

四川盆地土壤中微量元素的含量 分布及其有效性的研究*

杨定国 成延鳌 温琰茂 金爱珍

(中国科学院成都地理研究所)

摘 要

四川盆地是一个古老的农业区,但其土壤中的微量元素,尚未曾作过专门研究。本文研究了四川盆地土壤中微量元素硼、锌、铜、锰、铁的含量分布状况和影响其有效性的某些因子。结果表明:各元素的总含量较高,但有效硼的含量很低,有效锌和锰的含量在多数土壤中亦较低,有效铜和铁的含量却较丰富。土壤中各微量元素的含量因土而异,其有效性受 pH 和有机质含量的影响,各有效态微量元素的含量均是 pH<7 的高,而 pH>7 则低,且与有机质含量呈显著正相关关系。水稻土中各有效态微量元素(除硼以外)的含量一般高于同母质发育的旱地。

四川盆地是一个开发很早的古老农业区,很久以来就是我国的重要“粮仓”之一。其土壤中的微量元素,尚未曾做过专门研究。

近年来,为了探索四川盆地土壤中微量元素的丰缺状况,明确其缺乏微量元素的土壤类型及其区域,为在这一地区开展微量元素肥料试验和因地制宜地推广使用微量元素肥料提供依据,我们于 1977 年起对四川盆地土壤中的微量元素进行了普查。本文就其硼、锌、铜、锰、铁的含量分布及其有效性问题的研究进行总结。

一、土壤标本的采集与分析

土壤标本的采集是按土壤类型、成土母质类型及各类土壤面积的大小和在农业生产中所处的地位,在境内(102个县)比较合理地布置 620 余个采样点,取表层标本(每个样以多点取土混合而成)和剖面标本(按发生层次分层取土样)计 1000 余个,其中三层以上的剖面 78 个。

分析方法:硼、锌、铜、锰各元素的全量用 2 米光栅发射光谱仪测定;有效态硼用沸水提取,姜黄素比色法测定;有效态锌、铜、锰、铁用 0.005M 二乙三胺五醋酸(DTPA)提取,原子吸收分光光度计测定。

二、结果与讨论

(一) 四川盆地土壤中微量元素的含量分布

土壤中微量元素的全量含量主要决定于成土母质。四川盆地土壤中微量元素的含量分布状况(表 1),在一定程度上体现了这一特点。其基本趋势是:灰岩发育的土壤微量

* 本文土样的分析由殷义高、吕瑞康、吴桂春、贺振东、邓瑞莲、何昌慧、陈孔明、严丽媛、高岚、冯维敏等同志分别承担,谨此致谢!

表 1 四川盆地土壤微量元素的全量(ppm, 深度 0—20cm)

Table 1 Total content of trace elements in soils of Sichuan Basin

土壤类型 Soil type		B			Zn			Cu			Mn		
		n	R	\bar{x}	n	R	\bar{x}	n	R	\bar{x}	n	R	\bar{x}
水稻土	冲积性水稻土	29	32—140	82.6	29	54—190	107.3	29	12—125	37.6	29	170—860	512
	紫色土性水稻土	20	27—128	64.2	20	37—220	107.7	18	17—50	27.0	19	41—1100	563
	黄壤性水稻土	11	20—155	81.5	11	54—135	95.3	7	13—74	37.1	10	90—960	644
紫色土	碳酸盐紫色土	27	17—300	70.3	26	59—195	90.3	27	11—80	31.8	27	130—1250	718
	中性紫色土	29	42—200	71.4	29	41—270	119.6	31	11—50	29.5	30	86—1100	569
	酸性紫色土	11	19—189	66.6	11	60—210	110.9	11	14—85	27.6	11	78—1070	604
黄壤	矿子黄泥土	16	34—370	116.6	16	63—400	147.2	16	16—56	33.1	16	480—1400	938
	黄沙土	6	19—189	94.7	6	45—125	90.5	14	9—56	32.5	7	260—1250	570
	老冲积黄泥土	2	115—123	119.0	1	165	—	2	15—58	36.5	2	860—940	900
	黄沙泥土	15	36—122	88.0	15	51—400	147.7	11	12—82	36.5	15	250—1750	735
黄棕壤		4	61—127	97.2	4	48—105	71.0	4	19—49	34.6	4	159—1550	864
总计		170	17—370	80.7	168	37—400	112.8	170	9—125	33.0	170	41—1750	641

