项目农业关键共性技术攻关专项(18227530D-1); 河北省农林科学院创新工程项目(2019-4-04); 现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-34)

**作者简介:** 谢楠(1981-), 女, 河北武安人, 副研究员, 主要从事牧草种质资源评价及栽培技术研究。

E-mail: xnhd0070@126.com

刘忠宽为通信作者。

E-mail: zhongkuanjh@163.com

等各项指标分析的基础上,对其生产性能及营养品质进行综合评价,旨在筛选出适合张家口坝上地区种植的优异禾草资源,同时挖掘不同禾草的生产潜力,丰富我国北方干旱、半干旱地区适宜种植的牧草种类,不仅为不同禾草的引种及应用推广提供理论依据,还能促进人工草地建植和草地生产力的提升。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

供试材料共计 7 个,其中老芒麦、无芒雀麦(原野)、扁穗冰草、细茎冰草(牧丰)由北京正道种业有限公司提供;披碱草(垂穗一级)、披碱草(垂穗二级)、紫羊茅由河南郑州开元草业科技有限公司提供。

### 1.2 研究方法

1.2.1 试验地概况 试验在位于张家口市察北管理区(E 114°00′~118°15′,N 41°10′~42°20′)的国家牧草产业技术体系张家口综合试验站进行。属于温带大陆性季风气候,无霜期短,风大沙多且降水少。年平均气温 2.9 ℃,年降水量为 300~450 mm。土壤类型为沙壤土,0~20 cm 耕层土壤基础养分含量为有机质 21.44 g/kg,碱解氮 107.03 mg/kg,速效磷 5.72 mg/kg,速效钾 124.60 mg/kg;20~40 cm 土壤养分含量为有机质 18.60 g/kg,碱解氮 87.22 mg/kg,速效磷 6.43 mg/kg,速效钾 121.10 mg/kg,pH 值 8.03。

1.2.2 试验设计 试验于 2019 年 5 月 28 日播种,采用随机区组设计,3 次重复,小区面积 15 m<sup>2</sup>(行长 5 m,宽 3 m),行距 30 cm,人工开沟条播,播量 45 kg/hm<sup>2</sup>,播深 3 cm。试验地四周设置 2 m 宽的保护行。全生育期不进行追肥,播种后采用喷灌灌溉,以保证出苗,视试验地情况及时除草。

### 1.3 测定指标与方法

1.3.1 生产性能 草产量:于生长第 2 年开花期测产,收获时选取小区一半面积,去掉边行和两侧各 50 cm 行头,对剩余面积全部刈割进行测产,之后折算成公顷产量。并通过品种的干鲜比折算干草产量。

株高:每小区随机取 10 株,于刈割时分别测量从地面至植株最高部位的高度,计算平均值。

茎叶比:每小区分别随机取鲜草样 500 g,将其茎、叶(包括穗部)分开,105 ℃杀青 30 min,65 ℃烘干至恒重后称重,计算茎叶比(茎质量/叶质量)。

干鲜比:每小区随机取 500 g 鲜草样称重,105 ℃

杀青 30 min,65 ℃烘干至恒重后称重,计算干鲜比(干/鲜)。

1.3.2 营养成分 可溶性碳水化合物(Water soluble carbohydrates,WSC)含量采用蒽酮-硫酸法测定<sup>[16]</sup>;粗灰分(Crude Ash)含量采用马福炉 550 ℃灰化法测定;粗蛋白质(Crude protein,CP)含量采用凯氏定氮法测定<sup>[17]</sup>;粗脂肪(Ether extract,EE)含量采用索氏提取法测定<sup>[18]</sup>;中性洗涤纤维(Neutral detergent fiber,NDF)和酸性洗涤纤维(Aciddetergent fiber,ADF)的含量采用范氏洗涤纤维法测定<sup>[19]</sup>。

