

# 上海土壤中硼、锌有效性的初步研究

吴镇麒 邝安琪 姚乃华 杨永清

(上海市农业科学院土壤肥料研究所)

硼、锌是植物正常生长必需的微量营养元素，植物缺硼或缺锌将会发生生理功能失调，生长发育受阻，从而影响农业产量与产品质量。土壤中硼、锌的有效供给情况与植物的硼、锌营养水平有着密切的关系。近年来，我们及郊区有关单位对水稻、小麦、油菜等作物进行硼、锌试验，反应不一。为了进一步明确硼、锌的有效性，我们对郊区几种主要的土壤作了调查研究。

上海位于长江三角洲前缘地带，是一个河网冲积平原，主要土壤类型有青紫泥、沟干泥、黄泥头、盐土等。

青紫泥土壤发育于古太湖沉积物，属沼泽型土壤，地势低洼，土体中普遍埋藏泥炭层或腐泥层，质地粘性强，pH值6.8—7.5左右，无石灰性反应，有机质含量高(3—6%左右)。

沟干泥土壤和黄泥头土壤发育于江海共同沉积物，属草甸型土壤，曾经历过盐渍化过程，但早已脱盐，地势较高，质地偏中，pH值6.9—7.8左右，部分土壤有石灰性反应，有机质含量较高(2—3%左右)。

盐土发育于近代海相沉积物，属氯化钠型盐土，质地偏砂性，pH值7.5—8.0左右，石灰性反应较强烈，土壤中含盐量(NaCl)为0.1—0.4%左右，有机质含量偏低(1.5%左右)。

## 一、土壤中有效硼、锌的含量

土壤的全硼、全锌含量不足以反映出它们的有效性。通常采用一定的方法提取出来的硼和锌视为有效含量则和植物吸收的硼、锌有较好的相关性，因此土壤中硼、锌有效含量的高低与农业生产的关系颇为密切。

本文中的有效锌用DTPA溶液提取，原子吸收分光光度法测定；有效硼以热水煮沸5分钟提取，姜黄素比色法测定。采用上述方法，分析了青紫泥、沟干泥、黄泥头和盐土等共计44个点的有效硼、锌含量，其平均结果见表1。

表1 上海郊区几种土壤的有效硼、锌含量

土壤类型	标本数	B (ppm)		Zn (ppm)	
		范围	平均	范围	平均
青紫泥	11	0.06—0.94	0.51	0.25—5.11	2.10
沟干泥	12	0.08—3.20	0.46	1.08—4.09	1.85
黄泥头	10	0.62—1.33	0.92	0.90—5.47	2.73
盐土	11	0.40—1.47	0.95	0.37—1.29	0.75
平均		0.06—3.20	0.71	0.25—5.47	1.82

根据初步分析结果,可以看出以下几方面的情况:

1. 有效硼、锌含量的变化幅度大。表 1 资料表明, 各类土壤的有效硼、锌含量都可能相差几倍至数十倍之多。耕作层中, 有效硼的含量范围在 0.06—3.20 ppm 之间, 平均值为 0.71 ppm, 有效锌的含量范围在 0.25—5.47 ppm 之间, 平均值为 1.82 ppm。

2. 不同类型的土壤之间, 有效硼、锌的含量有明显的差异。有效硼的平均含量以盐土最高, 黄泥头土壤与盐土相近似, 沟干泥土壤和青紫泥土壤最低, 比盐土和黄泥头土壤低一倍左右。有效锌的平均含量以黄泥头土壤最高, 青紫泥土壤和沟干泥土壤次之, 盐土最低, 比其它三种土壤低一至三倍左右。

