

云南省思茅地区土壤微量元素含量 分布及其肥效*

李松青 武秉钧 武广云

(思茅地区农科所)

罗承刚

(思茅测试分析研究所)

胡伟

(思茅地区土肥站)

摘 要

通过对思茅地区 1049 个土样分析测定,查明了土壤中微量元素硼、钼、锌、铜、锰的含量与分布。结果表明:全量硼、铜与全国土壤的平均含量大体一致;全铜、锌、锰则低于全国土壤的平均含量;有效态硼、钼、锌普遍缺乏,含量在临界值以下的样点分别占 91%, 77%, 52%;有效态铜、锰较为丰富。另外在多年进行的 58 个点 177 次田间试验结果表明,施用微量元素肥料对不同作物有显著增产效果。

在微量元素供给不足的土壤上,适当施用微量元素肥料,是经济有效的潜在增产措施。因此,调查研究土壤中微量元素含量分布、有效性和施肥效应,对提高农作物产量和品质都有重要意义。本文就 1982—1985 年对云南思茅地区土壤微量元素含量分布的调查研究及其田间试验结果,初步报道如下。

一、材料和方法

1. 样品采集 剖面点按土壤发生层次采样,耕层多点混合取样。样品采集后风干,并用尼龙筛板碾细,过筛。共计分析测定土样 1049 个,其中剖面点 134 个 436 层,田间试验样 243 个。

2. 分析方法 全硼用发射光谱法(1米平面光栅),带管理样控制,相对误差 < 12%;全钼用碱溶法,水浸取液,示波极谱法测定,带管理样控制,相对误差 < 10%;全锌、锰、铜用王水-过氯酸消化土样,原子吸收分光光度计测定,回收率分别为 98—110%, 93—98%, 95—101%。

有效态微量元素的分析:水溶态硼用姜黄素比色法,沸水浸提 5 分钟,回收率 89—102%;钼用 Taom 溶液(草酸-草酸铵溶液 pH 3.3)提取,用极谱法测定,回收率 92—106%;锌、铜、锰用 DTPA 溶

* 本文承吴醒夫先生、王文富高级农艺师审阅,参加部分工作的有王建军、孙应来、吴少宏等。思茅地区各县土壤普查队,各县农科所(站)协作采样与田间试验,在此一并致谢。

液 (DTPA + CaCl₂ + TEA, pH3.3) 提取, 部分土样用 0.1N HCl 溶液浸提。有效态锰分三态测定: 水溶态锰用重蒸馏水浸提; 代换态锰用 1N 中性 NH₄OAC 溶液浸提; 还原态锰用 1N 中性 NH₄OAC + 0.2% 对苯二酚溶液浸提; 锌、锰、铜均用原子吸收分光光度计测定。

3. 田间试验 按统一设计方案和要求, 组织 58 个试验网点, 在多种作物上进行重复 3 次以上肥效等试验 177 次。

二、试验结果

(一) 硼

1. 全硼: 思茅地区土壤全硼含量为 2.0—360ppm, 平均含量 67.3ppm, 稍高于我国土壤的平均含量 (64.0ppm) 和世界土壤的平均含量^[1] (10.0—20.0 ppm); 加权平均含量为 469ppm (表 1)。有 63% 的样点含量分布在 20—80ppm (图 1)。由于不同成土母质与成土过程的影响, 同类土壤中样点含量相差 0.9—37 倍。各类土壤的平均含量为 36—260 ppm (表 1)。不同母质的土壤平均含量为 20—91ppm (表 4)。