### 1.4 生产性能评价

隶属函数法和标准差系数赋予权重法

利用不同禾草各单项指标的平均值进行综合评价。

1.4.1 数据标准化 运用隶属函数对各指标进行标准化处理,公式如下:

$$\mu(X_j) = \frac{X_j - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad j=1,2,\dots,n \quad (1)$$

公式(1)中: $X_j$ 表示第  $j$  个综合指标值; $X_{\min}$ 表示第  $j$  个综合指标的最小值; $X_{\max}$ 表示第  $j$  个综合指标的最大值。根据公式(1)计算每个禾草不同指标的隶属函数值。

1.4.2 权重确定 采用标准差系数法(S),用公式(2)计算标准差系数  $V_j$ ,公式(3)归一化后得到各指标的权重系数  $W_j$ 。

$$V_j = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)^2}}{\bar{X}_j} \quad (2)$$

$$W_j = \frac{V_j}{\sum_{j=1}^n V_j} \quad (3)$$

公式(2)中: $n$ 表示禾草个数; $X_{ij}$ 表示某个禾草的第  $j$  个综合指标值。

1.4.3 综合评价值 用公式(4)计算不同禾草的综合评价值  $D$ 。

$$D = \sum_{j=1}^n [\mu(X_j) \cdot W_j] \quad j=1,2,\dots,n \quad (4)$$

### 1.5 粗饲料分级指数(Grading index,GI)评定<sup>[20]</sup>

以奶牛为饲养对象,计算公式:

$$GI = NE_L \times VDMI \times CP / NDF$$

$$VDMI = 1.2 \times BW / NDF$$

$$NE_L(\text{禾本科牧草}) = [1.085 - (0.0124 \times ADF)] \times 9.29。$$

式中:VDMI(kg/d)为饲草干物质随意采食量;NDF(%)为中性洗涤纤维含量;NE<sub>L</sub>(MJ/kg)为产乳净能值;CP(%)为粗蛋白含量;ADF(%)为酸性洗涤纤维含量;CP、NDF、ADF含量以干物质为基础;BW以奶牛体重600 kg计。

## 1.6 数据处理

试验数据采用 Microsoft Excel 2007 进行数据处理,运用 SPSS 22.0 软件进行单因素方差分析(One-way ANOVA),Duncan 法进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同禾草的产草量及其相关农艺性状指标的比较

干草产量排在前3位的依次为扁穗冰草、细茎冰草(牧丰)、老芒麦,3个材料间无显著差异,其中扁穗

冰草干草产量最高,为2771.28 kg/hm<sup>2</sup>;紫羊茅最低,为933.17 kg/hm<sup>2</sup>,仅有最高材料的1/3(表1)。7个材料的株高为36.67~66.47 cm,细茎冰草(牧丰)最高,其与老芒麦、披碱草(垂穗二级)、披碱草(垂穗一级)4个材料间无显著差异,与其他3个材料呈显著差异( $P<0.05$ ),紫羊茅最低,较最高材料低30 cm之多。茎叶比最高的是扁穗冰草,为1.642,显著高于其他材料( $P<0.05$ );无芒雀麦(原野)次之,为1.457;紫羊茅最低,为0.393,叶片量远大于茎秆量,其他材料的茎叶比均在1以上。扁穗冰草的干鲜比最高,为0.511;其后依次为细茎冰草(牧丰)、披碱草(垂穗二级)、披碱草(垂穗一级)、老芒麦,且这5个材料间无显著差异;无芒雀麦(原野)和紫羊茅相对较低,干鲜比均在0.4以下,并显著低于其他材料( $P<0.05$ )。

