

# 黄土区土壤微量元素含量分布 与微肥效应\*

余存祖 彭琳 刘耀宏  
戴鸣钧 彭祥林

(中国科学院西北水土保持研究所, 712100)

## 摘 要

黄土区土壤微量元素含量分布受母质、地形、水热条件、土壤类型等成土过程与成土条件的深刻影响,呈现出一定的规律性。与全国土壤平均含量比较,本区土壤锌、锰较低,钼很低,硼接近,铜略高。土壤有效态锌、硼、钼、锰属低水平,存在着大面积缺乏锌、硼、钼的土壤,近一半土壤面积缺锰。近年来,锌、硼、锰肥已在生产中大面积应用,获得了显著的经济效益。

我国黄土集中分布于大青山以南,秦岭以北,贺兰山青藏高原以东,太行山以西区域,包括晋、陕、蒙、甘、宁、青、豫的大部或一部分,面积63万平方公里,通称为黄土区。区内自西北向东南,气候由干旱半干旱温带过渡到半湿润易旱暖温带;植被由荒漠草原→干草原至森林草原,土壤由风沙土→栗钙土系列→褐土系列。本区地势高亢,除宁夏、内蒙河套与汾渭谷地为准平原外,长城以北鄂尔多斯高原为风沙浅丘地貌,长城以南黄土高原为梁、峁、塬侵蚀地貌。

黄土区是古老农业区。黄土性土壤是我国北方主要土壤类型,因此明确黄土性土壤微量元素含量分布规律及其有效性,对本区乃至我国北方地区微量元素肥料的有效施用,发展农业生产,以及研究黄土性土壤的基本性质,都有重要意义。

## 一、研究方法

按土壤类型、成土母质、地形部位及利用方式,在7省区采集土壤剖面203个,按发生层采集,深度多超过2米,计1077个样本;耕层土样1383个,共2460个样品。另采集成土母质标本110份。

土壤全锌、锰、铜、铁用盐酸-硝酸-过氯酸消解,原子吸收光谱测定。全钼用氢氟酸-过氯酸消解,催化极谱法测定。全硼用碳酸钠熔融,姜黄素比色法测定。

土壤有效态锌、锰、铜、铁用DTPA液(pH 7.3)提取<sup>[9]</sup>。有效钼用Tamm液(草酸-草酸铵,pH 3.3)提取。有效硼用沸水提取。其测定仪器及方法与各自的全量同。

土壤pH、有机质、碳酸钙、代换量、氮、磷、钾用常规法测定。

在陕西、山西、甘肃、内蒙古自治区一些地方开展微量元素肥料田间试验160多组;在本所布置盆栽

\* 王志忠同志参加了钼的测定。

试验 25 组, 以研究土壤微量养分的有效性, 验证土壤分析结果。

## 二、结果与讨论

### (一) 锌

黄土区土壤全锌为 20—135ppm, 平均 69.1ppm (表 1), 低于我国土壤平均含量<sup>[2]</sup> (100ppm), 高于世界土壤平均值 (50ppm)。79% 的样本含量集中在 40—80ppm 范围 (图 1), 最高最低值相差 5.8 倍, 全部样本变异系数为 17.3%, 分布比较集中。各土类含量顺序为: 细黄土发育的塬土、褐土 > 黄土发育的黑垆土 > 黄土状物质发育的灰钙土 > 粗黄土发育的黄绵土 > 砂黄土发育的风沙土。这与母质中锌含量顺序是一致的 (表 2)。由冲积洪积物发育的灌淤土由于成土物质来源不一, 锌的含量变幅较大。灰褐土分布于梢林山区, 区域地形位置较高, 母质中有风化坡积残积物, 锌的含量最高。土壤中锌的地理分布有自西北向东南逐步增高的趋势, 与土壤粘粒递增趋势相一致<sup>[4]</sup>。

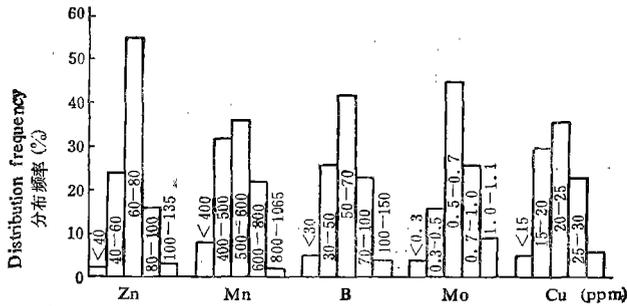


图 1 黄土区土壤微量元素全量的分布频率

Fig. 1 The distribution frequency of total content of trace elements in the soils of loessal region in China