3. 在四类土壤中, 有三类土壤或者有效硼的含量水平偏低, 或者有效锌的含量水平偏低, 只有黄泥头土壤的有效硼含量和有效锌含量相对较高。

有效硼充足与否的临界浓度(临界值), 通常采用热水溶性硼含量 0.5 ppm 为标准, 但因土壤质地不同, 临界浓度可以从 0.3—0.8 ppm (浙江农业大学农化、土壤教研组, 1977)。按照本文有效锌的提取方法, 锌的临界值以 0.5 ppm 为标准, 0.5—1.0 ppm 为临界边缘值, > 1.0 ppm 为适量。用以上标准来衡量, 沟干泥土壤的有效硼平均含量 (0.46 ppm), 和青紫泥土壤的有效硼平均含量 (0.51 ppm) 都低于或接近于缺硼临界值, 盐土的有效锌平均含量 (0.75 ppm) 在临界边缘值范围以内, 黄泥头土壤的有效硼平均含量 (0.92 ppm) 和有效锌平均含量 (2.73 ppm) 皆高于硼、锌的临界值。

根据分析结果统计 (图 1), 44 个样点中, 有效硼含量  $\leq 1.0$  ppm 的样点占大多数 (88%), 有 38% 的样点低于缺硼临界值 (0.5 ppm 为标准); 有效锌含量低于缺锌临界值和临界边缘值之内的样点占 37%, 其中低于缺锌临界值 (0.5 ppm 为标准) 的样点占 10%。

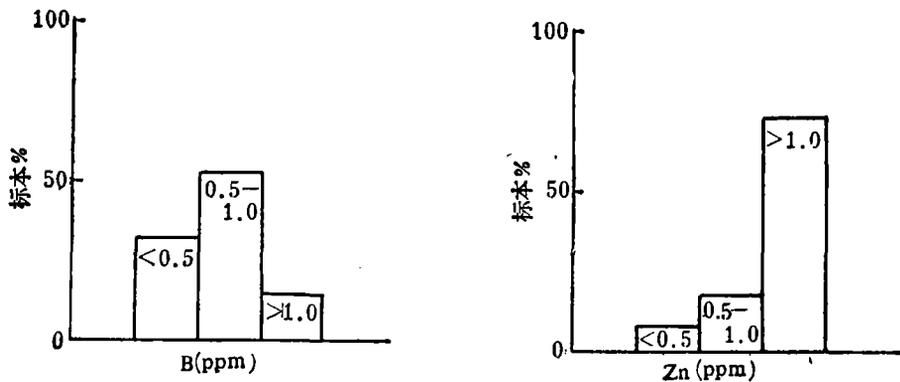


图 1 上海郊区几种土壤的有效硼、锌含量分级比例

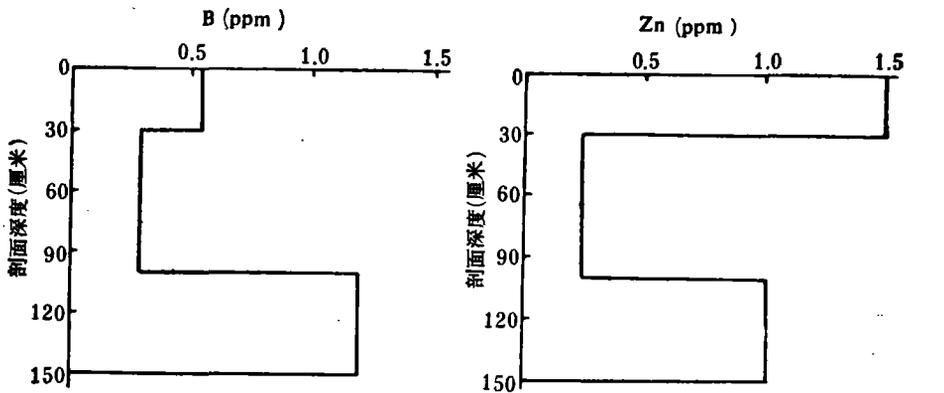
4. 有效硼、锌的丰缺程度, 各类土壤之间也颇不一致。沟干泥土壤和青紫泥土壤缺硼程度可能较大, 盐土缺锌程度也可能较大。

