

# 吉林省西部地区土壤微量元素有效性评价

王德宣 富德义

(中国科学院长春地理研究所 长春 130021)

**摘 要** 本文研究了吉林省西部地区土壤中作物生长所需微量元素有效态含量, 并对各微量元素有效态含量满足作物生长所需的状况进行了评价。根据采集的几种典型土壤类型样品的分析, 该地区土壤中 Cu、B 基本满足作物生长所需, Zn、Mn、Mo、Fe 低于作物生长所需的临界值, 属缺乏状态。

**关键词** 微量元素; 土壤; 吉林省西部地区; 有效性

吉林省是我国的农业大省。近年来在该省西部地区所进行的中低产田综合治理与农业发展的国家攻关课题研究中, 我们针对农作物所需的微量元素供应, 对该地区土壤微量元素有效态含量状况进行了研究。研究地点选择在该地区的大安市。大安市的土地碱化、沙化和草原退化面积占土地总面积的 90%, 是吉林省西部低洼易涝盐碱地中最有代表性的地区。主要土壤类型为黑钙土、草甸土、风沙土和盐碱土。在对该地区主要土壤类型的微量元素有效态含量研究的基础上, 依据相关评价标准对各微量元素满足农作物生长需要的状况进行了评价。

## 1 样品的采集和分析方法

**样品采集:** 样品采集原则是要有充分的代表性。本研究的目的是查明土壤中微量元素对农作物的供应状况, 因此在确定采样点和样品数量时, 依据以下 3 点: 在耕作土壤的表层采集; 样品包括各耕作土类; 各土类所占的面积。实际采样时, 取混合土样。在 1 hm<sup>2</sup> 的范围内, 均匀布设 8~10 个采样点, 各点采集表层 (0~25cm) 土壤样品 1kg 左右, 然后将各点样品混合均匀, 最后取 1kg 混合土样用作分析。共采集黑钙土 (包括淡黑钙土) 12 个样品, 盐化草甸土 9 个样品, 盐碱土 4 个样品, 风沙土 6 个样品, 共计 31 个样品。为了防止污染, 土壤试样的采集、粉碎全部使用木制品和塑料制品。

**分析方法:** 将土样风干, 剔除未分解的植物残体, 用玛瑙研磨器进行研磨, 过 100 目尼龙筛, 按“全国第二次土壤普查技术规程”要求选定分析方法。有效 Cu、Fe、Zn、Mn 用二乙三胺乙酸 (DTPA) 浸提, 原子吸收分光光度计测定; 有效 B 用沸水浸提, 甲亚胺比色法测定; 有效 Mo 用草酸-草酸铵溶液 (Tamm 溶液, pH3.3) 浸提, 极谱催化波法测定。

## 2 土壤微量元素有效态含量

### 2.1 土壤有效 Zn 含量

土壤有效 Zn 的含量范围为 0.01~0.66mg/kg, 平均值为 0.23mg/kg。不同土类其含量的平均值差异不大。盐化草甸土有效 Zn 含量较低, 平均值为 0.17mg/kg。盐碱土含量略高,

平均值为 0.32mg/kg。黑钙土、风沙土有效 Zn 含量相同，二者的平均值同为 0.22mg/kg。与吉林省土壤的有效 Zn 平均值(1.18mg/kg)<sup>[1]</sup>比较，大安市土壤中有有效 Zn 含量很低。

## 2.2 土壤有效 Cu 含量

土壤有效 Cu 含量范围为 0.01~3.99mg/kg，平均值为 0.93mg/kg。与有效 Zn 比较，有效 Cu 在土壤中的分布很不均匀，其中尤以风沙土变幅最大，其次为盐碱土。不同土类有效 Cu 含量的差异也十分明显，风沙土有效 Cu 含量最少，平均值为 0.16mg/kg，盐碱土有效 Cu 含量最高，平均值为 2.21mg/kg，黑钙土与草甸土含量相近，其平均值为 0.66 和 0.70mg/kg。与吉林省土壤平均值(1.36mg/kg)<sup>[1]</sup>比较，大安市土壤中有有效 Cu 含量较低。