土壤剖面中锌的分布深刻地反映了成土过程的影响。分布于半湿润至半干旱过渡区的塬土、褐土、黑垆土剖面中, 由于残积-淀积粘化作用, 形成了粘粒相对集中的粘化层(垆土层)和由于石灰淋溶淀积形成的钙积层, 锌在粘化层(垆土层)富集, 在钙积层含量下降, 下伏的黄土母质中锌的含量高于钙积层, 而低于粘化层。分布于干旱半干旱区的栗钙土、灰钙土, 粘化作用微弱, 只表现为残积粘化即土壤颗粒就地由粗变细, 粘粒物质很少移动与淋失, 而腐殖化过程与钙化过程相对增强, 锌的分布表现为上高(腐殖质层), 下低(钙积层)。由于侵蚀, 使上部发生层冲刷殆尽的黄绵土与风蚀严重的风沙土, 无明显剖面发育, 母质特性明显, 剖面上下层锌含量差异甚小。

土壤有效态锌含量为 0.04—2.87ppm, 平均 0.51ppm (表 3), 最高最低值相差 73 倍, 变异系数 39%, 远比全锌分布离散。有 56% 样点的有效锌低于临界值 (0.5ppm), 30.3% 样点处于含量中等范围 (0.5—1ppm) (表 4), 表明黄土区存在有较大面积的缺锌土壤。其主要分布在鄂尔多斯高原与长城沿线风沙土区, 甘肃中北部、宁南山区的灰钙土区及陕北、晋西北、陇东、渭北的黄绵土、黑垆土区。盐渍土含锌接近临界值。汾渭河谷地及银川平原、内蒙河套土壤有效锌在 0.58—0.74ppm, 属中等偏低。

土壤有效锌水平分布呈现西北部低东南部高的总趋势。不同土壤类型及利用方式多

表 1 黄土区土壤微量元素的全量  
Table 1 The total content of trace elements in the soils of loessal region in China (ppm)

方位 Position	土壤类型 Soil type	成土母质 Parent material	采样地区 Locality	变幅/平均值±SD Range (average±SD)						
				Zn	Mn	B	Mo	Cu	Fe <sup>2+</sup>	
西 北 — 东 南	风沙土	砂黄土	长城沿线, 内蒙古伊克昭盟	20—70 50.5±13.6	116—445 362±99	17—71 37.4±11.9	0.21—0.50 0.41±0.15	10—22 15.3±4.6	1.80—2.44 2.11±0.28	
	灰钙土	黄土状物质	甘肃中北部, 宁夏南部, 青海东部	34—91 62.5±11.5	265—620 508±73	48—105 70.1±15.3	0.48—1.45 0.93±0.21	14—31 20.6±4.6	2.08—3.20 2.70±0.42	
	栗钙土	黄土状物质及某些基岩	内蒙古伊盟、雁北、青海东部	28—101 58.4±13.7	202—710 462±85	12—75 51.6±15.3	0.47—1.30 0.75±0.18	13—28 18.8±3.1	1.70—3.37 2.37±0.40	
	黄绵土	粗黄土	陕北、晋西北、陇西、宁夏	40—101 61.7±8.9	430—560 431±48.8	32—83 52.6±13.9	0.40—0.72 0.57±0.13	15—24 19.3±2.4	1.70—2.94 2.55±0.27	
	黑垆土	黄土	渭北、陇东、宁南	58—99.1 68.9±9.1	455—675 532±47	22—96 52.9±18.2	0.42—0.72 0.61±0.11	14—27 21.4±3.2	2.56—3.80 2.80±0.23	
	灰褐土	黄土及残积物	陇东子午岭、宁南六盘山	67—90 78.8±5.7	517—875 648±81	34—76 54.6±15.3	0.50—0.58 0.53±0.02	18—35 23.8±4.2	1.76—3.63 2.81±0.43	
	褐土	黄土、细黄土	晋中、晋南、晋东南、豫西	52—127 74.7±13.7	350—650 510±52.1	41—78 55.2±9.4	0.42—0.95 0.70±0.11	16—34 22.8±3.8	2.1—3.68 2.80±0.40	
	灌 淤 土	黄土	黄河冲积洪积物	陕西中部晋南	48—110 75.7±11.6	320—1065 620±117	37—117 62.4±20.4	0.49—1.10 0.64±0.08	17—34 26.5±5.2	2.56—4.67 3.21±0.39
				银川平原 内蒙古河套、青海湟水谷地	46—135 70.7±12.9	225—1025 549±79	33—103 67.8±26.7	0.45—0.78 0.61±0.16	13—48 23.7±5.3	1.77—4.08 2.77±0.45
	盐 渍 土	黄土	河流冲积洪积物	同上及甘肃西部	58—105 73.2±10.8	410—660 558±82	23—150 75±41.3	0.44—0.78 0.59±0.14	13—37 22.8±5.2	2.20—4.38 3.04±0.53
平均				20—135 69.1(695)	116—1065 537(707)	12—150 60.2(664)	0.21—1.45 0.62(130)	10—48 22.5(692)	1.70—4.67 2.80(709)	