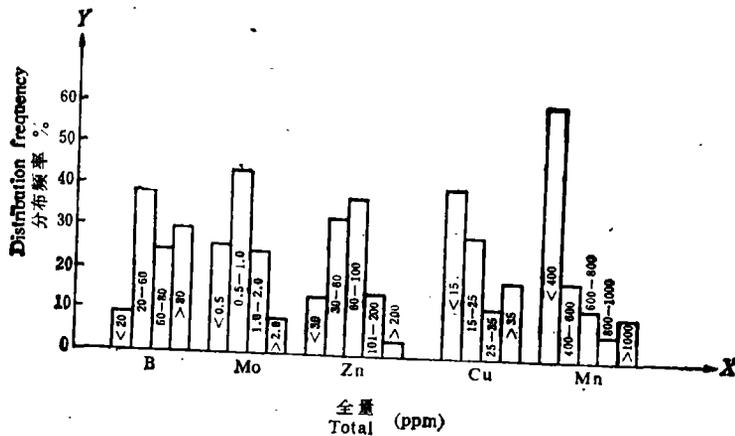


图 1 云南省思茅地区土壤微量元素含量分布频率(表层)

Fig. 1 Distribution frequency of the total contents of the trace elements in soils of Simao Yunnan (surface)

2. 有效态硼: 水溶态硼含量为痕迹—1.07ppm, 平均含量 0.23ppm (表 2), 低于缺硼的临界值含量^[2] (0.5ppm)。有 91% 的样点含量 < 0.5ppm, 54% 的样点含量 < 0.20 ppm (表 3)。思茅地区属于大面积普遍缺硼地区, 临界值以下 (<0.50ppm) 的缺硼土壤面积: 自然土占 89%, 耕地接近 100%, 海拔 2000 米以上山地和潮湿多雨区土壤多在 0.2ppm 以下。有效态硼变幅比全硼要小, 各类土壤的平均含量为 0.09—0.28ppm (表 2), 都在临界值以下。思茅地区第二次土壤普查分类的 108 个属、种(自然土属 37 个、旱耕地土种 44 个、水稻土种 27 个)的平均含量: 除 3 个自然土属在临界值以上外, 所有属种均在临界值以下, 其中有 48 个属、种 < 0.20ppm。不同母质的土壤平均含量为 0.14—0.29 ppm, 都在临界值以下(表 4)。

3. 田间试验: 30 次施硼砂试验结果, 平均亩增产 36.7 公斤, 增产 20.3%; 9 次油菜试

表1 云南省思茅地区土壤微量元素全量含量 (ppm)

Table 1 The total contents of the trace elements in soils of Simao, Yunnan (surface horizon)