注: n—样品数; R—含量范围; \bar{x} —平均含量。

元素含量一般较高,泥岩发育的土壤也较高,而砂岩发育的土壤通常较低。

据 170 个表层土壤标本的测定结果(表 1),四川盆地土壤中微量元素的含量,与现有一些报道的世界土壤和我国土壤的含量^[1,2,6]相比,硼、锌、铜含量相对较高,而锰含量相对偏低,但均尚属一般土壤的正常含量范畴。

四川盆地土壤全硼的含量范围 17—370ppm, 平均 80.7ppm, 高于我国土壤平均含量(64 ppm)和世界土壤平均含量(8ppm);全锌的含量范围 37—400ppm, 平均 112.8ppm, 高于我国土壤平均含量(100 ppm)和世界土壤平均含量(50ppm);全铜的含量范围 9—125 ppm, 平均 33.0ppm, 高于世界土壤和我国土壤平均含量(分别为 20ppm 和 22ppm);全锰的含量范围 41—1750ppm, 平均 641ppm, 低于世界土壤(850 ppm)和我国土壤(710 ppm)的平均含量。这说明四川盆地是土壤硼、锌、铜含量比较丰富的一个区域。但在所分析的样品中,其含量低于其平均值的样点依然占有相当大的比例。其中,硼、锌、铜的含量低于其平均值的样点均约占 60%;全锰含量低于其平均值的样点占 54% 左右,而低于世界土壤和我国土壤平均含量的样点所占比例更大,分别为 74% 和 60%。

土壤中微量元素含量的变幅很大,可以相差数十倍、数百倍以至千倍^[1]。但四川盆地土壤微量元素含量的变幅相对较小,其平均含量在不同土壤类型间的差异均不足 1 倍;就所测土样各元素含量的极端值而言,其最高与最低值间的差异仅在 10—42 倍范围内波动,其中锌约相差 10 倍,铜约相差 13 倍,硼约相差 21 倍,锰约相差 42 倍。

从图 1 可见,硼和铜的分布频率相对较为集中,所测样品中,全硼含量在 50—100ppm 范围内的样点约占 50%,全铜含量在 20—40ppm 范围内的样点约占 55%;而锌和锰的分布频率则相对较为离散,二者均在两种含量范围内出现相对的峰值,例如全锌含量在 50—100ppm 和 100—200ppm 范围内的样点分别占 50% 和 40%,同样全锰含量在 200—500 ppm 和 500—800ppm 范围内的样点分别占 30% 和 37%。这说明四川盆地土壤中微量元

素的分布并不均匀。

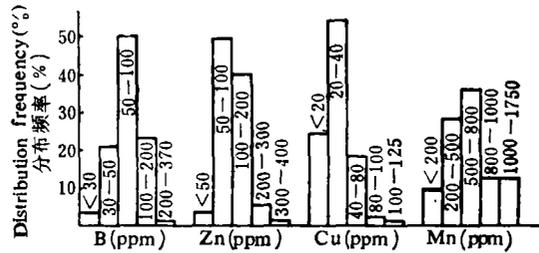


图1 四川盆地土壤微量元素全量的分布频率

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

从表1看出,四川盆地不同类型土壤微量元素含量分布的变异比较复杂。全硼以老冲积黄泥土和矿子黄泥土最高,分别为119ppm和116.6ppm;紫色土性水稻土和酸性紫色土最低,分别为64.2ppm和66.6ppm;其余土壤介于70—97ppm之间。全锌以矿子黄泥土和黄沙泥土最高,均为147ppm左右;黄棕壤最低,为71ppm;其余土壤介于90—120ppm之间。全铜以紫色土性水稻土和酸性紫色土最低,均在27ppm左右;其余土壤介于30—38ppm之间。全锰以矿子黄泥土和老冲积黄泥土最高,分别为938ppm和900ppm;冲积性水稻土、紫色土性水稻土和黄沙土最低,分别为512ppm、563ppm和570ppm;其余土壤介于600—860ppm。这种变异的出现主要是成土母质和成土过程影响的结果。

