

锡林郭勒草原土壤主要营养成分的空间分布

贺俊杰

(锡林浩特国家气候观测台, 内蒙古 锡林浩特 026000)

摘要:利用主成分原理、变异系数等数理统计方法,对 2005—2012 年土壤主要营养成分资料进行分析和综合评价。结果表明,锡林郭勒草原土壤主要养分全氮、全磷、全钾、有机质含量分别为 0.982、0.348、22.343 和 23.024 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$;土壤养分现状:全氮含量缺乏、全钾含量丰富、有机质含量中等、全磷含量很缺乏。其中,草甸草原土壤全钾和有机质含量丰富、全氮含量中等、全磷含量很缺乏;典型草原土壤全钾含量丰富、全氮和有机质含量中等、全磷含量很缺乏;荒漠化草原土壤全钾含量丰富、有机质含量缺乏、全氮和全磷含量很缺乏。土壤变异性:有机质、全氮、全磷和全钾依次减弱,变异系数分别为 39.4%、35.2%、24.3%和 12.5%。锡林郭勒草原土壤综合养分排名依次为草甸草原>典型草原>荒漠化草原。其中,锡林浩特市天然草地土壤综合营养成分最高,二连浩特市最低,其余旗(县、市)处于两者之间。上述结论可为草原资源合理应用和生态系统的有效保护及恢复提供依据。

关键词:全氮;全磷;全钾;有机质

中图分类号:S812.2

文献标识码:A

文章编号:1001-0629(2013)11-1710-08

土壤是自然生态环境中极为重要的组成部分^[1],它既是植物赖以生存的空间,也是农牧业生产的基础。土壤肥力状况(土壤中氮、磷、钾和有机质含量等)直接影响植物的生长发育和最终产量的形成。20 世纪 80 年代以来,我国以牧草与饲料作物生产为主的设施栽培有了迅猛发展^[2]。但是,对草地资源的不合理利用,造成生态系统失调,致使锡林郭勒草地退化面积近 64%,土壤营养成分降低,草地质量严重下降^[3-4],从而影响到畜牧业的可持续发展。

近年来,关于锡林郭勒草原土壤营养成分的研究取得了很多成果,诸如许中旗等^[5]从土壤 N、P、K 及土壤有机质等方面研究了人为干扰(包括放牧、开垦和禁牧)对典型草原生态系统土壤养分含量的影响;郑云玲^[6]得出围栏内的各样地土壤全氮,全磷含量以及牧草氮、磷含量基本高于围栏外的结论;刘忠宽等^[7]在内蒙古典型草原(锡林河中游二级台上),对不同放牧率草地休牧 3 年后的土壤养分空间异质性和植物群落的数量变化特征进行了研究;赵娜等^[8]研究了浑善达克沙地榆林密度与土壤养分的关系等。但这些研究范围仅局限于某个区域,而对锡林郭勒草原土壤营养成分

总体分布及综合评价尚未见报道。目前,很多关于土壤质量评价方法的论述^[9-11],如聚类分析、因子分析、主成分分析等被应用于土壤质量的综合评价^[12-14]。本研究预计采用主成分分析方法,对锡林郭勒草原土壤主要营养成分含量进行分析和综合评价,旨在揭示锡林郭勒草原土壤营养成分分布特征,为草原资源合理应用和生态系统的有效保护及恢复提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 锡林郭勒盟处于欧亚大陆草原带的中部(41°35′—46°46′ N, 111°03′—120°00′ E),土地面积 20.3 万 km^2 ,草原面积占总土地面积 97.2%,既是内蒙古草原的主体,也是西北干旱区向东北湿润区和华北旱作农业区的过渡地带。地势平坦开阔,土壤以风沙土为主,部分地区有栗钙土、棕钙土和草甸土等。其草原类型多样,自东向西依次为草甸草原(包括乌拉盖、东乌珠穆沁旗和西乌珠穆沁旗)、典型草原(包括锡林浩特市、阿巴嘎旗、镶黄旗、正镶白旗、正蓝旗、太仆寺旗和多伦县)和荒漠化草原(包括苏尼特左旗、苏尼特右旗和二连浩特市)。草甸草原建群种牧草为羊草(*Leymus chinensis*)、贝加尔针茅(*Stipa baicalensis*),典型草原建群种牧草