1) 全 Fe 为大量元素, 以百分含量计, 为便于说明其有效性, 亦将其列入。括号内数字为测定标准数。

表2 各种成土母质中微量元素的含量\*

Table 2 The content of trace elements in various parent materials (ppm)

成土母质 Parent material	标本数 No. of samples	有机质 (%) O.M.	全 量 Total						有 效 态 Available					
			Zn	Mn	B	Mo	Cu	Fe	Zn	Mn	B	Mo	Cu	Fe
砂黄土	3	0.09	30	116	29	0.22	10.4	1.96	0.09	2.1	0.52	0.07	0.03	1.1
粗黄土	15	0.22	53	400	53	0.72	16.2	2.26	0.16	1.6	0.24	0.05	0.20	2.2
黄土状 物质	18	0.24	59	490	64	0.88	20.8	2.08	0.13	3.3	0.84	0.08	0.12	2.9
黄土	30	0.29	68	505	55	0.58	20.6	2.84	0.26	3.2	0.15	0.03	0.20	2.0
冲积洪 积物	16	0.48	73	618	81	0.65	26.0	2.94	0.20	3.1	0.76	0.16	0.55	4.2
细黄土	24	0.34	77	720	65	0.67	27.1	3.38	0.30	2.4	0.19	0.04	0.44	3.9

\* 全 Fe 为百分含量;黄土母质粒径分带标准据文献[1]184页。

表3 土壤有效态微量元素的含量

Table 3 The content of available trace elements in the soils of loessal region in China (0-20cm, ppm)

土壤类型 Soil type	气候地貌 Climate and topographic feature	变幅/平均值±SD Range/(average±SD)					
		Zn	Mn	B	Mo	Cu	Fe
风沙土	干旱区风沙滩	0.06-0.70 0.31±0.17	1.8-8.0 4.1±1.0	0.16-1.43 0.43±0.21	0.01-0.09 0.02±0.01	0.01-0.80 0.25±0.05	1.1-6.7 3.3±0.6
灰钙土	干旱区低山丘陵及阶地	0.09-0.80 0.25±0.1	0.9-12.5 4.4±0.15	0.28-2.29 0.82±0.24	0.04-0.21 0.07±0.06	0.11-1.72 0.60±0.24	1.2-6.2 2.8±0.9
栗钙土	干旱半干旱区缓坡丘陵及山间盆地	0.19-1.08 0.52±0.25	1.1-13.2 6.9±2.1	0.15-2.46 0.49±0.13	0.01-0.11 0.04±0.02	0.18-1.93 0.57±0.24	1.6-14.1 4.1±1.5
黄绵土	半干旱黄土丘陵	0.04-1.20 0.35±0.14	1.6-12.0 5.8±1.8	0.04-0.67 0.33±0.09	0.01-0.17 0.04±0.02	0.01-0.70 0.63±0.21	1.2-9.3 3.5±0.9
黑垆土	半干旱黄土塬	0.18-1.16 0.42±0.15	2.2-34.5 8.8±2.5	0.14-1.09 0.42±0.17	0.01-0.16 0.05±0.03	0.28-1.70 0.83±0.20	2.0-16.0 4.8±1.5
灰褐土	半湿润易旱区低山稍林区	0.32-1.68 0.67±0.28	3.3-25.0 15.2±7.2	0.22-1.02 0.62±0.13	0.01-0.14 0.03±0.02	0.54-1.30 0.01±0.17	2.3-32.0 11.7±5.2
褐土	半湿润易旱区河流阶地及丘间盆地	0.21-1.72 0.58±0.16	3.7-19.8 8.2±1.8	0.18-1.01 0.42±0.12	0.01-0.14 0.07±0.03	0.38-1.58 0.95±0.24	1.2-26.6 5.0±1.8
壤土	同上	0.21-2.97 0.60±0.17	2.0-20.4 3.7±2.6	0.1-1.98 0.30±0.09	0.01-0.32 0.09±0.03	0.41-2.69 1.35±0.38	2.8-11.4 7.9±2.1
灌淤土	干旱半干旱区黄河及其支流谷地	0.18-2.70 0.74±0.24	1.7-32.4 8.2±2.1	0.16-2.53 0.02±0.26	0.01-0.24 0.11±0.04	0.22-4.20 1.26±0.65	2.1-19.2 9.0±4.7
盐渍土	各地中低洼处	0.16-0.90 0.52±0.21	2.0-13.2 6.5±1.7	0.4-14.7 2.04±0.50	0.06-0.21 0.08±0.03	0.29-1.92 0.35±0.50	1.2-19.5 8.4±3.1
平均		0.04-2.97 0.51(1364)	0.9-34.5 7.7(1356)	0.04-14.7 0.54(968)	0.01-0.32 0.06(419)	0.01-4.20 0.93(1360)	1.1-32.0 5.6(1389)

