

我国主要土壤中微量元素的 含量与分布初步总结*

刘铮 唐丽华 朱其清 韩玉勤 欧阳洮

(中国科学院南京土壤研究所微量元素组)

微量元素是指土壤中含量很低的化学元素,是与常量元素(或称大量元素)相对而言的。土壤中微量元素的含量范围为 $n \times 10^{-4} - n \times 10^{-3}\%$,除了锰以外,一般不超过 $n \times 10^{-4}\%$ 。有的微量元素是动物和植物生长和生活所必需,土壤中微量元素供给过量或过少的地区,会引起植物和动物的不良反应。土壤中这些微量元素供给不足时,农作物出现缺乏症状,严重时导致减产,产品质量降低,人与动物也会患有一定类型的疾病。微量元素过量时又会发生中毒现象,影响农作物的产量和质量以及人与动物的健康。

土壤中的微量元素主要来源于成土母质,而土壤中微量元素的含量和分布常能反映出成土母质的特点。就农业生产而论,农作物所需要的微量元素主要来自土壤。土壤中微量元素供给不足的原因有二:有的是由于土壤中微量元素含量过低,有的则是不良的土壤条件的影响,使微量元素成为不能被植物吸收利用的形态。前一种情况与土壤类型和成土母质有关,后一种情况与一定的土壤条件,例如酸碱度、氧化还原电位、通透性有关。当微量元素供给不足时,施用微量元素肥料是提高农作物产量和质量的有效措施。微量元素肥料的效果与土壤中微量元素供给情况有密切的关系。微量元素的供给情况由它们的含量、形态和分布规律来决定,是施用微量元素肥料的依据。本文就历年积累的资料对我国主要土壤中微量元素的含量和分布作简要的总结。

一、硼

根据现有资料,我国土壤含硼量介于痕迹—500ppm之间,平均含量是64ppm,高于世界的土壤平均含量,如10ppm (Swaine, 1955; Ковда, 1959)和10—20ppm (Виноградов, 1957)。土壤中含量变幅很大,充分反映出土壤类型和成土母质的影响。一般的情况是滨海土壤比内陆土壤多,干旱地区土壤比湿润地区土壤多,由沉积岩发育的土壤比火成岩发育的土壤多。盐土中含硼也比较多,可能有硼酸盐的浸渍现象。根据现有资料统计,我国土壤含硼量按土壤类型区分,除了西藏珠穆朗玛峰北坡的各种土壤以外,含量变幅一般介于19—88ppm之间,例如:

棕壤	31—92 ppm (下同)	平均 61 ppm (下同)
草甸土	32—72	54

* 参加工作的还有徐俊祥、钱承樑、尹楚良。

黑土	36—69	54
白浆土	45—69	63
暗栗钙土	35—57	42
褐土	45—69	63
瘠土, 黄绵土, 黑炉土	48—128	88
红壤(华中)	<4—145	62
红壤(华南) ¹⁾	痕迹—300	71
砖红壤, 赤红壤 ¹⁾	5—300	60
黄壤	10—150	78
红色石灰土	20—200	88
棕色石灰土	40—150	87
紫色土	40—50	45

土壤含硼量有由北向南逐渐降低的趋势, 而水溶态硼含量则视具体情况而异(表 1)。

表 1 我国一些土壤的含硼量

土壤类型	成土母质	采土地点	全硼量 (ppm)		水溶态硼 (ppm)	
			范 围	平均值	范 围	平均值
瘠土, 黄绵土, 黑炉土等	黄土母质	陕西关中地区	32—128	80	0.10—0.40	0.29
黄棕壤及水稻土	下蜀黄土	江 苏 南 部	56—110	85	0.02—0.22	0.09
水稻土	湖 积 物	江 苏 南 部	51—93	70	0.08—0.74	0.28
黄潮土, 盐化潮土, 青黑土等	黄河, 淮河冲积物	江苏北部(徐州淮阴地区)	15—72	47*	0.38—1.73	0.69*
红壤	多种母质	江西, 浙江, 福建	<4—145	62	痕迹—0.58	0.14
砖红壤, 赤红壤	多种母质	广东, 云南, 福建	5—100**	21**	0.02—0.35	0.29

注: * 为常含有盐分的土壤, ** 只包括花岗岩、玄武岩及片麻岩发育的土壤。

按土壤类型而论, 我国土壤含硼量最高的是西藏和干旱地区各种土壤, 例如珠峰北坡各种土壤的含硼量是 22—500ppm, 平均含量是 154ppm。其次是西北的黄土母质和黄土性物质以及长江中下游的下蜀黄土发育的土壤。含硼量最低的是南方各地的红壤、赤红壤和砖红壤等(第四纪红色粘土发育的红壤和滨海土壤除外)。此外, 盐土含硼量都很高, 尤其是水溶态硼。

