

# 不同质地耕层土壤有效态微量元素含量特征

王雪梅<sup>1,2</sup>, 柴仲平<sup>3</sup>, 毛东雷<sup>1,2</sup>

(1. 新疆师范大学 地理科学与旅游学院, 新疆 乌鲁木齐 830054;

2. 新疆维吾尔自治区重点实验室 新疆干旱区湖泊环境与资源实验室, 新疆

乌鲁木齐 830054; 3. 新疆农业大学 草业与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

**摘要:** [目的] 研究不同土壤质地耕层土壤有效态微量元素含量特征, 为合理制定农田土壤施肥方案和提高土壤养分资源利用率提供依据。[方法] 以库车县不同质地耕层土壤(0—20 cm)为调查对象, 采用统计方法对土壤微量元素有效态含量特征进行分析。[结果] (1) 土壤有效态微量元素在壤土、砂壤土、黏土、黏壤土及砂土中含量差异显著( $p < 0.05$ ), 且壤土和砂壤土的有效态微量元素含量相对较高; (2) 土壤微量元素有效性综合指数排列顺序依次为: 砂壤土(1.51) > 砂土(1.44) > 黏土(1.42) > 壤土(1.41) > 黏壤土(1.27); (3) 土壤有机质与土壤有效态微量元素均具有极其显著的相关性( $p < 0.01$ ), pH 值则与有效铜和有效锰相关显著( $p < 0.05$ )。[结论] 在不同土壤质地下, 微量元素铁和锌含量较为缺乏, 锰和铜含量则相对较为丰富, 故应依据这一特性进行土地科学管理和施肥。

**关键词:** 耕层土壤; 微量元素; 有效性指数; 土壤质地; 库车县

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)02-0189-04

中图分类号: S158.2, S158.5

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.02.037

## Characteristics of Topsoil Available Trace Elements with Different Textures

WANG Xuemei<sup>1,2</sup>, CHAI Zhongping<sup>3</sup>, MAO Donglei<sup>1,2</sup>

(1. College of Geography Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi,

Xinjiang 830054, China; 2. Xinjiang Uygur Autonomous Region Key Laboratory, Xinjiang

Laboratory of Lake Environment and Resources in Arid Zone, Urumqi, Xinjiang 830054, China;

3. College of Pratacultural and Environmental Science, Xinjiang Agriculture University, Urumqi, Xinjiang 830052, China)

**Abstract:** [Objective] To study the characteristics of topsoil available trace elements in different soil textures, for establishing reasonable fertilization scheme of farmland soil and improving the utilization rate of soil nutrient resources. [Methods] The topsoil(0—20 cm) of different soil textures in Kuqa County were sampled and the trace elements in it were measured. The characteristics of topsoil available trace elements in different soil textures were analyzed statistically. [Results] (1) The contents of available trace elements in the loam, sandy loam, clay, clay loam and sand soils were significantly different ( $p < 0.05$ ). And the contents of available trace elements in the loam and sandy loam were relatively higher than the contents of others; (2) The comprehensive effectiveness index of soil trace elements ranked as: sandy loam(1.51) > sand (1.44) > clay (1.42) > loam (1.41) > clay loam (1.27); (3) Soil organic matter and soil available trace elements had an extremely significant correlation ( $p < 0.01$ ), pH value was significantly correlated with the effective copper and manganese ( $p < 0.05$ ). [Conclusion] For all of the different soil textures, the contents of trace elements iron and zinc were more lack, the contents of manganese and copper were relatively more abundant. Consequently, scientific management and reasonable fertilization should be carried out according to the available trace elements in different lands.

**Keywords:** topsoil; trace elements; available indices; soil textures; Kuqa County

土壤微量元素是土壤肥力必不可少的组成部分, 组成及空间变化特征直接反映了土壤发育、成土及其是表征土壤环境质量的重要因子。土壤微量元素的演化过程<sup>[1]</sup>。在土壤微量元素中, 以相对活动态存在

收稿日期: 2014-03-26

修回日期: 2014-04-13

资助项目: 国家自然科学基金项目“新疆渭干河流域土地利用/土地覆盖生态风险及预警研究”(41261051); 新疆维吾尔自治区重点实验室“新疆干旱区湖泊环境与资源实验室”开放基金项目(XJDX0909-2010-08)