根据分析结果统计 (表 2), 青紫泥土壤和沟干泥土壤中, 有效硼含量  $\leq 1.0$  ppm 的样点皆占 100%, 低于缺硼临界值的样点分别占到 60% 和 70% 以上, 黄泥头和盐土中多数样点的有效硼含量在 0.5—1.0 ppm 之间。盐土的有效锌含量在临界边缘值的样点占 64%, 低于缺锌临界值的样点占 27%, 其余三类土壤的大多数样点有效锌含量 > 1.0 ppm。

表 2 上海郊区四类土壤的有效硼、锌含量分级比例

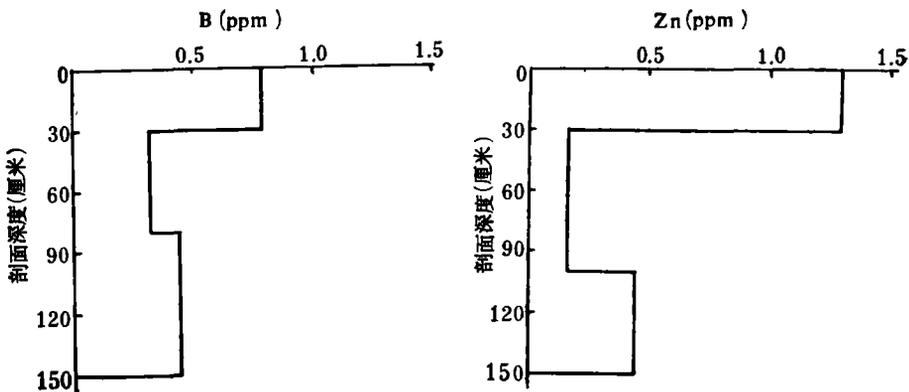
标本% 土 类	ppm	B			Zn		
		< 0.5	0.5—1.0	> 1.0	< 0.5	0.5—1.0	> 1.0
青 紫 泥		64	36		10	10	80
沟 干 泥		73	27			20	80
黄 泥 头			70	30		10	90
盐 土		9	55	36	27	64	9

5. 土壤剖面中有效硼、锌的含量分布(图2), 非盐渍化土壤(青紫泥、沟干泥、黄泥头)一般是表层的有效硼、锌含量高于底层, 唯青紫泥剖面中的泥炭层(或腐泥层)的有效硼、锌含量接近或超过表层。盐土剖面中的有效硼含量分布与盐分含量分布有一定的平行关系。



(A) 青 紫 泥

注: 第三层系泥炭层或腐泥层



(B) 沟 干 泥

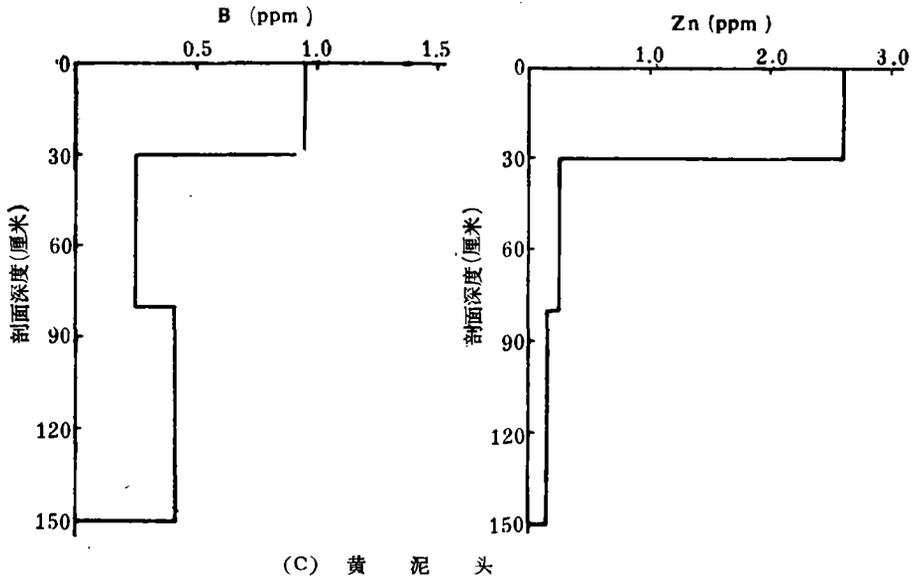


图2 土壤剖面中有效硼、锌的含量分布

## 二、影响土壤硼、锌有效性的因子

土壤中硼、锌的有效性受到许多因子的影响,例如土壤类型、土壤反应、有机物质、耕作与施肥等都会影响其有效性。现就初步调查研究的结果,对影响土壤硼、锌有效性的有关因子作如下一些探讨。

