

玉溪市红塔区烤烟种植区土壤元素养分丰缺状况研究

张翠萍¹, 武仕强¹, 王泉^{2*}, 陈祯^{2,3}, 娄灯吉^{2,3}, 吕永忠¹, 汪朔帆¹, 钱雷¹, 桂正文¹, 杨帝男¹

(1. 玉溪市烟草公司红塔区分公司, 云南玉溪 653100; 2. 玉溪师范学院化学生物与环境学院, 云南玉溪 653100; 3. 玉溪师范学院云南省教育厅滇中高原特色农业生物资源有效转化利用工程研究中心, 云南玉溪 653100)

摘要 分析了红塔区烤烟种植区土壤元素含量, 利用经验贝叶斯克里金插值分析了红塔区全境和规划种植烤烟土壤的元素分布情况。结果表明红塔区烤烟种植区域土壤主要问题是 pH 偏低以及交换性 Mg 不足区域较大, 占比均达 50% 左右, 且缺 Mg 和 pH 偏低的区域具有高度的叠加, 主要位于红塔区西部和西北部, 这 2 个指标具有强烈的正相关性。其次是部分区域有机质、水溶性氯和有效硼含量不足。除元素含量不足的问题外, 营养过剩也是需要注意的问题, 有效氮和有机质超过适宜含量的面积占比较大, 需要控制氮肥和有机肥的施用, 这样可以减少农业面源污染, 同时节约肥料投入。研究结果可为红塔区烤烟种植区域规划和土壤施肥提供参考。

关键词 经验贝叶斯克里金插值; pH; 交换性镁; 有机质; 水溶性氯

中图分类号 S158.3 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)24-0157-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.24.035

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Study on the Nutrient Abundance and Deficiency of Soil Elements in the Tobacco Planting Area of Hongta District, Yuxi City

ZHANG Cui-ping¹, WU Shi-qiang¹, WANG Quan² et al (1. Hongta District Branch of Yuxi Tobacco Company, Yuxi, Yunnan 653100; 2. College of Chemistry, Biology and Environment, Yuxi Normal University, Yuxi, Yunnan 653100)

Abstract In this study, the soil element content in the tobacco planting area in Hongta District was analyzed, and the element distribution of the soil for the planned tobacco planting in Hongta District using Empirical Bayesian Kriging (EBK) interpolation was analyzed. The results showed that the main problems of the soil in the tobacco planting area in Hongta District were the low pH and the large area of exchange Mg deficiency, accounting for about 50%, and the areas with Mg deficiency and low pH had a high degree of superposition, mainly located in the west and northwest of Hongta District. These two indicators had a strong positive correlation. Secondly, the lack of organic matter, water-soluble chlorine and effective boron content in some areas. In addition to the problem of insufficient element content, excess nutrition was also a problem that needed to be paid attention to. The area of nitrogen and organic matter exceeding the appropriate content occupied a large proportion, so the application of nitrogen fertilizer and organic fertilizer needed to be controlled, which could reduce agricultural non-point source pollution and saved fertilizer input. The results of this study can provide a reference for regional planning of tobacco cultivation and soil fertilization in Hongta District.

Key words Empirical Bayesian Kriging interpolation; pH; Exchangeable magnesium; Organic matter; Water-soluble chlorine