收稿日期:2013-04-02 接受日期:2013-09-27

基金项目:锡林郭勒盟气象局服务型业务自选项目(201302)

作者简介:贺俊杰(1964-),男,内蒙古锡林浩特人,高级工程师,本科,主要研究方向为生态与农业气象。E-mail:qxhj@126.com

为克氏针茅(*S. kryloyii*)、羊草,荒漠化草原建群种牧草为多根葱(*Allium polyrrhizum*)、沙生针茅(*S. kryloyii*)、小叶锦鸡儿(*Garagana microphylla*)等。大部地区伴生糙隐子草(*Cleistogenes serotina*)、矮葱(*A. anisopodium*)、冷蒿(*Artemisia*

frigida)、知母(*Anemarrhena asphodeloides*)等。夏季盛行东南季风,雨热同季,降水存在很大的空间异质性。年均气温 2.5°C ,降水量 273 mm ,日照时数 $3\ 024.7\text{ h}$ 。锡林郭勒盟在内蒙古自治区的地理位置(a)和研究区土壤采样地分布(b)详见图1。

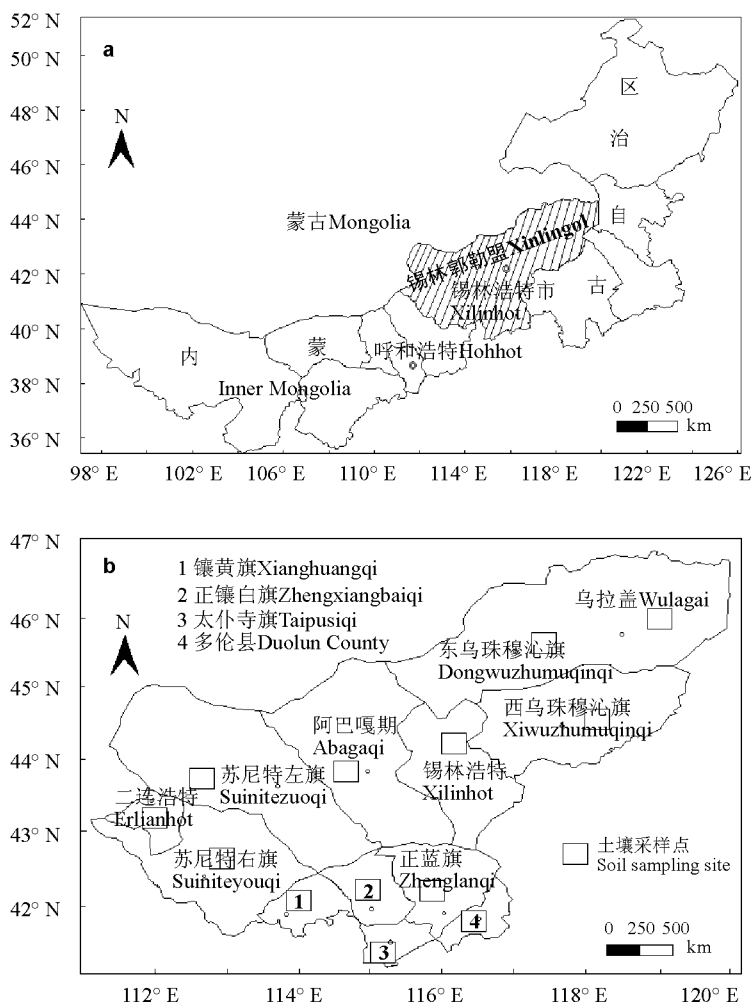


图1 锡林郭勒盟在内蒙古自治区的地理位置(a)和研究区土壤采样地分布(b)

Fig. 1 Geographic position of Xilin Gol region in Inner Mongolia(a) and soil sampling site in the study area(b)

1.2 资料来源 资料来源于锡林浩特国家气候气象台化验室(内蒙古自治区气象局天然草地牧草和土壤营养成分化验室)2005—2012年测定的土壤营养成分全氮、全磷、全钾和有机质含量。化验土样每年10月上旬在锡林郭勒盟13个旗(县、市)天然草地采取。在充分考虑监测数据代表性的前提下,采样点按照锡林郭勒盟草地类型所包括的旗(县),每个旗(县)取样10个。即草甸草原取样30个,典型草原取样70个,荒漠化草原取样30个。取土方法

