

安徽省黟县农田耕层土壤中微量元素含量研究^①

齐虹凌¹, 元野^{2*}, 刘世丰³, 程显明⁴, 陈宇⁵, 付金龙⁴, 江昌玉⁴, 吴举⁴

(1 牡丹江师范学院, 黑龙江牡丹江 157011; 2 牡丹江烟草科学研究所, 黑龙江牡丹江 157011; 3 哈尔滨烟叶公司宾县分公司, 黑龙江宾县 150400; 4 牡丹江烟叶公司勃利分公司, 黑龙江勃利 154500; 5 牡丹江烟叶公司宁安分公司, 黑龙江宁安 157400)

摘要: 黟县是皖南黄山市重要的农业县, 本文利用黟县测土配方施肥工作获取的农田土壤测定数据, 分析其耕作层中微量元素硫和微量元素铁、锰、铜、锌、硼的有效态含量及其空间分布, 以为区域施肥提供决策支持。结果表明: 黟县农田土壤有效铁、锰、铜、锌、硼、硫含量分别介于 4.20~348.30、0.60~225.00、0.04~14.74、0~88.00、0~355.00、0.48~87.85 mg/kg, 平均值分别为 126.10、15.62、2.93、1.78、0.81、16.17 mg/kg。采用克里格插值获取的元素有效态含量空间分布图显示, 黟县南部、北部的元素有效态含量较高, 中间区域的含量相对较低。该地区有效硼普遍较为缺乏, 应广泛补施硼肥; 部分地区有效锌缺乏, 需酌情喷施硫酸锌叶面肥。

关键词: 空间变异; 中微量元素; 有效态含量; 黟县

中图分类号: S158.3 **文献标识码:** A

中微量元素在植物的正常生长中起着非常重要的作用^[1-2]。土壤中微量元素来源分为自然来源(如成土母质)和人为来源(如肥料施用)。土壤中微量元素的空间分布结构相似程度较小, 呈斑块状特点, 准确认识其空间分布情况有助于指导肥料的科学施用^[3-6]。目前, 主流的空间预测方法是结合地统计方法与地理信息系统^[7-10], 通过空间插值的方式研究土壤中微量元素有效态含量的空间分布^[11-12], 进而根据相应的国家标准进行评价。

黟县是典型的山区农业县, 本研究利用 2008—2009 年间测土配方施肥工作获得的土样的中微量元素硫和微量元素铁、锰、铜、锌、硼的有效态数据, 基于二阶平稳假设, 采用经典克里格插值方法, 预测上述元素有效态含量的空间分异, 进而分析各种元素的丰缺程度, 以指导当地相应的肥料施用。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

黟县位于 29°47′~30°11′N, 117°38′~118°6′E, 面积约 857 km²; 属于北亚热带湿润季风气候, 水分充足, 热量丰富, 四季分明, 春夏温暖多雨, 秋冬低温干燥, 年均气温 15.8℃, 年均降水量 1 686.1 mm,

年均蒸发量 1 231.5 mm, 年均日照数 1 815.7 h。农业气候表现为: 春季回温不稳, 雨雾日较多, 光照不足; 夏季高温高湿, 降雨集中, 时有洪灾; 秋后雨水锐减, 常有“夹秋旱”; 冬季少雨寒冷, 偶有寒害。县内河流多发源于中部中山, 河流短促, 比降大, 有中山、低山、丘陵、山间盆地 4 种地貌类型, 形成中部中山, 南北两侧低山丘陵地形地貌; 海拔高度范围是 159~1 407 m, 平均坡度为 29.8%。

种植业方面, 该县现有耕地 69.1 km², 其中水田 39.7 km², 旱地 29.4 km², 园地 45.1 km²(其中茶园 22.4 km², 桑园 19.9 km², 果园 2.8 km²)。水稻、油菜、茶叶、蚕桑是四大主导作物, 其中水稻种植面积 38.2 km², 油菜 27.8 km², 分别占农作物播种面积的 38.6% 和 28.1%, 占粮食、油料作物种植面积的 76.1% 和 95.0%。

