

会理县新植烟区土壤速效钾含量空间变异特征及其影响因子

庞 夙¹, 陶晓秋¹, 张 英², 王 勇², 李廷轩³

(1.四川省烟草质量监督检测站,成都 610041;2.四川省烟草公司凉山州公司,四川 西昌 615000;3.四川农业大学资源环境学院,四川 雅安 625014)

摘 要:采用地统计学和 GIS 相结合的方法,对四川省凉山州会理县特色优质烟叶单元土壤速效钾含量空间变异特征及其影响因子进行了分析。结果表明,该区域土壤速效钾含量处于中等变异水平,其值域分布范围广泛,主要包括缺乏、中等和丰富 3 个等级。速效钾含量空间相关性较弱,其空间变异主要受随机因子影响,但其空间相关距离较大,达 27 292 m;研究区土壤速效钾含量由北向南(横山乡-内东乡-南阁乡)逐渐减少,过营养化风险概率不断降低。土壤 pH、有机质和黏粒含量对速效钾含量的影响均达到显著或极显著水平,而土壤类型和地形条件对土壤速效钾含量的影响并不明显。

关键词:植烟土壤;速效钾;空间变异;影响因子;地统计学

中图分类号:S572.06

文章编号:1007-5119(2012)01-0032-05

DOI:10.3969/j.issn.1007-5119.2012.01.007

Spatial Variability Characteristic and Influencing Factors of Soil Available Potassium in New Tobacco Plantation District in Huili County

PANG Su¹, TAO Xiaoqi¹, ZHANG Ying², WANG Yong², LI Tingxuan³

(1. Sichuan Tobacco Quality Supervision and Test Station, Chengdu 610041, China; 2. Liangshan Tobacco Company of Sichuan Province, Xichang, Sichuan 615000, China; 3. College of Resource and Environmental Science, Sichuan Agricultural University, Ya'an, Sichuan 625014, China.)

Abstract: Geostatistics combined with GIS were used to analyze the spatial variability characteristics of soil available potassium and its influencing factors in new tobacco plantation district in Huili county. The result showed that the content of the soil available potassium in the study area was in the medium spatial variability, and it had a wide range which included lack, medium and rich level. The content of the soil available potassium had weak spatial correlation and its spatial variability was mainly influenced by the random factors, but it had a wide spatially dependent range, up to 27 292 m, the content of the soil available potassium in the study area gradually decreased from north to south (Hengshan Village-Neidong Village-Nange Village) and the eutrophication risk probability steadily decreased. The soil pH, organic matters and clay particle content had significant or very significant influence on the content of the soil available potassium, while the soil types and topographic conditions had no apparent influence on that.

Keywords: tobacco plantation soil; available potassium; spatial variability; influencing factors; geostatistics

烟叶品质直接决定了烟草的经济价值^[1-2],良好的烟叶品质不仅需要较高的栽培技术和后期的调制水平,更需要以适宜的土壤生态环境和合理的养分管理作为种植烟草的先决条件。我国是世界上最大的烟叶种植国和卷烟生产国^[3-4],合理的植烟土壤养分管理对提高我国烟叶品质、发展卷烟生产以及降低烟叶生产成本具有重要意义^[5]。在土壤养分中,

烟草需钾量大,钾素也是烟草最为重要的品质元素之一,对烟草植株抗病性、抗逆能力、叶色、燃烧性和吸湿性均有重要影响,对于植烟土壤钾素的研究受到了相关学者的广泛重视^[6]。

土壤养分的空间变异性是普遍存在且比较复杂的,充分了解区域内的土壤养分空间结构、分布特征及其影响因子对于农田养分管理和施肥决策

基金项目:四川省教育厅重点项目(2006A008,07ZA059);四川省教育厅基金项目(2006B009,07ZB063);四川省青年基金资助项目(06ZQ026-020)和环境污染与生态修复教育部重点实验室开放基金

