

横断山北部土壤钾素的区域分布特征*

李 婷 张世熔[†] 黄建元 杨 洲 邓良基 李 娟 舒建英
(四川农业大学资源环境学院; 四川省土地信息重点实验室, 四川雅安 625014)

REGIONAL DISTRIBUTION CHARACTERISTICS OF SOIL POTASSIUM IN THE NORTHERN PART OF THE HENGDUANSHAN MOUNTAINS

Li Ting Zhang Shirong[†] Huang Jianyuan Yang Zhou Deng Liangji Li Juan Shu Jianying
(College of Resources and Environment of Sichuan Agricultural University; Key Laboratory of Land Information
in Sichuan Province, Ya'an, Sichuan 625014, China)

关键词 全钾; 速效钾; 空间分布; 垂直分布; 概率克立格
中图分类号 S143.3 文献标识码 A

横断山北部是我国地理环境独特和生物多样性最丰富的地区之一^[1-3], 其生态恢复与重建对整个长江流域的水土流失治理及生态安全具有重要的现实意义, 故一直受到国内外学术界的高度关注^[4,5]。但由于近 40 年来人类活动和气候环境的变化, 其林木蓄积量大幅度减少, 水土流失日趋严重, 生态环境破碎化, 部分野生动植物资源已濒临灭绝, 已有研究表明属生态脆弱区^[6]。尽管该区实施退耕还林工程和天然林保护工程已四年, 但因该区域有关生态环境(包括土壤钾素养分等)的基础研究资料较少, 生态重建进度仍很缓慢。

由于该区自然条件较为恶劣, 交通不便, 人烟稀少, 并且有一定面积的原始森林、永久积雪带和流石滩分布, 因此在该区土壤养分研究中如何进行样点分布的设计显得尤为重要。为了满足土壤调查和统计学的要求以及弄清土壤钾素的区域总体分布特征, 本研究根据气候、地形、母质、植被和海拔高度等成土因素采用随机分层抽样的方法进行样点设计^[7-9], 并结合常规统计分析、3S 技术及地统计学等多种方法对该区土壤钾素的区域分布特征及其影响因素进行了综合研究, 为该区的生态环境保护和资源的可持续利用提供基础资料。

1 研究区域与研究方法

1.1 研究区域概况

横断山北部位于东经 $97^{\circ}21' \sim 102^{\circ}38'$, 北纬 $28^{\circ}05' \sim 34^{\circ}21'$ 。根据气候条件的明显差异, 该区可分为南、北两部分。其中, 北部地区属高原温带或亚寒带气候, 以丘原地貌为主; 南部地区属山地亚热带与暖温带气候, 多分布高山峻岭和深沟峡谷。全区地势由西北向东南倾斜, 海拔高度介于 997~7566 m 之间。土地利用类型以草地和林地为主, 分别占本区土地总面积的 61.72% 和 27.09%。

1.2 研究方法

1.2.1 土壤样品的采集

土样样点的设计根据区内气候、母质、地貌、植被以及土壤类型分布等资料按随机分层抽样原则进行, 在 1:20 万地形图上概略确定采样点位置, 野外采样根据实际情况调整后, 用 GPS(Etrex) 定位。每个样点在同一地块内随机采集 3 个点混合组成待测样品(1 个剖面 and 2 个土钻), 共采取 90 个样点 250 个发生层样品(图 1)。其中各有草地、林地和耕地样点 25 个、14 个和 51 个。在 90 个样点中选取了 82 个样点的土样分析结果用

