

# 湖北省土壤微量元素含量分布研究\*

谢振翅 马朝红 胡定金 邓小玉 李家书

(湖北省农科院土壤肥料研究所)

## 摘 要

本项研究对湖北省 14 种主要成土母质及其发育的土壤,按土属布点,共取表层土壤样 3346 个,剖面样 305 个和岩石样 40 个,分别测定锌、铜、锰、硼、铁含量取得数据 21,967 项,查明全省土壤锌、铜、锰、硼、铁含量,全量分别平均为 83、27、596、80、35000ppm,有效量分别平均为 0.65、1.11、29.7、0.33、37.1ppm,低于缺乏临界值的耕地共 2460 万亩;研究得出本省近代河流冲积物发育的土壤大多缺锌;酸性结晶岩发育的土壤缺硼;褐色粘土发育的土壤缺锰,红、黄壤缺铜,石灰土缺铁等。综上,编绘出土壤有效性锌、硼、铜、锰、铁缺乏分布图,指导粮、棉、油、果等作物的微肥应用,常年施用面积 800 余万亩,效益显著。

## 一、地区概况

湖北省位于长江中游,西接川、陕,东邻赣、皖、南湘北豫,长江和汉水横贯。海拔 500 米以上的山地占全省总面积的 56%;海拔 100—500 米的丘陵岗地占 24%;海拔 100 米以下的平原占 20%。成土母质主要有板岩、片麻岩、石灰岩、花岗岩、砂页岩、第四纪褐色粘土、第四纪红色粘土以及近代河流冲积物。土壤种类繁多,红壤、黄壤、棕壤、棕红壤、黄棕壤、黄褐土、潮土、灰潮土、水稻土等均有大面积分布。

在农业生产发展过程中,出现的缺素问题较多,浠水等县应用甘蓝型油菜品种出现“花而不实”的油菜缺硼症<sup>[1]</sup>,施硼增产显著。新洲等县用新平整地种植棉花,出现“蕾而不花”的缺硼症<sup>[1]</sup>,施硼增产。江汉平原发展双季稻和推广高产中稻品种出现“白叶倒苗”的缺锌症<sup>[1]</sup>,故施锌可大面积增产。

## 二、样品采制与测定方法

(一) 样品的采集 以土属为基本单元,综合考虑地形、地貌利用方式等因素,以耕地为主,兼顾经济林果树及草场等用地。以耕层土壤为主,大土属兼取部分土壤剖面样,取样时要有代表性和典型性,选择样点要求均匀分布于全省各地,但缺素可能性较大的土壤,其布点应密集。对于厂矿附近及污水灌溉等地,一般不选择取土样。取样深度,根据耕层深度的实际情况,水田取 0—15 厘米,旱地取 0—20 厘米。取土工具限用竹片或不锈钢刀,以确保样品不受污染。

(二) 样品的制备 岩石样品先用不锈钢球磨粉碎,再用玛瑙球磨机制样,过 100 目尼龙筛。

\* 参加此项工作的还有李建匀、郑明珠、徐能海等同志。

土壤样品用木碌、大理石板碾碎, 全量测定, 过 100 目尼龙筛, 速效性养分测定, 过 20 目尼龙筛。

(三) 测定方法 岩石和土壤的全量锌、铜、锰、铁用王水-高氯酸熔融, 土壤的有效性锌、铜、锰、铁含量用螯合剂 DTPA<sup>1)</sup> 提取, pH < 6.5 的土壤用 0.1 NHCl 提取, 易还原态锰用醋酸铵加对苯二酚提取, 均用原子吸收分光光度计测定。土壤全硼测定采用硼电极法, 有效硼测定用热水提取和姜黄素比色法。