作者简介:庞 夙,男,在读硕士,主要从事土壤理化特性空间分布研究。E-mail:jiangjing617@163.com

收稿日期:2010-11-12

修回日期:2011-05-25

具有重要意义。随着 3S 技术的发展,土壤养分空间变异特征研究已成为土壤科学的热点之一^[7-13]。

四川省凉山州是我国最适宜烟叶生产的重要产区之一,占四川省年产量的 70%以上^[14]。为了进一步发展烟草种植,凉山州烟草公司在部分县(市)开发新植烟单元,并通过实施“现代烟草农业单元建设测土配方项目”了解植烟单元土壤养分状况。其中,会理县特色优质烟叶单元涉及南阁、内东、横山 3 个乡,其自然条件具有较强的代表性,且样点分布的均匀性较好,有利于进行土壤养分含量空间变异特征及其影响因子的研究。为此,本研究以上述 3 个乡植烟区为研究区域,采用地统计学和 GIS 相结合的方法,对土壤速效钾含量空间变异特征及其影响因子进行研究,以期为区域内植烟土壤钾素管理及钾肥施用提供基础信息。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验在会理县横山乡、内东乡和南阁乡进行(地理位置见图 1)。该区域属于中亚热带半湿润气候区,海拔高度多为 1000~2000 m,年平均气温 15.1℃,平均相对湿度 69%,年均降水量 1150 mm,昼夜温差大,干湿季节明显,土壤类型多为红壤、黄壤、砂土及紫色土,地形主要包括河谷、低山山地、中山山地,其中中山山地面积比重最大。



图 1 研究区地理位置

Fig.1 The location map of study area

1.2 研究方法

1.2.1 土壤样点采集 在保证土壤样品代表性的前提下,采样点在研究区尽量分布均匀,同时兼顾土壤类型和地形特点。每个土样以取土点为中心,在 10 m 半径内取 5~10 个 0~20 cm 耕层土样混合而成,同时用 GPS(Garmin 72)记录中心点的位置,3 个乡共采集土样 277 个,但由于后期地统计分析需要通过标准区间对具有极端值的样点进行取舍,所以实际分析采用样点 262 个(图 2)。

1.2.2 测定项目及方法 土壤速效钾含量采用乙酸铵浸提-火焰光度法测定,pH、有机质、阳离子交换量(CEC)、土壤颗粒组成均按照常规土壤分析方法进行^[15]。

1.2.3 数据处理 常规统计分析:采用 SPSS 13.0 对土壤速效钾含量进行描述性统计分析;单一样本 K-S 检验土壤速效钾含量数据的分布形态;相关性分析用于比较各种土壤理化性质对速效钾含量的影响;单因素方差分析(ANOVA)比较速效钾在不同土壤类型和地形条件之间的差异,若有显著性差异,则采用邓肯新复极差法(SSR)进行多重比较。地统计学分析:在 GS+5.3 平台上对土壤速效钾含量进行半方差函数分析;利用 ArcGIS 9.0 对土壤速效钾含量进行普通克里格插值和过营养化预测。

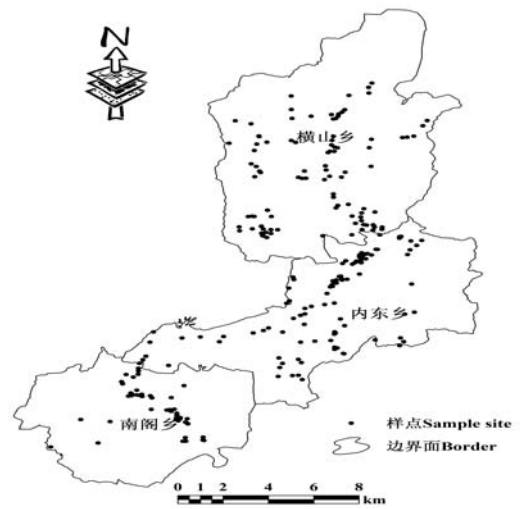


图 2 土样采集点分布

Fig.2 The distribution of soil sample sites

2 结果与讨论

2.1 描述性统计分析

统计分析表明(表1),研究区土壤速效钾含量处于正态分布,属于中等变异强度(90%>CV>10%),且其最小值和最大值差异较大,表明其在研究区内值域分布范围广泛。上述分析表明,由于研究区内施肥等管理措施差异较大,导致土壤速效钾呈现出中等变异,对后期的钾素管理和钾肥施用的合理性提出了更高的要求,且需要对其空间特征和具体影响因素进行深入研究。