### 1. 有效硼、锌含量与土壤类型的关系

前文已经提到,不同类型的土壤之间有效硼、锌的含量水平有着明显的差异。测试结果表明,有效硼的平均含量以盐土为最高,沟干泥土壤和青紫泥土壤最低,低于或接近于缺硼临界值;有效锌的平均含量以盐土为最低,在缺锌临界边缘值范围之内;黄泥头土壤的有效硼和有效锌的平均含量都相对较高,皆高于硼和锌的临界值。出现这种差异,固然是受多种因子的影响,但是与特殊的土壤条件可能有着密切的联系。

由海相沉积物发育的盐土含硼量高 (Bradford, 1973), 显然是与近期海水的浸渍作用有关,关于含硼量和含盐量的关系将在另一节中讨论。盐土中有效锌的含量低的原因,可能与较高的 pH 值、强烈的石灰性反应等因素有关。

青紫泥土壤分布地区,地势低洼,河网密布,地下水位高,又长期连年灌溉种植水稻,在这种水流活动频繁的条件下,土壤中的可溶性硼可能招致损失。同时,青紫泥土壤的质地粘性强,且长期处于潮湿的还原环境中,因此虽有丰富的有机物质及潜在的养分,但其矿化释放率低。上述因素可能导致青紫泥土壤的有效硼含量低。

沟干泥土壤是郊区成土最早的土壤,发育于古代长江冲积物,在长期的风化、淋溶和利用过程中,容易引起硼的消耗与损失。同时,沟干泥土壤的结构性能较差,通气透水不良,这些因素都可能抑制有机物质的矿化与养分的释放。部分沟干泥土壤的 pH 值  $> 7$ , 并有石灰性反应。这些因素可能使沟干泥土壤的有效硼含量低。

黄泥头土壤的结构性能良好,地势较高,地下水位较低,通气透水性能颇佳,有利于有机物质的矿化与养分的释放,这些条件可能与黄泥头土壤的硼、锌有效性相对较高有关。

## 2. pH 值对硼、锌有效性的影响

硼、锌的有效性与土壤反应有着密切的关系。有关文献指出在 pH 4.7—6.7 间硼的有效性最高,水溶性硼与 pH 值间呈正相关, pH 值在 7.1—8.1 间硼的有效性降低,水溶性硼与 pH 值间为负相关,植物缺硼多数发生在  $\text{pH} > 7$  的土壤上(刘铮, 1964); 植物缺锌症状多发生在  $\text{pH} > 6.5$  的土壤上(刘铮等, 1978)。

根据黄泥头、沟干泥、青紫泥等土壤标本测定的结果可以看出,有效硼、锌的平均含量与 pH 值间有一定的关系(表 3), 即  $\text{pH} < 7$  的标本其有效硼、锌的平均含量较高,  $\text{pH} > 7$  的标本其有效硼、锌的平均含量相对较低。

表 3 有效硼、锌含量与 pH 值的关系

土 壤 类 型		B (ppm)		Zn (ppm)	
		pH<7	pH>7	pH<7	pH>7
黄 泥 头	范 围	0.62—1.33	0.67—1.07	1.28—5.47	0.90—5.29
	平 均	0.92	0.85	2.54	2.38
沟 干 泥	范 围	0.25—0.72	0.08—0.95	1.08—4.09	1.22—2.50
	平 均	0.43	0.47	2.15	1.53
青 紫 泥	范 围	0.38—0.94	0.17—0.70	1.02—5.11	0.25—2.08
	平 均	0.70	0.40	2.67	1.51