土壤的有机质、pH 值、全量氮、磷、钾均采用常规分析方法<sup>[2]</sup>。

### 三、研究结果

#### (一) 湖北省主要岩石中的微量元素含量

湖北省岩石中锌、锰、铜、铁含量分别平均为 60ppm、446ppm、24ppm、18000ppm。各种岩石的锌、锰、铜、铁含量火成岩均高于沉积岩(表 1), 前者分别平均为 58.7ppm、599.2ppm、24.1ppm、15630ppm, 后者分别为 50.1ppm、240.6ppm、21.6ppm、14005ppm。而火成岩中锌、锰、铜、铁含量则是基性岩大于中性岩大于酸性岩, 可能与岩石基质中 SiO<sub>2</sub> 含量依次增多有关。沉积岩中锌、锰、铜、铁含量则是页岩大于砂岩大于灰岩(表 1), 可能与岩石成份依次更趋单一有关。

表 1 湖北省岩石微量元素含量  
Table 1 The content of micronutrients in rocks of Hubei Province

岩石名称 Names of rock	Zn (ppm)		Mn (ppm)		Cu (ppm)		Fe (%)		样本数(个) Number of sample
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	
基性结晶岩	96.5	4.95	1153	1042	26.00	8.49	3.114	0.824	4
中性结晶岩	51.86	36.28	434.4	158.3	26.75	6.99	1.206	0.370	4
酸性结晶岩	32.00	4.24	333.9	1336	17.00	7.07	0.637	0.049	4
页 岩	89.13	15.46	364.4	213.6	39.34	15.68	2.665	0.228	4
砂 岩	35.19	13.36	303.2	218.6	18.22	2.04	1.827	0.622	4
石 灰 岩	27.42	15.22	101.3	56.28	14.78	5.32	0.223	0.130	11
紫色砂页岩	88.44	16.16	437.1	204.1	26.21	28.16	2.948	0.124	4

沉积岩在全省范围内分布广泛, 其中又以石灰岩的分布面积为大, 而它本身的微量元素锌、锰、铜、铁含量均较少, 故为全省土壤微量元素含量提供的基数也较低。

#### (二) 土壤中微量元素含量

由表 2、3 可见, 湖北省土壤全量锌平均为 83ppm, 高于世界土壤<sup>[3]</sup>平均含量 50ppm, 低于全国土壤<sup>[4]</sup>平均含量 100ppm; 全量铁则相反, 平均 35000ppm, 低于世界土壤平均含量 38000ppm, 高于全国土壤平均含量 30000ppm; 全锰量平均为 596ppm, 低于世界土壤平均含量 850ppm 和全国土壤平均含量 710ppm; 全铜平均 26.8ppm, 高于世界土壤平均含量 20ppm 和全国土壤平均含量 22ppm; 全量硼 80ppm, 高于世界土壤 60ppm 和全国土壤平均含量 64ppm。

1) DTPA: 是一种混合浸提剂。

表 2 湖北省土壤微量元素全量含量 (ppm)  
Table 2 The total content of micronutrients in Hubei Soils (ppm)

土壤 Soil	Zn	Cu	Mn	B	Fe
水稻土	84.4 35.0—370.0	45.7 11.2—198.5	477.0 7.0—113.5	62.0 19.4—126.5	29000 15000—40000
黄棕壤	87.3 21.5—161.8	37.1 9.7—145.6	796.6 402—1303	93.1 25.5—355.3	39000 17000—88000
黄壤	86.8 70.4—106.6	19.0 14.9—25.9	428.3 321—566	54.1 29.3—81.4	40000 17000—54000
红壤	76.2 49.0—174.0	32.3 12.0—57.6	524.2 38.9—1393	101.4 67.0—128.4	35000 19000—49000
石灰土	70.8 62.3—79.3	18.9 12.6—25.2	661.7 500—833	94.9 4.94—135.1	37000 34000—39000
紫色土	74.1 71.9—76.9	20.3 13.3—24.8	690.1 658—717	128.1 65.7—191.4	35000 3000—41000
潮土	67.3 56.0—87.7	26.2 20.0—35.0	637.2 628—650	39.2 24.3—54.0	39000 36000—42000
全省土壤	83.0 21.0—370.9	26.8 4.2—376.0	596.3 38.9—1393	80.5 19.4—355.3	35000 15000—88000

