

徐远志,刘新平,胡鸿姣,等.内蒙古库伦旗草地群落分布特征及牧草储量估算[J].中国沙漠,2024,44(1):1-9.

## 内蒙古库伦旗草地群落分布特征及 牧草储量估算

徐远志<sup>1a,2</sup>,刘新平<sup>1a,2</sup>,胡鸿姣<sup>1a,2</sup>,王立龙<sup>1a</sup>,张铜会<sup>1a</sup>,何玉惠<sup>1b</sup>

(1.中国科学院西北生态环境资源研究院 a.奈曼沙漠化研究站, b.皋兰生态与农业综合研究站,甘肃兰州730000; 2.中国科学院大学,北京100049)

**摘要:**充分认识草地群落分布特征、估算牧草储量是保护和合理利用草地资源的关键。以库伦旗8个乡镇的4个草地类型为研究对象,通过实地调查并结合空间分析法,探讨库伦旗草地群落的分布特征及其影响因素,并估算牧草储量。结果表明:库伦旗物种丰富度最高,水泉乡物种多样性指数最高;北部地区草地面积较大,牧草平均高度较大,但物种丰富度低于南部地区。根据物种重要值将群落类型分为23类。4个草地类型中,灌丛草地生物量最高,疏林草地多度最高。土壤因子显著影响植被高度、盖度、物种丰富度和多样性指数;优势物种狗尾草(*Setaria viridis*)和毛马唐(*Digitaria chrysolephara*)主要分布在土壤肥力较差的灌丛草地和草甸草地。库伦旗草本类牧草的储量(干草)约为19.78万t,主要分布在北部的茫汗苏木和额勒顺镇。研究结果将为库伦旗牧草资源的开发利用、合理载畜量的评估和畜牧业的发展提供技术理论支撑。

**关键词:**库伦旗;群落特征;牧草储量;草地类型

文章编号:1000-694X(2024)01-001-09

DOI:10.7522/j.issn.1000-694X.2023.00092

中图分类号:X-1

文献标志码:A

### 0 引言

草地是全世界分布最广泛的陆地植被类型,在陆地生态系统中占有重要的地位<sup>[1]</sup>,也是草地农牧业发展最基本的物质基础<sup>[2]</sup>。因此,合理开发利用草地是促进经济建设和生态文明建设的重要环节。近年来,由于气候变化和人类活动的影响,大量草地出现不同程度的退化现象,物种多样性降低、植被覆盖度下降、牧草产量降低<sup>[3]</sup>,草地面积大幅减小,阻碍了草地的可持续利用。因此,加强草地资源的调查,了解植物资源的种类、草地的地理分布状况、利用现状、生态条件、质量和牧草储量至关重要,是合理开发利用的前提<sup>[4]</sup>。库伦旗是农业“以牧为主”的地区<sup>[5]</sup>,养殖业收入占农牧民经营性收入的40%<sup>[6]</sup>,为了促进该地区畜牧业和经济社会的发展,对草地进行详细准确的了解具有重要作用。

物种组成不仅是构建群落的基本要素,而且在

一定程度上反映出群落的性质。植被盖度、物种丰富度和生产力等是衡量群落结构及功能的重要指标,探究物种属性及物种组合与群落结构之间的关系是生态学研究的重点<sup>[7]</sup>。而植物群落的空间分布格局则是衡量群落是否健康及稳定的重要指标,其中水平分布是空间格局研究的重要方面,揭示种群和群落的动态变化<sup>[8]</sup>。对植物群落进行数量分类和排序可以较客观准确地揭示物种之间以及植物群落与环境之间的关系,有助于分析植物群落的空间分布格局及其影响因素<sup>[9]</sup>。目前对库伦旗草地的分布情况及群落特征尚不清楚,一定程度上造成资源浪费,阻碍了畜牧业发展。同时,测量牧区的牧草储量是必要的,但对于整个区域的资源进行完整的测量几乎是不可能的,通常需要通过预定的采样位置进行空间插值来估算未观测的位置<sup>[10]</sup>。空间插值方法包括反距离权重插值、样条函数插值和克里

收稿日期:2023-04-02; 改回日期:2023-06-12

资助项目:中国科学院科技扶贫项目(KFJ-FP-202104);中国科学院(A类)战略性先导科技专项(XDA26020104-01);内蒙古自治区科技计划项目(2022YFHH0063)

作者简介:徐远志(1998—),男,河南开封人,硕士研究生,研究方向为生态水文学。E-mail: xuyuanzhi21@mails.ucas.ac.cn

通信作者:刘新平(E-mail: liuxinping@lzb.ac.cn)

金插值等<sup>[11]</sup>。由于克里金插值方法基于已知点和未知点的位置关系,提供了中间值的最佳线性无偏预测<sup>[12]</sup>,因此对连续性地形预测精度相对较高<sup>[13]</sup>。评估牧草储量是发展畜牧业的关键,通过克里金插值法估算库伦旗牧草储量是可行的且相对准确<sup>[14-15]</sup>。

本研究针对不同类型草地的群落特征以及土壤性质,探讨它们之间的相互关系,并估算出库伦旗牧草的储量,为该地区牧草的管理保护、合理利用及可持续开发提供数据支撑,促进草地生态环境的保护和畜牧业的发展。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