(二) 四川盆地土壤中有效态微量元素的含量分布

620余个表层标本测定结果(表2)表明:四川盆地土壤中各有效态微量元素的含量变幅较大,不同土壤间含量差异较明显,各元素含量的分布频率因土而异。这反映出四川盆地土壤中微量元素的有效性是不均衡的。

从表2可看出:四川盆地土壤有效态硼的含量普遍很低,缺硼土壤分布非常广泛;有效态锌和锰的含量在多数土壤中亦较低,而有效态铜和铁的含量却较高。

有效态硼的含量范围0.01—1.61ppm,平均0.23ppm。明显低于缺硼临界值0.5ppm。其中,含量<0.5ppm的样点占96%,而含量<0.25ppm的严重缺硼样点亦占65%。

有效态锌的含量范围0.08—9.60ppm,平均1.45ppm。此平均值虽高于缺锌临界值0.5ppm,但含量<0.5ppm的样点数仅占7%,而含量低于缺锌临界边缘值0.5—1.0ppm的样点数却占了45%。根据我们的研究,四川盆地土壤缺锌临界值为1.0ppm,缺锌临界边缘值为1.0—1.5ppm^[3,4],有效态锌含量<1.5ppm的样点占67%。

有效态铜的含量范围0.1—9.44ppm,平均2.53ppm。约为缺铜临界值0.2ppm的12倍。其含量<0.2ppm的样点仅占2%,而含量>1.0ppm的样点却占了68%。

有效态锰的含量范围0.18—262.4ppm,平均27.8ppm。Lindsay^[7]提出土壤缺锰临界值为1.2ppm,但它并不适合我国的情况。江苏徐州等地锰肥有效土壤DTPA提取的锰含量为10—20ppm^[1];四川绵阳地区玉米、水稻、小麦施锰肥有效土壤DTPA提取的锰含

1) 唐丽华,1982: 土壤中微量元素的测定和分析结果的评价。(文献综述资料)。

表 2 四川盆地土壤中有效态微量元素含量 (ppm, 深度 0—20cm)
Table 2 Contents of available trace elements in soils of Sichuan Basin

土壤类型 Soil type	B			Zn			Cu			Mn			Fe		
	n	R	\bar{x}	n	R	\bar{x}	n	R	\bar{x}	n	R	\bar{x}	n	R	\bar{x}
水稻土	179	0.02—1.61	0.29	183	0.38—4.60	1.54	182	0.22—9.40	4.92	183	0.18—127.2	29.7	184	2.0—313.6	90.3
	85	0.02—0.97	0.23	84	0.41—5.04	1.39	77	0.38—6.26	2.04	83	0.70—184.0	29.9	83	0.88—264.0	55.4
	66	0.03—0.55	0.18	65	0.14—9.60	1.51	70	0.18—9.44	3.12	70	0.18—262.4	30.1	70	2.54—249.0	78.3
紫色土	108	0.02—0.96	0.22	110	0.08—3.86	0.91	102	0.10—5.04	1.18	108	2.2—49.2	16.3	109	0.86—98.0	16.0
	47	0.03—0.97	0.18	48	0.15—3.90	1.25	42	0.20—3.10	0.80	47	0.6—167.2	20.4	47	2.16—225.4	24.6
	16	0.01—0.45	0.19	16	0.30—2.76	1.29	16	0.40—2.86	0.82	16	12.4—75.7	27.5	16	3.16—273.0	52.9
黄壤	44	0.03—0.34	0.19	44	1.32—4.00	2.49	39	2.20—5.60	3.63	39	0.90—88.8	27.7	39	3.30—316.8	42.3
	16	0.09—0.30	0.16	17	0.40—4.60	1.87	17	0.10—3.40	1.15	17	0.76—75.0	29.3	17	27.5—230.0	103.3
	8	0.11—0.31	0.20	8	0.72—5.90	2.48	8	0.72—4.70	1.98	8	8.40—59.2	30.4	8	19.8—187.2	72.0
	43	0.05—0.55	0.23	44	0.30—3.70	1.71	42	0.15—6.40	1.64	42	0.90—154.0	37.3	42	3.90—331.0	73.0
黄棕壤	8	0.03—0.45	0.24	8	0.90—3.30	1.91	8	0.95—4.08	2.45	8	5.24—55.0	28.3	8	38.0—401.4	193.5
棕壤	1	0.18		1	3.00		1	7.50		1	59.0		1	180	
总计和平均	621	0.01—1.61	0.23	628	0.08—9.60	1.45	604	0.10—9.44	2.53	622	0.18—262.4	27.8	624	0.86—401.4	61.1