## 2.3 土壤有效 Fe 含量

土壤有效 Fe 铁含量范围为 0.5~26.8mg/kg，平均值为 4.7mg/kg，远低于吉林省土壤有效 Fe 的平均含量(86.4mg/kg)<sup>[2]</sup>。不同土类有效 Fe 含量差异很大，以盐碱土含量最高，其平均值为 10.15mg/kg，风沙土与黑钙土含量较低，平均值为 2.39 和 2.76mg/kg，盐化草甸土有效 Fe 含量中等，为 3.48mg/kg。

## 2.4 土壤有效 Mn 含量

土壤中有有效 Mn 含量范围为 0.79~12.50mg/kg，平均值为 4.69mg/kg，与吉林省土壤有效 Mn 平均值(27.0mg/kg)<sup>[2]</sup>比较，其含量很低。不同土类中，有效 Mn 的含量变幅比 Fe 要小。盐碱土有效 Mn 含量稍高，其次为黑钙土，盐化草甸土和风沙土的含量较低。

## 2.5 土壤有效态 B 含量

土壤有效态 B 含量范围为 0.1~15.84mg/kg，平均值为 1.46mg/kg。与吉林省土壤有效态 B 平均值(0.47mg/kg)<sup>[3]</sup>比较，有效 B 含量较高，但不同土类差异较大。其中以盐碱土有效 B 含量最高，其次为盐化草甸土，黑钙土和风沙土含量较低。

表 1 土壤微量元素有效态含量 (mg/kg)

样品数		黑钙土	盐化草甸土	盐碱土	风沙土
		12	9	4	6
pH 值		8.20	8.35	9.45	7.95
有效 Zn	含量范围	0.06~0.66	0.01~0.30	0.14~0.43	0.18~0.31
	平均值	0.22	0.17	0.32	0.22
有效 Cu	含量范围	0.25~1.90	0.22~1.47	0.12~3.99	0.01~0.80
	平均值	0.66	0.70	2.21	0.16
有效 Fe	含量范围	0.51~11.60	0.50~7.90	2.60~26.80	1.10~7.20
	平均值	2.76	3.48	10.15	2.39
有效 Mn	含量范围	2.80~11.70	0.79~7.80	2.60~12.50	2.10~5.00
	平均值	5.48	2.96	6.70	3.62
有效 B	含量范围	0.10~0.96	0.16~1.68	0.10~15.84	0.14~1.04
	平均值	0.42	0.89	3.96	0.55
有效 Mo	含量范围	0.01~0.37	0.02~0.32	0.01~0.42	0.02~0.07
	平均值	0.16	0.08	0.19	0.04

## 2.6 土壤有效 Mo 含量

土壤有效 Mo 含量范围为 0.01~0.42mg/kg，平均值为 0.12mg/kg。与吉林省土壤有效 Mo 平均值(0.26mg/kg)<sup>[3]</sup>比较，有效 Mo 含量略低。与其他微量元素比较，各土类中有有效

Mo 的含量差异较小。其中盐碱土的有效 Mo 含量最高，其次为黑钙土和盐化草甸土，风沙土含量最低。

### 3 微量元素有效态含量的评价

1985 年在西安召开的微量元素肥料工作会议所制定的“全国农业系统的土壤速效微量元素丰缺指标”和 1989 年中国科学院在南京召开的微量元素工作会议所制定的“中国科学院微量元素组的土壤有效态微量元素评价标准”是较普遍使用的两个评价标准。本文参考上述两个评价标准，对大安市土壤微量元素有效态含量状况进行评价。其中，土壤有效 Zn、Mn、Fe、Cu 的评价采用表 2 的标准。土壤有效 Mo、B 的评价采用表 3 的标准。

表 2 全国农业系统的土壤速效微量元素丰缺指标\* (mg/kg)

元素	极低	低	中等	丰富	极富	临界值
水溶性 B	<0.01	0.1~0.5	0.5~1	1~2	>2	0.5
速效 Zn	<0.3	0.3~0.5	0.5~1.0	1~3	>3	0.5
速效 Cu	<0.2	0.2~0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	>2.0	0.5
速效 Fe	<2.5	2.5~4.5	4.5~10	10~20	>20	4.5
速效 Mn	<5	5~10	10~20	20~30	>30	10
易还原 Mn	<50	50~100	100~200	200~300	>300	100

\* 引自 1985 年西安微量元素肥料工作会议资料

表 3 中国科学院微量元素组的土壤有效态微量元素评价标准\* (g/kg)

