

# 上海土壤中微量元素的含量与分布的研究\*

吴镇麒 邝安琪 姚乃华 杨永清 卞以洁

(上海市农业科学院土壤肥料研究所)

植物必需的微量营养元素锌、锰、钼、硼、铜在土壤中供给不足或过剩时,都可能引起植物、动物及人体生理功能失调,生长发育受阻,诱发出各种特殊的生理病害。明确土壤中微量元素含量分布规律及其有效性问题,有助于采取措施来调剂微量元素的供应水平,对于农业生产的发展,以及维护人类和动物的健康,都具有重要的意义。本文就1978—1979年关于上海土壤中微量元素的含量分布及其有效性问题的研究,作一总结。

## 一、上海地区的土壤概况

上海地处长江三角洲前缘地区,滨临东海,是一个河网冲积平原,地势低平,水系密布,气候温和湿润。成土母质基本上来源于长江冲积物,在不同的水文环境中沉积成土。土壤类型分布大抵以中部成陆最早的“古冈”为界,古冈及其东部地区属草甸型土壤(沟干泥、黄泥头、夹沙泥等),古冈以西地区为沼泽型土壤(青紫泥等),沿海一带为氯化钠型盐土<sup>[1]</sup>。

## 二、样品与分析方法

按照土壤类型和成土母质类型,比较均匀地布置采样点,共计162个(平均每个样点代表面积约22平方公里),同时采集地下水与沉积物样品。土壤剖面按照发育层次采样,剖面深度为1米或1.5米。钻孔取样分0—15厘米和15—30厘米两层,多点取土混合组成样品,风干后用尼龙棒碾细,并通过12目和100目尼龙网筛,贮于塑料瓶中供分析用。

微量元素全量的分析,系用王水-过氯酸消解土样后,用催化极谱法测定钼,用氟硼酸根离子选择性电极测定硼(中国科学院冶金研究所协助),锌、锰、铜、钴用原子吸收分光光度法测定。

有效态微量元素分析的浸提液是: 锌、铜采用DTPA溶液,钴用0.1N HCl,锰用1N中性NH<sub>4</sub>Ac溶液+0.2%对苯二酚,钼用Tamm溶液(草酸-草酸铵, pH 3.3),硼用热水(煮沸5分钟)。土壤提取液中,钼用催化极谱法测定,硼用姜黄素比色法测定,锌、铜、钴、锰用原子吸收分光光度法测定。

水样中微量元素含量分析,采用APDC-MIBK溶液萃取水样后,用原子吸收分光光度

\* 部分土壤常规分析资料引自本所土壤研究室。

法测定锌、铜、锰、钴。硼系用姜黄素比色法直接测定。

### 三、结果与讨论

#### (一) 上海土壤中微量元素的含量与分布

土壤中微量元素的含量(指总含量)主要由成土母质和成土过程决定。而在各成土因素中,以成土母质的影响较为突出。

上海土壤中微量元素的含量如表 1。总的趋势是:各元素的含量,尚属一般土壤的正常含量范畴,但某些元素的含量相对偏低;各元素的含量范围比较狭窄,变幅较小,含量的分布频率比较集中,各类土壤之间的含量差异不大,分布比较均匀;微量元素的含量分布规律,反映出成土母质和成土过程的特点。

表 1 上海土壤中微量元素含量 (ppm, 深度 0—30 厘米)

Table 1 Total content of trace elements in soils of Shanghai (ppm, 0—30cm depth)