第一作者: 王雪梅(1976—), 女(汉族), 江苏省铜山县人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事干旱区资源环境遥感技术应用研究。E-mail: 502529672@qq.com。

于土壤中,能被植物吸收利用的部分称为有效态含量,其在促进作物生长代谢、提高作物产量、品质等方面具有十分重要的作用<sup>[2]</sup>。大量的研究<sup>[3-5]</sup>表明,土壤中微量元素的含量、形态分布、有效性和迁移转化不仅与耕作制度、施用化肥和种植作物类型等人为因素有关,还受成土母质、成土过程以及土壤质地影响;在不同的地区和时段内,土壤有效态微量元素含量特征具有明显的区域特性。刘洪来等人<sup>[6]</sup>研究指出在农牧交错带开垦草地将导致土壤微量元素有效态含量的降低,建议退耕还草和建立基于土壤微量元素密度的评价体系。朱静<sup>[7]</sup>对江苏省如皋地区农田在不同耕作时间和管理措施下,土壤有效态微量元素含量变化进行了研究,结果显示随着时间的变化,土壤有效态微量元素总体上呈增长趋势。李海峰<sup>[8]</sup>则对策勒绿洲不同利用强度下农田土壤有效态微量元素的含量特征进行了研究,结果表明人为耕作管理强度会对土壤微量元素有效态含量产生重要影响,绿洲内部农田土壤有效态微量元素含量要高于绿洲边缘和新垦绿洲。

由于土壤微量元素与土壤颗粒组成具有密切关系,因此,在不同土壤质地下,微量元素含量呈现出不同的变化规律。特别是在干旱地区,由于土壤发育十分微弱,冲积新成土的土壤质地对土壤性状有明显影响<sup>[9]</sup>。刘衍君<sup>[10]</sup>对山东省聊城地区耕地土壤微量元素富集状态进行了研究,指出不同土壤质地对土壤微量元素的富集能力不同,土壤微量元素与土壤有机质存在显著的相关性,各微量元素之间存在着复合富集的现象。陈凌静等<sup>[11]</sup>对比分析了三峡库区重庆段开县土壤颗粒、养分及其耦合效应的移土培肥响应特征,结果表明土壤养分在不同土壤颗粒分布条件下差异显著。李井军等<sup>[12]</sup>也通过对湖南省嘉禾县植烟土壤主要肥力因子与土壤物理指标进行相关分析,进一步表明有效性微量元素与土壤颗粒组成之间具有显著的相关性。

为了掌握耕地土壤肥力因子的动态变化,及时预测和调控耕地土壤肥力的发展与作物的需求,以取得作物的高产稳产,对干旱区绿洲耕层土壤有效态微量元素特征展开调查和研究显得意义重大<sup>[13]</sup>。本研究以塔里木盆地北缘绿洲库车县耕层土壤为研究对象,采用统计学分析方法对不同质地条件下绿洲耕层土壤主要微量元素有效态含量特征进行研究,旨在为合理制定该县农田土壤施肥方案,提高养分资源利用率提供科学依据。

## 1 研究区概况

库车县地处天山中部南麓,塔里木盆地北缘。县

境北与和静县沿南天山山脊线为界,东与轮台、尉犁县相邻,南至塔克拉玛干大沙漠并与沙雅接壤,西与新和县隔渭干河相望。地理坐标位置在东经 $82^{\circ}34'$ — $84^{\circ}25'$ ,北纬 $40^{\circ}49'$ — $42^{\circ}38'$ 之间。该县土地总面积 $1.54 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ,其中山地面积 $7.31 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ,占总面积的47.5%;平原面积 $8.07 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ,占总面积的52.5%。该县耕地面积达 $5.27 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,农作物以小麦、玉米和棉花等类型为主。全县平均气温 $7.1^{\circ}\text{C}$ ,其中山区平均气温 $3.4^{\circ}\text{C}$ ,平原区平均气温 $10.5^{\circ}\text{C}$ 。平均年降水达135.2 mm,降水总态势为:北多南少,西多东少,夏季多冬季少。境内实有大小河流十余条,其中能产生常年径流的河流主要有4条:渭干河、库车河、二八台河和塔里木河,地表河川径流量为 $1.48 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。