此外,参照文献[16]提出的植烟土壤主要养分丰缺标准,对所采集分析的土壤主要养分丰缺状况进行评价,结果表明,采集的262个土样中,40.84%的样品速效钾含量处于缺乏和极缺状态,27.86%处于中等水平,丰富以上占31.30%。表明该区域土壤速效钾含量总体处于中等偏上的水平。

表1 土壤速效钾含量统计特征

Table 1 Statistical characteristics of soil available potassium contents

平均值/ (mg·kg ⁻¹)	最小值/ (mg·kg ⁻¹)	最大值/ (mg·kg ⁻¹)	标准差	变异系 数/%	偏度	峰度	分布类型
201.19	58.40	690.91	111.79	55.56	1.523	2.811	正态

2.2 空间结构分析

半方差分析表明(图3),研究区土壤速效钾的变化全域均为45 619.20 m,且在34 214.40 m范围内变化相对稳定,而当速效钾的步长变化域大于该距离范围时,其散点图逐渐分散,这是由于土壤速效钾含量空间变异的各向异性导致的。因为随着距离的增加,导致土壤速效钾含量空间变异的各因素在不同方向上的差异会越来越明显^[19]。因此,速效钾含量在其变化稳定的距离范围内(34 214.40 m)表现出各向同性的趋势,而这个稳定变化的范围即为速效钾含量的各向同性变化域。

表2 土壤速效钾含量各向同性半方差函数理论模型及有关参数

Table 2 Theoretical isotropic semivariogram model and corresponding parameters of the concentrations of available potassium

项目	模型	步长/m	块金值 C ₀	基台值 C ₀ +C	变程/m	C ₀ /(C ₀ +C)/%	决定系数 R ²	残差 RSS
速效钾	L	8000	1020.00	13520.6	27292	80.50	0.469	5.189E+06

注:L代表线性模型,下同。

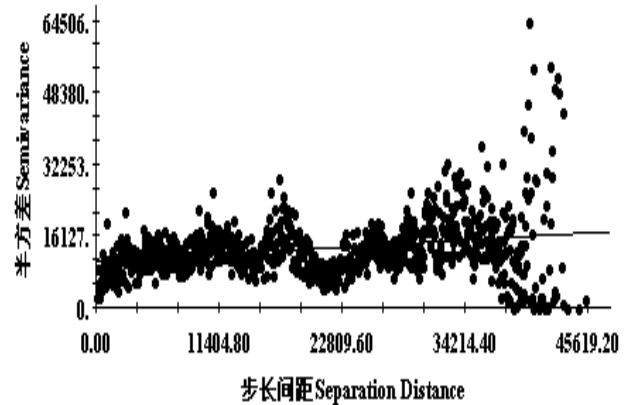


图3 全域内土壤养分实验与理论半方差

Fig.3 Global experimental and model-fitted semivariograms of soil nutrient at the full extent

在各向同性域内对同步长间距下的土壤速效钾含量半方差函数模型进行拟合,得到了拟合效果较好的模型(R²较大而RSS较小),以进一步分析土壤速效钾含量的空间结构特征。由表2分析可知,速效钾含量以8000 m步长间距下的线性模型为最佳模型,而块金值和基台值之比>75%,表明速效钾含量空间相关性较弱,其空间变异受到了随机性因子(施肥等)的强烈影响^[17-18]。速效钾含量的变程较大,达27 292 m,说明其在研究区域内具有空间相关性的范围十分广泛,表明虽然速效钾含量的空间变异受到了随机性因子的强烈影响,但结构性因子(土壤类型、地形条件等)对速效钾含量的影响范围仍较为广泛。

2.3 空间分布特征及过营养化预测

在空间结构分析的基础上,采用普通克里格(Ordinary kriging)插值绘制了研究区土壤速效钾空间分布图(图4),并按照参考文献[16]提出的植烟土壤速效钾丰缺标准进行了丰缺等级划分。此外,考虑到该方法具有一定的“平滑效应”,空间分布图以矢量形式进行展示。