郊区盐土的 pH 值一般在 7.5—8.0 左右,并有较强烈的石灰性反应,这可能是导致有效锌含量低的一个重要原因。沟干泥土壤的 pH 值一般在 7.0—7.7 左右,其中  $\text{pH} > 7$  的样点占 60%,黄泥头土壤的 pH 值一般在 6.9—7.8 左右,其中  $\text{pH} > 7$  的样点占 50%,并且这两类土壤中都有相当多的样点有不同程度的石灰性反应,这些因素可能是影响部分沟干泥和黄泥头土壤的有效硼或有效锌含量偏低的原因之一。

## 3. 盐土中有效硼、锌含量与盐分含量的关系

盐土标本分析结果表明,有效硼含量与氯化钠含量之间有较好的平行关系,有效锌含量则与氯化钠含量间出现相反的趋势(表 4、图 3)。重盐土含硼量高,脱盐土或轻盐土含硼量低,有效锌的含量则与此相反。

有效硼、锌含量与盐分含量间的这种关系,不但表现在水平方向上(耕作层),同时还可能表现在垂直方向上(剖面),即在土壤剖面中随着脱盐化过程的进行,盐分向下移动聚

表 4 盐土的有效硼、锌含量与盐分含量的关系

NaCl (%)	< 0.1	0.1—0.3	0.3—0.6
B (ppm)	0.72	0.94	1.56
Zn (ppm)	0.77	0.72	0.58

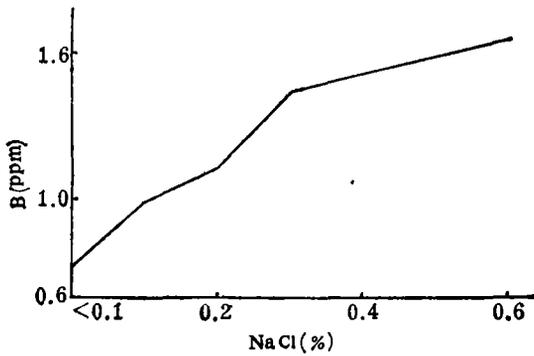


图3 盐土的有效硼含量与盐分含量的关系

积的同时,有效硼的含量亦可能随之增加,而有效锌的含量却可能趋向减少(图4)。这就提示我们在盐土脱盐过程中的一定阶段应注意硼、锌含量变化与影响作物生长的问题。

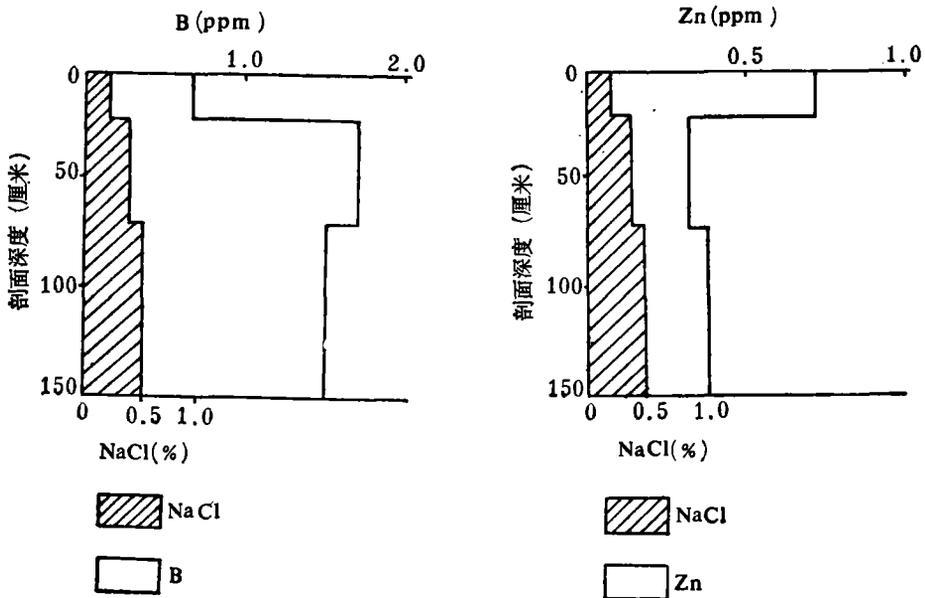


图4 盐土剖面中有效硼、锌含量与盐分含量的关系

注: 剖面地点在奉贤县星火农场

#### 4. 有效硼、锌含量与有机质含量的关系

土壤中硼、锌的有效性受有机物质含量的影响。硼或者与有机物相结合成为有机物的一部分,或者被有机物所固定,而当有机物经过分解后,硼被释放出来成为有效态的硼,所以一般是有机物多的土壤有效硼多,表土含硼比底土多。至于锌的有效性,有的研究者认为有机物是使锌固定和导致缺锌的原因(刘铮, 1964)。

从沼泽型青紫泥土壤,以及草甸型沟干泥和黄泥头土壤的分析结果来看,同类土壤在相似条件下,有效硼、锌含量与有机质含量之间似有一定的平行关系(表5),即有机质含量高的土壤,有效硼、锌的含量亦相对较高,反之亦然。这种关系在土壤剖面中也有类似