土壤类型 Soil	变幅 (Range) * $\frac{x^-}{x^+}; x^{-1}$				
	B	Mo	Zn	Cu	Mn
砖红壤	5 $\frac{20.0-67.0}{45.8; 63.9}$	11 $\frac{0.27-2.97}{1.34; 1.89}$	10 $\frac{35.0-}{99.5; 93.5}$	11 $\frac{7.6-51.5}{28.4; 16.3}$	11 $\frac{116-2610}{715; 249}$
赤红壤	21 $\frac{2.0-74.0}{50.3; 38.2}$	49 $\frac{0.15-4.27}{1.22; 1.35}$	47 $\frac{9.0-267.0}{73.5; 65.6}$	46 $\frac{4.6-85.6}{28.7; 29.7}$	49 $\frac{41-3710}{715; 710}$
红壤	12 $\frac{14.5-200.0}{79.5; 53.6}$	38 $\frac{0.42-5.20}{1.27; 1.15}$	38 $\frac{10.4-185.3}{68.3; 68.1}$	36 $\frac{2.0-66.3}{23.7; 21.4}$	37 $\frac{36-1890}{634; 509}$
黄棕壤	4 $\frac{10.3-330.0}{38.0; 18.4}$	14 $\frac{0.77-2.00}{1.29; 2.00}$	14 $\frac{10.0-300.0}{71.8; 55.1}$	14 $\frac{2.4-82.0}{19.5; 23.4}$	14 $\frac{103-478}{458; 208}$
棕壤	2 $\frac{160.0-360.0}{260.0; 260.0}$	5 $\frac{0.50-1.10}{0.78; 0.78}$	5 $\frac{25.0-88.6}{51.3; 51.3}$	5 $\frac{5.2-46.5}{15.9; 15.9}$	5 $\frac{50-381}{209; 209}$
亚高山草甸土	1 $\frac{90.0}{90.0; 90.0}$	1 $\frac{0.70}{0.70-0.70}$	1 $\frac{24.8}{24.8; 24.8}$	1 $\frac{4.1}{4.1; 4.1}$	1 $\frac{23}{23; 23}$
紫色土	4 $\frac{41.0-86.0}{68.8; 68.8}$	23 $\frac{0.20-1.45}{0.69; 0.70}$	16 $\frac{15.1-140.1}{63.8; 93.2}$	19 $\frac{4.4-38.0}{12.1; 14.1}$	16 $\frac{55-786}{551; 600}$
石灰(岩)土	8 $\frac{23.0-54.0}{36.0; 41.2}$	10 $\frac{0.72-4.30}{1.76; 2-62}$	10 $\frac{53.0-570.0}{162.8; 516.9}$	10 $\frac{19.4-91.6}{43.3; 85.3}$	10 $\frac{313-4340}{1396; 3956}$
冲积土	3 $\frac{30.0-56.0}{45.3; 45.3}$	8 $\frac{0.36-1.35}{0.62; 0.62}$	8 $\frac{32.5-115.0}{715; 715}$	8 $\frac{13.8-39.6}{22.4; 22.4}$	8 $\frac{149-834}{445; 445}$
水稻土	69 $\frac{19.8-190.0}{72.2; 72.2}$	139 $\frac{0.11-5.35}{0.72; 0.72}$	137 $\frac{2.2-440.0}{67.1; 67.1}$	140 $\frac{0.9-78.4}{19.7; 19.7}$	140 $\frac{24-1130}{257; 257}$
思茅地区土壤	129 $\frac{2.0-360.0}{67.3; 46.9}$	$\frac{0.11-5.35}{0.95; 1.22}$	286 $\frac{2.2-570.0}{72.8; 73.0}$	290 $\frac{0.9-91.6}{22.2; 25.4}$	291 $\frac{23-4340}{468; 614}$
中国土壤	$\frac{\text{痕迹}-500.0}{64}$	$\frac{0.10-6.00}{1.70}$	$\frac{<3-790}{100}$	$\frac{2-300}{22}$	$\frac{47-5000}{710}$
世界土壤	$\frac{2-10}{10; 10-20}$	$\frac{0.20-5.0}{1.0-2.0}$	$\frac{10-300}{50; 50-100}$	$\frac{2-200}{20; 15-40}$	$\frac{50-5000}{600; 850}$

* x^- : 样点平均值; x^+ : 面积加权平均值; n : 样点数。

表 2 云南省思茅地区土壤微量元素有效态含量 (ppm)
Table 2 The available trace element contents of soils in Simao, Yunnan (surface horizon, ppm)