* 四川省教育厅人才培养基金(01LA02)和四川省青年科技基金(04ZQ026018)项目资助

[†] 通讯作者, E-mail: zsi01@263.net

作者简介: 李婷(1982~), 女, 四川广元人, 硕士研究生, 主要从事 3S 技术在资源环境中的应用研究

收稿日期: 2004-09-30; 收到修改稿日期: 2004-12-02

于建模,另有8个模型检验样点分布于区内不同地点(其中有草地、林地和耕地样本各3个、2个和3个)。

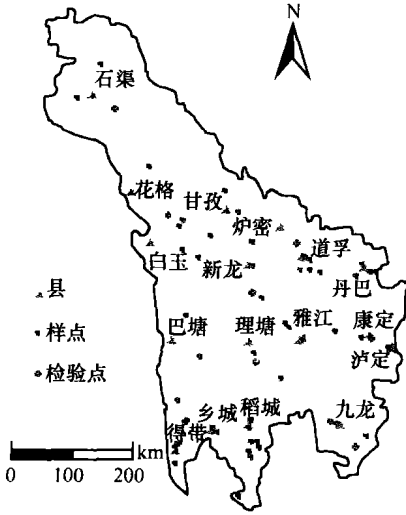


图1 土壤样点分布

1.2.2 样品分析方法 土壤全钾(TK)含量用NaOH熔融,火焰光度法测定;土壤速效钾(AK)含量用 $1 \text{ mol L}^{-1} \text{ NH}_4\text{OAc}$ 浸提,火焰光度法测定。

1.2.3 空间分布分析 空间特征分析是利用ArcGIS8.1中的地统计学组件计算不同间距的变异函

数值,采用球状模型进行套合获得区域土壤钾素含量的空间变异结构,再用普通克立格法(Ordinary kriging)内插制作其等值线图。并将其转化为格网文件,利用空间查询获得土壤钾素的分级面积。

2 结果与分析

2.1 土壤钾素基本统计特征

用SPSS12.0软件包统计的结果表明,横断山区北部90个土壤有机质层全钾和速效钾均呈非正态分布(表1)。二者的含量分别为 $21.7 \pm 5.79 \text{ g kg}^{-1}$ 和 $183.9 \pm 107.4 \text{ mg kg}^{-1}$ 。从标准差的大小看,该区各种土壤有机质层全钾含量较为接近,但速效钾含量却因其影响因素较多而变化较大。根据区内20世纪80年代土壤普查的钾素含量分级标准,该区土壤有机质层全钾含量可分丰富($> 25 \text{ g kg}^{-1}$)、较高($20 \sim 25 \text{ g kg}^{-1}$)、中等($15 \sim 20 \text{ g kg}^{-1}$)和较低($10 \sim 15 \text{ g kg}^{-1}$)四个级别,分别占区域土壤面积的5.73%、73.52%、20.74%和0.01%,土壤速效钾含量分为丰富($> 200 \text{ mg kg}^{-1}$)、较高($150 \sim 200 \text{ mg kg}^{-1}$)、中等($100 \sim 150 \text{ mg kg}^{-1}$)、较低($50 \sim 100 \text{ mg kg}^{-1}$)和低($30 \sim 50 \text{ mg kg}^{-1}$)四个级别,分别占该区域面积的62.99%、17.56%、17.89%、1.52%和0.04%。

表1 土壤钾素的统计特征值

项目	样本数	分布类型	最小值	最大值	均值	标准差	偏度	峰度
土壤全钾(g kg^{-1})	90	非正态	12.6	34.3	21.7	5.79	0.35	2.15
土壤速效钾(mg kg^{-1})	90	非正态	30.0	420.0	183.9	107.4	0.68	2.34

2.2 土壤钾素空间分布特征

由于本研究区面积较大,山体较多且相对高差高达6500 m。因此,土壤钾素的空间分布特征也复杂多样。本文将分为水平地理分布、随山体海拔高度变化的垂直分布和剖面发生层间的分布三个方面进行讨论。

(1) 水平地理分布。采用GIS和地统计学相结

合的方法研究该区土壤钾素的水平地理分布。在ArcGIS8.1软件平台上,将研究区内82个样点有机质层土壤钾素含量进行地统计学建模,其变异函数和普通克立格内插模型的参数及其误差分析结果表明(表2),土壤钾素的平均误差、标准化平均误差和标准化均方根误差均较小。

表2 土壤钾素的地统计学参数

统计项目	变异函数模型	内插法	变程(km)	基台值	块金值	块金值/基台值	预测误差		
							平均误差	标准化平均误差	标准化均方根误差
土壤全钾	球状	OK	6.02	34.19	30.71	0.8982	0.059	-0.017	0.85
土壤速效钾	球状	OK	13.22	0.43	0.35	0.8140	4.070	-0.032	0.73