注:采土地点同表1,括号内数字为标本数。

表 4 土壤有效态微量元素含量分级与分布频率

Table 4 The gradation and distribution frequency available trace elements in the soils of loessal region of China

元素 Element	临界值 Critical value	含 量 分 级 (ppm) Levels of available trace elements					分 布 频 率 (%) Distribution frequency				
		很低 Very low	低 Low	中等 Medium	高 High	很高 Very high	很低 Very low	低 Low	中等 Medium	高 High	很高 Very high
Zn	0.5	<0.3	0.3—0.5	0.5—1.0	1—3	>3	20.9	35.1	30.3	9.8	3.9
Mn	7.0	<4	4—7	7—9	9—15	>15	13.6	34.7	23.5	23.4	4.8
B	0.5	<0.25	0.25— 0.50	0.5—1.0	1—2	>2	20.3	42.4	24.7	11.0	1.6
Mo	0.1	<0.05	0.05— 0.10	0.1— 0.15	0.15— 0.20	>0.2	39.8	34.2	19.3	5.6	1.1
Cu	0.5	<0.2	0.2—0.5	0.5—1.0	1—2	>2	3.8	17.0	42.1	29.8	7.3
Fe	2.5	<2.5	2.5—4.5	4.5—10	10—30	>30	11.2	40.3	39.4	7.8	1.3

表现为川地>塬地>山坡地;老梯田>新梯田;林地>天然草地>人工草地>坡农地。剖面特征表现为生物富集上迁,耕种施肥使表层富化。锌的有效性 with 土壤有机质、代换量、全氮呈正的相关,与 pH 值、碳酸钙呈负的相关(表 5)。

在黄土区主要农业土壤上施用锌肥均获得良好的增产效果。据本所及陕、晋、蒙、青各省区 354 组田间试验结果,施锌增产机率达 75%,平均增产率达 14.2%,主要增产作物有玉米、莜麦、甜菜、胡麻、水稻、小麦、谷子、棉花。甘肃西部盐碱土上施锌,春小麦增产率达 30% 以上。1984 年以来,黄土区每年施锌在 1000 万亩左右,年增收粮食 12 万吨以上,经济效益十分显著<sup>[3-5]</sup>。

## (二) 锰

黄土区土壤含锰 116—1065ppm,平均 537ppm(表 1),低于我国土壤平均含量(710ppm)与世界土壤平均值(850ppm)。有 68% 样本含量集中在 400—600ppm 范围(图 1),最高最低值相差 8.2 倍,变异系数 14.9%,分布比较集中。风沙土全锰含量最低,灰褐土最高。

土壤有效锰含量为 0.9—34.5ppm,平均 7.7ppm,略高于临界值<sup>[6]</sup>(7ppm),最高最低值相差 37 倍,测定值的变异系数为 33.6%。有 48.3% 样点有效锰低于临界值,中等含量(7—9ppm)的占 23.5%(表 4),表明黄土区有相当大面积的低锰土壤,其主要分布于风沙土区、灰钙土区与黄绵土区。汾渭河谷地、银川平原、内蒙河套地区土壤有效锰为 8—10 ppm。