表 3 湖北省土壤微量元素剖面分布 (ppm)  
Table 3 Distribution of micronutrients in the profile of the soil of Hubei (ppm)

土壤 Soil	元素 Microelements	表土层 A	心土层 B	底土层 C	剖面数 Number of Profile
红壤	Zn	73.0	66.5	71.0	3
	Cu	25.2	18.2	15.7	3
	Mn	524.2	446.2	367.7	3
	Fe	39000	36000	—	3
	B	—	—	—	—
黄壤	Zn	72.1	73.6	76.4	4
	Cu	17.2	18.0	20.4	4
	Mn	735.4	736.2	667.2	4
	Fe	32800	38500	38500	4
	B	140.0	141.8	144.6	5
黄棕壤	Zn	97.2	101.6	102.6	9
	Cu	26.3	26.4	25.1	9
	Mn	786.0	864.0	695.0	11
	Fe	43700	50000	39900	9
	B	62.9	64.0	59.4	6
水稻土	Zn	80.9	76.6	74.9	13
	Cu	33.4	33.7	39.3	13
	Mn	477.0	470.4	561.4	19
	Fe	29900	35100	36100	7
	B	84.1	87.9	67.5	7

水稻土全量锰、铁、硼含量低，黄壤全量铜、锰、硼含量也低，都与淋溶作用较强相关联。潮土全量锌、硼含量低。石灰土和紫色土的全量锌、铜含量低，是均与成土母质的含量低有关。红壤由于湖北省气温高，热量足，湿度大，岩石矿物风化强烈，植物生长繁茂。风化释放出的某些元素如硼、锌等，一部分被植物吸收一部分受粘土矿物及铁铝氧化物的吸持相结合产生浓集。由表 3 可知，锌、铜、锰、铁、硼五元素均在 A 层富集，呈上高下低的剖面分布。黄壤形成于潮湿的气候条件，淋溶作用强烈，锌、铜、锰、铁、硼在 A 层明显减少，而在 B 层积累。黄棕壤地区气温较低，雨量较少，生物富集作用较弱，锌、铜、锰、铁受淋溶作用的影响均在 A 层减少，在 B 层有一定程度的淀积。水稻土受水耕施肥熟化和氧化还原更替的影响，锰、铁、铜被淋溶而在底土层或心土层明显积累，由于灌溉水中常含有锌、硼，因而表土层含量增多。

### (三) 湖北省土壤有效性微量元素含量分布

土壤有效锌含量平均为 0.65ppm (表 4)，图 1 表明低于 0.5ppm 的样点占 50% 左右，缺锌耕地共 1080 万亩，主要分布于长江、汉水等冲积平原及鄂中、鄂北的黄褐土、黄棕壤、特别是灰潮土和低湖田，早稻缺锌坐苗比较普遍，施锌增产多<sup>[4,6]</sup>，而钙质紫色土和山区冷浸田等低锌土壤则零星分布于各地。土壤有效硼平均 0.33ppm，各地土壤大多低于 0.5ppm，所以油菜施硼在全省范围都有增产效果，但根据我们试验有效硼低于 0.3ppm 的土壤，很多作物施硼有效，故一般采用 <0.3ppm 作为缺硼指标，缺硼耕地为 1198 万亩，其分布如图 2，鄂东南、鄂东北地区火成岩、变质岩发育的土壤大片面积缺硼，其中片

表 4. 湖北省土壤微量元素有效量含量 (ppm)