土壤类型 Soil type	标本数 No. of sample	Zn	B	Mo	Co	Mn	Cu
盐渍化土壤: Salinized soil							
滨海盐土 Coastal saline soil	19	40—80 (60.0±11.7)	32—76 (56.7±15.7)	0.4—2.0 (1.12±0.49)	15—25 (20.3±3.8)	527—1076 (688.0±18.0)	13—34 (23.9±5.8)
草甸型土壤: Meadow soil							
夹沙泥 Percolating paddy soil	41	31—102 (55.4±12.9)	20—73 (49.9±15.5)	0.4—0.8 (0.67±0.13)	11—25 (18.0±3.4)	376—828 (551.0±134.8)	11—38 (22.1±6.5)
黄泥头 Deswampy paddy soil	21	55—94 (72.1±8.3)	45—62 (55.6±5.9)	0.4—1.1 (0.64±0.21)	14—25 (21.2±4.2)	379—694 (521.6±91.9)	15—27 (22.5±3.3)
沟干泥 Percolating paddy soil	30	56—94 (72.7±12.0)	39—68 (50.7±10.1)	0.3—1.1 (0.75±0.29)	15—27 (21.0±3.5)	323—1014 (649.3±113.1)	18—35 (23.7±3.7)
沼泽型土壤: Swampy soil							
青紫泥 Gleyed paddy soil	42	20—80 (66.9±6.6)	32—68 (50.3±11.6)	0.3—0.9 (0.57±0.16)	12—27 (18.8±4.0)	280—871 (434.8±66.7)	16—31 (23.5±3.8)
平均 Mean		20—102 (65.5±11.0)	20—76 (52.6±11.8)	0.3—2.0 (0.75±0.34)	11—27 (19.4±3.7)	280—1076 (540.7±127.7)	11—38 (23.0±4.6)

1. 土壤微量元素含量水平。上海土壤中微量元素的含量,与现有我国和世界的一些土壤资料相比较<sup>[4,5,7,10]</sup>,虽然互有高低,但全铝含量显著偏低,硼、锰、锌的含量,或低于我国土壤的平均含量,或低于世界土壤的平均含量。

土壤全锌平均含量 65.5 ppm, 低于我国土壤的平均含量 (100 ppm), 接近于或略高于世界土壤的平均含量 (50 ppm, 50—100 ppm); 全硼平均含量 52.6 ppm, 低于我国土壤的平均含量 (65 ppm), 高于世界土壤的平均含量 (10 ppm, 10—20 ppm); 全锰平均含量 540.7 ppm, 既低于我国土壤的平均含量 (710 ppm), 亦低于世界土壤的平均含量 (600 ppm, 850 ppm); 全铝平均含量 0.75 ppm, 明显低于我国土壤的平均含量 (1.7 ppm), 以及世界土

壤的平均含量 (1—2 ppm, 2.5 ppm, 3 ppm); 全钴平均含量 19.4 ppm, 近似于我国一些地区的土壤含钴量 (21ppm, 15 ppm), 高于世界土壤的平均含量 (10 ppm, 10—15 ppm); 全铜平均含量 23.0 ppm, 接近于我国土壤的平均含量 (22ppm) 和世界土壤的平均含量 (20 ppm, 15—40 ppm)。

上海土壤中微量元素的含量, 低于平均含量的样点数占有相当大的比重, 这说明有大面积的土壤, 其微量元素含量相对偏低。锌、铜、锰、钴、钼的含量, 低于平均值的样点数, 占总样点数的 56—66%, 全硼含量低于平均值的样点数, 约占总样点数的 50%。

2. 土壤微量元素含量的变幅和分布频率。上海土壤中微量元素含量的变幅小, 含量的分布频率相当集中, 这反映出上海的土壤微量元素分布比较均匀。

我国土壤和世界土壤中, 微量元素含量的变幅很大, 可以相差数十倍至数百倍之多, 有时可以超过一千倍<sup>[5]</sup>。但上海土壤中微量元素的含量, 相差最大亦不超过五倍, 标准差 (S. D) 都不大, 各元素含量的变异系数多波动于 15—24% 之间。

微量元素含量的分布频率如图 1。各元素的含量值, 都相对汇集在一个比较狭窄的量值范围之内, 含量频率高峰均出现在范围值的中值附近, 离散性小。有 50% 以上的样点的全锌、全铜含量, 分布在 60—80ppm 和 20—25 ppm 范围之内; 75% 的样点的全锰、全钴含量, 分别集中于 400—800 ppm 和 15—25 ppm 之中; 65% 的样点的全钼分布在 0.5—1.0 ppm 范围以内, 83% 的样点的全硼含量集中于 40—80ppm 之间。