云南省玉溪市被誉为“云烟之乡”^[1]。红塔区是玉溪市的中心城区, 其周边乡镇分布集中连片烤烟种植区, 烤烟种植面积约 5 197 hm²。对玉溪烟区土壤元素的研究较多, 其中艾华林等^[2]研究认为玉溪烟区土壤缺镁。由于土壤钾镁具有交互作用, 潘金华等^[3]曾建议在适当施用镁肥的基础上增施钾肥。王树林等^[4]研究认为玉溪烤烟单叶重存在偏大的问题, 并从生态布局优化、合理轮作、增密降氮、提高成熟度等方面提出改进措施。杨继周等^[5]从气候角度分析了玉溪适合种植烤烟的区域。但烤烟种植区域规划需要综合考虑气候、土壤因素。朱安琪^[6]通过土壤、气候等因素研究规划了玉溪烤烟种植适宜区域。为了解红塔区烤烟种植区域各种土壤大量元素和微量元素空间分布特征, 了解各种必需元素不足的区域, 为将来的精准施肥和植烟区域规划提供服务, 笔者根据 2018—2021 年采样监测的土壤数据, 采用经验贝叶斯克里金插值得到红塔区土壤各元素空间分布特征。此外, 通过相关分析法了解红塔区土壤元素间的相关性特征。

1 材料与方法

1.1 样品采集 2018—2021 年采集 799 个采样点的植烟土壤样本, 测定有效磷(P)、pH、有效锌(Zn)、有效硼(B)、有机质(OM)、有效氮(N)、交换性镁(Mg)、有效钾(K)、水溶性氯(Cl)、交换性钙(Ca), 共 10 种土壤理化指标。测定方法采用国标方法(表 1)。根据玉溪优质烟叶的适产养分临界值^[1,7-11]确定土壤养分适宜含量(表 2)。

1.2 研究方法 将红塔区所有监测点按照烤烟种植区规划地块取平均值, 得到 140 个规划地块的土壤监测数据, 将其插值到红塔区边界范围内的全部国土, 再分别按照红塔区全境和规划烤烟种植区进行统计。空间插值采用 GeoSense Pro 2.1 软件, 插值方法为经验贝叶斯克里金法^[12], 子集大小和模拟次数均为 100, 半变异函数类型为幂函数, 邻域类型为标准圆形。相关分析采用斯皮尔曼相关分析, 分别统计了 $P < 0.01$ 和 $P < 0.05$ 这 2 个显著性指标, 使用 R 语言的 corplot^[13] 和 Hmisc^[14] 2 个包进行相关性分析和作图。

2 结果与分析

土壤监测结果表明, 水溶性氯、交换性钙、交换性镁的变幅较大(表 2)。插值分析结果表明, 红塔区全境土壤有效磷、有效锌、有效氮、有效钾、交换性钙含量均分别超过 10、0.5、60、100、800 mg/kg, 均达到适宜种植烟草的水平(图 1, 图 2、图 3a、b, 图 4b、d、e)。

基金项目 国家自然科学基金项目(31960371); 云南省烟草公司玉溪市公司科技计划项目(Yxyc2022013)。

作者简介 张翠萍(1969—), 女, 云南玉溪人, 农艺师, 硕士, 从事烟草栽培、植保研究。*通信作者, 副教授, 硕士, 从事地理信息系统研究。

收稿日期 2023-01-19

表 1 土壤元素测定方法

Table 1 Methods for monitoring soil elements

序号 No.	检测项目 Testing items	检测依据/标准(方法)名称及编号(含年号) Test basis/standard(method) name and number(including year number)	主要仪器名称及规格型号 Main instrument names, specifications, and models
1	pH	土壤 pH 的测定 NY/T 1377—2007	pH 计/PHS-3C
2	有机质	土壤检测 第 6 部分:土壤有机质的测定 NY/T 1121.6—2006	25 mL 酸式滴定管/天波
3	有效氮	森林土壤氮的测定 LY/T 1228—2015	5 mL 微量滴定管/天波
4	有效磷	土壤检测 第 7 部分:土壤有效磷的测定 NY/T 1121.7—2014	紫外-可见分光光度计/752 自动
5	有效钾	土壤速效钾和缓效钾含量的测定 NY/T 889—2004	火焰光度计/FP6410
6	有效锌	土壤有效态锌、锰、铁、铜含量的测定二乙三胺五乙酸(DTPA)浸提法 NY/T 890—2004	原子吸收分光光度计/990F
7	有效硼	土壤检测 第 8 部分:土壤有效硼的测定 NY/T 1121.8—2006	紫外-可见分光光度计/752 自动
8	水溶性氯	土壤氯离子含量的测定 NY/T 1378—2007	5 mL 微量滴定管/天波
9	交换性镁、钙	土壤检测 第 13 部分:土壤交换性钙和镁的测定 NY/T 1121.13—2006	原子吸收分光光度计/990F