土壤锰在剖面各层中的分布规律大体与锌相一致,水平分布也同样有西北低东南高的趋势,锰的有效性与土壤 pH 值、有机质及碳酸钙含量显著相关(表 5)。

在黄绵土、灰钙土、黑垆土、塬土、褐土上施用锰肥已获得良好的增产效果。据本所及



陕、晋、蒙、青各省区 222 组田间试验结果, 锰肥增产机率为 65.7%, 平均增产率 12.2%, 以小麦、烟草、甜菜、豌豆效果最为显著, 谷子、洋芋、棉花对锰也有较好反应<sup>[2-5]</sup>。陕西渭南农垦局在有效锰低于 5ppm 的土壤上, 以飞机大面积喷洒锰肥, 小麦平均增产 10%。1984、1985 两年共喷洒 13 万亩, 净增收益近百万元。1984 年以来, 黄土区每年施锰约为 50 万亩, 面积仅次于锌和硼肥。目前, 锰肥面积还在不断扩大, 大面积应用前景良好。

### (三) 硼

黄土区土壤全硼为 12—150ppm, 平均 60.2ppm (表 1), 与全国土壤平均含量相近 (64ppm), 高于世界土壤均值 (20ppm)。68% 样本的硼含量在 30—70ppm 范围, 最高最低值相差 12.5 倍, 变异系数 28.1%, 分布较锌、锰等为离散。不同成土母质比较, 冲积洪积物含硼量高于黄土状物质及黄土; 细黄土 > 黄土 > 粗黄土 > 沙黄土 (表 2)。土壤含硼量与母质含硼顺序一致, 以盐渍土最高, 风沙土最低。

全硼在剖面中以钙积层与富盐层含量较高。前者可能由于钙对硼的吸附, 生成了硼酸钙盐, 后者则由于硼酸盐渍作用, 使硼富集。

土壤水溶硼变幅为 0.04—14.7ppm, 最高最低值相差 367 倍, 变异系数 33%, 分布相当离散。土壤水溶硼平均含量为 0.54ppm, 略高于临界值 (0.5ppm), 但低于临界值的样本占 62.7% (表 4), 表明黄土区有大面积的缺硼土壤。缺硼土壤主要分布在汾渭河谷地、黄土丘陵及黄土塬区。宁夏南部、甘肃中北部的灰钙土区土壤水溶硼在 0.5—0.85ppm, 银川平原、内蒙河套及青海湟水谷地的灌淤土水溶硼在 1ppm 左右, 盐渍土常在 2ppm 以上。

土壤水溶硼与盐分的分布相伴随。甘肃玉门镇盐渍土结皮含盐 13.6%, 水溶硼高达 36.3ppm, 皋兰灰钙土表层含盐 0.33%, 水溶硼为 1.06ppm, 36—60cm 处盐分为 0.85%, 水溶硼达 19ppm。在微地域分布中, 土壤水溶硼含量常与有机质呈正相关, 与 pH 及碳酸钙关系规律不够明显, 但在多数情况下, 随着 pH 增高 (在 pH 7.5—8.5 的范围) 土壤水溶硼有增高趋势, 钙积层水溶硼常低于其他层次。

黄土区 70 年代中期开始施用硼肥, 增产效果显著。据陕西中部、北部、晋中 511 组田间试验结果, 施硼增产机率达 87%, 平均增产 12.2%, 其中 124 组油菜试验增产机率达 98%, 平均增产率 15%。除油菜外, 谷子、棉花对硼反应敏感, 小麦、玉米也有一定增产效果, 甘肃陇中半干旱区发现硼肥拌种增强了谷子的抗旱性, 黄土区每年施硼肥在百万亩左右, 主要应用于陕西中部油菜产区及晋南、陇中的谷子产区。

### (四) 钼

黄土区土壤钼的含量为 0.21—1.45ppm, 平均 0.62ppm (表 1), 远低于全国土壤平均含量 (1.7ppm) 和世界土壤的均值 (2ppm)。黄土中矿物以石英为主, 长石、方解石所占比例很大, 它们的含钼量很低, 这是黄土区土壤贫钼的主要原因。本区黄土状物质及其上发育的栗钙土、灰钙土有最高的含钼量, 砂黄土及其发育的风沙土全钼最低 (表 1-2)。