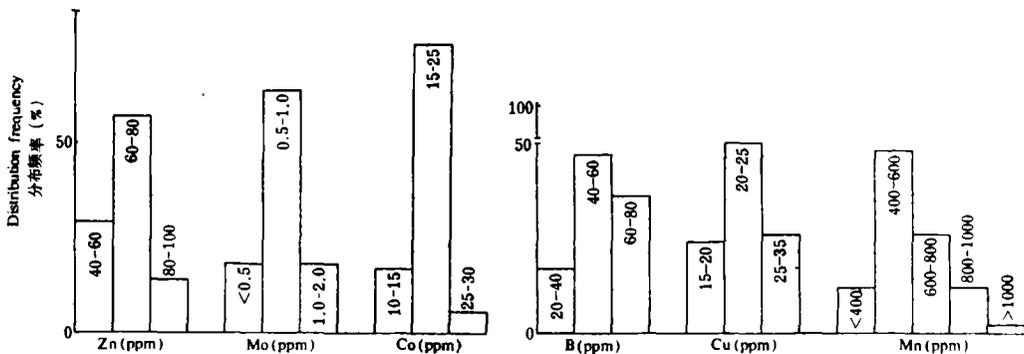


图 1 上海土壤中微量元素全量含量分布频率

Fig. 1 Distribution frequency of total content of trace elements in soils of Shanghai

3. 不同类型土壤中微量元素的含量大体相似 (表 1), 含量的频率分布也相当集中。但是在某些土壤间, 有些元素的含量仍然表现出一定的差异。

在草甸型土壤中, 有机质含量低的沙质土壤如夹沙泥, 锌、硼、钴、锰等元素的含量, 都低于有机质多的且偏粘性的土壤如沟干泥等。这一分布特点, 与有关报道是相仿的<sup>[2,4-6,9]</sup>。

滨海盐土中硼、锰、钼的含量, 高于沼泽型土壤和草甸型土壤。盐渍化过程的一个重要的特点就是硼的富化现象<sup>[3-6,8]</sup>。

低洼渍水的青紫泥土壤表层中, 锰、钼、钴的含量, 低于地势较高, 或排水较好的草甸型土壤。这可能是因为在土壤渍水而造成的嫌气环境里, 或者土壤在潜育化过程中, 有的

微量元素活性增大,例如锰、钴、钼、铜等被活化,活化的成分被淋洗下移,或者聚积在聚积层,或者淋洗出剖面,可能导致表层的含量降低,尤其是在湿润地区<sup>[5]</sup>。

铜、钴含量,在上述各类土壤中的变化都不大,颇为接近。

4. 土壤微量元素的含量分布与土壤母质的关系。上海土壤的母质以长江冲积物为主要来源,而在不同的沉积相中沉积成土。上海土壤中微量元素的含量与分布规律,反映出成土母质的特性与成土过程的特点。

不同沉积相中的成土母质的微量元素含量(表 2),与土壤微量元素的含量与分布的关系如下:

(1) 海相沉积物的含硼量(60.3 ppm),高于长江冲积物中的含量(28.4 ppm),这是海水浸渍对土壤中硼的加富作用。锰、钼亦有类似的趋势。在两种沉积物中,钴的含量相当接近。这些特点,与前文中发育于不同沉积相母质的土壤中微量元素的含量分布规律,相当吻合。

(2) 表 2 资料表明,除硼较突出之外,其它微量元素的含量,在不同沉积母质中及土壤间,虽有一定的差异,但差异不大。这说明,该地区以长江冲积物为主体的成土母质,虽然受不同水文条件的作用,但基本组成并无本质上的改变。同时,又鉴于上海平原的土壤,虽然成土年代不尽相同,但总的看来尚属年幼,土体分化不明显,使土壤微量元素反映出成土母质的特点。这些正是使微量元素在地域上均匀分布的决定性因素。

(3) 虽然长江冲积物的含硼量,成倍地低于海相沉积物,锌的含量二者相仿。但是,发育于以长江冲积物为主要母质的草甸型土壤沟干泥,和沼泽型土壤青紫泥,其含硼量已接近发育于海相沉积物的盐土,锌的含量已超过盐土。这或许是因为成土最早的沟干泥与青紫泥土壤,经过长期的耕作施肥(特别是有机肥),以及生物的作用,而使微量元素在表层土壤富化。

表 2 上海土壤中微量元素含量与成土母质的关系(深度 0—30 厘米)

Table 2 The content of trace elements in soils of Shanghai and their parent materials (0—30cm depth)

母质与土壤 Parent material and soils	标本数 No. of sample	全 量 (ppm) Total content					
		Zn	B	Mo	Co	Cu	Mn
长江冲积物 Alluvial deposits of Yangtze river	3	60.2	28.4	0.71	20.7	35.6	568.6
海相沉积物 Marine deposits	7	59.5	60.3	0.83	20.6	26.6	700.3
土 壤 Soils	153	65.5	52.6	0.75	19.4	23.0	540.7