土壤类型 Soil	B	Mo	Zn		Cu	Mn			
			(DTPA)	(HCl)		(DTPA)	NH ₄ AC	NH ₄ AC C ₆ H ₅ (OH) ₂	H ₂ O
砖红壤	15 0.04—0.55 0.23; 0.28	14 0.08—0.61 0.16; 0.08	7 0.38—5.55 2.14; 1.53	8 0.10—6.80 2.08; 0.65	16 0.45—4.30 1.31; 1.20	7 8.0—141.4 57.4; 27.1	8 4.0—176.5 111.5; 48.5	8 4.5—176.5 111.5; 48.5	8 0.04—1.65 0.71; 0.43
赤红壤	100 痕迹—0.79 0.25; 0.20	99 0.02—0.54 0.13; 0.12	65 0.05—9.69 1.27; 1.24	44 0.20—4.50 1.03; 1.45	109 0.03—8.75 1.51; 1.21	61 0.2—195.3 45.2; 29.1	26 1.2—192.0 95.4; 96.3	22 痕迹—3.60 0.79; 0.69	
红壤	59 0.01—0.67 0.27	58 0.04—0.46 0.13; 0.11	36 0.41—9.70 1.54; 1.62	24 0.35—6.10 2.01; 2.48	58 0.30—4.65 1.49; 1.43	31 0.4—95.0 44.1; 41.5	19 4.8—88.0 34.6; 43.7	18 11.5—184.0 117.6; 129.3	18 0.68—3.10 0.87; 0.87
黄棕壤	22 0.02—0.44 0.18; 0.17	22 0.03—0.77 0.14; 0.12	10 0.45—2.40 1.35; 1.39	12 0.65—3.35 1.43; 1.45	22 0.15—9.50 1.34; 1.38	10 1.5—55.0 17.3; 14.1	8 2.0—47.2 17.8; 14.0	8 3.5—116.0 63.6; 44.1	7 0.07—0.95 0.60; 0.52
棕壤	5 0.0—0.21 0.09; 0.09	5 0.07—0.10 0.08; 0.08	3 2.75—9.30 4.98; 4.98	2 1.60—3.60 2.60; 2.60	5 0.65—2.10 1.24; 1.24	3 5.4—60.5 31.1; 31.1	2 1.4—164.0 9.4; 9.4	2 2.0—46.5 24.3; 24.3	2 0.15—1.19 0.67; 0.67
亚高山草甸土	1 0.23 0.23; 0.23	1 0.08 0.08; 0.08			1 0.72 0.72; 0.72		1 1.2 1.2; 1.2	1 1.5 1.5; 1.5	1 0.11 0.11; 0.11
紫色土	23 0.03—0.52 0.22; 0.29	22 0.03—0.52 0.11; 0.12	17 0.38—2.25 1.28; 1.28	10 0.65—2.55 1.48; 1.48	27 0.01—3.15 1.12; 1.01	17 0.2—218.8 63.2; 82.7	5 3.2—64.0 22.2; 22.2	5 5.1—172.0 101.2; 101.2	4 0.04—3.60 0.74; 0.74
石灰(岩)土	10 0.04—0.68 0.15; 0.09	10 0.08—0.46 0.17; 0.18	6 1.20—4.48 2.74; 2.74	8 0.90—3.35 2.35; 2.22	11 0.65—5.00 2.79; 3.76	6 0.1—187.0 105.0; 105.0	4 2.0—8.0 3.9; 3.3	4 138.0—212.0 186.0; 184.3	4 0.04—2.90 0.68; 2.60
冲积土	10 0.04—0.91 0.28; 0.28	10 0.07—0.18 0.11; 0.11	12 0.27—1.10 0.82; 0.82	5 0.75—8.50 4.60; 4.60	15 0.64—6.60 2.36; 2.36	11 16.3—54.4 28.8; 28.8	4 4.4—64.0 24.6; 24.6	4 152.5—164.0 118.6; 118.6	4 0.25—0.70 0.40; 0.40
水稻土	184 痕迹—1.07 0.23; 0.23	184 痕迹—1.14 0.11; 0.11	116 痕迹—4.50 1.06; 1.06	108 0.30—16.8 2.26; 2.26	227 0.14—10.80 3.06; 3.06	99 0.1—145.3 42.2; 42.2	80 1.6—121.6 27.5; 27.5	80 3.2—188.0 61.7; 61.7	99 痕迹—4.00 0.50; 0.50
思茅地区土壤	429 痕迹—1.07 0.23; 0.23	425 痕迹—1.14 0.12; 0.12	272 痕迹—9.70 1.30; 1.39	222 0.10—16.80 1.99; 1.74	491 0.01—10.80 2.23; 1.33	245 0.1—218.8 44.9; 37.6	157 1.2—288.0 30.9; 35.3	156 1.2—212.0 81.5; 99.1	169 痕迹—4.00 0.59; 0.71

* \bar{x} : 样点平均值; s^{-1} : 面积加权平均值; n : 样点数。

表3 云南省思茅地区土壤有效微量元素分级与分布频率(表层)