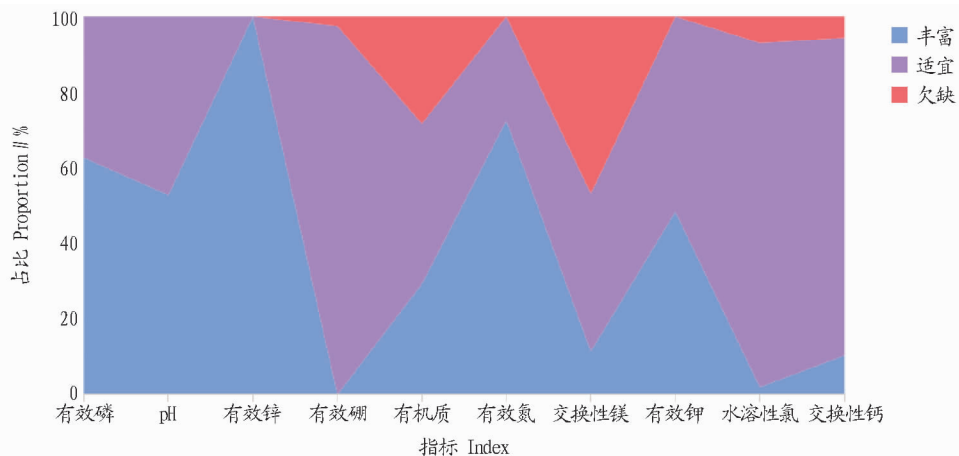
规划区土壤 pH 大于 5.5 的面积约占 55.31%,接近 50% 的土壤不适合烤烟种植。但红塔区 pH 在 4.5~5.5 的土地达 52.81%,说明红塔区超过 50%的土壤不适合烤烟种植。未来需要寻找 pH 适宜的区域,并调整烤烟种植区域的规划。pH 低于适宜值的区域位于红塔区西南部,也有少部分位于最东北和最西北部区域,而高于适宜值的主要分布在东南部(图 1、图 2、图 3c)。规划区有效硼含量超过 0.5 mg/kg 的区域占 96.20%,说明绝大部分区域有效硼含量适宜烤烟种植(图 1、图 3d)。规划区有机质大于 15 g/kg 的土地占 78%,说明大

部分规划烤烟种植区域的有机质足够,但也有少部分区域需要补充有机质(图 1)。而红塔区全境缺有机质的土壤约占 28%(图 2)。需要补充有机质的区域主要分布在中南部,还有少量区域在东北部(图 4a)。规划区交换性镁小于 120 mg/kg 的土地约占 43%,而红塔区全境则达 47%,缺镁的区域主要位于红塔区西部大部分区域(图 4c)。水溶性氯在 10~45 mg/kg 适合烤烟种植,适宜区域在规划区约占 88%,在红塔区全境约占 91%。不适宜区域位于红塔区西北和西南部分区域(图 4f)。

表 2 红塔区植烟土壤元素适宜含量和测定结果

Table 2 Suitable content and monitoring results of soil elements for tobacco planting in Hongta District