按成土母质而论, 同一类型的土壤因成土母质不同, 含硼量有显著差异, 例如华中的红壤的含硼量按成土母质可排列成下述顺序, 括号中的数字是平均含量:

石灰岩(136 ppm) > 红色粘岩(102 ppm) > 紫砂土(62 ppm) > 红砂岩(32 ppm) > 千枚岩(23 ppm) > 花岗岩(7 ppm)

华南的红壤和砖红壤等有类似的情况(图 1)。在我国南方花岗岩及其他火成岩、片

1) 包括部分滨海土壤。

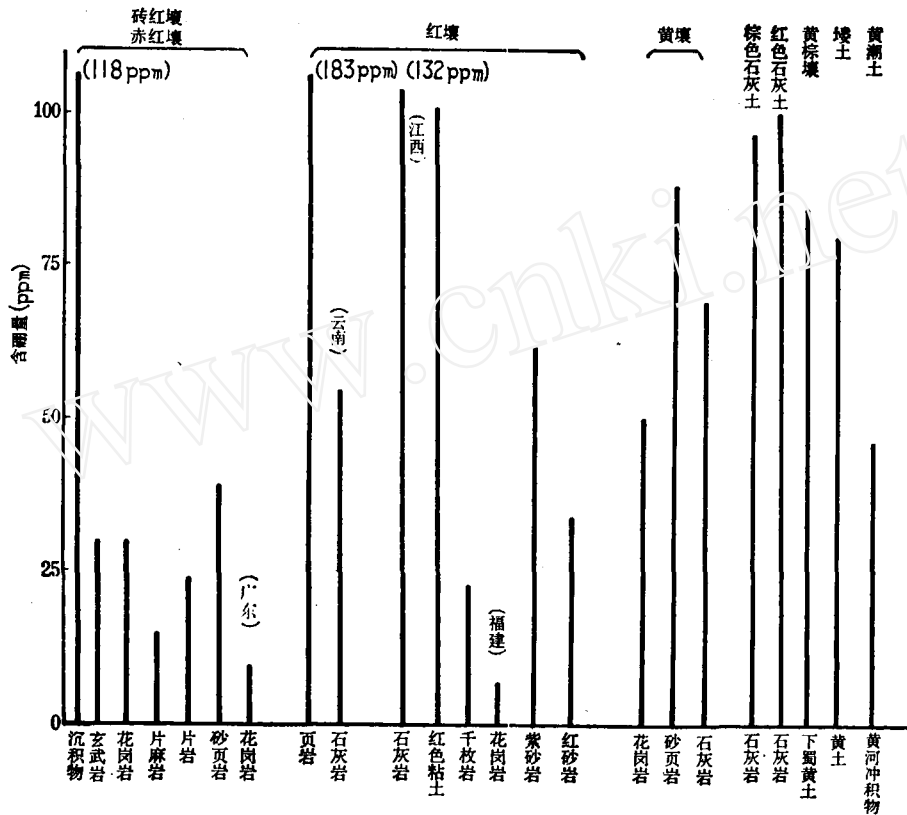


图 1 土壤含硼量与成土母质的关系

麻岩等分布十分广泛(例如广东、福建、江西南部、浙江西部、湖北东北部等),因而可能存在着一个很大的低硼和缺硼地区。近年来证实在南方近十个省存在着甘蓝型油菜只开花不结实的缺硼症状,这便可能与成土母质类型有关。土壤含硼量与成土母质的关系见图 1,由图 1 可知沉积岩发育的土壤的含硼量十分丰富,远高于火成岩发育的土壤。由石灰岩发育的土壤有类似的情况。

土壤中硼的可给性主要受酸碱度的影响, $\text{pH} > 7$ 时,硼的可给性显著的降低。除了盐土和干旱区土壤以外,石灰性土壤的含硼量虽然很高,但水溶态硼却很少,硼的可给性低于酸性土壤。而在酸性土壤上,除了含硼量较低以外,水溶态硼也很少,常低于 0.5 ppm 的缺硼临界值,上述的油菜不结实的土壤,水溶态硼一般少于 0.25 ppm。图 2 和图 3 说明了这些缺硼土壤的水溶态硼的含量是很低的。