Table 3 Gradation and distribution frequency of available trace elements in soils of Simao, Yunnan (surface)

元 素 Element	含量分级 (ppm) Levels of available trace elements					临界值 Critical value	分布频率(%) Distribution frequency				
	一	二	三	四	五		一	二	三	四	五
B	<0.2	0.2—0.5	0.5—1.0	1.0—2.0	>2.0	0.50	54	37	9		
Mo	<0.1	0.1— 0.15	0.15— 0.2	0.2—0.3	>0.30	0.15	51	26	12	7	4
Zn (DTPA)	<0.3	0.3—0.5	0.5—1.0	1.0—3.0	>3.0	0.5	5	14	30	46	5
Zn (HCl)	<1.0	1.0—1.5	1.6—3.0	3.1—5.0	>5.0	0.5	28	24	28	15	5
Cu	<0.1	0.10— 0.2	0.20— 1.0	1.0—1.8	>1.8	0.2	*	**	23	30	47
Mn (DTPA)	<1.0	1.0—5.0	5.0— 15.0	15—30	>30	5.0	6	4	19	21	50
Mn (NH ₄ AC)	<1.0	1.0—2.0	2.1—3.0	3.1—5.0	>5.0	3.0		5	2	9	84
NH ₄ AC + C ₆ H ₅ (OH) ₂	<50	50—100	101—200	201—300	>300	100	45	14	40	1	

*: 仅有一个样点; **: 仅有一个样点。

验增产效果极显著 ($t = 3.928 > t_{0.01} = 2.921$), 平均亩增产 54.9 公斤, 增产 63.2%; 7 次水稻试验增产效果显著 ($t = 2.767 > t_{0.05} = 2.179$), 平均亩增产 33.5 公斤, 增产 7.8%; 11 次花生试验增产显著 ($t = 2.510 > t_{0.05} = 2.088$), 平均增产 18.6 公斤, 增产 20.0%; 玉米试验亩增产 51.4 公斤, 增产 13.4%。

(二) 钼

1. 全钼: 该区全钼含量为 0.11—5.35ppm, 平均含量 0.95ppm (自然 ± 1.21 ppm > 耕地土 0.91ppm), 明显低于我国土壤的平均含量^[1] (1.70ppm) 和世界土壤的平均含量^[2] (2.0ppm) (表 1)。全钼变幅大, 相同土类中含量相差 1.2—48 倍。有 68% 的样点含量分布在 <0.5—1.0ppm 之间(图 1)。各类土壤全钼的平均含量为 0.62—1.70ppm, 多雨山地和水耕或冲积土壤明显偏低。不同母质的土壤平均含量为 0.60—1.76ppm (表 4)。

2. 有效态钼: 有效态钼含量为痕迹—1.14ppm, 平均含量 0.12ppm (表 2), 低于缺钼的临界值含量 (0.15ppm)。有 77% 的样点含量分布在 <0.1—0.15ppm, <0.1ppm 的样点占 51% (表 3)。思茅地区大多数土壤缺有效态钼, 在临界值以下的土壤面积: 自然土占 79%, 耕地占 77%。各类土壤的平均含量为 0.08—0.17ppm (表 2)。除石灰(岩)土和砖红壤外, 均在临界值以下。全钼和有效钼的含量基本对应一致。108 个土属、种含量有 79 个在临界值以下, <0.10ppm 的有 36 个。不同母质的土壤平均含量为 0.07—0.46ppm (表 4)。除紫红岩和碳酸盐岩类外均低于临界值。

表 4 云南省思茅地区各类母质发育的土壤微量元素含量
 Table 4 Contents of trace elements in the soils derive from different matter rock in Simao district
 (surface horizon, ppm)