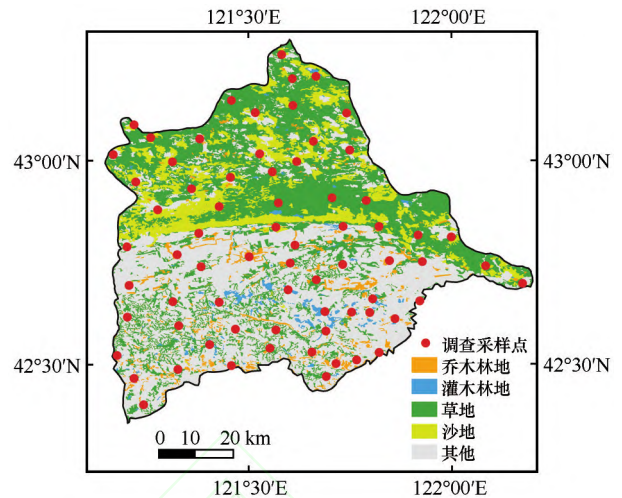
库伦旗位于内蒙古自治区通辽市西南部(42°21′—43°19′ N, 121°09′—122°12′ E),土地总面积为465 000 hm<sup>2</sup>,其中林地129 000 hm<sup>2</sup>、草地123 000 hm<sup>2</sup>。地处科尔沁沙地和燕山余脉交替地段,在中部交接。整体地势西南部高、东北部低,最高点626.5 m,最低点为190 m,平均海拔365 m。属于温带干旱、半干旱大陆性气候。年降水量383.7~447.5 mm,集中在7—8月,年蒸发量2 000 mm左右<sup>[16]</sup>。以当地养畜牧河为界,北部土壤以风沙土为主,南部土壤类型较多,有栗褐土、风沙土、粗骨土、石质土、褐土<sup>[17]</sup>。

### 1.2 植被调查与样品采集

本研究于2022年8月初在库伦旗进行野外植被调查,共设置68个调查采样点(图1),采样点在研究区内相对均匀,分布在8个乡镇(苏木),包括林下草地、疏林草地、灌丛草地和草甸草地。利用GPS仪记录经纬度和海拔,调查记录样方内物种名称、数量、盖度和高度,齐地剪取植被的地上部分并装袋,带回实验室,在80 °C的烘箱中烘48 h至恒重,称重得到干重;去除表层凋落物和腐殖质后,用环刀取土壤表层土样并装袋,设置3个重复;样方内随机选取3个取样点,取0~10 cm深度的土壤,混合均匀编号装袋。

### 1.3 数据分析方法

利用SPSS 25软件对不同草地类型植被和土壤数据进行方差分析和相关性分析;根据样方中物种的重要值,利用R4.2.0中的Twinspan包对群落进行



注:基于自然部标准地图网站标准地图(审图号GS(2020)4619号)制作,底图边界无修改

图1 库伦旗地理位置及采样点分布

Fig.1 Geographic location and sampling points distribution map of Kulun Banner

双向指示种分类;利用Canoco 5软件对群落特征和土壤pH值(pH)、电导率(SEC)、土壤容重(SBD)、碳(C)、氮(N)、磷(P)含量先进行去除趋势对应分析(DCA),排序轴的最大值大于3且小于4,故冗余分析(RDA)和典范对应分析(CCA)排序均适用<sup>[18]</sup>;克里金插值法在ArcGIS 10.8软件中完成。根据资源环境科学与数据中心(www.resdc.cn)2020年土地利用数据,分辨率为30 m×30 m,提取出林地和草地的栅格,结合采样点植被特征数据,运用克里金插值法<sup>[19]</sup>,生成库伦旗群落特征的空间分布图;统计属性表中栅格数目和像元大小,计算出各类草地面积和库伦旗牧草储量。其余图在Origin 2023中绘制。

物种重要值 $IV=(\text{相对多度}+\text{相对高度}+\text{相对盖度})/3$

群落物种丰富度( $R$ )、Shannon-Wiener指数( $H$ )、均匀度指数( $J$ )计算公式如下:

$$R = S \quad (1)$$

$$H = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i \quad (2)$$

$$J = H/\ln S \quad (3)$$

式中: $S$ 为样方内物种总数; $P_i$ 为第 $i$ 物种密度占群落总密度的比例。

采用烘干法称重测定牧草生物量;采用环刀法测定容重;采用pH仪测定土壤pH;采用电导仪测定土壤电导率;采用元素分析仪测定土壤碳氮含量;采用NaOH碱熔-钼锑抗分光光度法测定土壤全磷



含量<sup>[20]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 植物群落结构组成及物种多样性特征

库伦旗 68 个样地共出现 62 种植物,隶属于 20 科 52 属。其中含物种数较多的有禾本科(Gramineae)17 属 18 种,代表物种狗尾草(*Setaria viridis*)、毛马唐(*Digitaria chrysoblephara*)、糙隐子草(*Cleistogenes squarrosa*)等;菊科(Asteraceae)5 属 10 种,代表物种黄蒿(*Artemisia scoparia*)、大籽蒿(*Artemisia sieversiana*)、苦苣菜(*Ixeris chinensis*)等;豆科(Leguminosae)8 属 8 种,代表物种鸡眼草(*Kummerowia striata*)、兴安胡枝子(*Lespedeza daurica*)、小叶锦鸡儿(*Caragana microphylla*)等。