1.2 数据来源

耕作层土壤硫、铁、锰、铜、锌、硼的有效态含量数据主要来自黟县土壤肥料工作站在 2008—2009 年开展的测土配方施肥工作, 采样点共计 1 021 个(图 1)。采样设计为: 充分考虑第二次土壤普查信息, 结合不同土壤类型、不同土地利用方式以及土壤肥力和生产力状况, 分层随机设点。按照《测土配方

基金项目: 安徽省烟草公司项目(20130551003)资助。

* 通讯作者(yuanye934@126.com)

作者简介: 齐虹凌(1980—), 女, 黑龙江桦川人, 硕士, 副教授, 主要从事园林教学与研究。E-mail: swxqh19@126.com

施肥技术规范(试行)修订稿》的要求,平原区每 100~500 亩(6.7~33.3 hm²)采 1 个混合样,丘陵、山区每 30~80 亩(2~5.3 hm²)采 1 个混合样。在田块中均匀随机选取 7~15 个采样点,采用“S”法采集 0~20 cm 土层土样,充分混合后采用四分法留取 1 kg。土壤有效铁、锰、铜、锌、硼含量的测定采用 DTPA 提取,原子吸收光谱法测定;有效硫含量的测定采用磷酸盐-乙酸提取,硫酸钡比浊法^[13-14]测定。

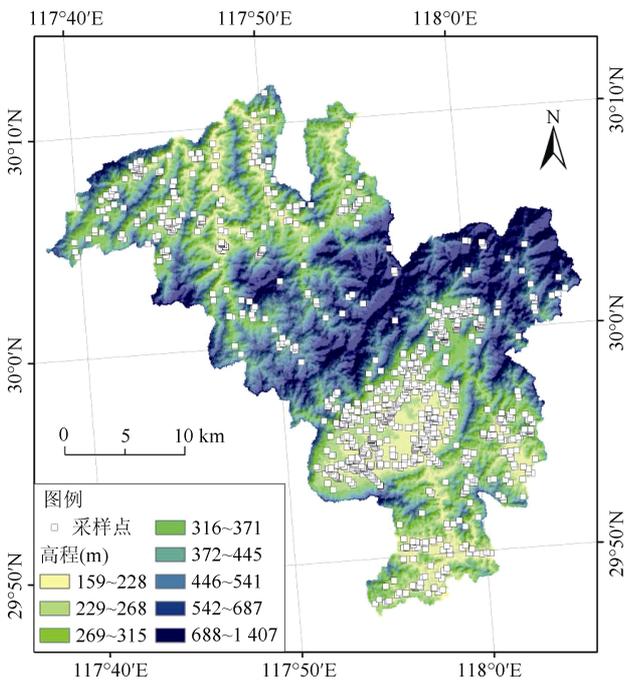


图 1 土壤采样点空间分布

1.3 数据处理

本文数据分析主要在 IBM Statistics SPSS 20.0 软件中进行的,克里格插值参数由 GS⁺ 7.0 自动拟合,在 ESRI ArcGIS 10.2 软件中实现克里格插值与制图。

2 结果与讨论

2.1 黟县农田耕层土壤中微量元素含量的描述性统计

本研究选取的 6 个元素的统计结果如表 1 所示。

表 1 黟县农田耕层土壤中微量元素有效态含量的描述性统计(mg/kg)

元素	最小值	最大值	平均值	中值	标准差	偏度	峰度
有效铁	4.20	348.30	126.10	129.90	67.42	0.08	-0.62
有效锰	0.60	225.00	15.62	9.90	16.99	3.72	27.52
有效铜	0.04	14.74	2.93	2.75	1.79	1.37	4.54
有效锌	0.00	88.00	1.78	1.24	3.98	14.87	270.87
有效硼	0.00	355.00	0.81	0.19	12.06	26.62	752.05
有效硫	0.48	87.85	16.17	14.28	9.57	2.57	11.12

由表 1 可以看出,相同元素的全距较大,依据拉依达准则法对数据进行异常值处理,将大于(平均值 + 2×标准差)的试验数据值作为异常值,予以剔除。峰度能够体现数据分布形态的陡缓程度,偏度表示了数据分布的偏斜方向和程度。从峰度指标可以看出,有效锌与硼数据分布较为集中。有效硼含量的标准差较大,表明该区域的有效硼含量差异较大。有效铁、锰、铜、硫含量差异较小。