类型 Type	全量 Total						有效态 Available									
	n	B	Mo	Zn	Cu	Mn	n	B	Mo	Zn	Cu	Mn		H ₂ O		
										DTPA	HCl	DTPA	DTPA	NH ₄ Ac + C ₆ H ₅ (OH) ₂		
致性岩发育的土壤	5	20.0	1.55	57.7	26.0	496	9	0.14	1.11	1.00	1.47	1.02	54.9	10.5	45.3	0.52
基性岩发育的土壤	8	38.6	1.33	115.6	32.9	1087	12	0.18	0.10	1.15	2.26	1.92	26.1	62.6	130.3	0.68
泥质岩发育的土壤	64	91.0	1.26	76.4	27.5	688	110	0.25	0.14	1.71	1.69	1.58	38.8	43.6	93.2	0.82
紫红岩发育的土壤	9	50.9	1.24	64.2	29.3	387	19	0.26	0.46	1.60	2.38	1.64	21.6	26.0	66.7	1.41
紫色岩发育的土壤	44	68.2	0.80	60.6	16.1	547	73	0.25	0.11	1.14	1.62	1.16	48.6	31.5	112.1	0.62
碳酸盐岩发育的土壤	12	35.8	1.76	155.8	39.5	1227	18	0.17	0.20	2.46	2.38	2.48	112.9	3.8	186.0	0.66
石英质岩发育的土壤	2	86.0	0.60	27.4	10.0	82	4	0.29	0.07	1.30	4.98	0.58	23.0	9.5	11.1	1.31
冲积物发育的土壤	8	45.3	0.61	71.5	22.4	445	15	0.29	0.11	0.77	5.50	2.36	32.0	24.6	118.6	0.40
冲积物母土水稻土	83	67.1	0.65	62.9	18.7	202	147	0.20	0.11	0.97	2.44	2.91	38.2	22.4	52.4	0.51
红壤性母土水稻土	27	90.5	1.02	82.9	26.8	392	45	0.27	0.13	1.25	2.24	3.45	61.5	34.1	86.6	0.61
紫色土性母土水稻土	25	91.0	0.60	62.9	16.1	271	31	0.28	0.09	1.27	1.70	2.68	34.0	37.7	61.9	0.40

注: n 为样本数。

3. 田间试验: 46次施用钼酸铵试验结果, 平均每增产24.5公斤, 增产23.6%。27次花生试验增产效果极显著 ($t = 4.608 > t_{0.01} = 2.794$), 平均亩增产24.4公斤, 增产20.9%; 13次大豆试验增产效果极显著 ($t = 5.981 > t_{0.01} = 2.628$), 平均亩增产23.4公斤, 增产42%; 玉米试验亩增39.4公斤, 增产10.3%。

(三) 锌

1. 全锌: 含量为2.2—570ppm, 平均含量72.8ppm, 低于全国土壤的平均含量(100ppm), 接近或略高于世界土壤的平均含量^[4](表1)。全锌含量变幅大, 同类土壤中, 样点含量相差2.5—199倍。有68%的样点含量分布在30—100ppm(图1)。各类土壤平均含量为24.5—162.8ppm(表1), 不同母质的土壤平均含量为27.4—155.8ppm(表4)。

2. 有效态锌: 用不同浸提液分析, 按现有临界值指标评定缺锌土壤面积, 其结果不一致。依田间试验结果看, 以0.1N HCl浸提测定的结果, 更能反映本区土壤缺锌状况。

(1) DTPA浸提测定: 痕迹—9.7ppm, 平均1.30ppm, 高于缺锌临界值0.5ppm^[2]。76%的样点含量分布在0.5—3.0ppm, 临界值(0.5ppm)以下的样点占19%(表3)。临界值以下的土壤面积: 自然土占13.77%, 耕地占6.25%。各类土壤的平均含量, 除冲积土外, 均在边缘值(0.5—1.0ppm)以上(表2)。108个土属、种的平均含量: 临界值以下的有12个, 在边缘值的有30个。不同成土母质的土壤平均含量为0.77—2.46ppm(表4), 多在边缘值以上。