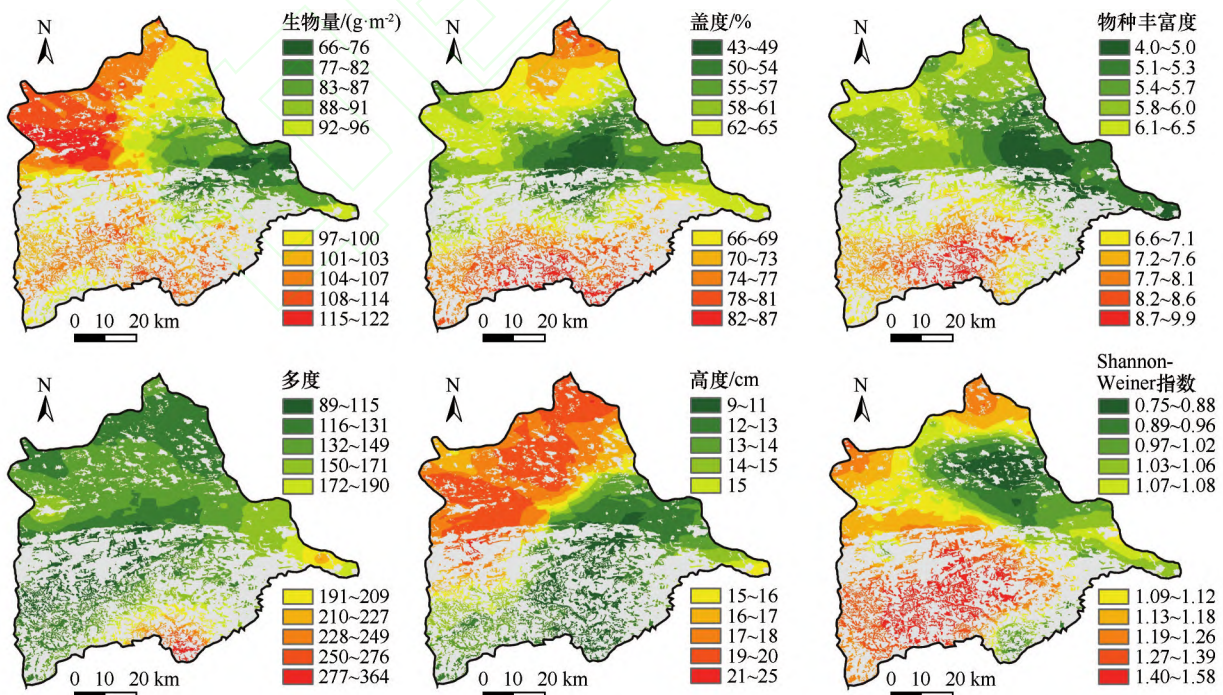
库伦旗各乡镇群落物种丰富度差异较大(表 1),库伦镇最高( $R=33$ ),六家子镇最低( $R=12$ )。Shannon-Weiner 指数差异也较大,最低 1.01(六家子镇),最高 1.44(水泉乡);物种均匀度指数变幅为 0.57(白音花镇)~0.71(库伦镇)。六家子镇物种丰富度和 Shannon-Weiner 指数均最低,群落结构最不稳定。库伦镇物种丰富度和均匀度指数最高,群落结构较为稳定。

表 1 库伦旗各乡镇植物群落物种多样性特征

Table 1 Species diversity characteristics of plant communities in towns of Kulun Banner

群落分布区域	物种丰富度 $R$	Shannon-Weiner 指数 $H$	物种均匀度指数 $J$
库伦镇	33	1.17±0.35	0.71±0.14
扣河子镇	22	1.27±0.24	0.66±0.10
六家子镇	12	1.01±0.43	0.67±0.13
额勒顺镇	25	1.03±0.38	0.62±0.19
茫汗苏木	23	1.11±0.24	0.62±0.12
先进苏木	19	1.10±0.43	0.60±0.20
水泉乡	20	1.44±0.46	0.70±0.24
白音花镇	22	1.24±0.63	0.57±0.20

库伦旗北部地区植被生物量由东至西呈现增大的趋势,而南部地区较为分散,无明显趋势,总体上看,东部地区生物量明显低于西部地区(图 2)。植被盖度方面,从南到北,呈现先逐渐减小后逐渐增大的现象,中部裸沙带植被盖度最低。库伦旗南部地区的物种丰富度明显高于北部地区,且中东部物种数量最少。东部边缘和白音花镇南部边缘的植被多度明显高于其他地区。库伦旗西北地区的植被平均高度明显高于东南地区,且出现一条较为



注:基于自然部标准地图网站标准地图(审图号GS(2020)4619号)制作,底图边界无修改

图 2 库伦旗群落植被特征分布

Fig.2 Distribution map of community vegetation in Kulun Banner

明显的分界线。Shannon-Weiner 指数以东南部的额勒顺镇为中心,向外辐射,其值逐渐增大,物种多样性指数逐渐增大。

## 2.2 不同土地利用类型群落分类及植被分布特征

调查的草地类型有林下草地、疏林草地、灌丛草地和草甸草地4种。将68个样点分为4类,再分别进行TWINSPAN分类,依据植物群落分类和命名原则,结合调查结果的生态分析和群落生境特征的优势物种命名群落类型,4种土地类型的群落类型如表2所列,林下草地31个样点经过五级分类分为10类,疏林草地20个样点经过四级分类

分为8类,灌丛草地12个样点经过二级分类分为3类,草甸草地5个样点经过一级分类分为2类。狗尾草在林下草地和疏林草地的多个群落中广泛分布,毛马唐在灌丛草地和草甸草地的多数群落中分布较广。

如图3所示,4个草地类型中,灌丛草地的地上生物量最高,显著高于林下草地的草本生物量,林下草地生物量最低,灌丛草地生物量达到 $125.73 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ,是林下草地的1.54倍;疏林草地的植被多度显著高于灌丛和草甸草地,草甸草地的多度最低,疏林草地的多度达到168.72,是草甸草地多度的1.76倍。