量为 3.6—26.8ppm¹⁾; 辽宁大豆、玉米施锰肥有效土壤 DTPA 提取的锰含量为 6.0—66.8 ppm²⁾。据此,四川盆地土壤有效态锰含量 <10ppm 的样点占 24%, 10—30ppm 内的样点占 44%, 30—70ppm 内的样点占 25%。

有效态铁的含量范围 0.86—401.4ppm, 平均 61.1ppm。与 Lindsay^[7] 提出土壤缺铁临界值为 4.5ppm 相比较是很充足的。

从表 3 可看出: 有效态硼的分布频率十分集中, 含量 <0.5ppm 的样点数占 96%; 与有效硼的分布频率相比, 有效态锌、铜、锰的分布频率则相对较为离散, 各自在其不同含量范围内的样点一般均占 20—40%, 这说明四川盆地土壤中有效态微量元素含量的分布是不均衡的。

表 2 和表 3 结果说明, 四川盆地土壤有效态微量元素含量的高低顺序及其丰缺状况因元素和土壤类型而异。

有效态硼的平均含量, 介于 0.16—0.29ppm。其中黄砂土、矿子黄泥土、黄壤性水稻土、中性和碳酸盐紫色土最低, 均 <0.2ppm; 冲积性水稻土最高为 0.29ppm; 其余土壤介于 0.2—0.24ppm。各类土壤低于缺硼临界值 (0.5ppm) 的样点数所占比例非常高, 均在 93% 以上。

有效态锌的平均含量介于 0.91—2.49ppm。其中矿子黄泥土和老冲积黄泥土最高, 为 2.49ppm 和 2.48ppm; 碳酸盐紫色土最低为 0.91ppm; 其余土壤介于 1.25—1.91ppm。低于缺锌临界值 1.0ppm^[3,4] 的样点所占的比例, 以碳酸盐紫色土最大 (占 74%), 老冲积黄泥土和黄棕壤最小 (均占 12.5%), 其余土壤介于 23—48%。

有效态铜的平均含量介于 0.80—4.92ppm。其中冲积性水稻土最高为 4.92ppm, 中性和酸性紫色土最低为 0.80ppm 和 0.82ppm, 其余土壤介于 1.15—3.63ppm。各类土壤低于缺铜临界值 (0.2ppm) 的样点所占比例都非常小, 几乎均在 10% 以下 (表 3)。

有效态锰的平均含量介于 16.3—37.3ppm。其中黄砂泥土最高 (37.3ppm), 碳酸盐紫色土最低 (16.3ppm), 其余土壤介于 20—30ppm。含量 <30ppm (当地施锰肥有效土壤 DTPA 提取的锰含量 ≤ 26.8ppm) 的样点所占比例, 以碳酸盐紫色土最大 (占 87%), 黄砂泥土最小 (亦占 48%), 其余土壤介于 49—83%。

有效态铁的平均含量介于 16.0—193.5ppm。其中黄棕壤最高 (193.5 ppm), 碳酸盐紫色土最低 (16.0 ppm), 其余土壤介于 24.6—103.3ppm。各类土壤含量 <4.5ppm 的样点所占比例都很小 (表 3)。土壤缺铁临界值尚无定论, 有 4.5ppm^[7], 6ppm 和 5ppm^[8] 等不同提法, 适合四川盆地的指标尚有待研究。

自 1977 年以来, 我们和农业部门、农业科研单位, 在四川盆地的紫色土、水稻土和部分黄壤上所进行的油菜大面积施硼, 水稻和玉米施锌, 棉花施硼和锌, 以及小麦施锰等的试验、示范和推广, 均取得了良好的增产效果, 平均增产率一般达 10—15%³⁻⁵⁾。初步验证