尽管地统计学从Matheron提出就被用于山区找矿^[10,11],但在区域较大且有高大山体分布的横断

山区是否适用,也有待考察。为此,从研究区不同位置或不同海拔高度选取8个未参与建模的样点,分

析土壤钾素模型预测值与实测值的区别(表 3)。结果表明,除九龙县踏卡乡和白玉县赠科乡两个样点土壤全钾的相对误差达到 8.57% 和 7.26% 外,其余均小于 7%;速效钾相对误差除理塘县苟黑沟和石渠县蒙宜乡两个样点达到 9.69% 和 7.31% 外,其余

均小于 3%。

上述地统计学建模的模型误差和 8 个未参与建模点的初步检验表明,地统计学方法可以用于表达横断山北部这一较大区域土壤钾素的水平分布特征。

表 3 土壤钾素的预测误差检验

统计项目	样点								
	理塘县 苟黑沟	九龙县 踏卡乡	稻城县 巨龙乡	石渠县 蒙宜乡	白玉县 赠科乡	道孚县 瓦日乡	泸定县 磨西乡	巴塘县 前进乡	
土壤全钾	实测值(g kg^{-1})	26.7	14.0	27.5	21.6	17.9	15.4	22.0	24.6
	预测值(g kg^{-1})	25.7	15.2	26.5	20.2	19.2	16.4	22.8	23.0
	相对误差(%)	3.75	8.57	3.64	6.48	7.26	6.49	3.64	6.50
土壤速效钾	实测值(mg kg^{-1})	383.0	247.0	164.0	420.0	320.0	115.0	145.0	120.0
	预测值(mg kg^{-1})	345.9	240.0	161.0	389.3	322.5	112.1	148.2	117.0
	相对误差(%)	9.69	2.83	1.83	7.31	0.78	2.52	2.21	2.50

图 2 是根据建模的 82 个样点用地统计学方法获得的土壤钾素含量等值线图。其中,图 2a 表明,该区土壤全钾含量的空间分布呈条带状或小团块状,但东南部与西北部的空间变异各不相同。其中,土壤全钾在西南部呈现由西部边缘的白玉、巴塘高值($24.0\sim 35.0 \text{ g kg}^{-1}$)小区向四周逐渐减少的趋势;西北部则以雅砻江河谷为长条状的低值中心

带向西南雀儿山东坡或东北侧的巴颜喀拉山西坡增加。小区内土壤速效钾的空间分布呈北西—南东向的长条状或团块状(图 2b),其高值中心($300\sim 420 \text{ mg kg}^{-1}$)位于海拔高达 4200 m 的石渠县城郊一带,由该高值中心向东南方向逐渐减少;速效钾含量低的土壤($30\sim 100 \text{ mg kg}^{-1}$)零星分布于区域东南部。