表1 不同禾草的产量性状、农艺性状

Table 1 Comparison of yield traits and agronomic traits different grasses

名称	干草产量/(kg·hm <sup>-2</sup> )	株高/cm	茎叶比	干鲜比
老芒麦 <i>Elymus sibiricus</i>	2 430.90±198.62 <sup>a</sup>	65.08±5.94 <sup>a</sup>	1.284±0.12 <sup>c</sup>	0.468±0.01 <sup>a</sup>
无芒雀麦(原野) <i>Bromus inermis</i>	1 619.73±81.69 <sup>ab</sup>	48.04±2.07 <sup>b</sup>	1.457±0.11 <sup>b</sup>	0.394±0.01 <sup>b</sup>
扁穗冰草 <i>Agropyron cristatum</i>	2 771.28±227.33 <sup>a</sup>	50.00±5.37 <sup>b</sup>	1.642±0.13 <sup>a</sup>	0.511±0.05 <sup>a</sup>
细茎冰草(牧丰) <i>Agropyron trachycaulum</i>	2 493.69±142.21 <sup>a</sup>	66.47±3.00 <sup>a</sup>	1.125±0.02 <sup>cd</sup>	0.488±0.01 <sup>a</sup>
披碱草(垂穗一级) <i>Elymus nutans</i>	1 874.82±118.75 <sup>ab</sup>	58.34±3.11 <sup>a</sup>	1.046±0.12 <sup>d</sup>	0.469±0.03 <sup>a</sup>
披碱草(垂穗二级) <i>Elymus nutans</i>	1 806.05±150.06 <sup>ab</sup>	59.26±6.71 <sup>a</sup>	1.128±0.04 <sup>cd</sup>	0.485±0.03 <sup>a</sup>
紫羊茅 <i>Festuca rubra</i>	933.17±93.17 <sup>b</sup>	36.67±4.86 <sup>c</sup>	0.393±0.08 <sup>e</sup>	0.379±0.01 <sup>b</sup>

注:同列不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。下表同

### 2.2 不同禾草的营养成分分析

扁穗冰草的可溶性碳水化合物含量最高,显著高于其他材料( $P<0.05$ ),达到了6.90%;紫羊茅次之(5.80%);细茎冰草(牧丰)和披碱草(垂穗二级)可溶性碳水化合物含量相对较低,不足最高材料的1/2,且二者间无显著差异(表2)。无芒雀麦(原野)的粗蛋白含量最高,为11.56%;细茎冰草(牧丰)最低,为8.26%;其他材料为8.75%~10.57%,变化幅度相对较小。紫羊茅、无芒雀麦(原野)、披碱草(垂穗二级)、披碱草(垂穗一级)的粗脂肪含量位居前4位,且这4个材料间无显著差异,并显著高于其他3个材料( $P<0.05$ );扁穗冰草的粗脂肪含量最低,为2.20%。粗灰分含量最高的是老芒麦(8.56%),其后扁穗冰草、细茎冰草(牧丰)、紫羊茅,粗灰分含量均大于7.70%,这4个材料间无显著差异,与其他材料呈显著差异( $P<$

0.05);披碱草(垂穗二级)粗灰分含量最低,为4.80%。披碱草(垂穗一级)酸性洗涤纤维含量最高,为34.17%,显著高于其他材料( $P<0.05$ );其他材料为28.47%~30.97%,相差较小,材料间无显著差异。中性洗涤纤维含量最高的是细茎冰草(牧丰),为60.25%,显著高于其他材料( $P<0.05$ );扁穗冰草次之;紫羊茅中性洗涤纤维含量最低,为47.16%(表2)。

### 2.3 综合评价

供试材料的综合评价顺序为:扁穗冰草>老芒麦>细茎冰草(牧丰)>披碱草(垂穗二级)>披碱草(垂穗一级)>无芒雀麦(原野)>紫羊茅。对禾草的营养品质采用粗饲料分级指数进行评价并排序(表3)。不同禾草的粗饲料分级指数之间存在显著差异( $P<0.05$ ),紫羊茅和无芒雀麦(原野)GI值较高,能达到21.50以上,且两者间无显著差异,但均显著高于其他

材料( $P < 0.05$ );其他禾草的 GI 值为 10.98~18.39,其中,扁穗冰草相对较低,尤以细茎冰草(牧丰)最低,GI 值不足最高材料的 1/2。