Table 4 The available content of micronutrients in the soils of Hubei

土 壤 Soil	Zn	Cu	Mn	B	Fe	样本数 Number of samples
水稻土	0.76 0.43--2.11	2.95 2.03--4.72	36.6 5.7--85.7	0.33 0.07--2.24	57.1 24.0--117.7	1513
黄棕壤	0.73 0.40--1.09	0.66 0.52--0.81	32.0 9.1--47.5	0.33 0.10--0.98	15.7 6.0--27.4	428
黄 壤	1.21 0.45--1.45	0.48 0.36--0.60	25.7 16.6--28.8	0.31 0.11--0.76	15.5 8.8--23.9	81
红 壤	1.36 0.35--2.92	0.55 0.67--1.61	45.7 28.1--62.6	0.32 0.12--1.38	12.2 7.8--22.5	155
石灰土	0.72 0.38--1.15	0.75 0.50--1.09	21.2 13.1--32.7	0.34 0.11--0.91	23.8 6.5--27.4	92
紫色土	0.54 0.27--0.95	0.67 0.54--0.85	26.9 7.2--52.5	0.31 0.14--0.81	13.8 9.5--19.6	72
潮 土	0.86 0.50--1.08	1.71 1.68--1.73	20.7 1.4--45.2	0.34 0.09--0.98	25.3 8.3--45.7	325
全省土壤	0.65 痕迹--26.0	1.11 痕迹--49.2	29.7 0.34--240	0.33 0.04--4.24	37.1 痕迹--273.0	3346
缺乏值 (ppm)	<0.5	<0.1(DTPA) <1.0(HCl)	<5	<0.3	<4.5	
耕 地 (万亩)	1080	235	197	1198	172	

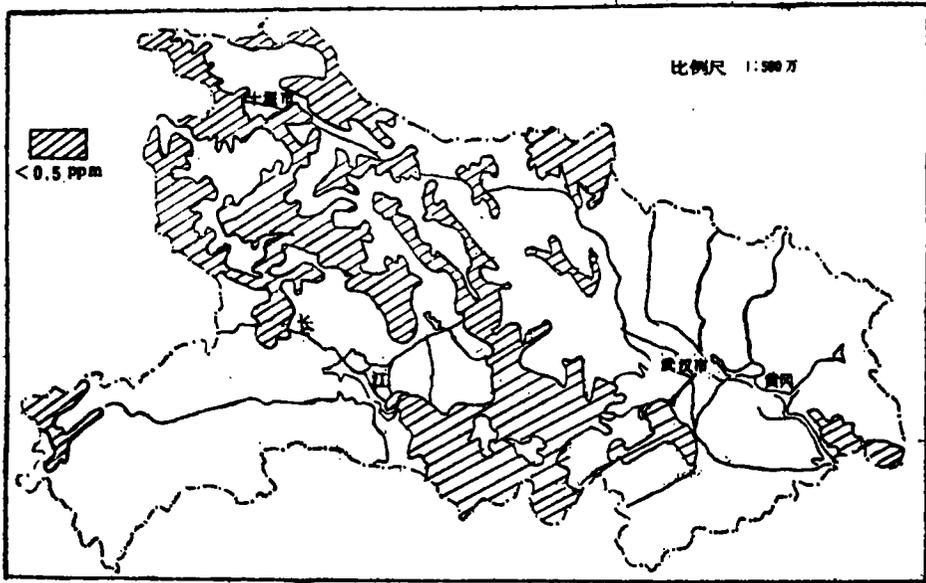


图 1 湖北省土壤有效锌低值含量分布图  
 Fig. 1 Map of soils with available Zn below critical value in Hubei