(2) 0.01N HCl浸提测定: 结果为0.10—16.8ppm, 平均含量1.99ppm(加权平均为1.74ppm)(表2), 高于临界值^[2]1.50ppm。(耕地加权平均为1.50ppm与临界值相当)。样点含量变幅大, 离散性大, 有52%的样点含量在临界值以下(表3)。临界值以下的缺锌土壤面积: 自然土占56.5%, 耕地占46%(水稻土占29%, 旱地占50%)。各类土壤的平均含量为1.03—8.2ppm(表2), 有三个土类在临界值以下。108个土属、种的平均含量在临界值以下的32个, 在1.5—3.0ppm的46个, >3.0ppm的20个。不同母质的土壤平均含量为1.47—5.50ppm(表4), 只有酸性岩类在临界值以下。

3. 田间试验: 94次施用硫酸锌试验结果平均亩增产37.2公斤, 增产13.5%。55次水稻试验增产效果极显著 ($t = 7.38 > t_{0.01} = 2.576$), 平均亩增36.3公斤, 增产10.4%; 25次玉米试验增产效果极显著 ($t = 4.406 > t_{0.01} = 2.690$), 平均亩增43.9公斤, 增产21.2%; 6次陆稻试验增产效果显著 ($t = 2.572 > t_{0.05} = 2.120$), 平均亩增34.3公斤, 增产20.2%; 花生试验亩增11.05公斤, 增产11.5%。

(四) 铜

1. 全铜: 该区土壤含量为0.9—91.6ppm, 平均含量22.2ppm, 与我国土壤的平均含量^[1](22ppm)和世界土壤的平均含量(20ppm)(表1)大体一致。全铜变幅大, 69%的样点含量在<15—25ppm(图1), 同类土壤样点含量相差1.9—86倍。各类土壤的平均含量为4.1—43.3ppm(表1)。不同母质的土壤平均含量为16.1—39.5ppm(表4)。

2. 有效态铜: 含量为0.01—10.8ppm, 平均为2.23ppm(表2), 高于缺铜临界值^[2]0.2ppm。样点含量: 除3个样点外都在临界值以上, 53%的样点分布在0.20—1.80ppm, 47%的样点在1.80ppm以上(表3)。缺铜土壤面积: 自然土占1.7%, 耕地占0.59%。

各类土壤的平均含量为 0.72—3.06ppm (表 2) 都在临界值以上, 108 个土属、种的平均含量小于临界值的仅 2 个, 大于临界值的 106 个, 其中含量 $>1.0\text{ppm}$ 的 95 个。不同母质的土壤平均含量为 0.58—3.45ppm (表 4), 都在临界值以上。

3. 田间试验: 缺铜水稻土施硫酸铜试验结果, 亩增 17.5 公斤, 增产 7.0%。

(五) 锰

1. 全锰: 该区土壤含量为 23—4340ppm, 平均含量 468ppm (加权平均含量 614ppm), 低于我国土壤的平均含量^[1] (710ppm) 和世界土壤的平均含量^[4] (600ppm、850ppm) (表 1)。全锰变幅很大, 77% 的样点含量分布在 $<400\text{—}600\text{ppm}$ (图 1)。各类土壤的平均含量为 23—1396ppm (表 1), 相差 60 倍。不同母质的土壤平均含量为 82—1227ppm (表 4), 相差 14 倍。

2. 有效态锰: (1) DTPA 浸提有效态锰为 0.1—218.8ppm, 平均 44.9ppm (表 2), 高于临界值(自定 5.0ppm) 的 8 倍。71% 的样点 $>30\text{—}15\text{ppm}$ (表 3), 同类土壤样点含量相差 10—188 倍。各类土壤平均含量 17.3—105.0ppm, 均在临界值以上。仅有 3 个土种的平均含量在临界值以下, 占土壤面积不到 1%。