由图4可知,研究区土壤速效钾含量包括缺乏、中等和丰富3个等级,且分别主要分布在南阁乡、

内东乡和横山乡境内。由于钾含量对烟叶品质的影响很大，而烟叶含钾量的提高主要得益于施用钾肥，因此对于南阁乡和内东乡植烟土壤应不同程度地补充钾肥以提高烟叶品质，而对于横山乡植烟土壤应适当控制钾肥的施用量以降低烟叶种植成本。

由于土壤速效钾在研究区内有丰富等级分布（以克里格插值平滑后的结果为准），因此表明若继续按现有施肥水平进行平均施肥，很可能导致在植烟过程中出现过钾素过营养化的风险，需要对其风险概率进行预测以降低农业生产成本和环境压力，并同时提高烟叶品质。由于土壤养分过营养化

一般是由于土壤养分本身处于丰富或丰富以上水平，而施肥又不断带入养分，导致土壤养分过剩而引起。因此，本研究对以土壤速效钾丰富等级的上限值(350 mg/kg)为临界值进行克里格(Disjunctive kriging)插值分析。

由图 5 可知，研究区土壤速效钾含量出现过营养化的风险概率较低，仅为 0%~33%，未达到调整农业技术和种植业布局的风险概率(50%)，过营养化风险概率较高的地区分布较为离散且面积相对较小，表明该植烟区未来的土壤钾素管理仍应以“平衡和调控”策略为主。

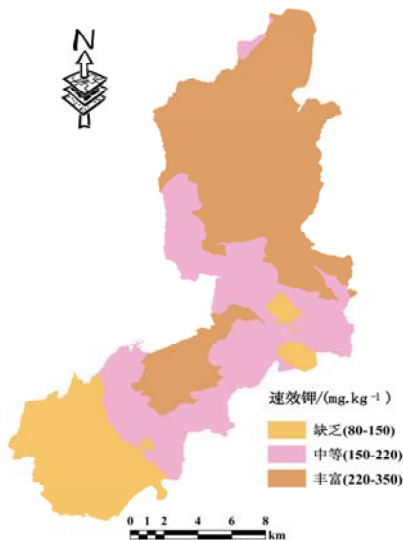


图 4 土壤速效钾含量空间分布

Fig. 4 The spatial distribution map of available potassium

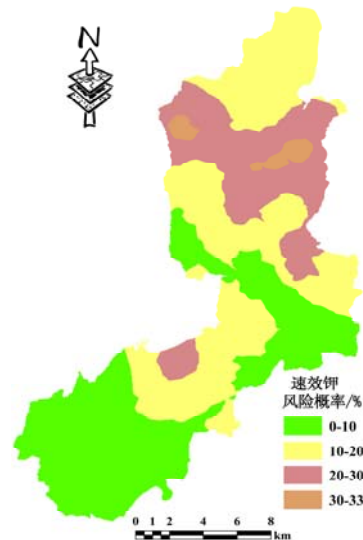


图 5 土壤养分过营养化风险预测概率

Fig.5 Eutrophication probability distribution map of soil nutrient

2.4 影响因子分析

2.4.1 土壤理化性质 由表 3 可知，土壤速效钾含量与土壤 pH 呈极显著负相关，与有机质含量呈显著正相关，而与黏粒含量表现出极显著正相关。产生上述现象的原因主要是由于随着土壤 pH 增加，钾素的有效性降低，从而导致速效钾含量的下降。土壤有机质不但提供了植物生长所需要的养分，也

通过影响土壤物理、化学和生物学性质改善土壤的养分状况，从而提高了土壤速效钾含量。而黏粒含量高的土壤，其养分淋失弱，保水保肥能力较强，因此速效钾含量相对高于其他质地土壤。

2.4.2 土壤类型 不同土壤类型具有不同的耕作管理措施和成土过程，因此造成养分含量因土壤类型的不同而产生差异^[6]。统计分析表明（表 4），研

表 3 土壤理化性质与速效钾含量的相关性分析

Table 3 The correlation analysis between soil physico-chemical properties and available potassium

项目	pH	有机质/(g·kg ⁻¹)	CEC/(cmol·kg ⁻¹)	粘粒(<0.002 mm)/%	粉粒(0.002~0.02)/%	砂粒(0.02~2)/%
速效钾/(mg·kg ⁻¹)	-0.215**	0.131*	0.056	0.128**	0.028	-0.101