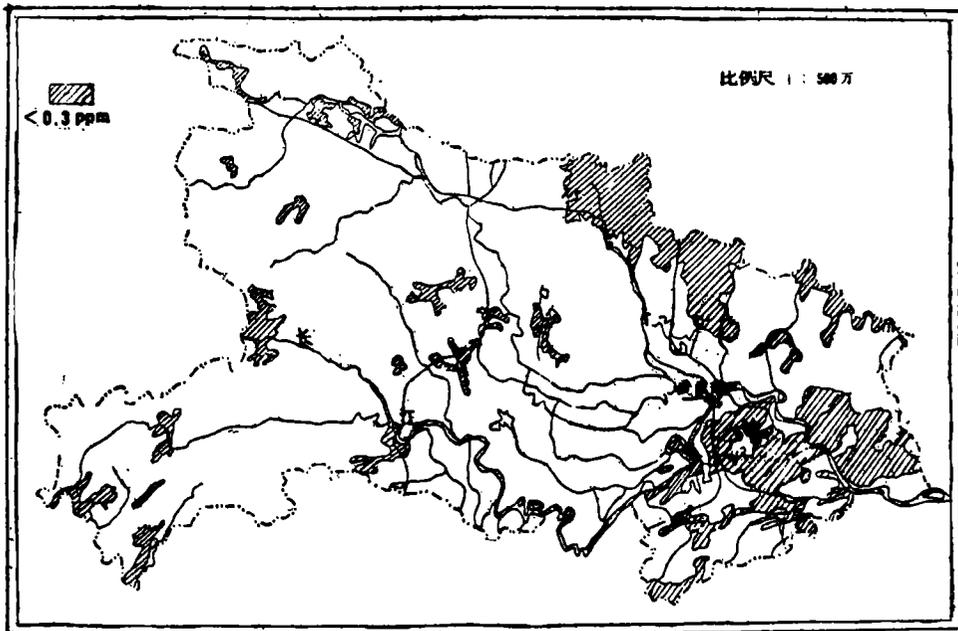


图 2 湖北省土壤有效硼低值含量分布图  
 Fig. 2 Map of Soils with available B below critical value in Hubei

麻岩发育的土壤上油菜薹而不花比较常见<sup>[1]</sup>，而红砂岩、酸性紫色砂页岩、花岗岩等发育的土壤，有效硼含量也都低于 0.3ppm 成片分布于全省各地。土壤有效铜、锰、铁分别为 1.1ppm、29.7ppm、37.1ppm (表 4)，一般土壤含量充足，缺素面积小。有效铜小于

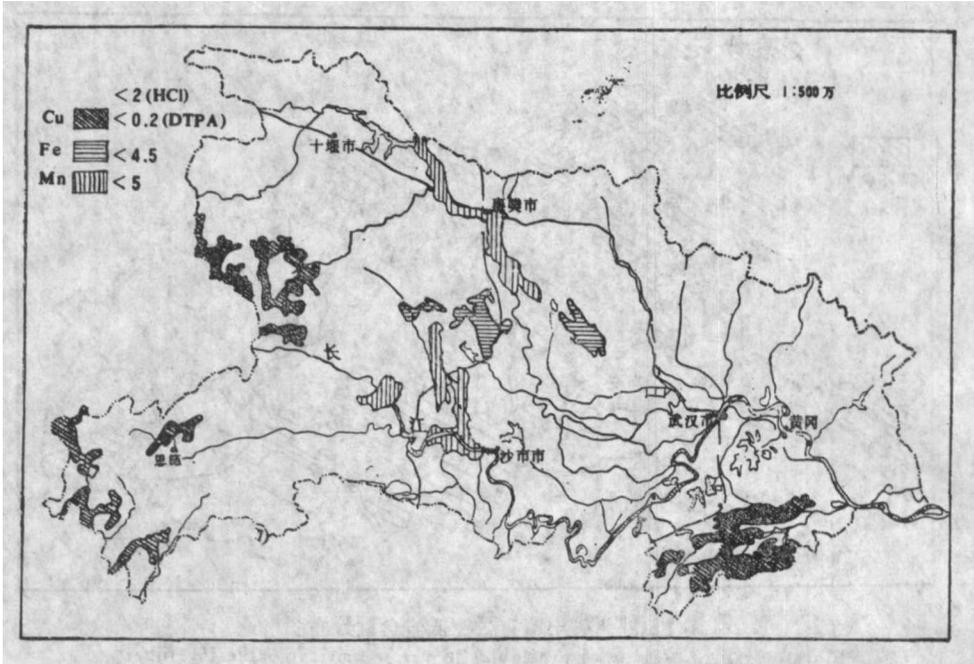


图3 湖北省土壤有效铜、铁、锰低值含量分布图

Fig. 3 Map of soils with available Cu, Fe, Mn below critical value in Hubei

.ppm (0.1NHCl 提取)的土壤(图3), 耕地为235万亩, 集中分布于鄂南、鄂西南红、黄壤地区, 低值点占红、黄壤样点的35%, 鄂西硅质岩、砂岩、冰碛砾岩发育的土壤有效铜也很低; 有效锰小于5ppm的土壤, 耕地为197万亩, 主要分布于长江以北、汉水沿岸及部分丘陵旱地, 多为潮土和黄棕壤; 有效铁小于4.5ppm的土壤零星分布于全省各地石灰土, 仅在鄂中荆门、京山等地有成片分布, 大多为棕色石灰土和紫色土等, 共有耕地172万亩。