(2) 代换态锰为 1.2—288.0ppm, 平均 30.9ppm (表 2), 高于临界值^[2] 3.0ppm 的 9 倍。93% 的样点含量 $>5.0\text{—}3.0\text{ppm}$ (表 3)。同类土壤样点含量相差 3—240 倍。各类土壤的平均含量, 仅亚高山草甸土在临界值以下 (1.2ppm) (表 2)。只有 8 个土种的平均含量小于临界值, 占土壤面积 4%。

(3) 还原态锰为 1.2—212.0ppm, 平均含量 81.5ppm (表 2), 低于临界值 (100ppm), 同类土壤样点含量最大相差 159 倍。59% 的样点含量 $<50\text{—}100\text{ppm}$ (表 3)。临界值以下土壤面积: 水稻土 90%, 旱耕地 32%, 自然土 55%。各类土壤平均含量为 1.5—185.0ppm (表 2), 相差 123 倍, 有五类土壤低于临界值。108 个土属、种的平均含量, 小于临界值的 60 个, 其中 $<50\text{ppm}$ 的 25 个, 大于临界值的 48 个。

(4) 水溶态锰的痕迹 $\sim 4.00\text{ppm}$, 平均含量 0.59ppm (表 2)。各土类的平均含量, 除亚高山草甸土最低为 0.11ppm 外, 都在 0.40—0.87ppm。

用现有临界值指标评定该地区土壤各种形态锰, 结果差异甚大。DTPA 提取和代换态锰临界值指标是否偏低, 还原态指标又偏高, 值得研究。

(5) 不同母质的土壤平均含量: DTPA 浸提有效态锰为 21.6—112.9ppm, 代换态锰为 22.4—62.6ppm, 均在临界值以上 (表 4)。还原态锰为 11—186ppm (表 4), 除碳酸盐岩、基性岩、冲积物和紫色岩类外均低于临界值。

3. 田间试验: 在缺锰的白沙土田(全锰 41ppm、DTPA 有效态锰 1.9ppm) 和白沙胶田上施用硫酸锰试验结果, 水稻增产 34.9 公斤/亩, 增产 12.6%, 花生亩增 18.5 公斤, 增产 19%。

参 考 文 献

- [1] 刘铮、朱其清等, 1978: 我国主要土壤中微量元素的含量与分布初步总结。土壤学报, 第 15 卷 2 期, 130—150 页。
- [2] 刘铮、朱其清、唐丽华等, 1982: 我国缺乏微量元素的土壤及其区域分布。土壤学报, 第 19 卷 3 期, 209—223 页。

- [3] 刘铮、朱其清、唐丽华等,1980: 土壤中钼与钼肥应用。中国科学院微量元素学术交流会汇刊。114—123页,科学出版社。
- [4] 贺家媛、郑文麒、邓留珍等,1986: 河南省土壤微量元素含量分布及在农业上的应用。土壤学报,第23卷2期,132—141页。

THE CONTENT AND DISTRIBUTION OF TRACE ELEMENT IN THE SOILS OF SIMAO DISTRICT IN YUNNAN

Li Songqin, Wu Bingjun and Wu Guangyun

(Agricultural Institute of Simao District, Yunnan)

Luo Chenggang

(Test and Analysis Institute of Simao District Yunnan)

Hu Wei

(Soil and Fertilizer Station of Simao District Yunnan)

Summary

Trace element content of 1049 soil samples collected from Simao district in Yunnan were determined. Results obtained showed that the total contents B and Cu in the soils of Simao are approximately the same as the mean contents in soils of the country, those of Mo, Zn, Mn are lower than the mean values of the country; available B, Mo, Zn are generally deficient, the samples of which the contents of B, Mo and Zn are below critical values constitute 91%, 77%, and 52% respectively; available Cu and Mn are more abundant. Trace element contents in soils of Simao vary in a greater range, and they are distributed unevenly, being affected by genetic conditions such as parent materials, climate relief etc. and genetic process. 177 field experiments in 58 sites showed significant of trace element fertilizers on crop yield increase with a the increase rate of 14.1%.