等级 Grade	pH	P(有效磷) mg/kg	Zn (有效锌) mg/kg	B (有效硼) mg/kg	OM (有机质) g/kg	N (有效氮) mg/kg	Mg (交换性镁) mg/kg	K (有效钾) mg/kg	Cl (水溶性氯) mg/kg	Ca (交换性钙) mg/kg
丰富 Abundant		>40	>1.0	>1.0	>30	>120	>300	>250		>2 000
适宜 Appropriate	5.5~7.5	10~40	0.5~1.0	0.5~1.0	15~30	60~120	120~300	100~250	10~45	800~2 000
欠缺 Deficiency		<10	<0.5	<0.5	<15	<60	<120	<100		<800
最大值 Max	8.19	198.37	22.21	1.74	70.47	414.89	1 265	940	256.73	9 725.00
最小值 Min	4.12	0.40	0.23	0.07	0.43	18.00	3.75	30.00	2.13	15.63
平均值 Mean	5.71	44.85	2.73	0.66	20.85	134.67	178.75	262.56	27.04	1 395.69
标准偏差 Standard deviation	0.87	26.54	2.00	0.21	14.73	56.03	189.39	125.8	25.25	1 051.64



注:对于 pH 和水溶性氯,高于或低于适宜范围均为不适宜。

Note: For pH and water-soluble chlorine, it is not appropriate to be above or below the desirable range.

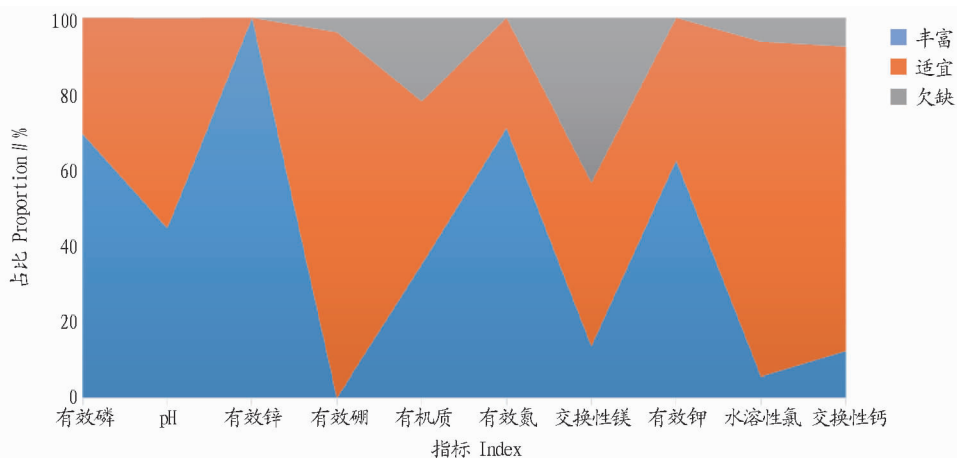
图 1 红塔区规划烤烟种植区域土壤插值统计结果

Fig.1 Soil interpolation statistics of tobacco planting area planned in Hongta District

综上所述,红塔区烤烟种植区土壤主要问题是 pH 不适宜以及交换性 Mg 不足区域较大,占比均达 50%左右。其次是有

机质缺乏区域超过了 20%,以及水溶性氯不适宜区域接近 10%,最后是有效硼含量不足区域不足 5%。由此可知,pH 不适宜和缺镁的区域有部分叠加,主要位于红塔区西部和西

北部。有效氮和有机质超过适宜含量的面积占比较大,需要控制氮肥和有机肥的施用,这样可以减少农业面源污染,同时节约肥料投入。



注:对于 pH 和水溶性氯,高于或低于适宜范围均为不适宜。

Note: For pH and water-soluble chlorine, it is not appropriate to be above or below the desirable range.