为选取 $5\text{ cm}\times 5\text{ cm}\times 30\text{ cm}$ 的垂直剖面,分别取 $0-5$ 、 $5-10$ 、 $10-20$ 和 $20-30\text{ cm}$ 四层土样,除去杂物装入有编号的盛土盒内,按层拌匀后各取 $300\sim 500\text{ g}$ 土样装入布袋,再经过自然风干、研磨和过筛等工序留存待测。

1.3 分析方法

1.3.1 营养成分含量的分级标准 根据全国第2次土壤普查土壤营养成分分级标准^[15]进行分级(表1)。

表 1 全国第 2 次土壤普查养分分级标准
Table 1 Second soil survey nutrients grading standards

级别 Rank	描述 Description	有机质 Organic matter	全氮 Total N	全磷 Total P	全钾 Total K
1	很丰富 Very rich	>40	>2	>1	>25
2	丰富 Rich	30~40	1.5~2	0.85~1.0	20~25
3	中等 Moderate	20~30	1~1.5	0.6~0.8	15~20
4	缺乏 Lack	10~20	0.75~1	0.4~0.6	10~15
5	很缺乏 Very lack	6~10	0.5~0.75	0.2~0.4	5~10
6	极缺乏 Serious shortage	<6	<0.5	<0.2	<5

1.3.2 土壤变异性 按照变异系数的划分等级^[16] (弱变异性, $CV < 10\%$; 中等变异性, $10\% \leq CV \leq 100\%$; 强变异性, $CV > 100\%$)。

1.3.3 数据分析 采用主成分分析法^[17-20] 对各指标在各旗(县、市)进行综合评价, 各指标间进行相关分析。

2 结果与分析

2.1 锡林郭勒草原土壤营养成分整体分布

对比分析表 1、表 2 可知, 锡林郭勒草原土壤全氮含量为 4 级(缺乏)、全钾含量为 2 级(丰富)、全磷含量为 5 级(很缺乏)、有机质含量为 3 级(中等)。其中, 草甸草原土壤全氮含量为 3 级(中等)、全磷含量为 5 级(很缺乏)、全钾和有机质含量为 2 级(丰富); 典型草原土壤全氮和有机质含量为 3 级(中等)、全磷含量为 5 级(很缺乏)、全钾含量为 2 级(丰富); 荒漠化草原土壤全氮和全磷含量为 5 级(很缺乏)、全钾含量为 2 级(丰富)、有机质含量为 4 级(缺乏)。

土壤的异质性是土壤特性在不同空间位置上存在明显差异的属性^[21]。研究发现, 锡林郭勒草原土壤有机质、全氮、全磷和全钾变异性依次减弱, 变异系数分别为 39.4%、35.2%、24.3% 和 12.5%。其中, 草甸草原土壤有机质、全氮、全磷和全钾变异系数分别为 21.1%、14.7%、12.4% 和 1.0%, 典型草原分别为 33.7%、29.6%、27.6% 和 15.4%, 荒漠化草原分别为 32.6%、31.6%、10.1% 和 10.2%。

2.2 锡林郭勒草原土壤营养成分含量分布

各种土壤肥力质量有着性质上的差异和高低之分, 因此如何科学、合理、实用地评价土壤肥力质量, 为指导农业生产提供理论依据, 显得尤为重要^[22]。通过研究土壤营养成分在特定土壤中的空间分布情

况, 可为有效地分配和利用有限的土地资源提供参考。可以看出, 锡林郭勒盟各旗(县、市)土壤全磷、全氮级别均相对较低, 土壤有机质相对全氮总体表现为中等, 土壤全钾较高, 其中阿巴嘎旗、二连浩特市和苏尼特左旗为 1 级(表 3)。

2.3 土壤营养成分综合评价 土壤全量氮、磷、钾和有机质营养成分含量的高低反映了它们各自在土壤中的丰缺状况。某个单项指标不能完全反映一个地域养分的综合状况, 所以对土壤营养成分综合评价十分必要。现采用主成分分析方法^[17-19] 综合量化各指标权重, 以提高分析结果的客观性。第 1、第 2 主成分的方差贡献率分别为 70.84%、17.14%, 累积贡献率达 87.98%, 代表了各供试样品 87.98% 的信息。所以, 提取两个主成分可以基本反映全部指标的信息(表 4)。全氮、有机质、全磷在第 1 主成分中基本反映了上述成分的信息; 全钾在第 2 主成分上有较高的载荷, 说明第 2 主成分反映了该成分的信息(表 5)。