## 2 材料与方法

### 2.1 调查和取样

基于库车县耕地地力评价与测土配方施肥工作要求<sup>[14]</sup>,根据该县耕地实地分布情况,以采样点分布图为向导,于2010年10—11月在库车县13个乡镇和农场选取面积不小于 $1 \text{ hm}^2$ 的典型样点进行调查看样。每个样点以对角线采样法取20个点0—30 cm土样进行混合,混合均匀后约取500 g作为一个土样装入贴好标签的塑料袋中用于室内指标的测定,最终采集土壤样本1592份。在采样过程中,为保证每个土壤样品具体到村、组、户及地块,故采用GPS定位取土。在取样的同时,采用实地测量和农户走访等多种形式,详细调查该样点的坡度、坡向、土层厚度、土地利用方式、植被类型、耕作制度及人为干扰情况等信息,填写土壤样本调查表。

### 2.2 土样处理与测试

将采集的土样在实验室自然风干,剔出土壤以外的侵入体(如植物残茬、石粒、砖块等杂质),适当磨细过筛,充分混合均匀,采用《土壤农业化学分析方法》对样品进行常规测试<sup>[15]</sup>。土壤有效态微量元素(锌、锰、铜、铁)采用DTPA浸提—原子吸收光谱法进行测定;土壤有机质采用油浴加热重铬酸钾氧化容量法测定;土壤pH值采用土水比1:2.5电位法测定法。

### 2.3 统计分析

根据野外实测数据与实验室化学分析结果,采用SPSS 20.0统计分析软件,利用单因素方差(One-way ANOVY)方法对不同土壤质地土壤微量元素有效态含量进行差异显著性检验,并利用最小显著极差法(LSD)进行多重比较确定各组之间土壤有效态微量元素差异的显著性。同时,还利用Pearson相关系数

及双尾检验对土壤有机质、土壤 pH 值与土壤有效态微量元素进行相关分析。

#### 2.4 土壤微量元素有效性指数

研究采用单项指数( $E_i$ )和综合指数( $E_c$ )相结合的方法。首先,计算出各微量元素有效性指数,再采用均方根法计算综合有效性指数,计算公式<sup>[8]</sup>为:

$$E_i = \frac{C_i}{S_i}, \quad E_c = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i^2}$$

式中: $C_i$ ——实测的第  $i$  种土壤微量元素有效态含量; $S_i$ ——第  $i$  种土壤微量元素有效态含量的临界值; $n$ ——土壤类型数目。

根据研究显示,由新疆自治区各地肥料试验结果和新疆农科院土壤肥料研究所提出的新疆农田土壤养分含量分级评价标准(表 1)对指导作物优质高产和科学施肥方面具有重要意义<sup>[16]</sup>,故本研究取该评价指标中的最低分级作为各微量元素有效态含量的临界值。

表 1 土壤有效态微量元素的评价指标 mg/kg

养分名称	丰缺度		
	丰	平	缺
有效锌	$\geq 2$	1~2	$< 1$
有效锰	$\geq 10$	7~10	$< 7$
有效铜	$\geq 3$	1~3	$< 1$
有效铁	$\geq 10$	5~10	$< 5$

表 2 土壤微量元素有效态含量平均值与临界值

mg/kg

土壤质地	样本数	有效锌	有效锰	有效铜	有效铁
壤土	539	$0.89 \pm 0.46^a$	$10.38 \pm 2.85^a$	$1.70 \pm 0.53^a$	$7.23 \pm 3.83^c$
砂壤土	363	$1.04 \pm 0.58^a$	$9.88 \pm 2.84^b$	$1.69 \pm 0.57^a$	$8.91 \pm 6.25^a$
黏土	231	$0.85 \pm 0.46^b$	$9.71 \pm 1.64^{bc}$	$1.67 \pm 0.45^{ab}$	$8.03 \pm 3.22^b$
黏壤土	390	$0.81 \pm 0.46^b$	$9.86 \pm 2.89^b$	$1.51 \pm 0.55^c$	$6.25 \pm 4.64^d$
砂土	69	$0.75 \pm 0.42^c$	$10.43 \pm 3.19^c$	$1.64 \pm 0.78^b$	$8.37 \pm 5.66^{ab}$
临界值( $S_i$ )		1.00	7.00	1.00	5.00