图 2 是黄土母质、黄土性物质、黄河冲积物发育的土壤中水溶态硼含量,包括黄绵土、垆土、黑垆土、黄潮土等。所分析的标本的水溶态硼含量大多数低于缺硼临界值,水溶态硼多于临界值的基本上是含有盐分的土壤,例如盐化潮土等。华中的红壤的水溶态硼,几乎全部低于缺硼临界值,并且基本上低于 0.25 ppm,如图 3 所示。标本采自浙江西部、江西中部及南部、湖南中部和福建北部。

根据上述情况,可以认为,我国南北方都存在着低硼和缺硼土壤,面积是十分辽阔的,但是造成缺硼的原因并不相同。在南方的酸性土壤上是成土母质的影响,土壤含硼量很

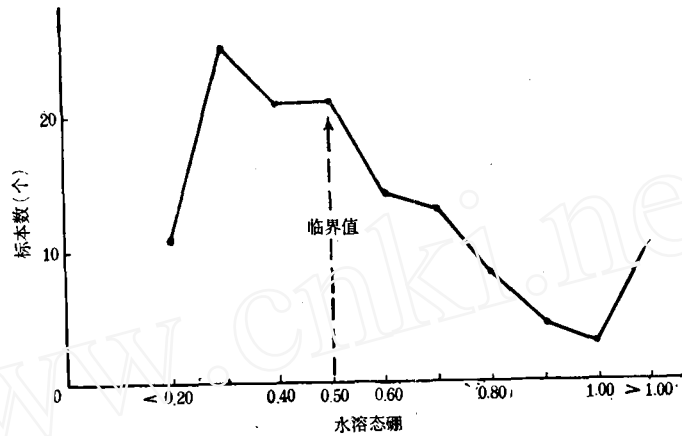


图 2 黄土及黄河冲积物发育的土壤的水溶态硼的含量

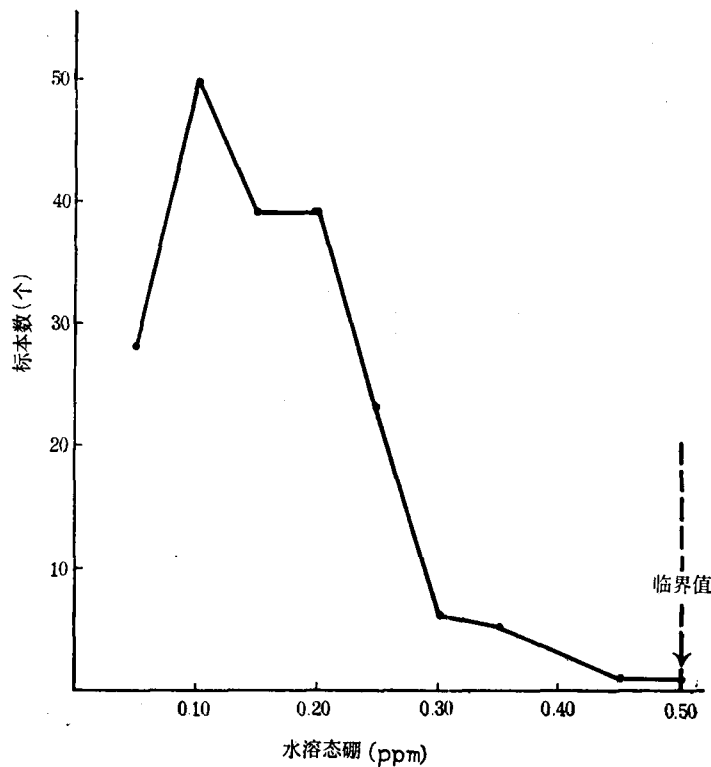


图 3 华中地区红壤(表土)中水溶态硼的含量

低；而在北方的石灰性土壤的含硼量不一定很低，但是水溶态硼却往往很少，主要是土壤条件不良，使可给性降低。各地的田间试验也说明了同一情况，在南方油菜不结实的土壤上，硼肥效果良好，油菜大幅度增产，在北方的缺硼土壤上虽然未发现缺硼症状（潜在性缺乏），但硼肥也会使油菜在一定幅度下增产，与上述的分析结果一致。

二、钼

我国土壤含钼量,根据现有资料是 0.1—6 ppm, 平均含量是 1.7ppm, 稍低于世界各国土壤的平均含量,例如 2 ppm (Swaine, 1955), 2.5ppm (Robinson et al., 1953) 和 3 ppm (Ковда, 1959)。就含量的变幅而论,我国则与其他国家相似即 1—2 ppm (Aubert et al., 1971), 并且变幅小于其他微量元素,除了因土壤类型而异外,也反映出了成土母质的影响。

按土壤类型而论,我国土壤含钼量的范围和平均含量如下:

白浆土	1.3—6.0 ppm (下同)	平均 4.0 ppm (下同)
黑钙土	2.0—4.2	2.7
草甸土	0.2—5.0	2.4
棕壤	1.0—4.0	2.2
红壤	0.4—3.9	1.4
砖红壤、赤红壤	0.6—5.1	3.0

成土母质有时也可能反映出土壤中钼的供给情况,例如花岗岩发育的红壤中钼常有

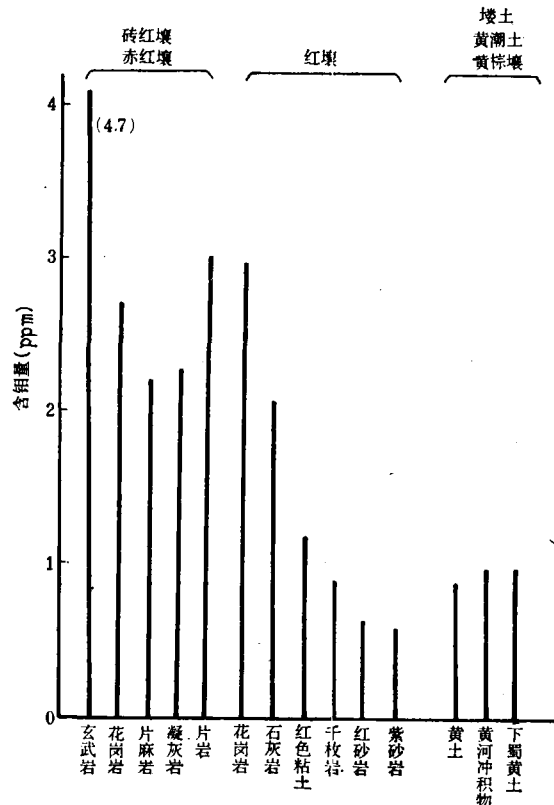


图 4 土壤含钼量与成土母质的关系

富化现象。以华中的红壤为例,土壤含钼量按成土母质可排列成下述顺序:

花岗岩 (2.88 ppm) > 石灰岩 (2.13 ppm) > 红色粘土 (1.22 ppm) >
千枚岩 (0.94 ppm) > 砂岩 (0.53 ppm)

表 2 我国一些土壤的含钼量

土壤类型	成土母质	采集地点	全量量 (ppm)		有效态钼 (ppm)	
			范围	平均	范围	平均
垆土, 黄绵土, 黑垆土	黄土及黄土性物质	陕 西	0.4—1.1	0.7	痕迹—0.32	0.11
黄潮土, 盐化潮土, 青黑土	黄河淮河冲积物	河南北部	0.5—2.6	0.8	痕迹—0.25	0.07
		江苏北部	0.4—2.0	0.8	痕迹—0.25	0.07
黄棕壤, 水稻土	下蜀黄土及湖积物	江苏南部	0.3—1.4	0.8	痕迹—0.19	0.07
红 壤	多种母质	浙江西部, 江西福建	0.4—3.9	1.4	痕迹—0.65	0.15
砖红壤, 赤红壤	多种母质	广 东	0.6—5.1	3.0	0.05—0.32	0.16

而黄土母质和黄土性物质发育的土壤, 例如黄绵土、垆土、垆土等含钼量都比较低, 这与黄土母质含钼量很低有关, 例如:

甘肃庆阳(西峰镇) 0.7 ppm (下同)

甘肃正宁(子午岭) 0.8

甘肃甘谷 0.8

陕西岐山 0.4

陕西宜君 0.7

土壤中含钼量与成土母质的关系见图4。我国南方的一些土壤, 由于花岗岩母质的影响, 含钼量是比较高的, 而在北方由于黄土和黄河冲积物的分布很广泛, 土壤含钼量较低, 分别形成了高钼和低钼地区。这些土壤的含钼量如表 2 所示。

土壤中钼的可给性受土壤条件的影响, 其中以酸碱度为最突出。在酸性土壤中由于钼被固定, 可给性很低, 一些红壤虽然含钼较多, 但是有效态钼有时却很少, 往往低于 0.15 ppm 的缺钼临界值