如图 2 所示,6 个元素的频率分布为偏态分布,有效硼的偏度最大,为 26.62,其次是有效锌,为 14.87。因此,在使用地统计空间推理前,需将这几种元素进行对数转换,使其服从正态分布。在空间插值完成后,再使用指数函数对结果进行逆转换。

2.2 黟县农田耕层土壤中微量元素含量的空间变异特征

本研究中 6 个元素的半方差拟合参数如表 2 所示,有效铁、硼与硫为指数模型,有效锰为高斯模型,有效铜与锌为球状模型。块金值与基台值的比值用来表示目标属性空间的相关性程度。一般情况下,<25%、25%~75% 与 >75% 分别表示高程度、中等程度与低程度空间相关^[15-16]。表 2 数据显示,有效硼的空间相关程度较高,其余 5 种元素属于中等程度的相关。然而,有效硼的模拟确定系数小于 0.5,说明该元素的空间相关程度较低^[17-18]。同样,不同元素的变程差异较大。有效硼的变程最大,为 153.3 km,其他 5 种元素的变程介于 6~80 km。基于所构建的半方差模型,采用 ArcGIS 的地统计模块中的普通克里格进行空间插值(图 3),结果显示,整体上看,黟县南部、北部的中微量元素有效态含量较高,中间区域的含量相对较低。这种分布主要跟地形起伏相关联,黟县中部地区主要是山地,中微量元素来源主要是自然来源。

2.3 黟县农田耕层土壤中微量元素含量丰缺评价

基于元素含量丰缺标准^[19-20](表 3),采用 ArcGIS 软件对图 3 中的预测结果进行重分类,并统计各等级内的面积(表 4),结果表明黟县地区的有效硼普遍较