注：“*”代表在相关性在 P<0.05 水平上达到显著；“**”代表相关性在 P<0.01 水平上达到显著，下同。

究区土壤速效钾含量在4种主要土壤类型中的变化顺序为黄壤>红壤>紫色土>砂土。其中,黄壤和红壤均极显著大于紫色土和砂土,但黄壤和红壤之间,以及紫色土和砂土之间速效钾含量差异并不明显。由于黄壤和红壤属于铁铝土纲,在其成土过程中,包括钾离子在内的盐基离子会大量淋失,其本身含钾量要低于成土时间较短的紫色土,但由于研究区内黄壤多种植坡地烟,红壤多种植田烟,施钾量较高,而紫色土多种植山地烟,施钾量较低,因此导致黄壤和红壤速效钾含量相对较高。此外,由于砂土土粒之间空隙较大,养分容易随水淋失,保水保肥性能很差,因此其速效钾含量相对最低。

表4 土壤类型对速效钾含量的影响

Table 4 Available potassium contents as affected by different soil types

项目	红壤	黄壤	砂土	紫色土
速效钾/(mg·kg ⁻¹)	234.01aA	290.90aA	163.71bB	187.98bB
样点数/个	58	15	31	158

注:不同小、大写字母分别表示差异显著($P \leq 0.05$)和极显著($P \leq 0.01$),下同。

2.4.3 地形条件 相关研究表明,地形对土壤养分含量有较大影响^[14]。由表5分析可知,中山山地土壤速效钾含量分别极显著地高于低山山地和河谷,而后两种地形间差异并不明显,这主要是由于海拔越高的区域,气温越低,蒸发量越小,土壤湿度越大,有机质的输入量越大,物质的分解率较小,因此造成中山山地土壤速效钾含量相对较高。此外,由于研究区内前期的种植业主要集中在中山山地,长期大量而集中的钾肥施用也导致了较高的速效钾含量。

表5 地形条件对速效钾含量的影响

Table 5 Available potassium contents as affected by different terrain conditions

项目	河谷	低山山地	中山山地
速效钾/(mg·kg ⁻¹)	125.63bB	133.95bB	228.56aA
样点数/个	9	66	187

3 小结

会理县特色优质烟叶单元土壤速效钾含量处于中等变异强度,值域分布范围广泛,主要包括缺

乏、中等和丰富3个等级,总体丰缺状况处于中等偏上水平。

土壤速效钾含量空间相关性很弱,其空间变异主要受到随机性因子的影响,但其具有空间相关性的范围仍较为广泛;土壤速效钾多以中等和丰富等级分布,其中,丰富等级多分布于横山乡范围内,而缺乏等级多处于南阁乡境内,在植烟中应按区域调整钾肥施用量;土壤速效钾出现过营养化的风险概率整体较低,概率较高的区域分布较为离散且面积较小。

土壤pH对速效钾含量的影响达到了极显著水平,而有机质含量和粘粒含量对土壤速效钾含量的影响分别达到了显著和极显著水平;土壤速效钾含量在4种土壤类型及3种地形条件之间差异并没有达到显著水平,只在个别土壤类型及地形条件之间表现出极显著差异,表明由于受到人为因素的干扰,土壤类型和地形条件对养分含量的影响并不明显,需要在后期的研究中进一步分析各类控钾因子间的交互效应。

参考文献

- [1] 褚清河,潘根新,王成己. 最佳施肥比例对烟草产量和品质的影响[J]. 土壤通报, 2009, 40(1): 137-139.
- [2] 王怀欣,袁洋. 烟草专用肥施肥效果实验[J]. 山东农业科学, 2007(4): 87-88.
- [3] 宋国菡,杨献营,潘吉焕. 我国烤烟施肥现状、存在的问题及对策[J]. 中国烟草科学, 1998(4): 32-34.
- [4] 胡国松,郑伟. 烤烟营养原理[M]. 北京:科学出版社, 2000: 1-2.
- [5] 王子芳,高明,魏朝富,等. 植烟土壤养分空间变异特征及适宜性评价——以重庆市彭水县为例[J]. 西南农业大学学报:自然科学版, 2008, 30(1): 98-103.
- [6] 廖晓勇,向明,秦毅. 土壤施钾对烤烟品质的影响研究[J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(4): 124-126.
- [7] 庞夙,李廷轩,王永东,等. 土壤速效氮、磷、钾含量空间变异特征及其影响因子[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(1): 114-120.
- [8] 贺波,李首成. 金堂县乡村景观N、P养分元素空间分布特征研究[J]. 四川农业大学学报, 2006, 24(1): 83-87.