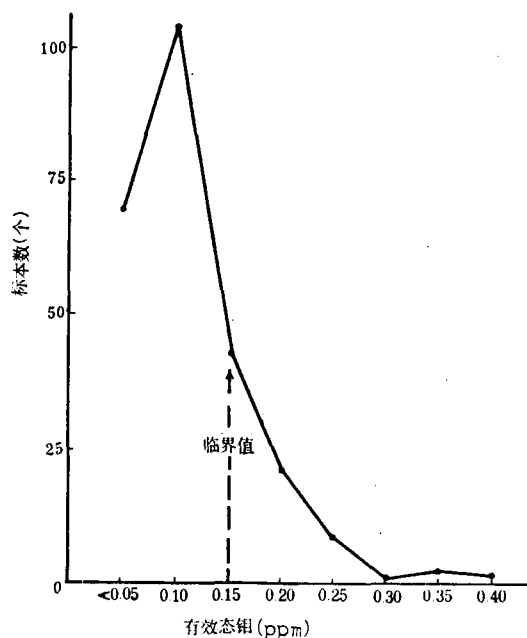


图 5 黄土及黄河冲积物发育的土壤中的有效态钼含量

值(用草酸—草酸铵溶液提取), 不能满足植物的需要。而在石灰性土壤中, 虽然可给性较高, 但在含钼量很低时, 也不一定能够满足植物的需要, 黄土母质、黄土性物质和黄河冲积物发育的各种土壤便属于这种类型(图 5)。因而在我国南方和北方, 虽然土壤类型和成土母质不同, 土壤反应不同, 但都存在着不同原因所引起的缺钼土壤。在这些土壤上, 豆

科植物对钼肥都有良好反应。这些土壤的有效态钼含量,大都低于缺钼临界值,与田间试验的结果相一致。

三、 锰

根据现有资料,我国土壤含锰范围为 47—5000 ppm,平均含量为 710 ppm,接近世界各国土壤的含量范围(50—5000 ppm),稍低于世界各国土壤的平均含量 850 ppm (Виноградов 1957)。在我国北方的石灰性土壤和南方的酸性土壤反映出两种不同的情况,石灰性土壤的含锰量和可给性都比较低,对植物的有效态锰很少或者缺乏,而酸性土壤一般富含锰,有效态锰亦多。

按土壤类型区分,各类土壤的含量变幅很大,有的红壤低至 100 ppm 以下,有的则超过 2000 ppm,有时可达 5000 ppm,按土类举例如下:

白浆土	850—1800 ppm (下同)	平均 1400 ppm (下同)
棕壤	340—1000	770
草甸土	480—1300	940
黑土	590—1100	900
黑钙土	730—1200	840
暗栗钙土	250—900	580
褐土	550—900	730
垆土、黑垆土、黄绵土	660—1170	844
黄潮土、青黑土	262—662	425
红壤	42—2270	640
砖红壤、赤红壤	200—3000	915
红色石灰土	500—2000	900
棕色石灰土	200—5000	1740
黄壤	50—750	300

在南方的酸性土壤—砖红壤和红壤中,锰有富化现象,并且因为成土母质不同而有显著的差异。例如:

玄武岩母质发育的红壤	2000—3000 ppm
花岗岩母质发育的红壤	大部分 < 500 ppm
片岩、页岩、沉积物发育的红壤	200—500 ppm

由花岗岩发育的高度富铝化的红壤中,含锰量可能很低,有时只有 100 ppm 上下或者更低(未统计在上述范围内)。华中丘陵区红壤的含锰量按成土母质可排列成下述顺序:

千枚岩 (1005 ppm) > 紫砂岩 (817 ppm) > 红色粘土 (783 ppm) >
花岗岩 (640 ppm) > 石灰岩 (479 ppm) > 红砂岩 (224 ppm)

其中以红砂岩发育的红壤含锰量最低,与千枚岩发育的红壤相比,含锰量相差近 5 倍。

土壤中锰的可给性受土壤条件的强烈影响,全锰含量不适于作为判断锰的供应情况的指标。活性锰(包括水溶态锰、代换态锰和易还原态锰)或者活性锰与全锰的比率较能

反映土壤中有效锰的供应情况。

红壤除了含锰量较高以外,活性锰也比较多,而石灰性土壤则相反。表 3 列举了石灰性、中性到微酸性、酸性土壤的含锰量,三者之间不论各种形态的锰、活性锰与全锰的比率、代换态锰与易还原态锰的比率都有明显的差异。

表 3 我国一些土壤的含锰量

土壤类型	成土母质	采土地点	土壤 酸碱性	含 锰 量 (ppm)			活性锰/全锰比值的 分布频率(%)		
				代换态	易还原态	全 量	<0.10	0.10 — 0.20	>0.20
黄潮土,盐化潮土,青黑土	黄河淮河冲积物	江苏徐淮地区	石灰性	0—8.4 (1.1)	15—292 (89)	262—662 (425)	53	33	14
黄棕壤,水稻土	下蜀黄土湖积物	江苏南部	中性到微酸性	0—48.8 (7.5)	3—710 (175)	200—1500 (741)	12	29	59
红 壤	多种母质	浙江,江西	酸 性	痕迹—39.0 (4.9)	3—856 (119)	47—2270 (640)	—	—	—