## (二)上海土壤中有效态微量元素的含量与分布

上海土壤中有效态微量元素含量见表 3。各有效态微量元素的含量变幅大,含量的分布频率离散,各类土壤之间的含量差异较大,这反映出微量元素的有效性是不均衡的。有效态硼、钼、钴等元素的含量普遍偏低,锰、锌在某些土壤中亦较低。

表 3 上海土壤中有效态微量元素含量 (ppm, 深度 0—15 厘米)

Table 3 The content of available trace elements in soils of Shanghai (ppm, 0—15cm depth)

土壤类型 Soil type	标本数 No. of sample	Zn	B	Mo	Co	Mn	Cu
盐渍化土壤: Salinized soil 滨海盐土 Coastal saline soil	19	0.31—1.73 (0.82±0.42)	0.33—1.44 (0.82±0.30)	0.08—0.29 (0.16±0.06)	0.12—0.84 (0.34±0.18)	88—242 (157±38)	1.6—7.0 (3.7±1.7)
草甸型土壤: Meadow soil 夹沙泥 Percolating paddy soil	41	0.40—7.38 (1.01±0.55)	0.26—1.15 (0.60±0.20)	0.06—0.26 (0.14±0.04)	0.16—0.60 (0.37±0.14)	35—236 (137±38)	1.8—19.2 (4.7±2.4)
黄泥头 Deswampy paddy soil	21	0.72—8.42 (2.13±1.38)	0.26—1.33 (0.75±0.29)	0.08—0.23 (0.15±0.05)	0.20—1.84 (0.96±0.62)	65—295 (134±37)	2.0—9.8 (5.3±1.9)
沟干泥 Percolating paddy soil	30	0.86—9.37 (2.15±1.21)	0.26—0.98 (0.58±0.19)	0.07—0.23 (0.13±0.05)	0.20—1.68 (0.75±0.64)	114—342 (214±55)	3.0—12.1 (5.7±1.8)
沼泽型土壤: Swampy soil 青紫泥 Gleyed paddy soil	42	0.25—11.29 (1.51±0.90)	0.17—0.94 (0.57±0.23)	0.06—0.21 (0.13±0.05)	0.16—1.88 (1.09±0.38)	58—315 (122±49)	0.2—25.8 (5.5±2.3)
平均 Mean		0.25—11.29 (1.51±0.90)	0.17—1.44 (0.66±0.24)	0.06—0.29 (0.14±0.05)	0.12—1.88 (0.73±0.56)	35—342 (151±51)	0.2—25.8 (5.2±2.2)

1. 土壤中有效态微量元素含量水平。从分析结果来看, 在上海郊区存在着一个比较大的地区, 很可能程度不同地缺乏钼、硼、钴、锰和锌, 或者是这些元素的有效部分偏低。有效态铜含量较高。

全市有效态钼的平均含量 (0.14 ppm), 低于缺钼临界值 (0.15 ppm), 其中含量 < 0.10 ppm 的样点数占 26%, 含量 < 0.15 ppm 的样点数占 60%。

有效态硼的平均含量 (0.66 ppm), 接近于缺硼临界值 (0.5 ppm), 其中含量 < 0.5 ppm 的样点数占 37%。

有效态钴平均含量 0.73 ppm, 其中含量为 0.1—0.5 ppm 的样点数占 50%, 含量介于 0.5—1.0 ppm 的样点数占 19%。

有效态锰平均含量 151 ppm (易还原态), 其中含量低于缺锰临界值 (100 ppm) 的样点数占 15%。

有效态锌平均含量 1.51 ppm, 其中含量低于缺锌临界值 (0.5 ppm) 的样点数占 9%, 在缺锌临界边缘值 (0.5—1.0 ppm) 内的样点数占 25%。

近年来, 为了探索农作物对微量元素肥料的反应, 并借此检验土壤分析结果, 我们在郊区不同类型的土壤上, 设置了 50 多个微量元素田间试验, 其结果是大多数试验的油菜对硼肥、小麦对锰肥、大麦对锌肥、某些蔬菜对锌、钼、锰等微量元素肥料, 都有良好的反应, 表现出较明显的增产效果, 与土壤分析结果 (有效态微量元素含量) 较能相符。