#### (四) 土壤有效性微量元素含量与土壤类型、母质、有机质含量和pH值等的关系

1. 主要土类有效性微量元素含量(表4): 有效锌小于0.5ppm(含0.5ppm)的面积: 水稻土(541万亩)>黄棕壤(282万亩)>潮土(183万亩)>紫色土(57万亩)>红壤(14万亩)>石灰土(1万亩)>黄壤(0.5万亩); 有效硼小于0.3ppm(含0.3ppm)的面积: 黄棕壤(600万亩)>水稻土(300万亩)>潮土>红壤(59万亩)>紫色土(9万亩)>黄壤(5万亩)>石灰土(1万亩)。

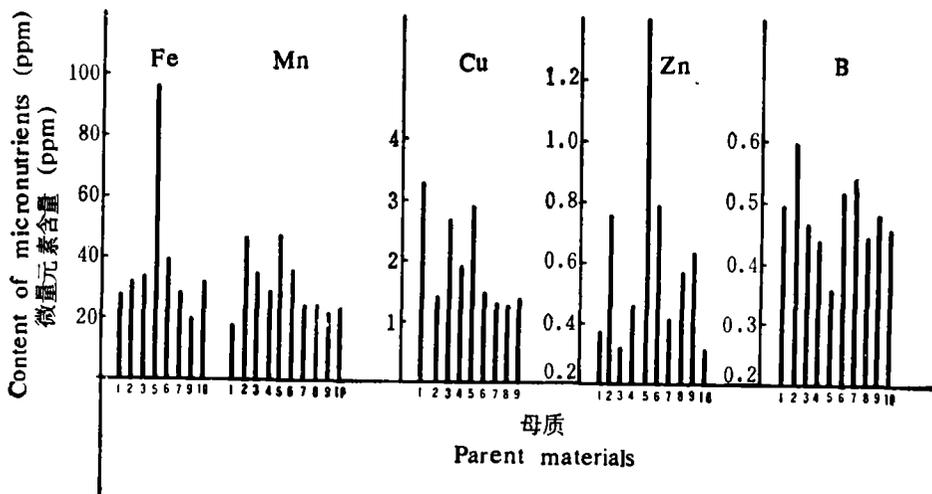
其中红壤的有效锌、铜、锰和铁的含量均较丰富, 而有效性硼含量较低, 多在0.29—0.36ppm; 黄壤的有效锌含量较高, 有效硼和铜的含量较低, 其低含量样点分别占90%、34.7%, 黄棕壤的有效锌、铜、铁和硼含量偏低; 潮土的有效性锰含量偏低, 潮土与灰潮土的有效锌差异很大, 前者平均为0.96ppm, 后者平均为0.77ppm, 潮土的低锌含量(小于0.5ppm)样点分布频率为16—25%, 而灰潮土为41—61%; 紫色土在我省多发育于石灰性紫色砂页岩, 因而大部分具有石灰性反应, 其pH多在6.5—8.5之间, 土壤有效性锌、锰、硼和铁含量偏低, 低锌含量频率为73.8%, 低铁含量频率为18.1%; 石灰土的土壤有效性锌、锰、铁和铜含量属中等偏低, 而有效性硼含量略高于全省平均水平, 这与石灰岩母质

的含硼量高有直接关系，水稻土由于土壤多处于还原状态，其有效性铁、锰、铜含量高，有效锌、硼一般低于同类土壤的旱地，但不同水型的水稻土有效锌的差异较大，潴育型水稻土平均为 0.9ppm 比潜育型水稻土平均为 0.61ppm 高出近半倍。