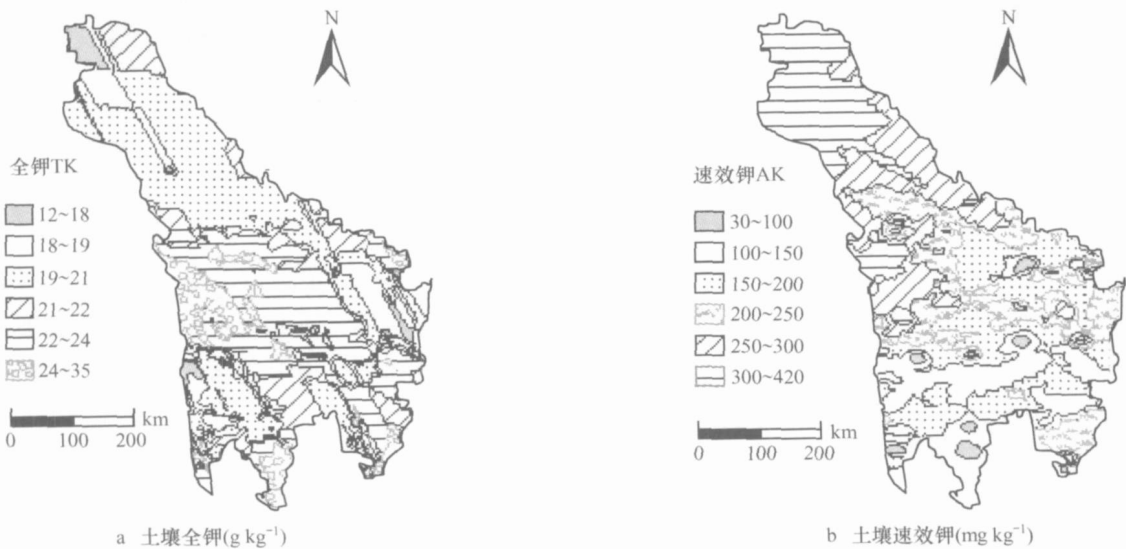


图 2 土壤全钾(TK)和速效钾(AK)分布图

(2) 垂直分布特征。横断山区北部处于中国第一个地貌台阶和第二个地貌台阶的交接处,其岭谷间相对高差大。因此,随着海拔高度的变化,成土母质、降水量、植被条件和侵蚀状况也发生变化,土壤

有机质层钾素分布随山体海拔高度增加而表现出一定的特征(图 3)。其中,土壤全钾含量随海拔高度的变化主要受成土母质分布的影响,在海拔小于 2000 m 的干热河谷地带,成土母质多为含钾较丰富

的花岗岩残坡积物,其土壤全钾平均含量较高,达 22.8 g kg^{-1} ;在海拔 $2000\sim 3000 \text{ m}$ 的河谷中下部是该区降水量最多 ($800\sim 1000 \text{ mm}$) 的湿润地带,成土母质以含钾丰富的长石砂岩、板岩和花岗岩为主的残坡积物,其土壤全钾平均含量较高,为 21.5 g kg^{-1} ;在海拔 $3000\sim 4000 \text{ m}$ 的河谷中上部降水量随海拔升高逐渐减少,成土母质多为本研究区内含钾

量较低的石灰岩洪积物和金沙江支流的石灰岩区河流冲积物,其土壤全钾平均含量最低,为 21.2 g kg^{-1} ;在海拔大于 4000 m 的山体中上部或丘原面上,成土母质多为含钾较丰富的板岩和花岗岩的残坡积物,其土壤全钾平均含量最高,达 23.5 g kg^{-1} 。横断山北部土壤速效钾从海拔小于 2000 m 的干热河谷开始,随着海拔的升高和降水量逐渐减少,其值逐渐增加。

(3) 剖面发生层分布特征。横断山北部土壤全钾在不同土地利用方式中,随着发生层由上向下其含量变化较为复杂(图4)。林地中土壤全钾含量由有机质层 A_1 (21.6 g kg^{-1}) 向下逐渐减少;草场中土壤全钾含量由草根盘结层 As (20.5 g kg^{-1}) 向下到母质层 C (23.7 g kg^{-1}) 逐渐增加;耕地中土壤全钾含量从有机质层 A (21.2 g kg^{-1}) 向下逐渐减少。

本区土壤速效钾在剖面垂直分布上受明显的生物富集或表聚作用以及人为施肥的影响。三种不同土地利用方式中土壤速效钾都从表层向下逐渐减少。林地、草地和耕地表层土壤的速效钾含量比其下一层土壤分别高 37.8% 、 37.4% 和 70.8% (图4)。