2. 上海土壤中有效态微量元素的含量变幅大, 最低含量与最高含量间, 可以相差数十倍至一百几十倍, 各元素的有效部分含量的变异系数一般为 34—72%, 最大达 97%, 而

表 4 上海土壤中有效态微

Table 4 Distribution frequency of available

土壤类型 Soil type	Zn(ppm)			Mo(ppm)		
	<0.5—1.0,	1.0—2.0,	>2.0	<0.10—0.15,	0.15—0.20,	>0.20
盐渍化土壤: Salinized soil 滨海盐土 Coastal saline soil	84	16	0	46	27	27
草甸型土壤: Meadow soil 夹沙泥 Percolating paddy soil 黄泥头 Deswampy paddy soil 沟干泥 Percolating paddy soil	21 14 7	61 43 42	18 43 51	64 53 65	23 27 21	13 20 14
沼泽型土壤: Swampy soil 青紫泥 Gleyed paddy soil	24	50	26	63	31	6
平均 Mean	34	33	33	60	27	13

且含量分布频率相当离散(表 4), 这反映出上海土壤中的有效态微量元素含量分布不均匀。

3. 不同类型土壤中有效态微量元素含量的丰缺程度。剖析表 3 和表 4 资料, 可见上海的大多数土壤中, 有效态钼、硼、钴、锰的含量偏低, 各类土壤中的有效态铜含量较高。基本趋势是: 滨海盐土中有效态硼含量最高。在碱性反应的土壤中, 锌、铜、锰、钴的有效性降低, 钼的有效性增大。在有机质少的沙性土壤(如夹沙泥)中, 许多种微量元素的有效成分减少。在渍水土壤(如青紫泥)中, 有效态锰含量降低。在排水不良的土壤(如沟干泥)中, 有效态锰含量高, 而排水良好的土壤(如黄泥头)则相反。

不同类型土壤中有效态微量元素的含量分布顺序(以平均值为准), 以及丰缺程度如下:

有效态钼含量一般介于  $< 0.10-0.20$  ppm。滨海盐土 (0.16 ppm)  $>$  草甸型土壤 (0.13—0.15 ppm)  $>$  沼泽型土壤 (0.13 ppm)。这一分布顺序, 与土壤 pH 值下降的趋势相一致。低于缺钼临界值的样点数, 盐土中有 46%, 草甸型土壤中有 53—65%, 沼泽型土壤中有 63%。

有效态硼含量一般在  $< 0.5-1.0$  ppm 范围内。滨海盐土 (0.82 ppm)  $>$  草甸型土壤 (0.58—0.75 ppm)  $>$  沼泽型土壤 (0.57 ppm)。低于缺硼临界值的样点数, 草甸型土壤中占 27—45%, 沼泽型土壤中占 51%。

有效态锌含量一般为  $< 0.5-2.0$  ppm。滨海盐土 (0.82 ppm)  $<$  夹沙泥土壤 (1.01 ppm)  $<$  沼泽型土壤 (1.51 ppm)  $<$  沟干泥土壤 (2.15 ppm) 和黄泥头土壤 (2.13 ppm)。低于缺锌和可能缺锌临界值的样点数, 盐土中有 84%, 沼泽型土壤和夹沙泥土壤中占 20% 稍多, 其它草甸型土壤中占 7—14%。

## 微量元素含量的分布频率(%)

trace elements in soils of Shanghai (%)

B(ppm) <0.5, 0.5—1.0, 1.0—2.0			Co(ppm) 0.1—0.5, 0.5—1.0, >1.0			Mn(ppm) <50—100, 100—200, >200			Cu(ppm) <2—4, 4—6, >6		
21	53	26	84	16	0	5	84	11	56	28	16
45	47	8	82	7	11	18	70	12	35	36	29
27	59	14	33	14	53	14	76	10	23	29	48
39	61	0	43	37	20	0	38	62	14	48	38
51	49	0	9	33	58	27	61	12	14	32	54
37	54	9	50	19	31	15	64	21	27	35	38

有效态锰含量一般是< 50—200 ppm 范围以内。沼泽型土壤(122 ppm) < 黄泥头土壤(134 ppm) 和夹沙泥土壤(137 ppm) < 滨海盐土(157 ppm) < 沟干泥土壤(214 ppm)。