注: 括号内数据为平均值。

根据上述情况,可以认为在红壤及红壤性水稻土等酸性土壤中锰的供应是充足的,缺锰土壤主要是我国北方的石灰性土壤,尤其是质地轻、有机质少、通透性良好的土壤,如黄淮海平原的黄潮土,盐化潮土等。图 6 是黄河、淮河冲积物发育的土壤(黄潮土、盐化潮土等)中代换态锰和易还原态锰的含量。在所分析的土壤中,代换态锰往往不能测出,绝大多数标本的代换态锰含量低于临界值(2—3 ppm),半数以上标本的易还原态锰含量低于临界值(100 ppm),说明上述土壤中锰的供给是不足的,其分析结果与田间试验的结果相一致。在陕西和甘肃的黄土高原以及江苏北部的黄河、淮河冲积物发育的土壤上,锰肥可使小麦、棉花、甜菜等多种作物增产。

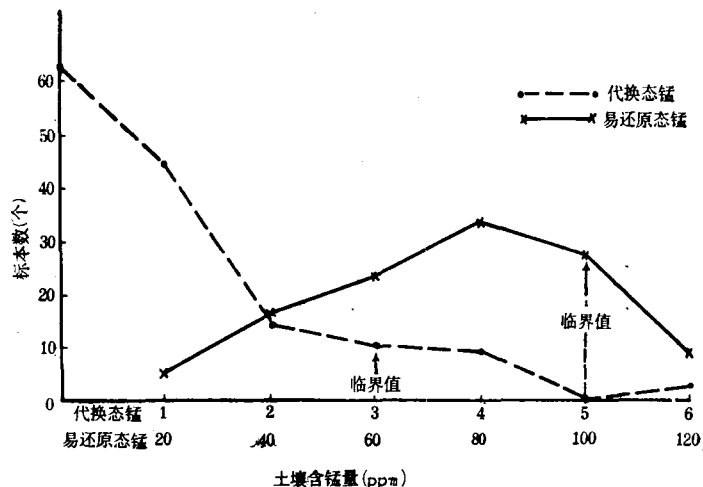


图 6 黄河冲积物发育的土壤(黄潮土、盐化潮土等)的含锰量

四、 锌

我国土壤含锌量根据现有资料为 $< 3-790$ ppm, 平均含量为 100 ppm, 高于世界各国土壤的含锌量 50ppm (Виноградов, 1957)。土壤的含锌量与土壤类型和成土母质有关。我国土壤含锌量按土类区分有一定差异, 例如:

白浆土	79—100 ppm (下同)	平均 89 ppm (下同)
棕壤	44—770	98
褐土	37—50	59
黑土	58—66	61
黑钙土	56—153	88
暗栗钙土	20—98	57
草甸土	51—130	87
红壤	22—172	79
黄壤	50—500	145
砖红壤、赤红壤	20—600	180
紫色土	30—100	65
红色石灰土	100—300	238
棕色石灰土	50—600	302

在同一土类中, 土壤含锌量与成土母质有一定的关系。以砖红壤、红壤等为例, 华南的砖红壤、赤红壤和红色石灰土等土壤的含锌量为 20—600 ppm, 其中以石灰岩发育的红色石灰土和棕色石灰土含锌量最高, 玄武岩发育的土壤次之, 砂岩发育的土壤最少, 例如:

红色石灰土及棕色石灰土	100—600 ppm
玄武岩发育的砖红壤	150—300 ppm
高度风化的片岩发育的赤红壤	50—100 ppm
砂岩、砂页岩发育的红壤	100 ppm 上下

华中丘陵区红壤有类似的情况, 例如江西、浙江各种成土母质发育的红壤含锌量为 22—172 ppm, 平均为 79pp m。其中以石灰岩和花岗岩发育的红壤最多, 含量为 85—172 ppm; 红砂岩发育的红壤最少, 为 28—63 ppm, 红色粘土发育的红壤含锌量介于二者之间。按成土母质区分, 各种红壤的平均含锌量可排列成以下的顺序:

花岗岩 (153 ppm) > 石灰岩 (91 ppm) > 紫砂岩 (81 ppm) >
千枚岩 (68 ppm) > 红色粘土 (61 ppm) > 红砂岩 (31 ppm)

土壤中锌的可给性主要受土壤条件、尤其是土壤酸碱度的影响。在碱性反应下, 锌的可给性降低。因此, 缺锌多发生在 $pH > 6.5$ 的土壤上。在酸性土壤中则有效态锌较多。红壤中有效态锌的含量又因成土母质不同而有差异。例如, 石灰岩发育的红壤中有效态锌最多, 而红砂岩发育的红壤中则最少, 红色粘土发育的红壤介于二者之间。在石灰性土壤中, 有效态锌一般较低, 常低于缺锌临界值。表 4 说明了这种情况, 所列举的红壤、黄棕壤