综合指标排名越靠前, 综合养分也就越高。锡林郭勒草原土壤综合养分排名先后依次为草甸草原、典型草原和荒漠化草原。其中, 锡林浩特市土壤综合营养成分最高, 二连浩特市最低(表 6)。

2.4 土壤营养成分与降水量、牧草生长状况的关系

2.4.1 土壤营养成分与降水量的关系 锡林郭勒盟土壤营养成分的全氮、有机质与年平均降水量呈现显著的正相关关系, 全钾呈现显著的负相关关系(表 7)。即年平均降水量越多, 土壤的全氮、有机质含量越高, 全钾含量越低, 反之亦然。锡林郭勒盟年降水量等值线呈现由东南向西北依次递减的趋势, 这与

其土壤综合养分变化依草原类型呈现由东南向西北递减趋势相一致。

2.4.2 土壤营养成分与牧草生长状况的关系 锡林郭勒盟土壤营养成分的全氮与牧草高度、覆盖度、优良牧草比例呈显著正相关;全磷与优良牧草比例呈显著正相关;全钾虽与各牧草生长指标呈现一定负

相关,但对土壤全钾含量影响不大;有机质与各牧草生长指标呈显著正相关。即土壤营养成分的有机质含量受植被的影响最大,其次是全氮,全磷最小(表7)。说明植被生长状况越好,土壤营养成分总体就越高,反之亦然。

表 2 各旗(县、市)土壤营养成分均
Table 2 Soil nutrients of experimental counties in Xilin Gol

$g \cdot kg^{-1}$

旗 (县、市) County	全氮 Total N	全磷 Total P	全钾 Total K	有机质 Organic matter	草原类型 Grassland type	植被群落优势牧草 Advantage pasture vegetation community
乌拉盖 Wulagai	1.017	0.298	22.317	26.702	草甸草原 Meadow grassland	羊草、贝加尔针茅等 <i>Leymus chinensis</i> 、 <i>Stipa baicalensis</i> etc.
东乌珠穆沁旗 Dongwuzhumuqinqi	1.273	0.332	22.222	27.335	草甸草原 Meadow grassland	羊草、贝加尔针茅等 <i>Leymus chinensis</i> 、 <i>Stipa baicalensis</i> etc.
西乌珠穆沁旗 Xiwuzhumuqinqi	1.360	0.381	21.886	38.258	草甸草原 Meadow grassland	羊草、贝加尔针茅等 <i>Leymus chinensis</i> 、 <i>Stipa baicalensis</i> etc.
锡林浩特市 Xilinhaote	1.360	0.581	18.745	31.380	典型草原 Typical grassland	羊草、科氏针茅等 <i>Leymus chinensis</i> 、 <i>S. kryloyii</i> etc.
阿巴嘎旗 Abagaqi	0.727	0.350	28.913	16.188	典型草原 Typical grassland	羊草、科氏针茅等 <i>Leymus chinensis</i> 、 <i>S. kryloyii</i> etc.
镶黄旗 Xianghuangqi	0.907	0.371	19.786	22.888	典型草原 Typical grassland	羊草、科氏针茅等 <i>Leymus chinensis</i> 、 <i>S. kryloyii</i> etc.
正镶白旗 Zhengxangbaiqi	1.305	0.401	20.781	32.487	典型草原 Typical grassland	羊草、科氏针茅等 <i>Leymus chinensis</i> 、 <i>S. kryl oyii</i> etc.
正蓝旗 Zhenglanqi	1.313	0.380	21.536	27.661	典型草原 Typical grassland	羊草、科氏针茅等 <i>Leymus chinensis</i> 、 <i>S. kryloyii</i> etc.
太仆寺旗 Taipusiqi	1.204	0.311	21.127	26.347	典型草原 Typical grassland	羊草、科氏针茅等 <i>Leymus chinensis</i> 、 <i>S. kryloyii</i> etc.
多伦县 Duolun	0.591	0.244	20.593	10.519	典型草原 Typical grassland	羊草、科氏针茅等 <i>Leymus chinensis</i> 、 <i>S. kryloyii</i> etc.
苏尼特左旗 Sunitezuoqi	0.751	0.325	25.491	16.943	荒漠化草原 Grassland in desertification	多根葱、小叶锦鸡儿等 <i>Allium polyrrhizum</i> 、 <i>Garagana microphyllia</i> etc.
苏尼特右旗 Suniteyouqi	0.569	0.271	21.328	14.104	荒漠化草原 Grassland in desertification	多根葱、小叶锦鸡儿等 <i>Allium polyrrhizum</i> 、 <i>Garagana microphyllia</i> etc.
二连浩特市 Erlianhaote	0.390	0.277	25.731	8.498	荒漠化草原 Grassland in desertification	多根葱、小叶锦鸡儿等 <i>Allium polyrrhizum</i> 、 <i>Garagana microphyllia</i> etc.
锡林郭勒盟 Xilin Gol	0.982	0.348	22.343	23.024	锡林郭勒草原 Xilin Gol Grassland	