1) 李全等, 1983: 绵阳地区土壤有效锌、硼、铜、锰、铁含量、分布及效益区划研究。(资料)。

2) 唐雪群, 1982: 锰肥施用效果的初步研究。(资料)。

3) 四川省微量元素科研协作组, 1980: 微量元素研究—四川主要土壤硼、锌含量及其肥效试验研究。(科技成果鉴定资料)。

4) 同前面 1)。

5) 温江地区农业科学研究所, 1979: 温江地区小春微肥试验资料汇编。(资料)。

我们对土壤的分析和研究所得的结果, 其丰缺区域与我国土壤微量元素的丰缺区域分布^[5]符合。

(三) 四川盆地土壤剖面中微量元素的分布

四川盆地自然条件复杂, 影响土壤中微量元素迁移淀积的因子很多, 诸多因子的相互组合匹配又千差万别, 因而其微量元素的剖面分布非常复杂, 往往一种元素在不同剖面中具有多种分布特征, 同一剖面不同元素的分布也不尽相同(表4)。

四川盆地各类土壤 78 个剖面的测定结果表明, 其土壤微量元素的剖面分布大致具有七种类型, 即随剖面深度的增加而呈现: 降低, 升高, 高-低-高(包括表层高于底层和表层低于底层两种类型), 低-高-低(亦包括表层高于底层和表层低于底层两种类型), 均匀等。

但从对所测定的 78 个剖面, 按上述分布特征进行分类统计结果发现, 四川盆地土壤剖面中微量元素含量分布的总趋势是: 有效态微量元素的含量, 以随剖面深度的增加而降低这一分布特征占优势; 同一剖面中, 有机质含量高的表土, 其有效态微量元素的含量往往亦高, 表土中相对富集的趋势是一个共同的特点。全量的分布则基本上以降低和升

表 4 四川盆地土壤剖面中微量元素含量的分布 (ppm)

Table 4 Distribution of trace elements in soil profiles of Sichuan Basin (ppm)

土壤类型 Soil type	深度 (cm) Depth	B		Zn		Cu		Mn		Fe
		有效量 Available	全量 Total	有效量 Available	全量 Total	有效量 Available	全量 Total	有效量 Available	全量 Total	有效量 Available
冲积性 水稻土	0—17	0.27	90	0.72	125	0.88	42	38.20	640	12.56
	17—56	0.09	93	1.04	120	0.64	39	1.90	480	1.72
	56—100	0.08	83	1.82	105	1.90	41	107.60	550	51.40
紫色土性 水稻土	0—20	0.28	50	2.16	115	3.35	18	50.00	580	78.50
	20—35	0.26	59	1.06	125	2.13	24	9.80	610	46.00
	35—70	0.22	44	0.68	170	0.99	25	5.60	570	29.80
	70—100	0.18	41	1.00	98	2.13	23	8.80	700	59.30
碳酸盐 紫色土	0—10	0.32	33	0.60	59	0.80	15.5	5.26	560	11.26
	10—30	0.22	49	0.51	47	1.05	15.5	4.43	540	14.50
	30—50	0.13	35	0.40	67	0.35	17.5	3.76	550	4.46
中性紫色土	0—8	0.35	37	0.96	115	0.35	37	23.50	580	14.00
	8—18	0.40	22	0.30	105	0.40	22	37.40	580	15.50
	18—35	0.25	28	0.34	110	0.25	28	5.00	180	28.60
黄沙泥土	0—8	0.35	36	1.05	51	0.49	9	30.10	270	23.50
	8—58	0.24	38	0.35	84	0.12	17	18.90	560	80.00
	58—83	0.31	30	0.30	69	0.10	13	42.50	660	51.30
	83—133	0.23	36	0.23	100	0.09	10	20.30	490	25.30
黄棕壤	1—12	0.10	117	2.80	88	1.50	39	32.80	1350	168.00
	12—30	0.18	105	1.24	97	1.36	42	33.20	1400	168.00
	30—95	0.16	117	0.70	110	0.70	44	20.00	1400	108.00
	95以下	0.26	120	1.46	120	0.44	42	14.20	1200	79.00