的趋势(表6),即表土的有效硼、锌含量一般是高于底土,但青紫泥剖面中的泥炭层有机质含量相当高,其有效硼、锌含量亦高,可能超过或接近于表土的含量。

表5 土壤硼、锌的有效含量与有机质含量的关系\*

土壤类型	标本编号	有机质 (%)	B (ppm)	Zn (ppm)
黄泥头	M 78038	3.6	1.00	3.04
	M 78065	2.1	0.96	2.17
沟干泥	M 78069	2.4	0.96	1.26
	M 78019	1.8	0.60	1.33
青紫泥	M 78029	3.7	0.70	1.79
	M 78104	3.4	0.40	1.20

\* 耕作层

表6 土壤剖面中有效硼、锌含量与有机质含量的关系

土壤类型	剖面编号	深度(厘米)	有机质 (%)	B (ppm)	Zn (ppm)
青紫泥	M 78029	0-30	3.7	0.70	1.79
		30-110	1.5	0.15	0.14
		110-150*	13.1	1.86	1.45
黄泥头	M 78065	0-22	3.6	1.00	3.04
		22-82	1.8	0.29	0.35
		82-150	1.2	0.43	0.17
沟干泥	M 78019	0-30	1.8	0.60	1.33
		30-80	1.3	0.35	0.13
		80-150	1.2	0.34	0.10

\* 泥炭层

### 5. 硼、锌的有效性与土壤肥力的关系

土壤肥力水平的高低,通常通过作物产量水平反映出来。高产土壤不仅含有充足的养分(包括微量营养元素),而且还具备农作物充分吸收利用养分的良好土壤环境,低产土壤或者养分含量低,或者土壤环境不良等原因,限制了养分的释放和作物对养分的充分吸收利用而导致减产。

从这次初步调查与土壤分析的结果可以看出,在正常情况下,一般是高产土壤或高产田块的有效硼或锌的含量相对较高。例如黄泥头土壤是郊区的一种高产土壤,其有效硼、锌含量都高于沟干泥土壤和青紫泥土壤,其中有效硼的平均含量(0.92 ppm)比青紫泥土壤多80%,比沟干泥土壤多一倍。在同类土壤中,一般也是高产田的有效硼或锌的含量高于低产田(表7)。

但是,在另一些对比田块中,低产田的有效硼或锌的含量反而高于高产田(表8),这类低产田多属地势较低,或者远离河浜,排水不畅,或者质地偏粘潮湿,因此在土壤中虽有较多的硼或锌,但不良的土壤环境则不利于作物对它们的吸收利用,致使土壤中积留有较