有效态钴含量一般为 0.1—1.0 ppm。滨海盐土(0.34 ppm) 和夹沙泥土壤(0.37 ppm) < 沟干泥土壤(0.75 ppm) < 黄泥头土壤(0.96 ppm) 和沼泽型土壤(1.09 ppm)。这一分布规律, 与土壤有机质增多及质地增粘的趋势相吻合。含量 ≤ 0.5 ppm 的样点数, 盐土和夹沙泥土壤中占 80% 以上, 沟干泥土壤和黄泥头土壤中各占 43% 和 33%, 沼泽型土壤中仅占 9%。

有效态铜含量的分布顺序, 一般都是随着土壤 pH 值提高而减少。前者是沟干泥土壤(5.7 ppm) 和沼泽型土壤(5.5 ppm) 及黄泥头土壤(5.3 ppm) > 夹沙泥土壤(4.7 ppm) > 滨海盐土(3.7 ppm)。后者是沼泽型土壤(47.2 ppm) > 黄泥头土壤(30.4 ppm) > 沟干泥土壤(20.7 ppm) > 滨海盐土和夹沙泥土壤(11.3—14.2 ppm)。

## (三) 微量元素在土壤剖面中的分布

1. 土壤剖面中微量元素的分布。在上海不同类型的土壤剖面中, 微量元素的移动一般是不明显, 垂直分布比较均匀。这是因为上海的土壤尚属年幼, 土体经历风化、淋溶与淀积作用都比较微弱。成土晚的滨海盐土剖面中, 微量元素的移动十分微弱如代表性剖面图 2。成土较早的沼泽型土壤和草甸型土壤剖面中, 铜、钴、硼稍有移动, 锰的移动较明显如图 3 和图 4 所示。

地下水中微量元素的含量(表 5), 亦能反映出水流活动对不同类型土壤剖面中微量元素的移动的影响。

(1) 盐土地区的地下水中, 大多数微量元素的含量低于其它地区的含量, 这与盐土剖

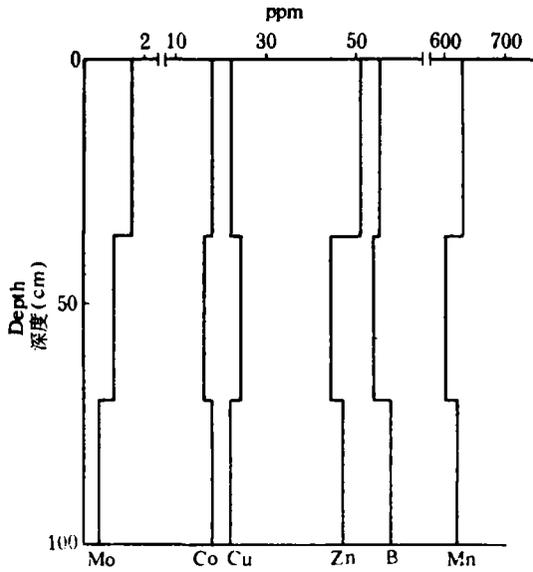


图 2 滨海盐土剖面中微量元素的含量分布

Fig. 2 Distribution of trace elements in the profile of coastal saline soil

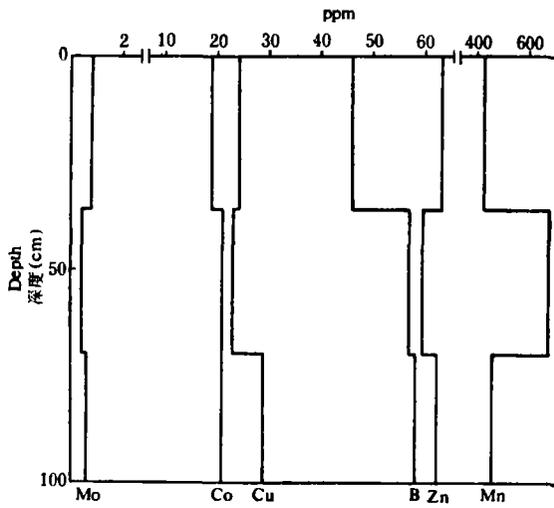


图 3 沼泽型土壤剖面中微量元素的含量分布

Fig. 3 Distribution of trace elements in the profile of swampy soil

面中微量元素移动最微弱的特点是相符的。

(2) 草甸型土壤和沼泽型土壤地区的地下水中,铜和钴的含量高,这与上述土壤剖面中铜、钴都有移动的趋势是相一致的。而锰的含量很低,这与剖面中锰下移至一定的深度淀积下来,再继续往下锰的含量不再增加的特点亦相一致。