注:不同小写字母代表 0.05 水平下差异显著,相同字母表示在此水平下无显著差异。

#### 3.2 土壤微量元素有效性分析

根据土壤微量元素有效性评价计算公式得到各微量元素的单项有效性指数( $E_i$ )和综合指数( $E_c$ ),结果见表 3 和图 1。从结果中可以看出,有效锰和有效铜在不同土壤质地其含量均高于临界值,有效性指数相对较高;有效态微量元素铁的含量及有效性相对较低,其有效性指数在不同土壤质地呈不同变化水平;除砂壤土外,各土壤质地有效锌的含量均处于较低水平,其有效性指数均小于 1。分析结果表明,在不同质地条件下,土壤微量元素铁和锌的含量较为缺乏,而微量元素锰和铜的含量则相对较为丰富。通过对土壤微量元素有效性综合指数进行分析,以砂壤土

### 3 结果与讨论

#### 3.1 不同质地条件下土壤有效态微量元素含量特征

由表 2 可以看出,在不同土壤质地下,土壤有效态微量元素(Zn, Mn, Cu, Fe)的平均含量差异显著( $p < 0.05$ ),其中,壤土和砂壤土的有效态微量元素相对较其它土壤质地含量高。有效锌在不同土壤质地下,有“平”有“缺”。在壤土和砂壤土质地下,耕层土壤有效锌的平均含量无显著差异,且具有较高的含量水平;而在黏土、黏壤土与砂土质地下,有效锌的平均含量存在显著差异,且相对水平较低。在不同土壤质地下,有效锰的含量有“丰”、“平”、“缺”这 3 种不同水平,其含量水平在砂壤土和黏壤土中无显著差异,而在壤土、黏土和砂土中则具有显著差异性。有效铜在不同土壤质地下,有“平”有“缺”,在壤土和砂壤土中含量较高且无显著差异,在黏土、黏壤土和砂土中含量相对较低并具有显著的差异性。微量元素有效铁表现为“丰”、“平”、“缺”3 种含量水平,在不同土壤质地下,具有显著差异性,在砂壤土中含量最高,而在壤土中含量最低。分析可知,耕层土壤有效态微量元素在不同土壤质地存在着显著差异,这也进一步说明在人类活动的作用下,土壤的物理性质发生了改变,同时也改变了土壤中微量元素的有效性。

最高(1.51),黏壤土最低(1.27),排列顺序依次为:砂壤土>砂土>黏土>壤土>黏壤土。

表 3 土壤微量元素有效性指数

土壤质地	单项指数/ $E_i$			
	有效锌	有效锰	有效铜	有效铁
壤土	0.89	1.48	1.70	1.45
砂壤土	1.04	1.41	1.69	1.78
黏土	0.85	1.39	1.67	1.61
黏壤土	0.81	1.41	1.51	1.25
砂土	0.75	1.49	1.64	1.67

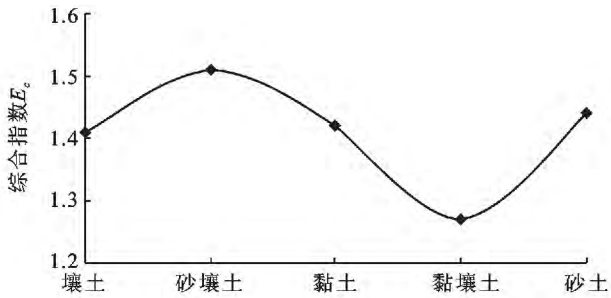


图 1 土壤微量元素有效性综合指数

### 3.3 土壤有效态微量元素与土壤 pH 值、有机质的相关分析

通过对相关系数矩阵(表 4)进行分析可知,土壤有机质与土壤微量元素有效锌、有效铜和有效铁有极其显著的正相关性( $p < 0.01$ ),与有效锰有极其显著的负相关性( $p < 0.01$ );pH 值与有效锌和有效铁的相关关系不显著,而与有效铜有极其显著的正相关性( $p < 0.01$ ),与有效锰具有显著的负相关性( $p < 0.05$ )。总体来说,土壤有机质与有效态微量元素之间均存在极显著的相关性,而 pH 值则与有效锰、有效铜具有显著的相关性。