表 3 各旗(县、市)土壤营养成分级别
Table 3 Soil nutrients level of experimental sites

旗(县、市) County	全氮级别 Total N level	旗(县、市) County	全磷级别 Total P level
西乌珠穆沁旗 Xiwuzhumuqinqi	3	锡林浩特市 Xilinhaote	4
锡林浩特市 Xilinhaote	3	正镶白旗 Zhengxangbaiqi	4
正蓝旗 Zhenglanqi	3	西乌珠穆沁旗 Xiwuzhumuqinqi	5
正镶白旗 Zhengxangbaiqi	3	正蓝旗 Zhenglanqi	5
东乌珠穆沁旗 Dongwuzhumuqinqi	3	镶黄旗 Xianghuangqi	5
太仆寺旗 Taipusiqi	3	阿巴嘎旗 Abagaqi	5
乌拉盖 Wulagai	3	东乌珠穆沁旗 Dongwuzhumuqinqi	5
镶黄旗 Xianghuangqi	4	苏尼特左旗 Sunitezuoqi	5
苏尼特左旗 Sunitezuoqi	4	太仆寺旗 Taipusiqi	5
阿巴嘎旗 Abagaqi	5	乌拉盖 Wulagai	5
多伦县 Duolun	5	二连浩特市 Erlianhaote	5
苏尼特右旗 Suniteyouqi	5	苏尼特右旗 Suniteyouqi	5
二连浩特市 Erlianhaote	6	多伦县 Duolun	5

旗(县、市) County	全钾级别 Total K level	旗(县、市) County	有机质级别 Organic matter level
阿巴嘎旗 Abagaqi	1	西乌珠穆沁旗 Xiwuzhumuqinqi	2
二连浩特市 Erlianhaote	1	正镶白旗 Zhengxangbaiqi	2
苏尼特左旗 Sunitezuoqi	1	锡林浩特市 Xilinhaote	2
乌拉盖 Wulagai	2	正蓝旗 Zhenglanqi	3
东乌珠穆沁旗 Dongwuzhumuqinqi	2	东乌珠穆沁旗 Dongwuzhumuqinqi	3
西乌珠穆沁旗 Xiwuzhumuqinqi	2	乌拉盖 Wulagai	3
正蓝旗 Zhenglanqi	2	太仆寺旗 Taipusiqi	3
苏尼特右旗 Suniteyouqi	2	镶黄旗 Xianghuangqi	3
太仆寺旗 Taipusiqi	2	苏尼特左旗 Sunitezuoqi	4
正镶白旗 Zhengxangbaiqi	2	阿巴嘎旗 Abagaqi	4
多伦县 Duolun	2	苏尼特右旗 Suniteyouqi	4
镶黄旗 Xianghuangqi	3	多伦县 Duolun	4
锡林浩特市 Xilinhaote	3	二连浩特市 Erlianhaote	5

表 4 总方差解释表
Table 4 Total variance explained

主成分 Principal component	最初特征值 Initial eigenvalues			提取特征值 Extraction sums of squared loadings		
	总数 Total	变异百分数 % of Variance	累积百分数 Cumulative/%	总数 Total	变异百分数 % of Variance	累积百分数 Cumulative/%
1	2.834	70.841	70.841	2.834	70.841	70.841
2	0.685	17.137	87.979	0.685	17.137	87.979
3	0.438	10.953	98.932	0.438	10.953	98.932
4	0.043	1.068	100.000			