和白土的有效态锌用 0.1 N 盐酸提取, 含量基本上高于临界值 (1 ppm)。黄潮土用 DTPA 溶液提取, 含量多低于临界值 (0.5 ppm)。

表 4 我国一些土壤的含锌量

土壤类型	采土地点	成土母质	含 锌 量 (ppm)		有效态锌 (ppm)	
			范围	平均	范围	平均
红 壤	江西 宜春	石灰岩	82--109	91	9.6--13.8	12.0
	江西 鹰潭	红砂岩	23--53	31	0.3--2.8	0.8
	江西 进贤	红色粘土	35--85	61	0.7--2.8	1.2
黄棕壤, 白土	江苏南京, 溧阳	下蜀黄土	55--122	94	0.7--4.3	2.4
黄 潮 土	江苏徐州地区	黄河冲积物	49--150	80	0.1--1.1	0.4

根据黄淮海平原的多种石灰性土壤中有效态锌的分析结果(用 DTPA 提取), 含量范围为痕迹—3.0 ppm, 平均含量为 0.37 ppm, 一般均低于 0.5 ppm, 图 7 说明了这种情况。在北方, 玉米的缺锌现象十分普遍, 意味着需要锌肥的土壤的面积可能很大, 这有待于进一步研究和在更广泛的基础上进行田间试验加以验证。

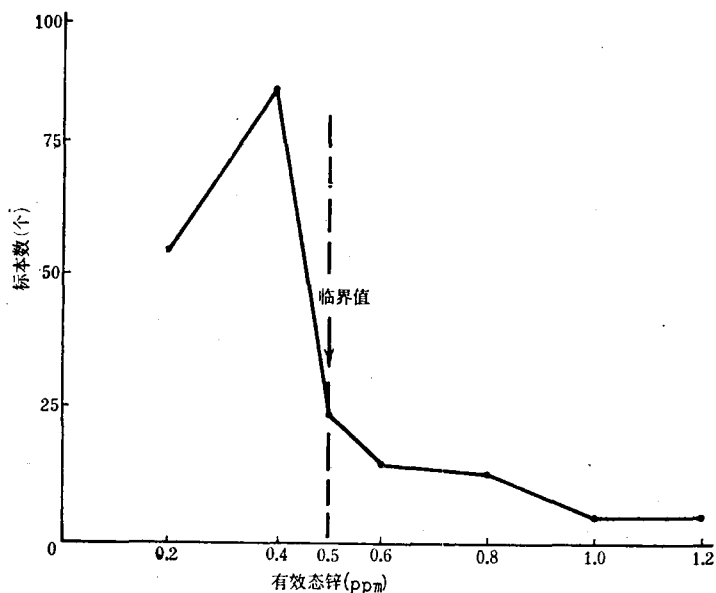


图 7 我国北方黄土及黄河冲积物发育的土壤有效态锌的含量

五、铜

我国土壤含铜量为 3—300 ppm, 平均 22 ppm。除了长江下游的部分土壤以外, 各种类型土壤的平均含量都在 20 ppm 上下, 与各国资料(即 20 ppm)相同(Aubert et al., 1971; Виноградов, 1957)。

我国一些土壤的含铜量如下:

白浆土	13—35 ppm (下同)	平均 28 ppm (下同)
黑土	19—28	26
黑钙土	16—34	20
草甸土	18—35	26
棕壤	17—33	23
褐土	18—32	22
暗栗钙土	7—47	20
红壤	6—68	21
砖红壤、赤红壤	<15—150	43
黄壤	10—40	18
紫色土	15—40	25

土壤含铜量因成土母质不同而有一定的差异,这种差异不如以上四种微量元素明显。以红壤为例,平均含铜量按成土母质可排列成下列顺序:

千枚岩 (55 ppm) > 石灰岩 (20 ppm) > 紫砂岩 (20 ppm) >

红色粘土 (19 ppm) > 花岗岩 (11 ppm) > 红砂岩 (9 ppm)

华南的砖红壤含铜量 < 15—150 ppm, 因成土母质不同而有很大差异,玄武岩发育的土壤含铜量远高于其他母质发育的土壤。例如:

玄武岩发育的砖红壤、赤红壤 < 100—150 ppm

片岩、页岩发育的砖红壤、赤红壤 20—50 ppm

花岗岩、砂岩发育的砖红壤、赤红壤 < 15 ppm

此外,石灰岩发育的砖红壤、赤红壤含铜量,因土壤类型不同而有显著差异。例如广西龙州的赤红壤含铜量为 40—50 ppm, 云南丘北和广西德保的红色石灰土和棕色石灰土则高达 200—300 ppm。

根据现有资料,可以认为我国各地土壤的含铜量,除少数土壤以外,一般都比较适中,波动于 20 ppm 上下。容易发生缺铜的土壤如沼泽土和泥炭土,未包括在上述的分析结果和平均值之内。

各种母质发育的土壤,有效态铜有一定的差异,但一般都高于 1 ppm, 例如,砖红壤、红壤的有效态铜含量:

花岗岩母质 0.10—0.50 ppm

砂岩、石灰岩、片岩母质 0.14—1.22 ppm

玄武岩母质 0.74—10.5 ppm

华中地区红壤则只有红砂岩发育的常少于 1 ppm, 红色粘土、千枚岩, 紫砂岩发育的一般都高于 1 ppm。在北方石灰性土壤和砂质土壤中, 例如江苏北部的徐州、淮阴地区的砂质黄潮土, 有效态铜常少于 1 ppm, 其余各种土壤根据现有的分析结果都比较丰富。

目前我国的铜肥试验进行得比较少, 尚难根据试验结果来评价土壤铜的供应情况。

参 考 文 献

- Aubert, H. et Pinta, M., 1971: Les Elements traces dans les Sols. O. R. S. T. O. M., Paris.
- Robinson, W. O. and Alexander, L. T., 1953: Molybdenum contents of soils. *Soil Sci.*, 75: 287.
- Swaine, D. J., 1955: The trace-element content of soils, Commonwealth Agri. Bureau, England.
- Виноградов, А. П., 1957: Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. Изд-во АН СССР, Москва.
- Ковда, В. А., 1959: Микроэлементы в почвах Советского Союза., Изд-во МГУ., Москва.

CONTENT AND DISTRIBUTION OF TRACE
ELEMENTS IN SOILS OF CHINA

Liu Cheng, Tang Li-hua, Chu Chi-ching, Han Yü-cheng and Ou-yang Tao
(The Trace Element Group, Nanking Institute of Soil Science, Academia Sinica)

Summary

Studies were made during the past years on the total content of the trace elements such as B, Mo, Mn, Zn, Cu in the main soil types of China, and their available part for plants. The amount of trace elements in the soil is largely determined by the soil types and, to some extent, by its content in the underlying parent rock, the nature of which has a direct effect on the content of trace elements in soils.

The total content of boron in soils of China varies from trace to 500 ppm, with an average content of 64 ppm. There are two remarkably different types of regions which are differentiated by the contents of boron in soils, the first one consisting of regions where the soils contain an unusually high amount of boron; while the second one being those poor in boron. The soils of Tibet and other arid inland are the richest in boron (22—500 ppm). Soils derived from loess are also rich in boron. However, their amount of water-soluble boron is low. In saline or salinized soils, the amount of the total water-soluble boron is usually high. Laterite or lateritic soils and red earths derived from granite, gneiss and phyllite are poor in boron. In the soils deficient in boron, certain plants, e. g. rapes, often fail in blossom development.

The molybdenum content ranges from 0.1 to 6 ppm and averages 1.7 ppm, with the highest found in acidic soils derived from granite and basalt. However, the availability is low due to fixation. Low molybdenum content has been observed in soils developed from loess and alluvium of the Yellow River. The available molybdenum content of the acidic and the above-mentioned soils is very low, usually below 0.15 ppm. This results in the deficiency of molybdenum for plants. Mo-fertilization leads to an increase in yield of leguminous crops.

The main soil types of China have been investigated for manganese contents which, according to analytical results, ranges from 47 to 5000 ppm and averages 710 ppm, i. e., equal or near to the average contents of soils of other countries. The soils in the south are richer in manganese than those in the north. The content of exchangeable manganese is higher in acid soils than in alkaline, where it occurs only

in trace. Fertilization with manganese on alkaline sandy soils derived from alluvium brings about an increase in yield of wheat, cotton, sugar-beet, etc.

The content of zinc varies from <3 to 790 ppm with an average of 100 ppm. The available zinc is lower in calcareous soils of North China as compared with acid soil of the South. An injury to maize from zinc deficiency is widespread on soils which are low in available zinc. Zinc fertilization leads to an increase in yield of maize, paddy and a number of fruit trees.

In general, the copper content varies little in different types of soils, ranging from 3 to 300 ppm and averaging 21 ppm. There is no symptoms of deficiency in copper observed in the field experiments.