表2 4种草地类型的群落类型分类  
Table 2 Classification of community types in four land types

草地类型	群落名称	样点数/个
林下草地	狗尾草( <i>Setaria viridis</i> )	2
	狗尾草+鸡眼草( <i>Setaria viridis</i> + <i>Kummerowia striata</i> )	4
	羊草+酸模( <i>Leymus chinensis</i> + <i>Rumex acetosa</i> )	3
	狗尾草+三芒草( <i>Setaria viridis</i> + <i>Aristida adscensionis</i> )	2
	狗尾草+糙隐子草+白草( <i>Setaria viridis</i> + <i>Cleistogenes squarrosa</i> + <i>Pennisetum flaccidum</i> )	5
	白草+虎尾草( <i>Pennisetum flaccidum</i> + <i>Chloris virgata</i> )	2
	毛马唐+狗尾草( <i>Digitaria chrysoblephara</i> + <i>Setaria viridis</i> )	5
	车前草+冰草( <i>Plantago asiatica</i> + <i>Agropyron cristatum</i> )	2
	毛马唐+狗尾草+兴安胡枝子( <i>Digitaria chrysoblephara</i> + <i>Setaria viridis</i> + <i>Lespedeza daurica</i> )	3
	毛马唐+白草( <i>Digitaria chrysoblephara</i> + <i>Pennisetum flaccidum</i> )	3
疏林草地	百里香+阿尔泰狗娃花+鸡眼草+狗尾草( <i>Thymus mongolicus</i> + <i>Heteropappus altaicus</i> + <i>Kummerowia striata</i> + <i>Setaria viridis</i> )	4
	糙隐子草( <i>Cleistogenes squarrosa</i> )	1
	狗尾草+百里香( <i>Setaria viridis</i> + <i>Thymus mongolicus</i> )	3
	狗尾草+虎尾草+糙隐子草( <i>Setaria viridis</i> + <i>Chloris virgata</i> + <i>Cleistogenes squarrosa</i> )	3
	狗尾草( <i>Setaria viridis</i> )	2
	毛马唐( <i>Digitaria chrysoblephara</i> )	3
	毛马唐+狗尾草( <i>Digitaria chrysoblephara</i> + <i>Setaria viridis</i> )	2
	毛马唐+黄蒿( <i>Digitaria chrysoblephara</i> + <i>Artemisia scoparia</i> )	2
灌丛草地	毛马唐( <i>Digitaria chrysoblephara</i> )	3
	毛马唐+狗尾草+兴安胡枝子( <i>Digitaria chrysoblephara</i> + <i>Setaria viridis</i> + <i>Lespedeza daurica</i> )	5
	黄蒿+狗尾草+糙隐子草+鸡眼草( <i>Artemisia scoparia</i> + <i>Setaria viridis</i> + <i>Cleistogenes squarrosa</i> + <i>Kummerowia striata</i> )	4
草甸草地	毛马唐( <i>Digitaria chrysoblephara</i> )	2
	毛马唐+白草( <i>Digitaria chrysoblephara</i> + <i>Pennisetum flaccidum</i> )	3

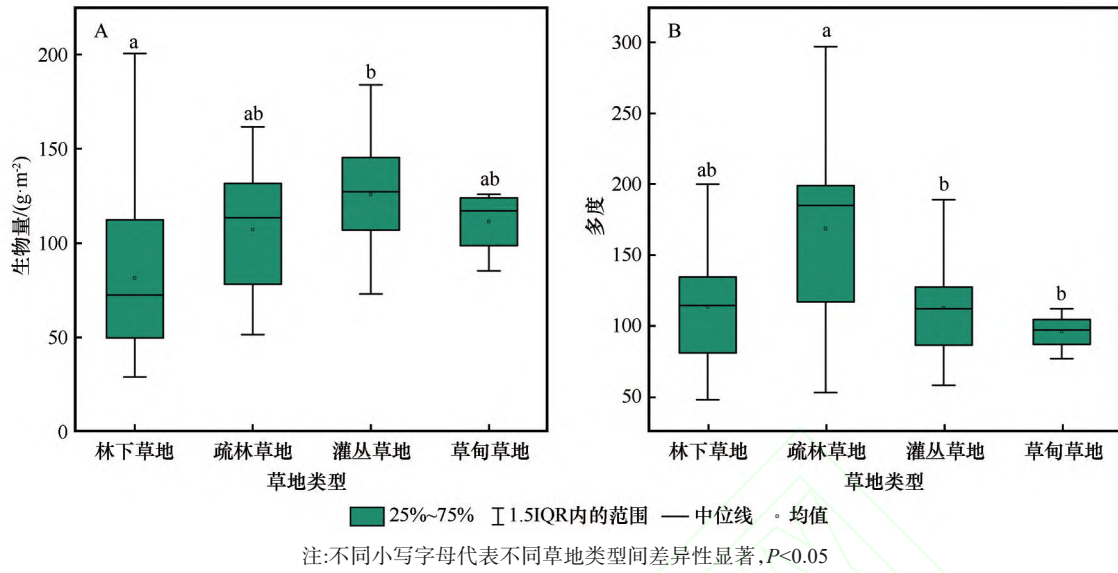


Fig.3 The difference of vegetation biomass and abundance in different land types

### 2.3 群落特征与土壤理化性质间的关系

相关性分析(图 4)结果表明, 植被群落多样性分布即 Shannon-Weiner 指数与土壤碳氮含量呈显著正相关( $P < 0.05$ ); 植被盖度与土壤碳氮含量显著正相关, 与土壤容重显著负相关( $P < 0.05$ ); 物种丰富度与土壤电导率及土壤碳氮磷含量显著正相关, 与容重显著负相关( $P < 0.05$ ); 群落平均高度与容重显著负相关( $P < 0.05$ ); 生物量和群落多度与上述土壤理化性质均无显著相关关系; 土壤 pH 不显著影响上述群落特征( $P > 0.05$ )。