图 2 红塔区全境土壤插值统计结果

Fig.2 Statistical results of soil interpolation in Hongta District

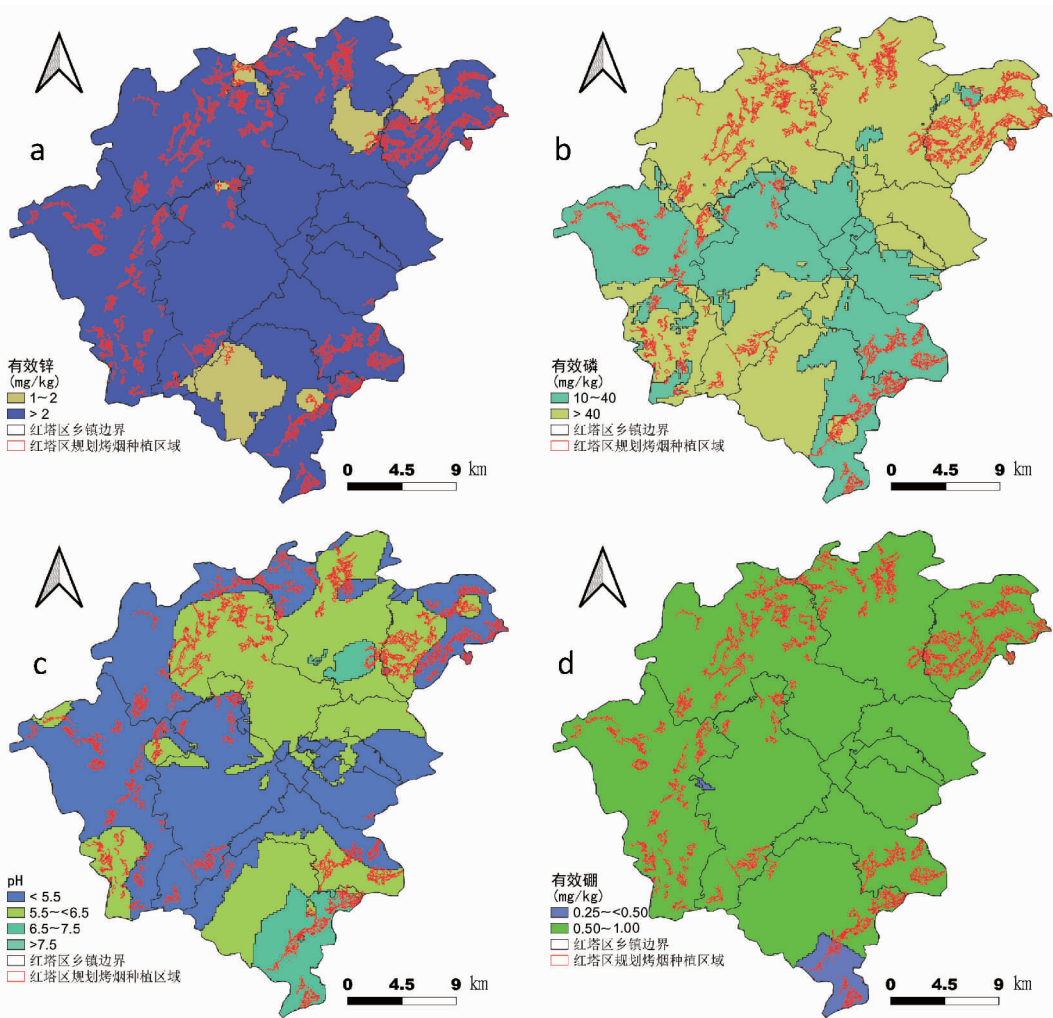


图 3 插值图 (Zn,P,pH,B)

Fig.3 Interpolation map (Zn,P,pH,B)