高这两种分布特征占优势,其沉积多出现在 20—50 或 70 厘米深度内。

以上分布特点表明:四川盆地土壤剖面中微量元素的迁移累积是生物富集上迁(自然土壤)和耕种施肥(农业土壤)使表土中的含量富化,以及淋溶下移至不同深度淀积的作用兼而有之。这与四川盆地地处亚热带较湿润地区,植物生长发育较为旺盛,具备有生物富集和淋溶淀积的环境条件是吻合的。

从所测定的 78 个剖面看来,其淋溶淀积与其土壤水分和层次组合构型有关。水分充裕而质地偏沙性的土壤如水稻土及黄棕壤,其淋溶相对较强;而淀积则多出现在质地偏粘性土层中。本区同一剖面不同元素以及同一元素在不同剖面中含量分布状况的变异(表 4),则多与此有关联。

(四) 影响土壤中微量元素有效性的因子

土壤中微量元素的有效性受土壤类型、土壤 pH、有机质及人类耕种施肥活动等因子综合影响。四川盆地土壤中有效态微量元素含量因土壤类型而异的情况,前面已作过较为详细的介绍。这里需要指出的是:不同土壤类型间含量差异的出现,固然是受多种因子综合影响的结果,但往往与特殊的土壤条件有密切关系。例如碳酸盐紫色土和 pH 值较低的偏沙性土壤(如酸性紫色土与黄砂土),其有效态微量元素的含量一般都较低。前者可能主要是因其土壤 pH 和碳酸盐含量较高所致;而后两者则可能是土壤呈酸性提高了微量元素的可溶性,质地偏沙活化部分易被淋洗损失之故。

土壤中微量元素的有效性与 pH 和有机质含量有密切相关。根据各类土壤有效态微量元素含量与 pH 值(220 余个标本)和有机质含量(180 余个标本)测定结果的统计(表 5)可以看出:四川盆地土壤中各有效态微量元素的平均含量均是 pH 值 < 7 的高,而 pH 值 > 7 则低;四川盆地土壤的有机质含量多在 3% 以内,在此范围之内,各有效态微量元

表 5 四川盆地土壤中有效态微量元素与 pH 值和有机质含量的关系 (ppm)

Table 5 Relationship between content of available trace elements and pH with organic matter in soils of Sichuan Basin (ppm)

元 素 Element	pH		有机质含量(%) Organic matter content		
	<7	>7	<1	1—3	3—4
B	0.21(138)	0.22(84)	0.18(51)	0.24(131)	0.26(3)
Zn	1.95(138)	1.57(84)	1.16(53)	2.87(131)	2.91(3)
Cu	1.81(138)	1.41(83)	1.16(51)	2.23(131)	3.74(3)
Mn	22.58(136)	11.73(83)	17.47(51)	24.62(131)	26.11(3)
Fe	73.35(136)	19.56(83)	26.35(51)	63.52(131)	215.67(3)

注:表中数字均为平均含量;()内数字为样品数。

素的含量均有随有机质含量的增加而增加的趋势。同时,统计结果也表明,四川盆地土壤中各有效态微量元素的含量与有机质含量呈正相关,其相关系数 r 值分别是:硼为 0.562** ($n = 185$), 锌为 0.412** ($n = 187$), 铜为 0.302** ($n = 185$), 锰为 0.262** ($n = 185$), 铁为 0.477** ($n = 185$), 均达极显著相关水平, $p < 0.001$ 。

四川盆地土壤中微量元素的有效性受人类生产活动,尤其是耕种利用方式不同的影

表 6 四川盆地相同母质发育的水稻土和旱地有效态微量元素平均含量的比较 (ppm, 深度 0—20cm)

Table 6 Comparison of average contents of available trace elements between paddy soil and dry land developed from same parent material in Sichuan Basin.