对频度大于 0.1 的 18 个物种进行 RDA 排序, 对

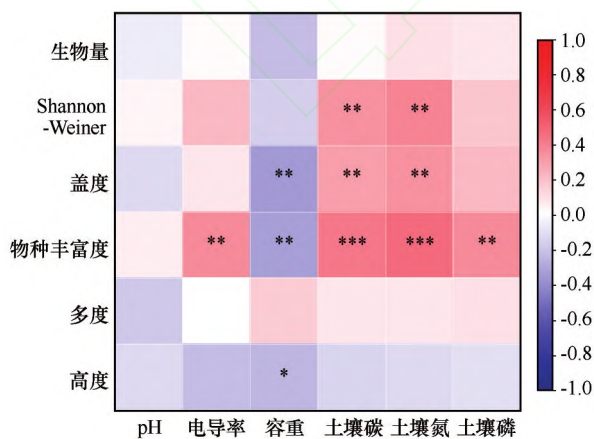


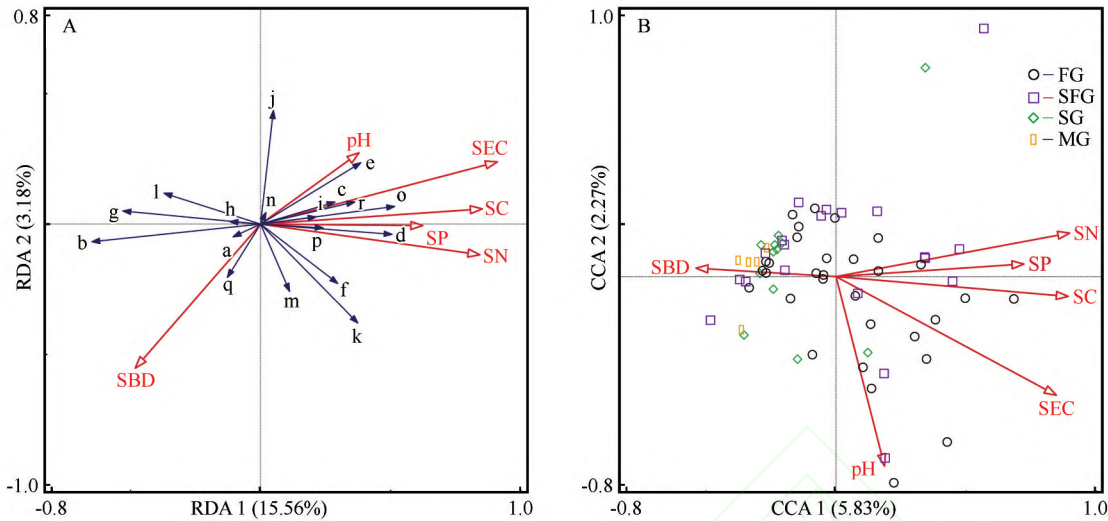
图 4 土壤因子与群落特征的相关性  
Fig.4 Correlation between soil factors and community characteristics

4 种土地类型的 68 个样点进行 CCA 排序(图 5)。RDA 的第一轴反映土壤碳氮磷对植物种生长分布的影响。兴安胡枝子、糙隐子、地锦、鸡眼草、百里香等分布在 pH 和电导率高且土壤营养含量较高的区域; 最常见的毛马唐、猪毛菜和扁蓿豆等则分布在土壤容重较大、养分较少的贫瘠土壤区域; 而狗尾草、苦苣菜和大籽蒿等分布在中间区域, 表明其分布较为广泛, 生态适应性较强。对于样点的 CCA 排序, 排序轴的第一轴主要体现了土壤碳氮磷含量和土壤容重对植物群落分布的影响, 第二轴主要反映 pH 的影响。灌丛草地和草甸草地主要分布在土壤肥力较差、容重较大且电导率较低的区域, 而疏林草地和乔木林下草地分布较为分散, 在各种土壤条件下均有分布但疏林草地更多地分布在土壤 pH 较低的区域。适应能力较强的狗尾草和毛马唐成为库伦旗草地的优势物种。

### 2.4 牧草储量计算结果

根据生物量与相应草地面积的乘积计算得到库伦旗草本类牧草的储量(干草)约为 19.78 万 t。各乡镇的草地面积及总产草量如图 6 所示, 草地主要分布在额勒顺镇、库伦镇和茫汗苏木, 总产草量也是这 3 镇较大。单位面积产草量最高的为茫汗苏木  $108.76 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ , 全旗单位面积平均产草量为  $99.92 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ , 其中只有库伦镇和扣河子镇低于全旗的平均值, 库伦镇的草地以林下草地为主, 因此单位面积的产草量最低。北部的两镇(苏木)总草地面积为全旗的