(下转第42页)

- [9] 黄泽生,林伟. 高山区不同播栽期对烤烟生长的影响[J]. 现代农业科技, 2009(8): 11-12.
- [10] 高川,周清明. 烟草早花研究进展[J]. 现代农业科技, 2009(8): 101-104.
- [11] 金磊,晋艳,周冀衡,等. 烟草早花机理及控制的研究进展[J]. 中国烟草学报, 2008, 14(1): 58-62.
- [12] 沈少君,郭学清,郑玉木,等. 低温胁迫对烤烟生长和产质量的影响[J]. 中国烟草科学, 2010, 31(6): 35-37.
- [13] 金磊,晋艳,周冀衡,等. 苗期低温对烤烟花芽分化及发育进程的影响[J]. 中国烟草科学, 2007, 28(6): 1-5.
- [14] 招启柏,吕冰,曹显祖. 烟草成花生理研究综述[J]. 中国烟草科学, 2003, 24(4): 27-29.
- [15] 周冀衡,庄江,林桂华,等. 烟草苗期去叶处理对控制早花现象的作用[J]. 中国烟草科学, 2001, 22(3): 38-41.
- [16] 唐远驹,任高,申涓. 基地优质烟开发研究[M]. 贵阳: 贵州科学技术出版社, 1998.
- [17] 唐远驹. 贵州烟草生产合理布局[M]. 贵阳: 贵州科学技术出版社, 1992.
- [18] 李腹广,田野,蒋斌,等. 黔西南优质烤烟基地的气候与适宜移栽期研究[J]. 云南地理环境研究, 2007, 19(增刊): 5-10.
- [19] 吴应康,陈官文. 金沙县烤烟育苗移栽期的农业气象条件研究[J]. 贵州气象, 2000, 24(1): 28-29.
- [20] 莫建国,罗楠. 桐梓县方竹生长的气候条件及区划[J]. 贵州农业科学, 2005, 33(6): 30-31.
- [21] 邹立尧,赵秀兰. 细网格格点农业气候资源推算原理和方法[J]. 黑龙江气象, 1996(3): 3-5.
- [22] 贺升华,任炜. 烤烟气象[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2001.



(上接第36页)

- [9] 王珂,沈掌泉,John S,等. 精确农业田间土壤空间变异与采样方式研究[J]. 农业工程学报, 2001, 17(2): 33-36.
- [10] Jude C, Ayo O. Influence of termite infestation on the spatial variability of soil properties in the guinea savanna region of nigeria[J]. Geoderma, 2009(148): 357-363.
- [11] 秦鱼生,涂仕华,冯文强,等. 成都平原水旱轮作种植下土壤养分特性空间变异研究[J]. 土壤学报, 2008, 45(2): 355-359.
- [12] 盛建东,肖华,武红旗,等. 不同取样尺度农田土壤速效养分空间变异特征初步研究[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(2): 63-67.
- [13] 刘文全,李首成,韩敬,等. 川中丘区乡村景观磷素空间分布特征研究[J]. 四川农业大学学报, 2005, 23(4): 436-441.
- [14] 王勇. 中低山区植烟土壤主要肥力因子空间变异特征及地形因素影响研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2008.
- [15] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999.
- [16] 陈江华,刘建利,李志宏,等. 中国植烟土壤及烟草养分综合管理[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [17] Yost R S, Uehara G, Fox R L. Geostatistical analysis of soil chemical properties of large land area. Kriging[J]. Soil Sci.Soc, 1982, 46: 1033-1037.
- [18] Wang Y D, Feng N N, Li T X, et al. Spatial variability of soil cation exchange capacity in hilly tea plantation soils under different sampling scales[J]. Agricultural Sciences in China, 2008, 7(1): 101-105.