土 壤 Soil	利用方式 Types of utilization	标 本 数 No. of sample	B	Zn	Cu	Mn	Fe
酸性紫色土	水 田	7	0.17	1.82	1.24	27.5	73.8
	旱 地	16	0.19	1.29	0.80	26.8	52.9
中性紫色土	水 田	36	0.24	1.50	2.01	31.5	71.5
	旱 地	42	0.18	1.25	0.80	20.4	24.6
碳酸盐紫色土	水 田	34	0.22	1.15	2.17	28.4	31.8
	旱 地	102	0.22	0.92	1.18	16.3	16.0
老冲积黄泥土	水 田	60	0.18	1.38	3.14	37.8	74.9
	旱 地	8	0.20	2.49	1.98	30.4	72.0
矿子黄泥土	水 田	4	0.19	2.49	3.63	46.9	60.1
	旱 地	40	0.20	1.93	1.26	27.7	42.3
黄沙土	水 田	2	0.18	1.95	3.10	37.4	126.0
	旱 地	17	0.16	1.87	1.15	29.3	103.3
黄沙泥土	水 田	4	0.24	3.27	4.79	9.00	97.3
	旱 地	44	0.23	1.71	1.64	37.3	73.0

响比较明显,水稻土有效态微量元素的含量除了硼之外,一般都高于相同母质发育而成的旱地(表 6)。

这种差异的出现,很可能是因水稻土的肥力水平和熟化程度一般都高于其旱地,而 pH 值普遍又低于其旱地所致。

参 考 文 献

- [1] 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, 第 23—51 页。科学出版社。
- [2] 中国科学院南京土壤研究所主编, 1978: 中国土壤。第 405—416 页。科学出版社。
- [3] 杨定国等, 1984: 四川盆地水稻土供锌状况的初步研究。土壤, 第 16 卷 1 期, 15—20 页。
- [4] 成延鳌等, 1980: 四川紫色土区作物的锌营养问题。中国科学院微量元素学术交流会汇刊, 第 182—189 页。科学出版社。
- [5] 刘铮等, 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。
- [6] Aubert, H. and Pinta, M., 1977: Trace Elements of Soils. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam-Oxford-New York.
- [7] Lindsay, W. L. and Norvell, W. A., 1978: Development of DTPA soil test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. Soil Sci. Soc. Am. J., 42(3): 421—428.
- [8] de Boer, G. J. and Reisenauer, H. M., 1973: DTPA as an extractant of available soil Iron. Commun. Soil Sci. Pl. Anal., 4(2): 121—128.

INVESTIGATIONS ON THE CONTENT, DISTRIBUTION AND AVAILABILITY OF TRACE ELEMENTS IN THE SOILS OF SICHUAN BASIN

Yang Dingguo, Cheng Yanao, Wen Yanmao and Jin Aizhen
(*Chengdu Institute of Geography, Academia Sinica*)

Summary

The main soil types in Sichuan Basin are paddy soil, purplish soil, yellow earth, yellow brown earth and brown earth. The soil samples of more than 620 sites were analyzed. The main results are summarized as follows: 1. The range and mean value of the total contents of Zn, B, Cu and Mn in the soils of Sichuan Basin are 37—400 ppm with an average of 112.8 ppm, 17—370 ppm with an average of 80.7 ppm, 9—125 ppm with an average of 33.0 ppm, and 41—1750 ppm with an average of 641 ppm respectively. It is obvious that the total contents of B, Zn Cu in the soils of this region are higher than those in the soils of other regions in China. However, total content of Mn is lower than that in the soils of other regions in China. 2. The content of available trace elements varied greatly. The range and mean value of available B, Zn, Cu, Mn and Fe in the soils of Sichuan Basin are 0.01—1.61 ppm with an average of 0.23 ppm, 0.08—9.60 ppm with an average of 1.45 ppm, 0.1—9.44 ppm with an average of 2.53 ppm, 0.18—262.4 ppm with an average of 27.8 ppm, and 0.86—401.4 ppm with an average of 61.1 ppm respectively. The content of available B in the soils of Sichuan Basin is very low (0.16—0.29 ppm), being much more below the critical value (0.5 ppm). Although the average contents of available Zn and Mn are slightly higher, but in the most of soils, especially the calcareous purplish soil, they are lower than the critical values. The contents of available Cu and Fe in the soils of Sichuan Basin are higher.

The availability of trace elements in soils are influenced by many factors. The available trace element contents in the soils of Sichuan Basin are often varied with the soil types, increased with the lowering of soil pH and increasing of organic materials. At same time, the content of available trace elements (except B) in the paddy soil are higher than that in the upland soil derived from the same parent material.