(3) 各类土壤分布区的地下水中,锌的含量都很低,这与上述各类土壤中锌移动微弱的特点相吻合。而硼的含量都较高,这可能是由于硼酸盐更易溶于水而受到淋洗,反映在上述土壤剖面中硼的移动亦比较明显。

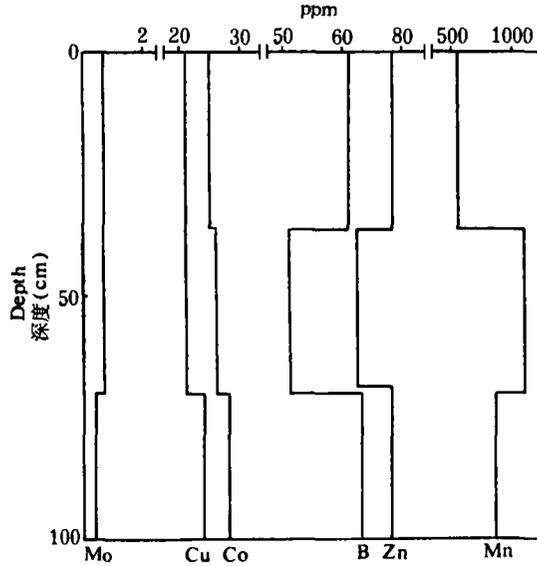


图 4 草甸型土壤剖面中微量元素的含量分布

Fig. 4 Distribution of trace elements in the profile of meadow soil

表 5 地下水中微量元素的含量 (ppm)

Table 5 The content of trace elements in ground water of Shanghai (ppm)

土壤分布区 Soil district	B	Zn	Cu	Co	Mn
滨海盐土 Coastal saline soil	0.56	0.03	1.2	0.05	0.01
草甸型土壤 Meadow soil	0.22—0.43	0.02—0.03	0.5—1.9	0.12—0.40	0.02—0.03
沼泽型土壤 Swampy soil	0.24	0.02	1.8	0.30	0.02

表 6 表土与底土中有效态微量元素的含量 (ppm 深度 0—15厘米/15—30厘米)

Table 6 The content of available trace elements in topsoil and subsoil

土壤类型 Soil type	Zn	Cu	Mn	Co	B
滨海盐土 Coastal saline soil	$\frac{0.78}{0.61}$	$\frac{4.2}{3.1}$	$\frac{155}{144}$	$\frac{0.37}{0.53}$	$\frac{0.72}{0.75}$
夹沙泥 Percolating paddy soil	$\frac{1.55}{0.93}$	$\frac{19.4}{11.4}$	$\frac{84}{100}$	$\frac{0.45}{0.46}$	$\frac{0.50}{0.51}$
黄泥头 Deswampy paddy soil	$\frac{2.07}{0.75}$	$\frac{5.9}{3.4}$	$\frac{165}{173}$	$\frac{1.24}{0.89}$	$\frac{0.34}{0.31}$
沟干泥 Percolating paddy soil	$\frac{0.94}{0.50}$	$\frac{7.3}{4.2}$	$\frac{203}{235}$	$\frac{1.54}{0.93}$	$\frac{0.50}{0.51}$
青紫泥 Gleyed paddy soil	$\frac{2.10}{0.83}$	$\frac{9.6}{7.2}$	$\frac{187}{212}$	$\frac{1.13}{0.75}$	$\frac{0.34}{0.32}$

2. 土壤剖面中有效态微量元素的分布。一般是表层土壤的有效态微量元素含量高于底层土壤(表6),这可能与表土的有机质多于底土有关。有效态锰的含量却是底土高于表土(盐土除外),在排水不良的土壤(青紫泥、沟干泥)中尤为明显,这可能与底土中还原势较强有关。

在土壤全剖面中,沼泽型土壤和草甸型土壤的有效态硼、锌、钼、钴、铜的含量,基本上都是随着剖面的加深而降低,且与剖面中有机质的分布基本上是相平行的。剖面中有效态锰含量,一般是随着深度的增加而提高,其它土壤也基本相类似。