	极低	低	中	高	极高	临界值
有效 B	<0.25	0.25~0.50	0.51~1.0	1.1~2.0	>2.0	0.5
有效 Zn	<0.5	0.5~1.0	1.1~2.0	2.1~5.0	>5.0	1.0
有效 Cu	<0.1	0.1~0.2	0.21~1.0	1.1~1.8	>1.8	0.2
有效 Fe	<5.0	5.0~7.0	7.1~10.0	10.1~15.0	>15.0	7.0
有效 Mo	<0.1	0.1~0.15	0.16~0.20	0.21~0.30	>0.30	0.15
易还原 Mn	<50	50~100	101~200	201~300	>300	100

\* 引自 1989 年南京微量元素肥料工作会议资料

#### 3.1 土壤有效 Zn

各类土壤有效 Zn 的平均值全部低于缺 Zn 临界值，其中盐化草甸土缺 Zn 尤为严重。造成土壤缺 Zn 的原因是多方面的，如全量 Zn、pH 值和有机质含量等。其中以 pH 值影响为主，许多实验表明，植物缺 Zn 症状，多在 pH 值 >6.5 的土壤中出现<sup>[4]</sup>。该地区土壤 pH 值几乎都在 8 以上。土壤 pH 值对可溶 Zn 的影响与含 Zn 化合物的溶解度有关。首先，Zn 在强碱的作用下，产生沉淀，不能被植物利用。其次，Zn 的溶解度与阳离子的种类有关，在苏打盐土和石灰性土壤中，Ca、Mg 离子在碱性条件下形成难溶的锌酸钙<sup>[4]</sup>。因此改良土壤，降低 pH 值，增施 Zn 肥是改善该地区土壤缺 Zn 状况的途径。

#### 3.2 土壤有效 Cu

该地区土壤有效 Cu 的含量，在盐碱土中属于丰富水平，在盐化草甸土及黑钙土中处

于适中水平,在风沙土中则处于缺乏水平。从在该地区所做的田间实验结果来看,在土壤有效 Cu <1.0mg/kg 的土壤中施用 Cu 肥,对小麦、蔬菜及果树有明显的增产效果。

### 3.3 土壤有效 Fe

土壤中 Fe 的形态复杂,其中水溶态 Fe 极少,在 pH 6 的土壤中基本没有水溶态 Fe,弱酸溶态 Fe 也很少超过 1.0mg/kg。因此作物缺 Fe 症状大多发生在碱性和石灰性土壤<sup>[4]</sup>。大安市土壤除了盐碱土外,其他各类土壤中有有效 Fe 平均值都处于缺 Fe 临界值以下,属于极低或低的水平。因此应通过施用 Fe 肥及桔杆还田、增施有机肥料改良土壤理化状况等途径,改善土壤中有有效 Fe 的供应。

### 3.4 土壤有效 Mn

影响土壤有效 Mn 含量的因素很多,如 pH 值、氧化还原电位、有机质含量和土壤质地等。土壤有效 Mn 随着 pH 值增高而减少,大多数缺 Mn 症状都出现在中性偏碱或碱性土壤中<sup>[4]</sup>。该地区各类土壤中有有效 Mn 的平均值全部低于作物需 Mn 量的临界值。尤其在盐化草甸土和风沙土中,有效 Mn 含量处于极低水平。

### 3.5 土壤有效 B

影响土壤有效 B 含量的因素主要是有机质含量和 pH 值。有机质中除本身含 B 较高外,同时吸附一定数量的 B,在有机物腐殖化的过程中,也进行了有效 B 的富集。土壤 pH 值与有效 B 关系密切,一般有效 B 随土壤 pH 值增高而增多<sup>[5]</sup>。该地区土壤中,除了黑钙土有效 B 的平均值略低于临界值外,其他各类土壤均超过临界值。其中,盐碱土高出临界值近 8 倍。因此,除了在黑钙土地区种植甜菜、豆类等需 B 较多的作物还需施用 B 肥外,其他土类 B 的供应处于中等和丰富水平。

### 3.6 土壤有效 Mo

影响土壤有效 Mo 的因素主要有 pH 值、质地和 Fe 的含量等。作物缺 Mo 症状大多出现在 pH 值 < 6 以下的土壤中,有效 Mo 的含量一般随 pH 值的升高而增加。有效 Mo 含量与土壤质地有良好的相关性,土壤粘粒矿物多,则有效 Mo 含量也较多,表明土壤胶体对 Mo 有吸附富集作用<sup>[5]</sup>。在该地区的黑钙土和盐碱土中,有效 Mo 的平均值超过临界值,而盐化草甸土及风沙土处于缺乏水平。