各材料的生产性能评价值和粗饲料分级指数越

高,表明其生产性能和营养品质越好<sup>[21]</sup>。综合不同禾草的生产性能及营养品质,以老芒麦和披碱草(垂穗二级)表现较好。

表 2 不同禾草的营养成分指标

Table 2 Comparison of the nutrient composition index different grasses

名称	可溶性碳水化合物含量/%	粗蛋白含量/%	粗脂肪含量/%	粗灰分含量/%	酸性洗涤纤维含量/%	中性洗涤纤维含量/%
老芒麦	3.90±0.20 <sup>d</sup>	9.48±0.37 <sup>bcd</sup>	2.87±0.11 <sup>b</sup>	8.56±1.13 <sup>a</sup>	29.87±0.97 <sup>b</sup>	50.96±1.29 <sup>bc</sup>
无芒雀麦(原野)	4.43±0.12 <sup>c</sup>	11.56±1.02 <sup>a</sup>	3.46±0.22 <sup>a</sup>	5.83±0.12 <sup>b</sup>	28.74±0.93 <sup>b</sup>	51.10±1.31 <sup>bc</sup>
扁穗冰草	6.90±0.30 <sup>a</sup>	8.75±0.76 <sup>cd</sup>	2.20±0.22 <sup>c</sup>	7.77±1.07 <sup>a</sup>	28.47±1.34 <sup>b</sup>	54.18±1.67 <sup>b</sup>
细茎冰草(牧丰)	3.40±0.10 <sup>e</sup>	8.26±1.04 <sup>d</sup>	2.49±0.32 <sup>c</sup>	7.75±0.87 <sup>a</sup>	29.31±1.08 <sup>b</sup>	60.25±0.57 <sup>a</sup>
披碱草(垂穗一级)	3.23±0.25 <sup>e</sup>	10.01±0.26 <sup>bc</sup>	3.43±0.17 <sup>a</sup>	5.51±1.40 <sup>b</sup>	34.17±0.81 <sup>a</sup>	53.42±3.87 <sup>bc</sup>
披碱草(垂穗二级)	3.97±0.15 <sup>d</sup>	9.76±0.32 <sup>bc</sup>	3.45±0.14 <sup>a</sup>	4.80±1.01 <sup>b</sup>	30.89±0.77 <sup>b</sup>	49.96±1.75 <sup>cd</sup>
紫羊茅	5.80±0.20 <sup>b</sup>	10.57±0.42 <sup>ab</sup>	3.69±0.17 <sup>a</sup>	7.74±0.41 <sup>a</sup>	30.97±1.11 <sup>b</sup>	47.16±2.03 <sup>d</sup>

表 3 不同禾草的生产性能及营养品质综合评价

Table 3 Evaluation of the production performance and nutritional quality different grasses

名称	隶属函数值				综合评价 D 值	排序	粗饲料分级指数 GI	排序
	干草产量	株高	干鲜比	茎叶比				
老芒麦	0.815	0.953	0.674	0.713	0.790	2	17.46±0.95 <sup>bc</sup>	4
无芒雀麦(原野)	0.374	0.382	0.114	0.852	0.516	6	21.64±2.68 <sup>a</sup>	2
扁穗冰草	1.000	0.447	1.000	1.000	0.889	1	14.60±1.24 <sup>c</sup>	6
细茎冰草(牧丰)	0.849	1.000	0.826	0.586	0.783	3	10.98±1.45 <sup>d</sup>	7
披碱草(垂穗一级)	0.512	0.727	0.682	0.523	0.579	5	15.68±2.25 <sup>bc</sup>	5
披碱草(垂穗二级)	0.475	0.758	0.803	0.588	0.610	4	18.39±1.12 <sup>b</sup>	3
紫羊茅	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7	22.31±1.44 <sup>a</sup>	1
权重	0.328	0.201	0.114	0.357	—	—	—	—