盐土剖面中有效态硼的含量,是随着深度而增加,且与剖面中盐分的分布存在着明显的平行关系,而有效态锌的垂直分布却与有效态硼相反<sup>[6]</sup>。

### 参 考 文 献

- [1] 中国科学院土壤背景值协作组,1979: 北京、南京地区土壤中若干元素的自然背景值。土壤学报,第16卷4期,319—328。
- [2] 刘铮,1964: 土壤中的锌。中国科学院微量元素研究工作会议汇刊,科学出版社。
- [3] 刘铮,1964: 土壤中的硼。中国科学院微量元素研究工作会议汇刊,科学出版社。
- [4] 刘铮、唐丽华、朱其清、韩玉勤、欧阳洮,1978: 我国主要土壤中微量元素的含量与分布的初步总结。土壤学报,第15卷2期,138—150。
- [5] 刘铮,1980: 土壤中的微量元素—微量元素的土壤化学。中国科学院微量元素学术交流会汇刊,科学出版社。
- [6] 吴镇麒、邝安琪、姚乃华、杨永清,1979: 上海土壤中硼、锌有效性的初步研究。土壤学报,第16卷4期,352—361。
- [7] 杨玉爱、朱洪,1964: 辽宁省土壤中的微量元素。中国科学院微量元素研究工作会议汇刊,科学出版社。
- [8] Bradford, G. R., 1973: Boron. in "Diagnostic Criteria for Plants and Soils." 33—55, Univ. Calif., Riverside, Calif., U. S. A.
- [9] Chapman, H. D., 1973: Zinc. in "Diagnostic Criteria for Plants and Soils." 484—495, Univ. Calif., Riverside, Calif., U. S. A.
- [10] Swaine, D. J., 1955: The trace-element content of soils. Common Wealth Agri. Bureau, England.

## CONTENT AND DISTRIBUTION OF TRACE ELEMENTS IN THE SOILS OF SHANGHAI

Wu Zhen-qi, Kuang An-qi, Yao Nai-hua, Yang Yong-qing and Bai Yi-ji

*(Soil and Fertilizer Research Institute, Shanghai Academy of Agricultural Science)*

### Summary

Shanghai is an alluvial plain in the Yangtze delta. The main soil types are mostly swampy soil, meadow soil and coastal saline soil derived from alluvium of the Yangtze river.

Variation of trace elements content in soils is mainly depended upon the different parent material. The range and mean value of the total content (in parenthesis) of trace elements in soils of Shanghai are as follows:

Zn 20—102 ppm ( $65.5 \pm 11.0$  ppm), B 20—76 ppm ( $52.6 \pm 11.8$  ppm), Mo 0.3—2.0 ppm ( $0.75 \pm 0.34$  ppm), Cu 11—38 ppm ( $23.0 \pm 4.6$  ppm), Co 11—27 ppm ( $19.4 \pm 3.7$  ppm), Mn 280—1076 ppm ( $540.7 \pm 127.7$  ppm).

The content of available trace elements varied greatly. The content of available copper of the soils in Shanghai (extracted by DTPA) was rather high with a mean value of  $5.2 \pm 2.2$  ppm. However the content of available molybdenum was very low with an average of  $0.14 \pm 0.05$  ppm (extracted by Tamm sol.). At the same time, there are a larger area of soils with lower or deficient in B, Co, Mn and Zn.

Among the soil types mentioned above, coastal saline soil was higher in available B ( $0.82 \pm 0.30$  ppm, extracted by hot water) and Mo ( $0.16 \pm 0.06$  ppm), but lower in available Zn ( $0.82 \pm 0.42$  ppm, extracted by DTPA) and Co ( $0.34 \pm 0.18$  ppm, extracted by 0.1 N HCl); the swampy soil was lower in available B ( $0.57 \pm 0.23$  ppm), Mo ( $0.13 \pm 0.05$  ppm) and Mn ( $122 \pm 49$  ppm, extracted by 1 N neutral  $\text{NH}_4\text{Ac} + 0.2\%$  Hydroquinone), but was higher in available Co ( $1.09 \pm 0.38$  ppm). The available content of B, Mo, Co, Zn in some meadow soils were lower.

In recent years, more than 50 field experiments of trace element fertilizers in the suburbs of Shanghai revealed that B, Zn, Mn, Mo were effective to rape, wheat and vegetables in some soils.