表 4 相关系数矩阵

项目	有效锌	有效锰	有效铜	有效铁
pH 值	0.006	-0.061*	0.217**	-0.027
有机质	0.192**	-0.086**	0.138**	0.192**

注:\*表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关;\*\*表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关;样本数为 1 592。

## 4 结论

近年来,土壤微量元素有效态含量的高低,在农业生产中的作用已得到广泛关注,对于优质、高产、高效生态农业的发展意义十分重大。通过对库车县耕层土壤微量元素有效性进行分析和研究表明,土壤有效态微量元素在壤土、砂壤土、黏土、黏壤土及砂土中含量差异显著( $p < 0.05$ ),其中,壤土和砂壤土的有效态微量元素相对其它土壤质地含量高。通过对土壤微量元素有效性综合指数进行分析,以砂壤土最高(1.51),黏壤土最低(1.27),排列顺序依次为:砂壤土 > 砂土 > 黏土 > 壤土 > 黏壤土。进一步通过相关分析认为,土壤有机质与土壤微量元素有效锌、有效铜和有效铁有极其显著的正相关性( $p < 0.01$ ),与有效锰有极其显著的负相关性( $p < 0.01$ );pH 值与有效锌和有效铁的相关关系不显著,而与有效铜有极其显著的正相关性( $p < 0.01$ ),与有效锰具有显著的负相关

性( $p < 0.05$ )。通过分析发现在不同土壤质地下,微量元素铁和锌含量较为缺乏,而微量元素锰和铜含量则相对较为丰富,故在耕地利用和施肥管理上应依据这一特性进行科学管理和施肥。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 王德宣,富德义. 吉林省西部地区土壤微量元素有效性评价[J]. 土壤,2002,34(2):86-89.
- [2] 马媛,师庆东,杨建军,等. 干旱区典型流域土壤微量元素的空间变异特征研究[J]. 干旱区地理,2006,29(5):682-687.
- [3] 赵志忠,毕华,杨元根,等. 海南岛西部地区砖红壤中微量元素含量及其分布特征[J]. 地球与环境,2005,33(2):69-73.
- [4] 贺行良,刘昌岭,任宏波,等. 青岛崂山茶园土壤微量元素有效量及其影响因素研究[J]. 土壤通报,2008,39(5):1131-1134.
- [5] 孙卫国,梁存柱,李政海,等. 鄂尔多斯高原皇甫川流域不同土地利用类型土壤微量元素的比较分析[J]. 内蒙古大学学报:自然科学版,2011,42(4):412-417.
- [6] 刘洪来,杨丰,苏黄顶,等. 农牧交错带草地开垦对土壤有效态微量元素的影响及评价[J]. 农业工程学报,2012,28(7):155-160.
- [7] 朱静,黄标,孙维侠,等. 农田土壤有效态微量元素的时空变化及其影响因素研究[J]. 南京大学学报:自然科学版,2007,43(1):1-12.
- [8] 李海峰,曾凡江,桂东伟,等. 不同利用强度下绿洲农田土壤微量元素有效含量特征[J]. 生态学报,2012,32(6):1803-1810.
- [9] 季方,樊自立,赵虎. 塔里木盆地冲积新成土土壤质地对土壤性状的影响[J]. 土壤,1999,31(3):126-131.
- [10] 刘衍君,张保华,曹建荣,等. 鲁西粮食主产区聊城耕地的土壤微量元素富集研究[J]. 土壤通报,2010,41(4):990-993.
- [11] 陈凌静,高明,陈晓燕,等. 三峡库区土壤颗粒养分及其耦合效应的移土培肥响应特征[J]. 水土保持学报,2013,27(1):90-101.
- [12] 李井军,彭海峰,刘学莉,等. 湖南嘉禾植烟土壤肥力特征和物理性状分析[J]. 云南农业大学学报,2013,28(2):211-217.
- [13] 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.
- [14] 农业部. 中华人民共和国农业行业标准:测土配方施肥技术规范[S]. 北京:中国农业出版社,2006.
- [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,2000.
- [16] 单娜娜,文启凯,潘柏荣,等. 塔克拉玛干沙漠腹地人工绿地条件下微量元素变化规律研究[J]. 新疆农业大学学报,2001,24(2):9-16.