### 3 讨论

草产量是衡量牧草生产性能和生产潜力的重要指标,能直接反映生产力水平。同时,草产量受牧草生长规律、生产性能、生态因子、管理水平等的影响<sup>[22]</sup>。本研究结果表明,供试的不同禾草中老芒麦、无芒雀麦(原野)、冰草、披碱草的干草产量均低于刘军芳等<sup>[23]</sup>、马玉宝等<sup>[24]</sup>和赵德华等<sup>[25]</sup>的研究结果,这可能与所选择的品种、刈割期、播种量及土壤条件差异有关。株高与产量呈正相关关系,一定程度上能反映牧草的生产性能<sup>[21]</sup>。本研究中,除紫羊茅外,其他禾草的株高为 48.04~66.47 cm,较成熟期禾草的株高(60~105 cm)<sup>[26]</sup>偏低,这与测定时期有直接关系,但也符合植株生长规律。茎叶比是牧草经济性状的主要指标。供试禾草中无芒雀麦(原野)的茎叶比(1.457),低于赵德华等<sup>[25]</sup>对无芒雀麦于开花期刈割时茎叶比的报道结果(2.64~3.25),可能与品种、测定方法有关。鲜干比可以反映牧草的含水量和干物质积累程度<sup>[27]</sup>,能较好的

反映牧草的适口性及品质<sup>[28]</sup>。供试禾草中,紫羊茅和无芒雀麦(原野)的干鲜比较低,适口性较好,与马玉宝等<sup>[26]</sup>对鲜干比的研究结果有所差异,可能与品种和刈割时期有关。

营养成分是评价牧草营养价值的重要指标,其营养物质的含量直接关系到牧草品质的优劣<sup>[29]</sup>。本研究中老芒麦、无芒雀麦(原野)、披碱草的 CP 含量(9.48%~11.56%)、EE 含量(2.87%~3.46%)、Ash 含量(4.80%~8.56%)均高于景美玲等<sup>[11]</sup>、赵德华等<sup>[25]</sup>报道的开花期 3 种禾草相应指标含量(CP 含量 5.48%~8.25%;EE 含量 1.39%~2.18%;Ash 含量 4.49%~5.70%),不同指标变化幅度的差异可能与品种、生境条件有关。冰草的 CP 含量(8.26%~8.75%)、EE 含量(2.20%~2.49%)、Ash 含量(7.75%~7.77%)均低于马玉宝等<sup>[12]</sup>在抽穗前的测定结果(CP 含量 16.88%~20.49%;EE 含量 3.55%~4.75%;Ash 含量 7.00%~7.80%),这可能与不同刈割期有直接关系。研究中紫羊茅的 CP 含量

(10.57%)略低于郑立等<sup>[10]</sup>的研究结果(12.92%),可能与品种和外界环境有关。本研究发现,同一禾草不同品种的某项指标间略有差异,可能与自身的遗传特性有关<sup>[21]</sup>。

隶属函数和标准差系数赋予权重法,是一种能比较系统、全面地反映品种生产性能优劣的有效方法,在牧草作物综合评价研究中已有应用<sup>[21,30]</sup>。采用隶属函数和标准差系数赋予权重法综合评价供试禾草的生产性能,避免了单一性状指标对结果产生的片面性影响。而对于个别品种来说,如供试禾草中的紫羊茅,虽然生产性能综合评价相对较差,但具有株高偏矮,叶量丰富柔软,适口性较好,营养品质优的特性,作为人工放牧草地建植的潜力还有待进一步挖掘,应与试验表现相结合,不应一次予以否决,这与景美玲等<sup>[11]</sup>的观点相同。

本研究中供试禾草的播种量参照常栽培种植<sup>[31]</sup>和引进建议播种量进行,对于人工草地建植,为提高种植密度和产量,可适当增加播种量。王生文等<sup>[32]</sup>在研究中也指出,播种量较小时,植株无法充分利用资源空间,从而不能获得较高的产量和营养。同时适宜播种量确定还应与当地气候和土壤条件相结合,以提升人工草地的生产力。不同禾草在人工放牧草地建植中的适宜播种量,需在以后的试验中做进一步的研究。此外,由于本研究为大田小区试验,对大田生产具有一定的指导意义,但未进行人工草地的放牧试验,有关人工草地建植不同禾草的耐牧性需要在以后的试验中进行深入分析。