表 5 主成分载荷阵
Table 5 Component matrix^a

指标 Index	主成分 1 Principal component 1	主成分 2 Principal component 2
全氮 Total N	0.950	0.126
全磷 Total P	0.793	0.291
全钾 Total K	-0.652	0.750
有机质 Organic matter	0.937	0.147

锡林郭勒盟草原牧草生长状况为草甸草原>典型草原>荒漠化草原(表 8)。由此可见,锡林郭勒盟土壤营养成分总体变化趋势与牧草生长状况所呈现的由东南向西北依次递减的趋势相一致。综上所述,锡林郭勒盟土壤营养成分的积累和空间分布受降水量分布、植被生长状况等因素的影响。

3 讨论

土壤是一个由生物及非生物组成的复杂综合

表 6 土壤营养成分综合主成分值及排名
Table 6 Soil nutrients principal component values and ranking

旗(县、市)County	P ₁	排名 Ranking	P ₂	排名 Ranking	P	排名 Ranking
锡林浩特市 Xilinhaote	-2.835	13	0.274	4	2.479	1
西乌珠穆沁旗 Xiwuzhumuqinqi	1.687	3	0.473	3	1.601	2
正镶白旗 Zhengxangbaiqi	1.874	2	0.112	7	1.367	3
正蓝旗 Zhenglanqi	0.368	7	0.042	8	0.957	4
东乌珠穆沁旗 Dongwuzhumuqinqi	-1.809	11	0.738	2	0.582	5
太仆寺旗 Taipusiqi	3.046	1	-0.133	9	0.367	6
镶黄旗 Xianghuangqi	0.010	8	0.112	6	0.140	7
乌拉盖管理区 Wulagai	0.696	5	1.979	1	-0.018	8
苏尼特左旗 Sunitezuoqi	0.552	6	-0.804	11	-0.959	9
阿巴嘎旗 Abagaqi	1.161	4	0.132	5	-1.072	10
苏尼特右旗 Suniteyouqi	-1.811	12	-1.048	12	-1.468	11
多伦县 Duolun	-1.369	9	-0.402	10	-1.746	12
二连浩特市 Erlianhaote	-1.570	10	-1.476	13	-2.230	13

注:P₁ 为第一主成分,P₂ 为第二主成分,P 为综合主成分。

Note: P₁ is the first principal component, P₂ is the second main component, P is the integrated main component.

表 7 土壤营养成分与降水量和牧草生长状况的相关系数
Table 7 Correlation coefficient between soil nutrients and grass growth, precipitation

土壤营养成分 Soil nutrient	全氮 Total N	全磷 Total P	全钾 Total K	有机质 Organic matter
年平均降水量 Average annual rainfall	0.62*	0.17	-0.52*	0.54*
草层高度 Grass height	0.59*	0.34	-0.34	0.68*
牧草产量 Forage yield	0.53	0.2	-0.19	0.67*
覆盖度 Coverage	0.63*	0.09	-0.16	0.70*
优良牧草比例 Proportion good pasture	0.56*	0.70*	-0.52	0.59*

注:* 表示显著相关($P < 0.05$)。Note: * means significant correlation at 0.05 level.

表 8 锡林郭勒盟不同草地类型牧草生长状况
Table 8 Forage grass growth conditions of different grassland types in Xilin Gol

指标 Parameter	草甸草原 Meadow grassland	典型草原 Typical grassland	荒漠化草原 Desertification grassland
草层高度 Grass height/cm	43	22	14
牧草产量 Forage yield/kg · hm ⁻²	3 863	2 555	1 426
盖度 Coverage/%	76	44	33
优良牧草比例 Proportion good pasture/%	83	67	60

体,有集散、转化、传递物质和能量的作用。土壤养分状况优劣是土壤物理、化学、生物等因素耦合的结果,可以表明土壤从环境条件和营养条件两方面供应和协调作物生长发育的能力^[23]。通过对锡林郭勒草原土壤营养成分研究,探明其土壤肥力条件和养分的空间分布,为退化、沙化草地人工恢复和合理利用草地资源提供依据。