2. 各个土属土壤有效性微量元素含量：土属为本项试验研究调查制图的基本单元，根据全省 149 个土属的土壤有效性锌、铜、锰、铁、硼的含量状况编制了缺素图(图 1、2、3)。

缺素土壤主要与各土属的土壤酸碱度、石灰性、砂性有密切的关系，例如土壤有效锌、铜、锰、铁和硼含量低的土属有 78 个，其中偏酸或偏碱的有 50 个占 64%；土壤质地偏砂的 19 个占 24%。属低有效锰含量(小于 5ppm)有 8 个土属，其中 7 个为石灰性土属，一个为砂质土壤。低有效铁含量(小于 4.5ppm)有 9 个土属，5 个为石灰性土属，3 个为砂性土属。低有效锌含量(小于 0.5ppm)有 23 个土属，6 个土属为石灰性土壤，5 个为砂性土。低有效铜含量(0.1NHCl 提取量小于 1ppm)有 21 个土属为酸性土，其中 7 个为砂性土。有效硼含量全省所有土属均低，其中极低值 0.25ppm 以下的土属有 15 个，酸性土 6 个，砂性土 3 个。

3. 不同母质发育的土壤有效性微量元素含量：土壤母质中的微量元素含量决定了其在土壤中的起始含量，是影响土壤有效微量元素含量的重要因素之一。本省不同母质发育的土壤有效微量元素含量如图 4。全省各种母质发育的土壤有效锌的含量差异最大，以片麻岩发育的土壤最高为 1.44ppm，板岩发育的土壤最低仅 0.31ppm；有效硼的含量差异最小，多在 0.4—0.6ppm 之间，锰的含量除长江冲积物发育的土壤低于 10ppm 外，其它的均较丰富；铁的含量多在 20—40ppm 之间；铜的含量一般都较丰富。



1. 长江冲积物 (Q<sub>4</sub>) 2. 第四纪粘土 (Q<sub>2</sub>) 3. 第四纪褐色粘土 (Q<sub>3</sub>) 4. 花岗岩  
5. 片麻岩 6. 砂页岩 7. 紫色砂页岩 8. 砂岩 9. 石灰岩 10. 板岩

图 4 不同母质发育的土壤有效微量元素含量

Fig. 4 The available content of micronutrients in the soils derived from different parent materials

4. 与土壤有机质的关系: 采用大样本分类统计及分母质剖面取样分析研究得出: 全省土壤有效硼、铜、锌含量均随土壤有机质含量提高而增加, 其相关性硼、铜均极显著, 锌则因土壤母质不同而异(表 5)。土壤有效性锰的含量与土壤有机质含量在旱地是呈显著正相关 ( $r = 0.6247^*$ ), 而水田无相关性。土壤有效性铁含量与土壤有机质含量呈正相关趋势, 但水田和旱地都不显著。

表 5 几种母质发育的土壤有机质含量与有效锌含量的关系  
Table 5 Correlation for content of organic matter and available Zinc in soils derived from some parent material

母 质 Parent	有机质含量变幅 (%) Range of O. M.	有效锌含量变幅 (%) Range of available Zn	$y = a + bx$		
			a	b	r
红色粘土	0.768—3.186	0.20—0.30	0.2194	0.0207	0.5778**
褐色粘土	0.853—1.189	0.18—1.33	0.2272	0.4644	0.9840**
近代冲积物(小河)	0.349—3.950	0.23—1.22	0.0475	0.2936	0.8627**
近代冲积物(石灰性)	0.770—5.525	0.22—0.84	0.2080	0.0808	0.7254**
泥 质 岩	0.461—1.162	0.32—2.20	0.5252	1.3211	0.7753**
石 灰 岩	0.611—4.006	0.26—1.21	0.0569	0.2485	0.8823**
砂 页 岩	0.800—2.651	0.06—0.61	0.0946	0.2637	0.9322**
紫色砂页岩	0.319—1.508	0.30—0.54	0.3292	0.1055	0.4996*
花岗岩麻岩	0.619—2.563	0.26—1.24	0.5696	0.0366	0.0758
板 岩	0.378—1.123	0.21—0.52	0.0980	0.3436	0.9850**