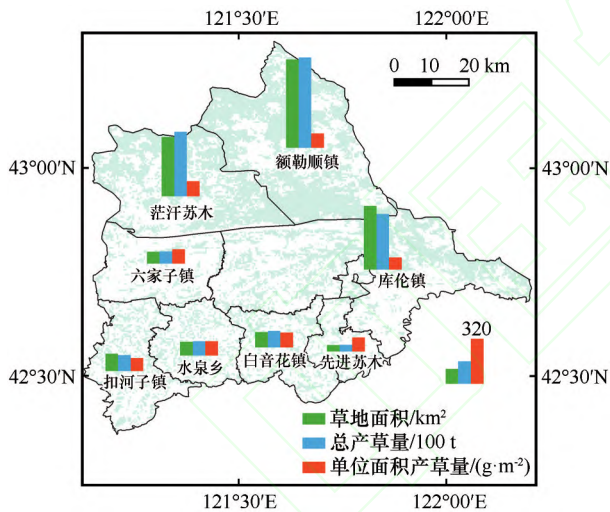




注: a: 狗尾草; b: 毛马唐; c: 兴安胡枝子; d: 糙隐子; e: 地锦 (*Euphorbia humifusa*); f: 黄蒿; g: 猪毛菜 (*Salsola collina*); h: 苦苣菜 (*Ixeris gracilis*); i: 鸡眼草; j: 白草; k: 车前草 (*Plantago asiatica*); l: 大麻 (*Cannabis sativa*); m: 虎尾草; n: 大籽蒿 (*Artemisia sieversiana*); o: 百里香; p: 稗草 (*Echinochloa crusgali*); q: 扁蓿豆 (*Medicago ruthenica*); r: 酸模; SBD: 土壤容重; SEC: 土壤电导率; SC: 土壤碳; SN: 土壤氮; SP: 土壤磷; FG: 林下草地; SFG: 疏林草地; SG: 灌丛草地; MG: 草甸草地

图5 18个常见物种的RDA分析及68个样点的CCA分析

Fig.5 The RDA analysis of 18 common species and CCA analysis of 68 samples



注:基于自然部标准地图网站标准地图(审图号GS(2020)4619号)制作,底图边界无修改

图6 库伦旗各乡镇草地面积及产草量

Fig.6 The grassland area and grass yield of each town in Kulun Banner

53.37%,总产草量为11.08万t,占全旗总产草量的56.18%。由此可见,库伦旗牧草储量大,且主要在北部的放牧区。

### 3 讨论

#### 3.1 库伦旗草地资源的特征

库伦旗由于地处科尔沁沙地和辽西浅山黄土

丘陵区的过渡区<sup>[21]</sup>,以养畜牧河为界限,北部与南部不同的土壤基质使其植被的分布特征极具特色。北部以沙地和草地为主,南部以林地和农田为主,中间裸露的沙带将南北隔开,使其具有不同的植被特征。库伦旗是中国北方典型的农牧交错带,同时处于湿润气候与干旱气候的过渡带,草地植被类型和生态景观具有鲜明的特殊性<sup>[22]</sup>。库伦旗草地植被主要包括林下草地、疏林草地、灌丛草地和草甸草地等。库伦旗北部主要为牧区,广阔的草地面积提供了大量的草地资源;而南部林地和农田分散分布,草本牧草的分布也较为零散,很少有大片的草地,但林下的草本植被也提供了大量的草地资源。南部地区单位面积生物量较大,但草地面积小,总储草量低于北部地区。其中,茫汗苏木的草地资源最为丰富。调查的样点中,草甸草地较少,只分布在土壤较贫瘠或水分条件较差的裸沙地等,大多数草地都伴生有灌木丛或稀疏的油松、樟子松等。通过TWINSPAN法对群落进行分类,68个样点分为23个群落类型,之前的研究者利用TWINSPAN将1127个样方划分为31个群落类型<sup>[23]</sup>,12个样点分为5个群落类型<sup>[24]</sup>等,本研究分类较多可能的原因是各样点相似性较低,植被类型较为复杂,除狗尾草和毛马唐之外物种的优势度太小等,也可能是1m<sup>2</sup>的样方大小设计不合理,需要适当增大样方的面积等。同时,本研究的分类结果反映了当前的植

被状况,但狗尾草和毛马唐作为一年生草本植物,数量和分布特征受水热因素的影响较大,在不同的年份发生显著的变化<sup>[25]</sup>,因此在对库伦旗草地群落进行分类时,将研究结果进行多年平均值分析可以使结果更加符合当地的实际情况。

### 3.2 群落空间分布特征的环境解释

群落结构不仅可以反映种群的数量状况和发展趋势,也可以反映植物与环境的相互关系<sup>[26]</sup>。对于较大的研究尺度,气候和地形主导植被的分布<sup>[27]</sup>,但对于较小的尺度,土地利用类型和土壤的理化性质主要影响群落特征和分布<sup>[28]</sup>,微生物、土壤养分等最终决定植物群落类型<sup>[29]</sup>。库伦旗海拔差异不大,故本研究未考虑海拔因素的影响。已有研究表明,土壤因子显著影响群落的分布和多样性<sup>[30]</sup>。本研究证明群落高度、盖度、物种丰富度与多样性指数都与土壤因子显著相关。生物量和多度受到土地类型的显著影响,而土壤养分状况和理化性质在不同的土地利用类型上,也差异性显著,说明土壤和植被是相互影响的。植物群落演替促进土壤空间异质性增加,其又反过来维持物种间关系、分布格局及群落物种的多样性<sup>[31]</sup>。大多数草本植物对土壤的性质有要求,比如对养分和土壤电导率的需求,适宜的酸碱度,较低的土壤容重等,这也促进了群落的多样性和复杂性。草甸草地和灌丛草地多分布在土壤条件较差的区域,因为土壤条件较好,会生长乔木,掠夺养分,遮挡阳光等,但对于耐旱的油松和樟子松等也会在土壤较贫瘠的区域生长。从RDA分析来看,土壤容重与其他指标是相反的方向,而pH偏向垂直中立,即不宜过高或过低。植被特征反映出土壤的状况,土壤的养分状况还可以反映出群落的退化程度<sup>[32]</sup>。本研究表明,土壤养分和容重是限制草地主要的土壤因素,这与左小安等<sup>[33]</sup>对科尔沁沙质草地的研究结果相似。