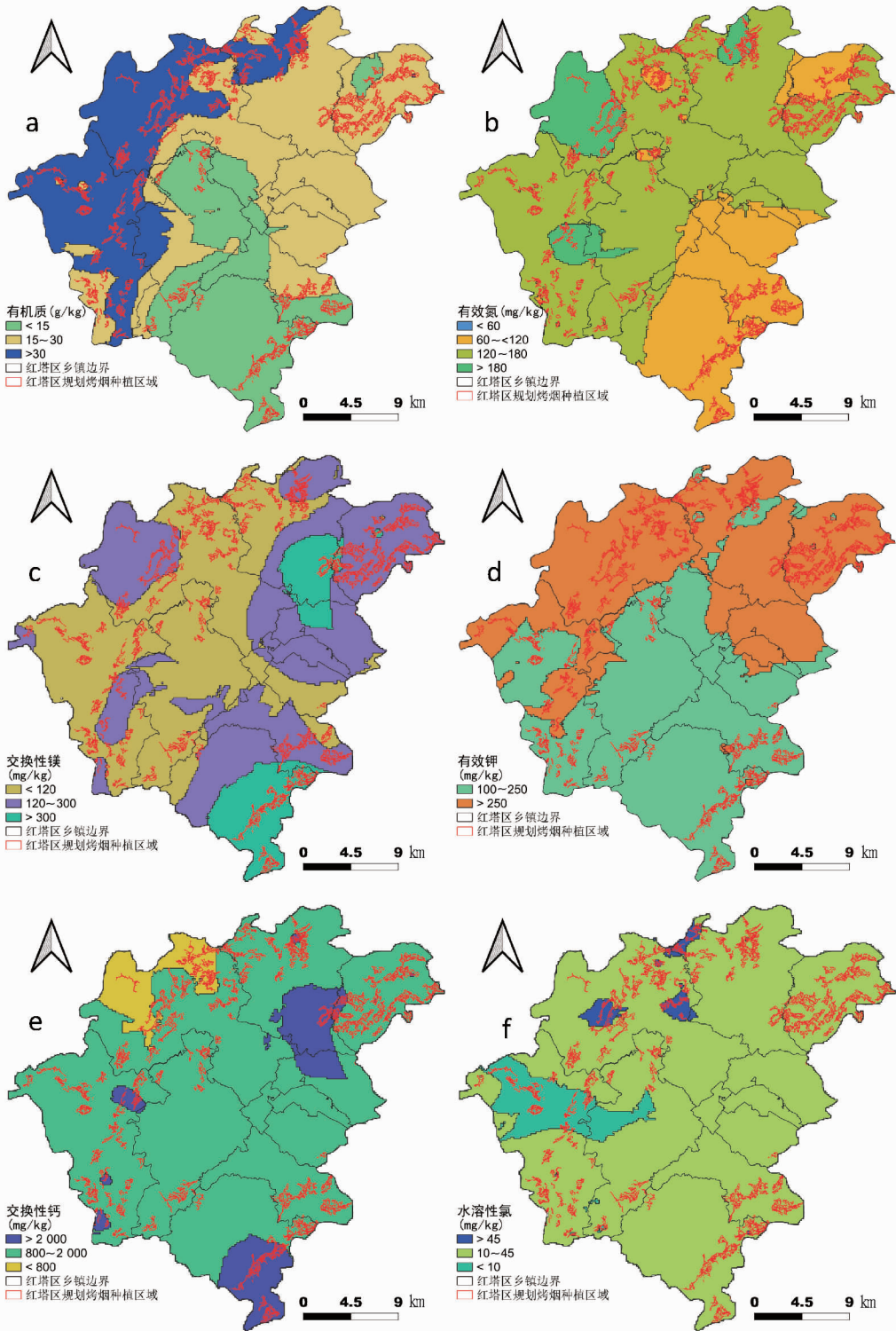


图4 插图(OM,N,Mg,K,Ca,Cl)