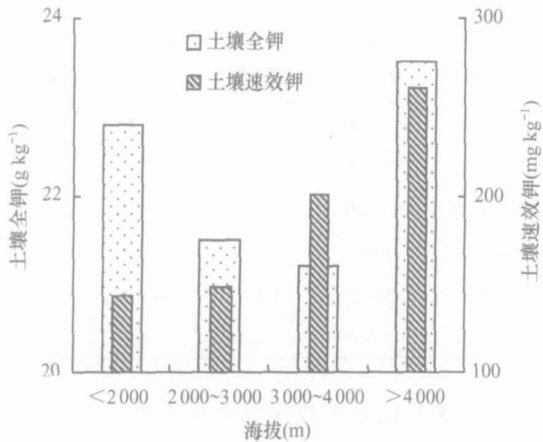


图3 海拔与土壤钾素含量

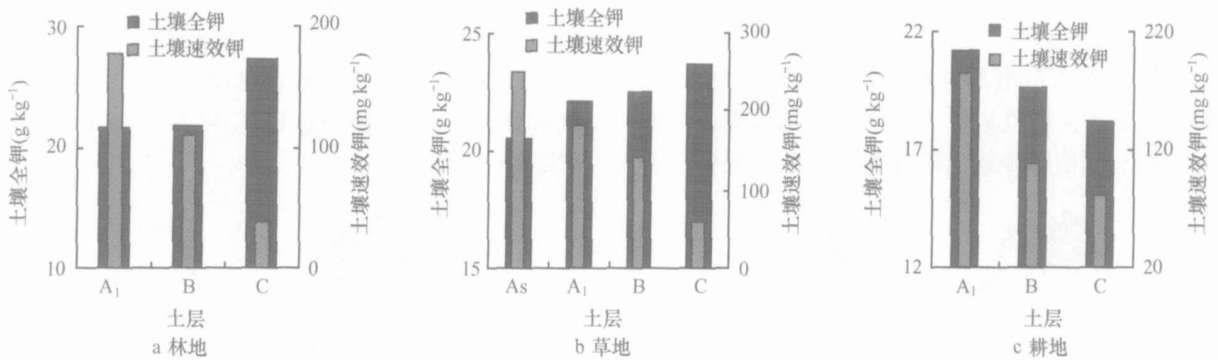


图4 不同土壤发生层中土壤钾素的含量

3 结语

横断山北部地域辽阔,成土条件复杂,土壤类型较多,但由于交通条件和研究条件的限制,仅选取该区主要土壤类型进行采样。因而,主要研究该区土壤钾素的区域分布总体特征,而对区内局部地域土壤钾素空间变异未进行详细的探讨,这是进一步研究中应注意的问题。

在大尺度的区域研究中,如何客观地反映区域土壤钾素的含量是值得探讨的问题。因为无论研究条件怎样,土壤样点的采取终究有限,而仅用常规的样点含量进行分析难于反映大区域土壤钾素分布的

总体特征。因此,将常规土壤调查技术与GIS、GPS和RS以及地统计学等方法结合,可较好获取区域土壤钾素分布的总体特征,并节省研究成本。

参考文献

- [1] 高以信,李明森. 横断山区土壤. 北京: 科学出版社, 2000. 1-14
- [2] 雷富民,卢建利,刘耀,等. 中国鸟类特有种及其分布格局. 动物学报, 2002, 48(5): 599-610
- [3] Fu M L, Yan H Q, Qian Q T, *et al.* Priorities for the conservation of avian biodiversity in China based on the distribution patterns of endemic bird genera. *Biodiversity and Conservation*, 2003, 12(12): 2487-2501
- [4] Zhang B H, Liao C, He Y R, *et al.* The features of soil aggregation and its eco environmental effects under different subalpine forests on the east slope of Gongga Mountain, China. *Journal of Forestry Research*

- search, 2003, 14(1): 80~ 82
- [5] Haigen X. Biodiversity conservation in China: Legislation, plans and measures. *Biodiversity and Conservation*, 1999, 8(6): 819~ 837
- [6] 李明森. 青藏高原土地开发潜力与对策. *自然资源学报*, 2000, 15(4): 323~ 327
- [7] Polna K, Katarina K, Charles T, *et al.* Quantifying the efficiency of soilsampling designs: A multivariate approach. *Environmental and Ecological Statistics*, 2003, 10(4): 469~ 482
- [8] Buscaglia H J, Varo J J. Comparison of sampling designs in the detection of spatial variability of mississippi delta soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 2003, 67: 1 180~ 1 185
- [9] Helene D R, Chantal D F, Philippe R. Forecasting the number of soil samples required to reduce remediation cost uncertainty. *J. Environ. Qual.*, 2004, 33: 1 694~ 1 702
- [10] Triantafilis J, Odeh I O A, McBratney A B. Five geostatistical models to predict soil salinity from electromagnetic induction data across irrigated cotton. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 2001, 65: 869~ 878
- [11] Franzen D W, Hofman V L, Halvorson A D, *et al.* Sampling for site specific farming: Topography and nutrient considerations. *Better Crop*, 1996, 80(3): 14~ 18