### 3.3 库伦旗牧草合理利用方式评估

在库伦旗土地利用空间格局中,耕地和未利用地是主要的部分,耕地主要分布在南部,而未利用的土地主要分布在北部。近些年,库伦旗草地开垦和沙化的问题突出,一方面是由于气候干旱,另一方面是不合理利用等原因<sup>[34]</sup>。针对库伦旗南部林地分布较广的情况,在不破坏林地的前提下,进行

适宜放牧;充分利用北部地区广袤的草地,实行轮休制,划分区域,定时定点放牧,返青期休牧,后期适当放牧<sup>[35]</sup>;虽然库伦旗牧草储量较大,但随着畜牧业规模的逐渐扩大,需要发展草牧业,保护未退化草地,恢复已退化草地<sup>[36]</sup>。合理的土地利用是保证生态安全的关键<sup>[37]</sup>,因此需要对未利用的土地建设人工草场,植树造林,合理调整土地利用方式。库伦旗林地分布广泛,施行农林(林草)复合经营,种植乔灌木、农作物和牧草间作是一种理想的土地利用方式<sup>[38]</sup>,并将劣质农田退耕还草。根据植被退化程度选择封育期,适当放牧有利于草本植被生长。同时,林草部门应加强监管,避免人为破坏草地。

## 4 结论

库伦旗草地主要分布在北部的茫汗苏木和额勒顺镇,两镇(苏木)的牧草储量占全旗的一半以上;库伦旗有广阔的草地面积和丰富的草地资源,对其进行充分合理利用至关重要。库伦旗北部的牧草高度高于南部,但物种丰富度低于南部地区,造成南北较大差异的原因主要是土壤类型的不同,南部主要为栗褐土,北部以风沙土为主。土壤因子显著影响草地群落特征,并调控各物种和草地类型的空间分布。库伦旗牧草储量估算为19.78万t,仍具有较大的发展潜力,需结合实际将未利用土地转换为人工草地或退耕还林还草。本研究为库伦旗牧草资源的合理利用提供了科学数据,在促进畜牧业发展的同时,保证草地的可持续利用。

### 参考文献:

- [1] Scurlock J M O, Johnson K, Olson R J. Estimating net primary productivity from grassland biomass dynamics measurements [J]. *Global Change Biology*, 2002, 8(8): 736-753.
- [2] 李发玉,尹权为,胡俊,等.重庆市草地资源分布现状及类型特征[J]. *草地学报*, 2020, 28(2): 474-482.
- [3] 严俊,旦久罗布,张海鹏,等.藏北高原那曲天然草地类型及其分布特征[J]. *高原农业*, 2022, 6(6): 526-535.
- [4] 赵学勇,安沙舟,曹广民,等.中国荒漠主要植物群落调查的意义、现状及方案[J]. *中国沙漠*, 2023, 43(1): 9-19.
- [5] 赵欣,刘艳.内蒙古库伦旗农牧业特色产业扶贫模式与经验[J]. *农业经济*, 2020(9): 21-22.
- [6] 曙光,马晓鹏.内蒙古库伦旗秸秆综合利用现状、模式及相关措施[J]. *农业工程技术*, 2022, 42(2): 45-47.
- [7] 简春霞,赖帅彬,周俊杰,等.黄土丘陵区典型小流域草地群落数量分类与结构特征及其影响因素[J]. *生态学报*, 2022, 42