锡林郭勒草原土壤营养成分总体处于中等水平,土壤综合养分变化依草原类型呈东南向西北递减趋势。说明土壤营养成分的积累和空间分布受降水量分布^[24]、植被生长状况等因素影响。这与朱立博等^[25]得出的土壤养分含量与植被水平相互关联,植被类型的土壤养分特征与植被特征存在明显的正相关关系,总体趋势为植被水平高其土壤养分含量也较高,不同养分对植被水平差异的响应灵敏度不同的结论相吻合。因此,土壤养分的空间分布状况是土壤、植被和周围环境共同作用的结果^[26]。

由于形成土壤因素的相互影响,土壤综合体不同位置的属性相互作用产生依赖,导致土壤的物理和化学性质具有一定的空间结构性^[1]。研究土壤养分的变异特征,不仅可以反映植被对土壤养分的影响状况,同时可为植被的环境评价提供依据^[26]。研究发现,锡林郭勒草原变异性除全钾呈弱变异外,其余均为中等变异;在主成分分析过程中,同一草原类型土壤肥力排名存在很大的差异。

锡林郭勒草原土壤主要营养成分含量除全磷很缺乏外,其余均在中等水平以上。土壤全氮、全磷、全钾和有机质是土壤的主要成分,是确定土壤养分状况的主要因子,可为植物提供大量有效养分。氮可提高植物生物量、改善营养价值,增加种子蛋白质含量,提高植物的营养价值;磷可增加植物产量和改善品质,加速植物分集和促进籽粒饱满,提高结籽率;钾可提高植物品质和抗逆性;有机质有助于提高土温、增强保水保肥性和缓冲性、改良土壤物理性状。

4 结论

锡林郭勒草原土壤营养成分总体处于中等水平,呈现由东南向西北递减趋势。土壤主要养分全氮含量缺乏、全钾含量丰富、有机质含量中等、全磷含量很缺乏;土壤有机质、全氮、全磷、全钾变异性依

次减弱;土壤综合养分排名先后依次为草甸草原、典型草原和荒漠化草原。其中,锡林浩特市土壤综合营养成分最高,二连浩特市最低,其余旗(县、市)处于两者之间。

由于锡林郭勒草原地域广阔,草地类型多样,土壤样本采集有一定的局限性,文中涉及的土壤营养成分是否具有普遍性还有待于进一步深入研究。

参考文献

- [1] 马亚平. 黑龙江西部半干旱区坡耕地土壤水文物理特性及其空间变异试验研究[D]. 沈阳:东北农业大学, 2010.
- [2] 乔洁,崔秀艳,王君芳,等. 土壤水分、氮、磷、钾含量与牧草营养成分的关系[J]. 饲草与饲料, 2009(9): 58-60.
- [3] 杨光梅,闵庆文,李文华. 锡林郭勒草原退化的经济损失估算及启示[J]. 中国草地学报, 2007, 29(1): 44-49.
- [4] 李政海,鲍雅静,王海梅,等. 锡林郭勒草原荒漠化状况及原因分析[J]. 生态环境, 2008, 17(6): 2312-2318.
- [5] 许中旗,闵庆文,王英舜,等. 人为干扰对典型草原生态系统土壤养分状况的影响[J]. 水土保持学报, 2006, 20(5): 38-42.
- [6] 郑云玲. 封育对典型草原牧草及土壤养分的恢复效应[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学, 2008.
- [7] 刘忠宽,汪诗平,陈佐忠,等. 不同放牧强度草原休牧后土壤养分和植物群落变化特征[J]. 生态学报, 2006, 26(6): 2048-2056.
- [8] 赵娜,胡春元,李钢铁,等. 浑善达克沙地中部地区榆树分布密度与土壤养分状况关系的研究[J]. 现代农业, 2009(7): 25-29.
- [9] 张华,张甘霖. 土壤质量指标和评价方法[J]. 土壤, 2001, 33(6): 326-330.
- [10] 骆伯胜,钟继洪,陈俊坚. 土壤肥力数值化综合评价研究[J]. 土壤, 2004, 36(1): 104-106.
- [11] 张贞,魏朝富,高明,等. 土壤质量评价方法进展[J]. 土壤通报, 2006, 37(5): 999-1006.
- [12] 吕晓男,陆允甫,王人潮. 土壤肥力综合评价初步研究[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 1999, 25(4): 378-382.
- [13] 曹承绵,严长生,张志明. 关于土壤肥力数值化综合评价的探讨[J]. 土壤通报, 1983(4): 13-15.
- [14] 陈加兵,曾从盛. 主成分分析、聚类分析在土地评价中的应用——以福建沙县夏茂镇水稻土为主要评价对