## 4 结论

在张家口坝上地区通过对所引进的不同禾草进行生产性能及饲用品质的综合评价,结果表明:扁穗冰草、细茎冰草(牧丰)、老芒麦草产量相对较高;紫羊茅的营养品质高于其他禾草;采用隶属函数和标准差系数赋予权重法及粗饲料分级指数综合分析,其中老芒麦和披碱草(垂穗二级)的草产量及品质较好,更适宜该地区人工草地种植、利用。研究结果可为丰富该地区人工草地的建植及多元化种植结构提供技术支撑。

### 参考文献:

[1] 潘利,张玉娟,阎子盟,等.河北坝上农牧交错带饲草供给与家畜需求分析[J].安徽农业科学,2014,42(17):5485—5486,5492.

[2] 郝芳芳,陈艳梅,高吉喜,等.河北坝上地区草地退化指示种的高光谱特征波段识别[J].生态与农村环境学报,2016,32(6):1024—1029.

[3] 张浩,蔡金宏,罗建川,等.休牧对无芒雀麦改良草甸草原牧草生长速率及现存量和营养品质的影响[J].草原与草坪,2020,40(1):1—10.

[4] 董孝斌,高旺盛.提高北方农牧交错带农业生态系统生产力的对策与建议[J].山地学报,2005,24(2):213—217.

[5] 姚庆群,白昌军,王文强,等.22份禾本科牧草种质适应性评价[J].草业科学,2009,26(6):84—89.

[6] 孙铁军,苏日古嘎,马万里,等.10种禾草苗期抗旱性的比较研究[J].草业学报,2008,17(4):42—49.

[7] 姚泽英,李军,宋连昭,等.垂穗披碱草与紫花苜蓿不同时期交叉混播效果研究[J].草地学报,2020,28(5):1454—1459.

[8] 张静,王沛,王平,等.15份垂穗披碱草种质资源苗期抗旱性比较[J].草原与草坪,2020,40(2):1—8.

[9] 尹卫,杨国柱,田海宁,等.混合盐碱胁迫对紫羊茅种子萌发的影响[J].草业与畜牧,2015(2):23—27.

[10] 郑立,刘天宇,邓红雨,等.紫羊茅和多年生黑麦草不同生长阶段粗蛋白和氨基酸含量动态分析[J].家畜生态学报,2013,34(12):27—29.

[11] 景美玲,马玉寿,李世雄,等.大通河上游16种多年生禾草引种试验研究[J].草业学报,2017,26(6):76—88.

[12] 马玉宝,闫伟红,姜超,等.旱作条件下几种禾草品质的比较试验[J].草原与草业,2014,26(2):35—38.

[13] 兰吉勇,李学森,张学洲,等.8个多年生禾本科牧草引种试验[J].草食家畜,2011(6):68—70.

[14] 王建丽,申忠宝,潘多峰,等.俄罗斯紫羊茅在哈尔滨地区的引种适应性评价[J].黑龙江农业科学,2014(3):116—119.

[15] 姚泽英,李军,宋连昭,等.张家口坝上地区豆—禾牧草混播效果研究[J].草地学报,2020,28(4):1076—1082.

[16] 孙娟娟,阿拉木斯,白春生.青贮饲料质量检测实用手册[M].北京:中国农业科学技术出版社,2017:40—43.

[17] 国家饲料质量监督检验中心.饲料粗蛋白质的测定:GB/T 6432-1994[S].北京:中国标准出版社,2000:1—10.

[18] 国家饲料质量监督检验中心.饲料中粗脂肪的测定:GB/T 6433-2006[S].北京:中国标准出版社,2006:2—4.

[19] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术(第2版)[M].北京:中国农业大学出版社,2003:33—35.