土壤有效钼变化在 0.01—0.32ppm 之间, 变异系数 56.7%, 分布较为离散。土壤有效钼平均值为 0.06ppm, 低于缺钼的临界值 (0.1ppm)<sup>[7]</sup>。有 74% 样点有效钼含量在临界值以下, 0.1—0.15ppm 范围的占 19.3%, 高于 0.15ppm 的只占 6.7% (表 4), 表明本区土壤有效钼普遍较低, 风沙区, 黄土丘陵区、黄土塬区及汾渭谷地土壤有效钼在 0.02—0.09

ppm,只有银川平原,内蒙古河套、青海湟水谷地土壤有效钼接近或略高于 0.1ppm。

土壤有效钼分布多与 pH 呈正相关(表 5),在土壤表层也常有富集,在灰钙土下层因有盐分积聚,有效钼明显增高,呈现上低下高的分布型式。

在上述土壤缺钼地区施用钼肥效果良好。据对近年来在瘠土、褐土、黄绵土、栗钙土上 204 组钼肥田间试验结果统计,大豆、油菜、花生施钼增产机率 67%,增产率 15.8%;小麦、玉米、谷子增产机率 57%,增产率 9%。看来,钼肥在黄土区有一定的增产潜力,特别是对豆科与十字花科作物增产更明显。

### (五) 铜

黄土区土壤含铜 10—48ppm,平均 22.5ppm(表 1),与我国土壤平均含量(22ppm)相近,略高于世界土壤平均值(20ppm)。66% 样本含量集中在 15—25ppm 范围内,最高最低值相差 3.8 倍,变异系数 14.9%,分布相当集中。

土壤铜分布有自西北向东南逐步增高的趋势,风沙土含量最低,瘠土最高(表 1)。在剖面中铜的分布是粘化层(垆土层)中有积累,钙积层中最低,表土居中。黄土母质含铜量与表层土壤差异不大。

土壤有效铜含量变化在 0.01—4.2ppm 之间,平均 0.93ppm(表 3),高于临界值(0.5ppm)<sup>[7]</sup>,最高最低值相差 420 倍,变异系数 33.2%,分布离散,全部样本中有效铜低于临界值的占 20.8%,主要分布于风沙区。黄土丘陵区。黄土塬区有效铜在 0.5—1ppm 之间,汾渭河谷地、银川平原、内蒙河套一般在 1ppm 以上。

土壤剖面中有效铜表层生物富集作用不明显,粘化层稍有富化,钙积层则明显降低。轻质土壤如黄绵土、风沙土表层有效铜常为痕迹量;灌淤土中的难透水层有铜的积累,表明铜的淋溶下迁过程比较活跃。

黄土区铜肥有一定增产效果,但不够稳定。据 135 组田间试验结果统计,铜肥增产机率 46.6%,平均增产率 10.3%,其中晋中、晋南褐土区 101 组试验增产机率仅为 36.6%,增产率 8%。对铜敏感的作物主要是谷子、玉米、甜菜与小麦。

### (六) 铁

黄土区土壤全铁含量 1.70—4.67%,平均 2.80%(表 1),最高最低值相差 1.7 倍,变异系数 13.8%,分布比较集中,瘠土最高,风沙土最低。

全铁以百分含量计,属大量元素,但有效度(有效铁占全铁的比率)很低,只有 0.02%、远低于锌(0.7%)、锰(1.4%)、硼(0.9%)、钼(10%)与铜(4.1%)。黄土区东部涇鹿及南部秦岭山区已发现有苹果缺铁失绿症,内蒙古草原栗钙土地区的早柳出现干梢叶片呈黄白色转焦黄的缺铁症状,严重缺铁的枯萎致死<sup>[8]</sup>,表明黄土区存在有缺铁土壤。

土壤有效铁含量为 1.1—32ppm,平均 5.6ppm(表 3),高于缺铁的临界值(2.5ppm)<sup>[3]</sup>。有 11.2% 的样点有效铁低于临界值(表 4),主要分布于风沙土、灰钙土及黄绵土区。灌淤土、盐渍土、灰褐土有效铁含量较高,平均在 8ppm 以上。

土壤有效铁分布常与 pH 值及碳酸钙呈负相关,与有机质呈正相关(表 5)。灌溉土壤的有效铁明显高于旱作土壤。土壤剖面中的有效铁多呈上高下低的分布型式,但灌溉土壤的渍水层有效铁明显富集。