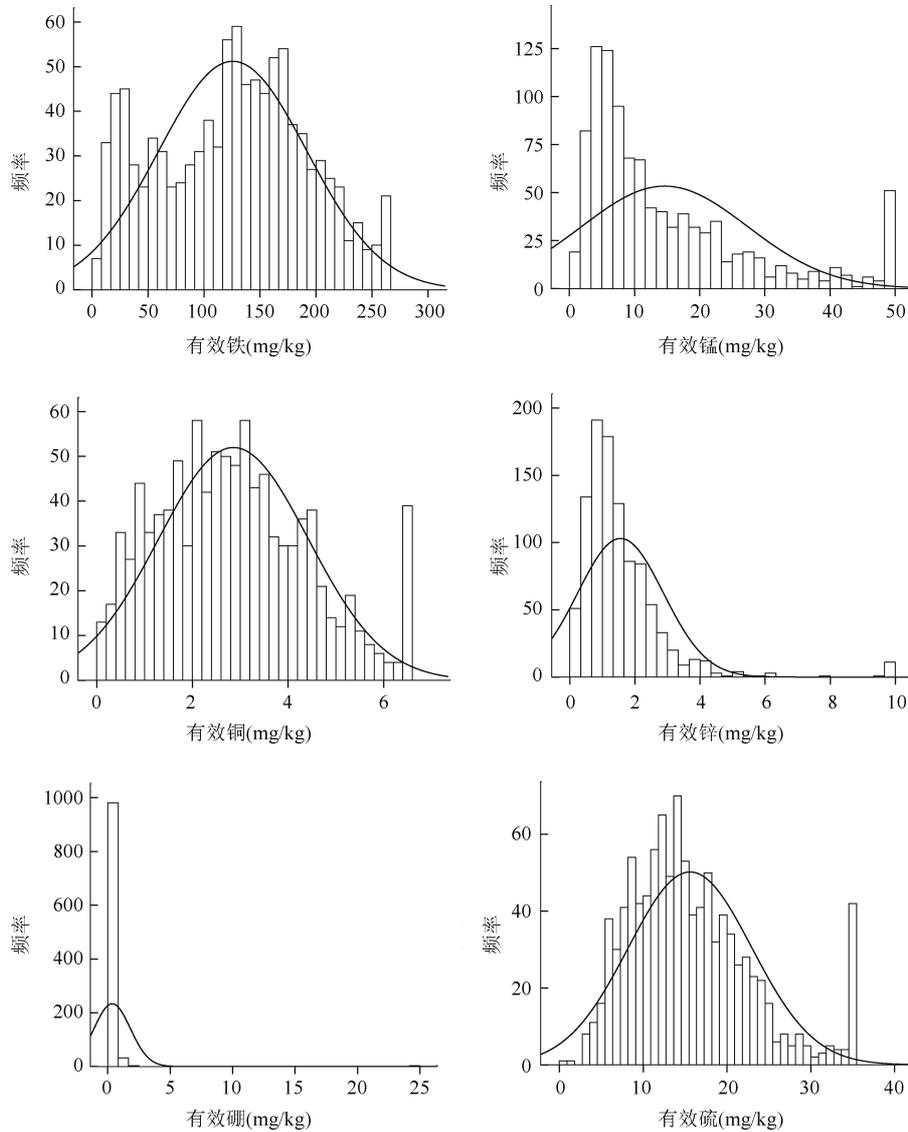


图 2 黔县农田耕层土壤中微量元素含量的频率分布图

表 2 黔县农田耕层土壤中微量元素有效态含量半方差模型拟合参数

元素	拟合模型	块金值	基台值	变程(km)	R^2	块金值/基台值
有效铁	指数模型	3 400.00	6 801.00	79.68	0.94	49.99
有效锰	高斯模型	115.50	238.00	32.72	0.96	48.53
有效铜	球状模型	1.34	2.81	14.10	0.95	47.69
有效锌	球状模型 I	0.94	1.91	12.09	0.86	49.21
有效硼	指数	1.02	7.05	153.30	0.28	14.47
有效硫	指数	28.42	56.85	6.72	0.76	49.99

为缺乏(91.35% 土壤), 部分地区的有效态锌也呈现缺乏状态(12.45% 土壤)。

黔县多为丘陵山地, 成土母质中的矿质养分主要受岩石矿物成分主导。研究区内花岗岩类(主要含正长石、云母矿物)风化物发育的土壤硼、锌等元素含量较低。在第四纪红黏土发育的土壤和近现代河流冲积物发育形成的土壤, 硼元素含量

均较低^[19]。油菜是黔县重要农作物之一, 其对硼元素非常敏感, 因此在种植油菜等十字花科作物时需要注意施用硼肥^[21-22], 可基施硼砂 7.5~11.2 kg/hm², 也可在油菜蕾苔期或初花期喷施浓度为 0.1%~0.3% 的硼砂水溶液。增施硼肥的同时, 还应秸秆还田, 以提升土壤有机质, 改善土壤结构, 提升土壤水肥调控能力。对于缺锌的土壤,