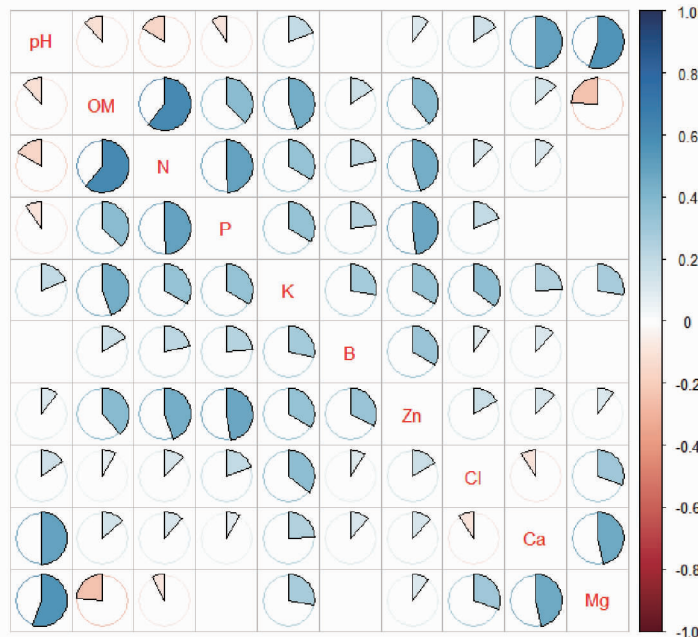
Fig.4 Interpolation map (OM,N,Mg,K,Ca,Cl)

从图5可以看出,绝大部分测定参数之间都具有统计学意义的相关性。其中pH与OM、N、P之间呈负相关,OM与Mg呈负相关,Ca与Cl呈负相关,其余指标之间都呈正相关关系,相关系数较高的有pH与Mg,OM与N。而不具有相关性的指标有pH与B,OM与Cl,N和Mg,P和Ca,Mg,B和Mg。

3 结论

红塔区烤烟种植区土壤主要问题是pH偏低以及交换性

Mg不足区域较大,占比均达50%左右,且缺Mg和pH偏低的区域具有高度的叠加,主要位于红塔区西部和西北部,这2个指标具有强烈的正相关性。其次是有机质缺乏区域超过20%,以及水溶性氯不适宜区域接近10%,最后是有效硼含量不足区域不足5%。除元素含量不足的问题外,营养过剩也是需要注意的,有效氮和有机质超过适宜含量的面积占比较大,需要控制氮肥和有机肥的施用,这样可以减少农业面



注:上半部分为满足 $P < 0.01$ 的相关系数,下半部分为满足 $P < 0.05$ 的相关系数,圆饼内填充颜色区域大小代表相关系数。

Note: The upper part is the correlation coefficient that satisfies $P < 0.01$, and the lower half is the correlation coefficient that satisfies $P < 0.05$. The size of the filled color area in the pie represents the correlation coefficient.

图 5 相关系数

Fig.5 Correlation coefficient

源污染,同时节约肥料投入。

参考文献

- [1] 玉溪市人民政府烟草产业办公室,玉溪市土壤肥料工作站,玉溪市烟草专卖局.玉溪烤烟土壤管理与施肥[M].昆明:云南科技出版社,2008.
- [2] 艾华林,李明,台希,等.玉溪烤烟生产中镁元素的状况分析[J].玉溪师范学院学报,2009,25(4):30-32.
- [3] 潘金华,王美艳,史学正,等.玉溪烟区土壤钾镁交互作用对烤烟化学及感官品质的影响[J].土壤,2022,54(3):490-497.
- [4] 王树林,向盼来,高攀,等.玉溪烤烟单叶重现状分析与烟叶质量提升对策[J].农业与技术,2022,42(5):39-41.
- [5] 杨继周,谢新乔,朱安琪,等.玉溪烤烟气候适宜性分析的方法研究[J].云南农业大学学报(自然科学),2021,36(5):832-840.
- [6] 朱安琪.生态因子对玉溪地区烤烟品质影响研究[D].南京:南京信息工程大学,2021.