5. 与土壤 pH 值的关系: 研究结果表明: 全省土壤的有效锌含量随土壤 pH 值升高而降低, pH8 的土壤较 pH5.4 的土壤, 其有效锌降低 45.5—47.1%。土壤有效硼的含量在 pH4.7—6.8 之间, 随 pH 值升高而增加, 在 pH 值 7.1—8.7 之间随 pH 值升高而降低。土壤有效锰含量在 pH 值 6.5 以下时, 随 pH 值升高而增加, pH6.5—7.5 时, 随 pH 升高而降低, pH 值大于 7.5 时, 急剧下降。土壤有效铁的含量在 pH 小于 6 时, 是随 pH 值升高而提高, pH 值大于 6.5 时, 是随 pH 升高而降低。土壤有效铜的含量与土壤 pH 值之间的相关性, 在土壤 pH 为 6.5 以上的土壤其相关性呈极显著相关。  $\log y = 4.99 - 1.49x + 0.11x^2$  式中:  $x$  为土壤 pH 值,  $y$  为土壤有效铜 ppm 数。

### 参 考 文 献

- [1] 农牧渔业部农业局, 1986: 微量元素肥料研究与应用。4 页、33 页、336 页, 湖北科技出版社。
- [2] 中国土壤学会农业化学专业委员会, 1984: 土壤农业化学常规分析方法。科学出版社。
- [3] 刘铮等, 1982: 我国缺乏微量元素土壤及其区域分布。土壤学报, 第 19 卷 3 期, 210—220 页。
- [4] 谢振翅等, 1981: 湖北省水稻土施锌肥的肥效。土壤通报, 第 2 期, 1—4 页。
- [5] Brian E. Davies, 1980: Applied Soil trace elements. A wiley interscience publication.
- [6] Sing, A.P. et al., 1982: Effect of zinc enriched compost and other methods of rice in calcareous soil J. Ind. Soc. Soil Sci., 30:572—573.

## STUDIES ON CONTENT AND DISTRIBUTION OF MICRONUTRIENTS IN SOILS OF HUBEI PROVINCE

Xie Zhenchi, Ma Chaohong, Hu Dingjin, Den Xiaoyu and Li Jiashu

*(Soil & Fertilizer Institute, Hubei Academy of Agricultural Sciences)*

### Summary

In this investigation, 3346 samples of surface soils, 305 samples of soil profile and 40 rocks were studied, 21967 analytical data of total and available contents of Zn, Cu, Mn, Fe, B etc. showed that the average content of Zn, Cu, Mn, Fe in the rocks of Hubei were 60 ppm, 24 ppm, 446 ppm and 1.8% respectively. The content of Zn, Cu, Mn, Fe in igneous rocks were higher than these in sedimentary rocks. The former were 61.7 ppm, 24.1 ppm, 382.8 ppm and 1.5% respectively, the later were 43.7 ppm, 20.9 ppm, 335.9 ppm and 1.25% respectively. In igneous rocks: base rock > neutral rock > acidic rock, in sedimentary rocks: shale > sandy rock > limestone.

The total contents of Zn, Cu, Fe and B in Hubei soil were comparatively high, the mean value were 83 ppm, 26.8 ppm, 596 ppm, 3.5% and 83 ppm respectively. The mean available contents were 0.65 ppm, 1.11 ppm, 29.7 ppm, 37.1 ppm and 0.33 ppm respectively.

The contents of these elements in soil samples below critical value i.e. B 71%, Zn 49%, Mn 17%, Cu 18%, Fe 7%.

The distribution of micronutrients in different soil profile is quite different. In red earth Zn, Cu, Mn, Fe, B were cumulated in A horizon, but in yellow and yellow-brown earths, they were illuviated in B horizon. In paddy soil, Cu, Mn, Fe were leached and illuviated in B or C horizon, however Zn and B cumulated slightly in A horizon.

The activity ratio of Zn and B in Hubei soils were all below 1%.