- 象[J]. 土壤, 2001, 33(5): 243-246.
- [15] 毛知耕, 周则芳, 黄建国, 等. 肥料学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 86-183.
- [16] 雷志栋, 杨诗秀, 许志荣, 等. 土壤特性空间变异性初步研究[J]. 水利学报, 1985(9): 10-21.
- [17] 李朝峰, 杨中宝. SPSS 主成分分析中的特征向量计算问题[J]. 统计教育, 2007(3): 1-11.
- [18] 杜洋. 主成分综合评价方法在区域经济综合排名中的应用[J]. 经济论坛, 2004(21): 19-20.
- [19] 林海明. 主成分分析与初始因子分析的异同——兼与卢纹岱《SPSS for Windows 统计分析》商榷[J]. 统计与决策, 2006, 4(8): 33-34.
- [20] 白慧强. 主成分分析法在 SPSS 中的应用——以文峪河河岸带林下草本群落为例[J]. 科技情报开发与经济, 2009, 19(9): 173-176.
- [21] 沈思源. 土壤空间变异研究中地统计学的应用及其展望[J]. 土壤学进展, 1989, 17(3): 11-25.
- [22] 颜雄, 张杨珠, 刘晶. 土壤肥力质量评价的研究进展[J]. 湖南农业科学, 2008(5): 82-85.
- [23] 陈印平, 赵丽华, 吴越华, 等. 森林凋落物与土壤质量的互作效应研究[J]. 世界科技研究与发展, 2005, 27(4): 88-94.
- [24] 刘志刚, 王英舜, 贺俊杰, 等. 内蒙古锡林郭勒盟牧业气候区划[M]. 北京: 气象出版社, 2006: 17-20.
- [25] 朱立博, 郑勇, 曾昭海, 等. 呼伦贝尔典型草原不同植被类型植被与土壤特征研究[J]. 中国草地学报, 2008, 30(3): 30-35.
- [26] 王国梁, 刘国彬, 许明祥. 黄土丘陵区纸坊沟流域植被恢复的土壤养分效应[J]. 水土保持通报, 2002, 22(1): 1-5.

Spatial distribution of major nutrients in Xilin Gol Grassland

HE Jun-jie

(Xilinhot National Climatological Observatory, Xilinhot 026000, China)

Abstract: With the statistical methods of main ingredients principle and coefficient of variation, major soil nutrients of Xilin Gol Grassland during the period of 2005 to 2012 were analyzed and comprehensive evaluated, in statistical methods of main ingredients principle and coefficient of variation. The results showed that, the content of total nitrogen, total phosphorus, total potassium and organic matter were 0.982, 0.348, 22.343 and 23.024 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ in Xilin Gol Grassland. The soil nutrient condition was as follows: Content of total nitrogen and total potassium are abundant; Content of organic matter is medium; And Content of total phosphorus is lacking. Meadow steppe soil is high total potassium and organic matter content, medium in total nitrogen content, and extremely low in total phosphorus content. Typical grassland soil is high in total potassium content, medium in total nitrogen and organic matter content, and low in total phosphorus content. Desertification grassland soil is high in total potassium content, low in organic matter content, and extremely low in total nitrogen and total phosphorus content. Soil variability is organic matter > total nitrogen > total phosphorus > total potassium, and their coefficients of variation were 39.4%, 35.2%, 24.3% and 12.5%, respectively. The order of integrated soil nutrients for Xilin Gol Grassland is meadow grassland, typical grassland and desert grassland, from high to low. The highest integrated soil nutrients were observed in Xilinhot Grassland, and the lowest one were observed in Erenhot Grassland. Others remain in between of these two. The results can provide basis support for a reasonable application of grassland resources and effective protection and recovery of ecosystem.

Key words: total nitrogen; total phosphorus; total potassium; organic matter

Corresponding author: HE Jun-jie E-mail: qxhjj@126.com