- [7] 云南省烟草科学研究所,云南省土壤肥料测试中心.云南烟草中微肥营养与土壤管理[M].昆明:云南科技出版社,1995.
- [8] 陈检锋,陈华,尹梅,等.玉溪烤烟适产养分临界值施肥体系研究[J].中国农学通报,2020,36(11):43-48.
- [9] 自由路,金继运,杨柳苹.我国土壤有效镁含量及分布状况与含镁肥料的应用前景研究[J].土壤肥料,2004(2):3-5.
- [10] 付亚丽,李宏光,付国润,等.红河植烟土壤中微量元素含量分析[J].云南农业大学学报(自然科学),2012,27(1):73-79.
- [11] 于建军,叶贤文,董高峰,等.土壤与烤烟中微量元素含量的相关性[J].生态学杂志,2010,29(6):1127-1134.
- [12] LI Z Y,TAO H,ZHAO D,et al.Three-dimensional empirical Bayesian kriging for soil PAHs interpolation considering the vertical soil lithology[J].CATENA,2022,212:1-9.
- [13] WEI T,SIMKO V.R package "corrplot": Visualization of a correlation matrix[Z].2021.
- [14] HARRELL F E,JR.Hmisc:Harrell miscellaneous[Z].2022.

(上接第 152 页)

- [9] EL-ESSAWI T M,MASHALI S A.Effect of balanced manuring on Sorghum growth and increasing utilization of nutrients [J].Egyptian journal of soil science,1995,35(3):253-264.
- [10] 梁涛.基于土壤基础地力的施肥推荐研究:以重庆水稻和玉米为例[D].重庆:西南大学,2017.
- [11] 钱晓刚,陆引罡,魏成熙,等.贵州酒用高粱对氮磷钾养分的吸收规律[J].土壤通报,1997,28(1):31-33.
- [12] 吴家梅,霍莲杰,纪雄辉,等.不同施肥处理对土壤活性有机碳和甲烷排放的影响[J].生态学报,2017,37(18):6167-6175.
- [13] 熊丽娜,陆柏益.农产品中壬糖苷安全性及减控技术研究进展[J].中国食品学报,2014,14(2):208-216.
- [14] 苏富源,郝明德,张晓娟,等.施肥对甜高粱产量、养分吸收及品质的影响[J].西北农业学报,2016,25(3):396-405.
- [15] 王劲松,董二伟,武爱莲,等.灌溉时期与施氮量对矮秆高粱产量和品质的影响[J].灌溉排水学报,2017,36(S2):1-8.
- [16] 张桂香,史红梅,张海燕.高粱主要品质性状的基因型与环境及互作效应分析[J].中国农学通报,2010,26(5):68-71.
- [17] EBBS S D,KOSMA D K,NIELSON E H,et al.Nitrogen supply and cyanide concentration influence the enrichment of nitrogen from cyanide in

- wheat (*Triticum aestivum* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L.) [J]. Plant, cell & environment,2010,33(7):1152-1160.
- [18] ZHANG X,DAVIDSON E A,MAUZERALL D L,et al.Managing nitrogen for sustainable development[J].Nature,2015,528(7580):51-59.
- [19] SHARMA BTMOLDEN D,COOK S,et al.Water use efficiency in agriculture: Measurement, current situation and trends [R].IWMI Books Reports, 2015:39-64.
- [20] 刘鹏,武爱莲,王劲松,等.不同基因型高粱的氮效率及对低氮胁迫的生理响应[J].中国农业科学,2018,51(16):3074-3083.
- [21] MILLER R E,STEWART M,CAPON R J,et al.A galloylated cyanogenic glycoside from the Australian endemic rainforest tree *Elaeocarpus sericeoptalus* (Elaeocarpaceae) [J].Phytochemistry,2006,67(13):1365-1371.
- [22] 王劲松,董二伟,武爱莲,等.不同肥力条件下施肥对粒用高粱产量、品质及养分吸收利用的影响[J].中国农业科学,2019,52(22):4166-4176.
- [23] 高丽敏,田倩,苏晶,等.施氮水平对甜高粱干物质产量及氮肥利用率的影响[J].草业学报,2020,29(4):192-198.
- [24] 孔建国,张晓娟.氮肥不同用量对甜高粱生长及产量的影响[J].农业科学研究,2015,36(4):37-40.
- [25] 渠晖,程亮,陈俊峰,等.施氮水平对甜高粱主要农艺性状及其与干物质产量相关关系的影响[J].草业学报,2016,25(6):13-25.