晋西、陕北农民一向有在新修梯田上施用黑矾(硫酸亚铁盐)以改良土壤的做法,有一

定效果。在陕北安塞的梯田上施用铁肥使玉米增产 7.1%，谷子增产 4.5%。内蒙栗钙土区用根外喷洒铁盐矫治旱柳、黑豆缺铁症<sup>[8]</sup>，已收到明显效果。

### 参 考 文 献

- [1] 刘东生, 1964: 黄河中游黄土。科学出版社。
- [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] 余存祖、彭琳、刘耀宏等, 1987: 山西省土壤微量元素含量分布与微肥效应。土壤通报, 第 4 期, 163—166 页。
- [4] 余存祖、彭琳、戴鸣钧等, 1985: 青海东部施用微量元素前景的分析与讨论。干旱地区农业研究, 第 3 期, 37—41 页。
- [5] 余存祖、刘耀宏、戴鸣钧等, 1984: 陕西省土壤微量元素与微肥效应。土壤通报, 第 6 期, 268—271 页。
- [6] 余存祖、彭琳、彭祥林等, 1984: 土壤有效锰 (DTPA-Mn) 的应用评价与临界值的探讨。土壤学报, 第 21 卷 3 期, 277—283 页。
- [7] 彭琳、余存祖、戴鸣钧等, 1985: 土壤作物微量养分含量与营养诊断指标。中国科学院西北水土保持研究所集刊, 第 2 集, 70—80 页。
- [8] 钟永安, 1980: 草原地区植物缺铁症初步研究。中国科学院微量元素学术交流会汇刊。科学出版社。
- [9] Lindsay, W.L. and Norvell, W. A., 1978: Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci Soc. Amer. J., 42: 421—428.

## CONTENT AND DISTRIBUTION OF TRACE ELEMENTS AND FERTILIZER EFFICIENCY IN SOILS OF LOESSAL REGION

Yu Cunzu, Peng Lin, Liu Yaohong, Dai Minjun and Peng Xianglin

(Northwestern Institute of soil and water Conservation, Academia Sinica, 712100)

### Summary

Loessal soils are one of main soil types in the northern part of China. They are widely distributed over Shanxi, Shaanxi, Nei Monggol, Gansu, Ningxia, Qinghai and Henan provinces, with a calcareous reaction and pH of 7.5—8.5 and low content of organic matter. The yeild of crops in the soil regions is low because of drought and erosion.

In comparison with the average contents of soils in the whole China, the contents of the total Zn and Mn of the soils in the loessal region are lower, Mo is very low, B is medium and Cu is slightly higher. The contents and distribution of trace elements in the soils have some regularities, which are affected by parent material, climate, topography and soil properties. The contents of Zn, Mn, Cu and Fe in soils increase with the increasing of soil clay particles from the nouthwest to the southeast. The content of B in the soils derived from river alluvium is higher than that in the soils derved from loess. And the content of Mo in the soils derived from loessal materials is the highest.

The contents of available Zn, B and Mo in soils of the region are especially low. The samples which the values of available Mn, Zn, B and Mo are below. The critical levels account for about 50%, 56%, 62.7% and 74% respectively. It show that there exist large areas of Zn, B, Mo and Mn-deficient soils in the loessal region.

The availability of trace elements in soils is affected by organic matter, pH and  $\text{CaCO}_3$ . The content of organic matter is positively correlated with the values of available Zn, Mn, B and Fe. The value of pH is negatively correlated with the contents of available Zn, Mn and Fe, but it is positively correlated with the content of available Mo. The amount of  $\text{CaCO}_3$  is negatively correlated with the contents of Mn, Cu and Fe. The salinity of soils is the important factor affecting the values of available Mo and B.

There exist processes of leaching, migration and accumulation of trace elements in the soil profile. Humus and argillic horizons are richer in Zn, Mn, Cu and Fe. Calcic horizon is rather low in the concentrations of these elements but is richer in total B.

Several hundreds field experiments of trace element fertilizers in the soil region showed that an increase in crop yield of 8—15% could be obtained by adding Zn, B, Mn, and Mo fertilizers to maize, wheat, rape, cotton, millet, tobacco and beet. The area applied with these fertilizers has reached more than 10 million mu each year and excellent economical results have been obtained since 1984.