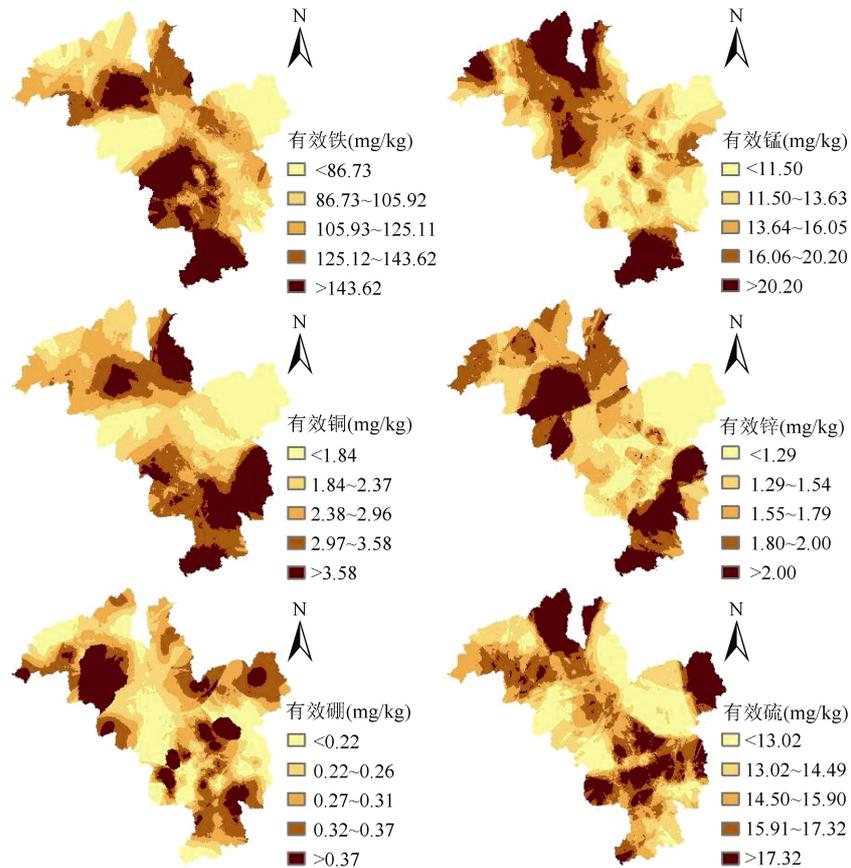


图 3 黟县农田耕层土壤中微量元素有效态含量空间分布

表 3 中微量元素有效态含量分级标准 (mg/kg)

元素	极缺	缺乏	中等	丰富	很丰富
有效铁	<2.5	2.5 ~ 4.5	4.5 ~ 10	10 ~ 20	>20
有效锰	<1	1 ~ 5	5 ~ 15	15 ~ 30	>30
有效铜	<0.1	0.1 ~ 0.2	0.2 ~ 1.0	1.0 ~ 1.8	>1.8
有效锌	<0.3	0.3 ~ 0.5	0.5 ~ 1	1 ~ 3	>3
有效硼	<0.2	0.2 ~ 0.5	0.5 ~ 1	1 ~ 2	>2
有效硫	-	<10	10 ~ 15	15 ~ 30	>30

表 4 黟县农田耕层土壤中微量元素有效态含量不同等级分布比例 (%)

元素	极缺	缺乏	中等	丰富	很丰富
有效铁	0	0	0	0	100
有效锰	0	0	51.77	44.37	3.86
有效铜	0	0	5.54	13.41	81.05
有效锌	0.36	12.09	87.51	0.04	0
有效硼	17.40	73.95	3.75	2.96	1.94
有效硫	0	0.85	45.63	53.52	0

可以喷施浓度为 0.1% ~ 0.2% 的硫酸锌叶面肥。

3 结论

皖南黟县农田耕层土壤中的中微量元素含量较为丰富。但有效硼普遍较为缺乏，部分地区的有效锌含量也呈现缺乏状态。鉴于黟县种植油菜区域较

多，且油菜等十字花科作物对硼元素非常敏感，建议相关农田增施硼肥，或在油菜蕾苔期或初花期喷施硼砂水溶液；缺锌地区可以考虑喷施硫酸锌叶面肥。黟县南部、北部的有效态中、微量元素含量较高，中间区域的含量相对较低，这一空间分布主要跟地形有关。

参考文献:

- [1] 魏孝荣, 郝明德, 张春霞. 长期施用微量元素肥料对土壤微量元素含量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2002, 20(3): 22-25
- [2] 张超, 刘国彬, 薛蕙, 等. 黄土丘陵区不同植被根际土壤微量元素含量特征[J]. 应用生态学报, 2012, 23(3): 645-650
- [3] 刘永红, 倪中应, 谢国雄, 等. 浙西北丘陵区农田土壤微量元素空间变异特征及影响因子[J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(6): 1710-1718
- [4] 崔爱华, 张东启, 郭卢, 等. 亳州烟区农田耕作层土壤微量元素含量研究[J]. 土壤, 2014(6): 1164-1169
- [5] 范文杰, 张洪江, 程金花, 等. 河北省吴桥县土壤微量元素空间分布特征[J]. 中国水土保持科学, 2015, 13(1): 91-95
- [6] 孟霖, 宋文静, 王程栋, 等. 贵州中部山区植烟土壤微量元素分布特征[J]. 中国烟草科学, 2015(3): 57-62
- [7] 王雪梅, 柴仲平, 毛东雷, 等. 库车县土壤微量元素空间变异特征分析[J]. 西南农业学报, 2015, 28(4): 1746-1751
- [8] 徐尚平, 陶澍, 徐福留, 等. 内蒙土壤微量元素含量的空间结构特征[J]. 地理学报, 2000, 55(3): 337-345
- [9] 常栋, 徐明康, 王勇, 等. 缓坡植烟田土壤微量元素的空间变异特征[J]. 中国烟草学报, 2012, 18(3): 34-41
- [10] 赵良菊, 肖洪浪, 郭天文, 等. 甘肃省武威地区灌漠土微量元素的空间变异特征[J]. 土壤通报, 2005, 36(4): 536-540
- [11] 吕真真, 刘广明, 杨劲松, 等. 环渤海沿海区域土壤养分空间变异及分布格局[J]. 土壤学报, 2014, 51(5): 944-952
- [12] 黄辉, 檀满枝, 陈杰, 等. 南通市城市边缘带土壤肥力时空特征分析[J]. 土壤, 2006, 38(3): 276-281.
- [13] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005
- [14] 张甘霖, 龚子同. 土壤调查实验室分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 2012
- [15] 臧振峰, 南忠仁, 王胜利, 等. 黑河中游绿洲农田土壤微量元素含量的空间分布特征[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(5): 190-195
- [16] Cambardella C A, Moorman T B, Parkin T B, et al. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils[J]. Soil Science Society of America Journal, 1994, 58(5): 1501-1511
- [17] Duffera M, White J G, Weisz R. Spatial variability of Southeastern U.S. Coastal Plain soil physical properties: Implications for site-specific management[J]. Geoderma, 2007, 137(3/4): 327-339
- [18] Emadi M, Baghernejad M, Emadi M, et al. Assessment of some soil properties by spatial variability in saline and sodic soils in Arsanjan plain, Southern Iran[J]. Pakistan Journal of Biological Sciences, 2008, 11(2): 238-243
- [19] 刘铮. 中国土壤微量元素[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1996
- [20] 王东胜, 徐庆凯, 王能如, 等. 江西烟区土壤中量及微量元素的含量分析[J]. 贵州农业科学, 2011, 39(2): 91-96
- [21] 张辉, 朱德进, 黄卉, 等. 不同施肥处理对油菜产量及品质的影响[J]. 土壤, 2012, 44(6): 966-971
- [22] 王寅, 李小坤, 李雅颖, 等. 红壤不同地力条件下直播油菜对施肥的响应[J]. 土壤学报, 2012, 49(1): 121-129

Middle-Trace Element Contents in Plough Horizons in Yixian County, Anhui Province

QI Hongling¹, YUAN Ye^{2*}, LIU Shifeng³, CHENG Xianming⁴, CHEN Yu⁵,
FU Jinlong⁴, JIANG Changyu⁴, WU Ju⁴

(1 Mudanjiang Normal University, Mudanjiang, Heilongjiang 157011, China; 2 Mudanjiang Tobacco Science Research Institute, Mudanjiang, Heilongjiang 157011, China; 3 Binxian Branch of Haerbin Tobacco Leaf Cooperation, Binxian, Heilongjiang 150400, China; 4 Boli Branch of Mudanjiang Tobacco Leaf Cooperation, Boli, Heilongjiang 154500, China; 5 Ning'an Branch of Mudanjiang Tobacco Leaf Cooperation, Ning'an, Heilongjiang 157400, China)

Abstract: Yixian County is well known for its traditional agriculture of Huangshan City in southern Anhui Province, in which the trace and middle elements are essential for the growth of crops. This paper aimed to instruct the reasonable fertilization by investigating the spatial variations of middle and trace element contents in plough horizons in Yixian County based on the dataset of the Testing and Formula Fertilization. Soil maps interpolated by the geo-statistics suggested that soil available Fe, Mn, Cu, Zn, B and S ranged from 4.20 to 348.30 mg/kg, from 0.60 to 225.00 mg/kg, from 0.04 to 14.74 mg/kg, from 0 to 88.00 mg/kg, from 0 to 355.00 mg/kg and from 0.48 to 87.85 mg/kg, respectively. Meanwhile, the mean values were 126.10, 15.62, 2.93, 1.78, 0.81 and 16.17 mg/kg, respectively. Most of those areas were lack of B where B fertilizer should be used widely, while some areas were lack of Zn where Zn fertilizer should be used rationally.

Key words: Spatial variation; Middle-trace elements; Available content; Yixian County