- (4):1381-1392.
- [8] 陈正兴,高德新,张伟,等.黄土丘陵沟壑区不同坡向撂荒地植物群落种群空间格局[J].应用生态学报,2018,29(6):1846-1856.
- [9] 刘润红,涂洪润,李娇凤,等.桂林岩溶石山青冈群落数量分类与排序[J].生态学报,2019,39(22):8595-8605.
- [10] Parsons I L, Boudreau M R, Karisch B B, et al. Aiming for the optimum: examining complex relationships among sampling regime, sampling density and landscape complexity to accurately model resource availability[J]. Landscape Ecology, 2022, 37(11):2743-2756.
- [11] 孔令娜,向南平.基于ArcGIS的降水量空间插值方法研究[J].测绘与空间地理信息,2012,35(3):123-126.
- [12] Xu T, Liu Y, Tang L, et al. Improvement of Kriging interpolation with learning kernel in environmental variables study[J]. International Journal of Production Research, 2022, 60(4):1284-1297.
- [13] 王苗苗,陈洪松,付同刚,等.典型喀斯特小流域不同植被类型间土壤养分的差异性及其空间预测方法[J].应用生态学报,2016,27(6):1759-1766.
- [14] Souza E G, Bazzi C L, Khosla R, et al. Interpolation type and data computation of crop yield maps is important for precision crop production[J]. Journal of Plant Nutrition, 2016, 39(4):531-538.
- [15] Jordan C. Sampling strategies for mapping 'within-field' variability in the dry matter yield and mineral nutrient status of forage grass crops in cool temperate climates[J]. Precision Agriculture, 2003, 4(1):69-86.
- [16] 李雪莹,李玉宝,梁伟.基于SOM神经网络的通辽市库伦旗森林健康评价[J].内蒙古林业调查设计,2021,44(4):68-74.
- [17] 陈宇.通辽市库伦三大寺院景观研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2013.
- [18] Smilauer P, Leps J. Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO 5 [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2014.
- [19] Fu Q, Zhang C, Chen Y, et al. Spatiotemporal changes and driving factors of grassland yield in Inner Mongolia based on Kriging interpolation[J]. Catena, 2020, 193:104627.
- [20] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [21] 张铜会,唐炜.精准扶贫中科技的作用:中国科学院内蒙古库伦旗扶贫对策与成效[J].中国科学院院刊,2016,31(3):357-361.
- [22] 赵哈林,周瑞莲,张铜会,等.我国北方农牧交错带的草地植被类型、特征及其生态问题[J].中国草地,2003(3):2-9.
- [23] 张先平,李志琴,王孟本,等.山西高原草地景观的数量分类与排序[J].生态学报,2014,34(12):3386-3395.
- [24] 聂明鹤,沈艳,饶丽仙.宁夏典型草原区退耕草地群落演替序列与环境解释[J].草业学报,2018,27(8):11-20.
- [25] Diaz S, Lavorel S, McIntyre S, et al. Plant trait responses to grazing: a global synthesis[J]. Global Change Biology, 2007, 13(2):313-341.
- [26] Xu M, Ma L, Jia Y, et al. Integrating the effects of latitude and altitude on the spatial differentiation of plant community diversity in a mountainous ecosystem in China[J]. PLoS One, 2017, 12(3):e0174231.
- [27] Van Couwenberghe R, Collet C, Lacombe E, et al. Gap partitioning among temperate tree species across a regional soil gradient in windstorm-disturbed forests[J]. Forest Ecology and Management, 2010, 260(1):146-154.
- [28] 张兴航,张百平,王晶,等.神农架林区植被分布与地形的关系研究[J].地球信息科学学报,2020,22(3):482-493.
- [29] Burke A. Classification and ordination of plant communities of the Naukluft Mountains, Namibia[J]. Journal of Vegetation Science, 2001, 12(1):53-60.
- [30] Valladares F, Bastias C C, Godoy O, et al. Species coexistence in a changing world[J]. Frontiers in Plant Science, 2015, 6:866.
- [31] 罗琰,苏德荣,纪宝明,等.辉河湿地不同草甸植被群落特征及其与土壤因子的关系[J].草业学报,2018,27(3):33-43.
- [32] 王启基,李世雄,王文颖,等.江河源区高山嵩草(*Kobresia pygmaea*)草甸植物和土壤碳、氮储量对覆被变化的响应[J].生态学报,2008(3):885-894.
- [33] 左小安,赵学勇,赵哈林,等.科尔沁沙质草地群落物种多样性、生产力与土壤特性的关系[J].环境科学,2007(5):945-951.
- [34] 勿云他娜,苏根成,孙乌仁图雅.基于GIS和CA-Markov模型的库伦旗土地利用变化分析[J].长江大学学报(自然科学版),2017,14(18):79-82.
- [35] 白龙,闫加乐,刘英,等.辽河平原北部草地类型特征及分布现状[J].草地学报,2018,26(3):566-575.
- [36] 张铜会,王竑盛,韩永滨.内蒙古库伦旗科技扶贫活动的实践与思考[J].中国科学院院刊,2018,33(10):1107-1114.
- [37] 赵杰,赵士洞.农牧交错带典型偏农区土地利用变化及其原因分析:以奈曼旗尧勒甸子村为例[J].中国沙漠,2003,23(1):75-80.
- [38] 苏永中,赵哈林.科尔沁沙地不同土地利用和管理方式对土壤质量性状的影响[J].应用生态学报,2003(10):1681-1686.



## Distribution characteristics of grassland community and estimation of herbage reserves in Kulun Banner, Inner Mongolia

Xu Yuanzhi<sup>1a,2</sup>, Liu Xinping<sup>1a,2</sup>, Hu Hongjiao<sup>1a,2</sup>, Wang Lilong<sup>1a</sup>, Zhang Tonghui<sup>1a</sup>, He Yuhui<sup>1b</sup>  
(1.a.Naiman Desertification Research Station / b.Gaolan Station of Agricultural and Ecological Experiment, Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 2.University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** To fully understand the distribution characteristics of grassland community and estimate herbage reserves are the key to protect and rationally utilize grassland resources. In this study, four grassland types in eight towns of Kulun Banner were taken as the research objects. Through field investigation and spatial analysis, the distribution characteristics and influencing factors of grassland communities in Kulun Banner were discussed, and the reserves of herbage were estimated. The results showed that Kulun Town had the highest species richness and Shuiquan Town had the highest diversity index. The grassland area in the northern region was larger and the average height of herbage was higher, but the species richness was lower than that in the southern region. According to the species importance value, the community types were divided into 23 classes. Among the four grassland types, shrub grassland had the highest biomass, and sparse forest grassland had the highest abundance. Soil factors significantly affected vegetation height, coverage, species richness and diversity index. The dominant species *Setaria viridis* and *Digitaria chrysoblephara* were mainly distributed in areas with poor soil fertility, namely shrub grassland and meadow grassland. The reserves of herbaceous herbage (hay) in Kulun Banner were about 197 800 tons, and they were mainly distributed in the northern Manghan Town and Eleshun Town. This study provides technical and theoretical support for the exploitation and utilization of herbage resources, the evaluation of reasonable carrying capacity and the development of animal husbandry in Kulun Banner.

**Key words:** Kulun Banner; community characteristics; herbage reserve; grassland type