[20] 内蒙古农牧业科学院动物营养研究所.饲草营养品质评定GI法:GB/T 23387-2009[S].北京:中国标准出版社,2009:2—3.

- [21] 谢楠,刘振宇,冯伟,等. 饲用谷子在环渤海盐碱旱地的生产性能及饲用品质评价[J]. 草地学报,2021,29(1):60-71.
- [22] 罗彩云,徐世晓,赵亮,等. 5 种多年生牧草在青海环湖地区的最佳刈割时期[J]. 草原与草坪,2018,38(6):63-67.
- [23] 刘军芳,汪新川,刘文辉. 四份披碱草属牧草在同德地区生产性能评价[J]. 中国草地学报,2010,32(6):81-85.
- [24] 马玉宝,闫伟红,王凯,等. 4 种国外禾草引种试验研究[J]. 草业与畜牧,2013(6):22-25.
- [25] 赵德华,周青平,颜红波,等. 4 份无芒雀麦在高寒地区的生产性能评价[J]. 草业科学,2012,29(5):775-779.
- [26] 马玉宝,闫伟红,姜超,等. 4 种野生禾草品质的比较试验[J]. 内蒙古科技与经济,2014,11(6):90-92.
- [27] 王运涛,杨志敏,刘建成,等. 冀西北地区 21 个燕麦品种生产性能与营养品质综合评价[J]. 草地学报,2020,28(5):1311-1318.
- [28] 陈小凤,李杨瑞,叶燕萍. 3 种禾本科牧草饲用品质的季节动态分析[J]. 西南农业学报,2011,24(3):1173-1177.
- [29] 毕盛楠. 施肥补播对退化苜蓿草地生产性能及牧草品质的影响[D]. 银川:宁夏大学,2019:10-28.
- [30] 谢楠,刘振宇,冯伟,等. 沧州地区 29 个紫花苜蓿品种生产性能评价[J]. 河北农业科学,2016,20(6):19-26.
- [31] 全国畜牧总站. 主要优良饲草高产栽培技术手册[M]. 北京:中国农业出版社,2010:67-82.
- [32] 王生文,史静,宫旭胤,等. 播量与刈割次数对老芒麦产量及品质的影响[J]. 草原与草坪,2014,34(6):62-67.

## Evaluation of production performance and nutritional quality of different grasses in Bashang area of Zhangjiakou

XIE Nan<sup>1</sup>, LIU Zhen-yu<sup>1</sup>, FENG Wei<sup>1</sup>, ZHI Jian-fei<sup>1</sup>, LI Meng<sup>2</sup>,  
DU Zi-xuan<sup>1</sup>, LIU Zhong-kuan<sup>1</sup>

(1. Institute of Agricultural Recourses and Environment, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Hebei Fertilizer Technology Innovation Center, Shijiazhuang 050051, China;  
2. Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050031, China)

**Abstract:** In order to screen out grasses suitable for planting in Bashang area of Zhangjiakou, reveal the production potential of different grasses, enrich the construction of artificial grassland and improve grassland productivity, in this study, the yield characters, agronomic characters and nutrient composition indexes of different grasses were compared through random block experiment. Meanwhile, in this study, the weights of membership function, standard deviation coefficient and Grading Index are used to comprehensively evaluate and analyze different grasses. The results showed that there were significant differences in each trait index of different grasses. The dry grass yield of *Agropyron cristatum*, *Agropyron trachycaulum* (Mufeng) and *Elymus sibiricus* could reach more than 2 400 kg/hm<sup>2</sup> which is relatively high; besides, forage roughage grading index of *Festuca rubra* and *Bromus inermis* Leyss (Yuanye) were higher than 21.50, with good nutritional quality. In conclusion, the comprehensive evaluation showed that *Elymus sibiricus* and *Elymus nutans* Griseb (grade 2) had better yield and quality, and could be used preferentially in the Bashang area of Zhangjiakou.

**Key words:** grasses; production performance; nutritional quality; comprehensive evaluation