## 4 结语

通过对大安市耕作土壤微量元素的研究,该地区黑钙土、盐化草甸土、盐碱土、风沙土等 4 种土壤中有有效态微量元素含量的平均值分别是,有效态 Zn 为 0.23mg/kg、有效态 Cu 为 0.93mg/kg、有效态 Fe 为 4.70mg/kg、有效态 Mn 为 4.69mg/kg、有效态 B 为 1.46mg/kg、有效态 Mo 为 0.12mg/kg。按照相应的评价标准进行评价,除 B 和 Cu 基本满足作物的生长需要外,Zn、Fe、Mo 和 Mn 供应不足,特别是 Zn、Mn 供应严重不足。

我国各地区自然条件不同,土壤中微量元素的分布很不平衡。在一些地区土壤中微量元素的缺乏已经成为作物增产的限制性因素。深入研究土壤中作物所需微量元素的含量状况,对于合理有效地使用微量元素肥料具有指导意义。

(下转第 93 页)

这与上述区域污灌水 Cd、Pb 的含量较高有关,但在晋源、小店和清徐 3 个外源因子对 Cd、Pb 贡献顺序与 Hg 相同即大气降尘>污水灌溉>施用肥料,总体看施用肥料对 3 个重金属元素的贡献最小(表 3)。

表 3 污灌区肥料中重金属含量 (mg/kg)

肥料种类	样本数	Hg		Cd		Pb	
		范围	均值	范围	均值	范围	均值
过磷酸钙	6	0.02 ~ 0.08	0.03	1.2 ~ 2.70	1.9	1.42 ~ 4.08	2.8
氯化钾	5	--	--	2.7 ~ 17.81	14.0	26.7 ~ 101.5	88.0
复合肥	6	0.006 ~ 0.09	0.01	0.13 ~ 0.46	0.20	7.98 ~ 16.55	12.0

### 3 结论

1. 不同类型区域外源因子输入土壤中重金属的数量不同,对污灌区同一类型区域大气干湿沉降和随化学肥料施用输入土壤中重金属元素的数量顺次一致均为 Pb > Cd > Hg。

2. 污灌水中重金属的含量与相应土壤中重金属的累积量具有相同的变化趋势,太原污灌区所属 5 县(区)随污灌水输入土壤中重金属的数量以万柏林区最大,小店区和晋源区次之,清徐县和尖草坪区最低。

3. 污灌区 3 个外源因子对土壤中重金属的累积贡献不同,对土壤 Cd 的累积贡献率均为污水 > 降尘 > 施肥, Hg 的累积贡献为降尘 > 污水 > 施肥,对土壤 Pb 的累积贡献率以施肥最小,污灌与大气降尘的贡献相近。

### 参 考 文 献

- 1 唐诵六. 土壤重金属地球化学背景值影响因素研究. 环境科学学报, 1987, 7(3): 245 ~ 246
- 2 许嘉琳, 杨居荣. 陆地生态系统中的重金属. 北京: 中国环境科学出版社, 1995, 34 ~ 36
- 3 Kloke, A. et al. Changing metal cycles and human health. Springer-verlag, 1984, 113 ~ 141
- 4 张乃明. 太原污灌区土壤重金属污染研究. 农业环境保护, 1996, 15(1): 21 ~ 23

\*\*\*\*\*

(上接第 89 页)

### 参 考 文 献

- 1 张树人等. 吉林省土壤微量元素含量与分布规律研究 第一报 土壤中的铜和锌. 吉林农业科学, 1987, (3): 50 ~ 57
- 2 张树人等. 吉林省土壤微量元素含量与分布规律研究 第二报 土壤中的铁和锰. 吉林农业科学, 1988, (2): 51 ~ 57
- 3 张树人等. 吉林省土壤微量元素含量与分布规律研究 第三报 土壤中的硼和钼. 吉林农业科学, 1989, (1): 54 ~ 59
- 4 刘铮等. 土壤的微量元素——微量元素土壤化学. 中国科学院微量元素学术交流会汇刊. 北京: 科学出版社, 1980, 23~55
- 5 袁可能. 植物营养元素的土壤化学. 北京: 科学出版社, 1983, 332~575