多的硼或锌。由此可见,良好的土壤环境,则是保证充分发挥硼、锌作用的重要条件。

表 7 土壤硼、锌有效含量与肥力的关系\*

土 类	地 点	肥 力	编 号	B (ppm)	Zn (ppm)
青	青浦县金泽公社	高	M 78035	0.94	4.69
			M 78033	0.94	5.11
紫	青浦县城东公社	低	M 78029	0.70	1.79
			金山县张埭公社	高	M 78092
低	M 78090	0.62		1.47	
泥	金山县亭新公社	高	M 78094	0.38	1.35
		低	M 78096	0.43	0.25
沟干泥	上海县北桥公社	高	M 78108	0.24	1.22
		低	M 78110	0.28	1.08
夹沙泥	川沙县合庆公社	高	M 78060	1.15	4.11
		低	M 78062	1.07	0.90

\* 耕作层

表 8 土壤的有效硼、锌含量与土壤环境的关系

土 类	编 号	肥 力	土 壤 环 境	B (ppm)	Zn (ppm)
黄泥头	M 78044	高	土质疏松,靠近河浜排水好。	0.87	1.45
	M 78046	低	土质粘性强,地势低平排水差。	1.33	5.47
沟干泥	M 78077	高	地势较高,靠近河浜排水好。	0.25	1.09
	M 78079	低	地势低平排水差。	0.46	2.31
青紫泥	M 78086	高	靠近河浜排水好。	0.46	1.02
	M 78088	低	地势低平排水差,土质发僵。	0.39	2.08

此外,使用城市生活垃圾作肥料的田块,有效硼的含量相当高。例如嘉定县城东公社薛家生产队(沟干泥土壤)施用垃圾的田块(M78073 标本)有效硼含量高达 3.20 ppm,而未施垃圾的邻近田块(M 78075 标本)有效硼的含量只有 0.78 ppm。城市生活垃圾中除了含有一定数量的有机物之外,其主要成分则是煤灰(估计约占 75%)。煤及煤灰中含有丰富的硼(Mclean, et al., 1958),据测定煤灰中水溶性硼的含量在 7 ppm 以上,高出沟干泥土壤十几倍。

### 三、作物对硼、锌的反应

近年我们及郊县有关单位在沟干泥、青紫泥土壤上的初步试验结果表明,油菜、小麦、梨树等对硼肥有良好的反应,这与土壤分析结果基本一致。同时,在上述两类土壤上施用

锌肥,水稻或小麦也表现增产。

我所在上海县华漕公社沟干泥土壤上进行油菜和小麦的硼、锌试验均表现增产效果(表9)。油菜喷硼或喷锌二次(抽苔期、花期),有效荚数和粒数增加,分别增产9.3%和9.7%;小麦喷硼或喷锌二次(抽穗期、灌浆期),表现出每穗粒数增加,分别增产11.2%和13.2%。

表9 油菜、小麦施用硼、锌的效果(1978年)

作物	产量结构	喷 B	喷 Zn	对 照
油 菜	有效荚(个/株)	522.1	520.0	467.6
	粒 数(粒/荚)	20.5	20.8	19.1
	千粒重(克)	2.35	2.37	2.33
	产 量(斤/亩)	306	307	280
小 麦	粒 数(粒/穗)	31.3	32.0	30.9
	千粒重(克)	33.7	33.4	33.5
	产 量(斤/亩)	575	585	517

注:试验小区面积0.1亩,二次重复,硼砂和硫酸锌的浓度均为0.1%,每次每亩喷施上述溶液150斤。

嘉定县徐行公社永胜大队(沟干泥土壤)油菜喷硼试验结果,有效荚和每荚粒数明显增加,阴荚率减少,增产幅度较大(表10)。

表10 油菜喷硼试验结果(1975年)

处 理	密 度 (株/亩)	有 效 荚 (个/株)				主花序阴荚率		粒 数 (粒/荚)	产 量 (斤/亩)
		主花序	一次分枝	二次分枝	合 计	阴荚数	%		
苔期喷 B	9000	55.2	187.2	11.8	254.2	20.2	26.6	14.16	227.4
对 照	9000	52.4	167.4	10.6	230.4	23.6	31.1	12.02	174.5

上海县七一公社(沟干泥土壤)2200多亩油菜喷施硼肥,根据试验田的产量资料,一般增产10%以上。

青紫泥土壤区早稻施锌有增产效果。根据金山县计量管理所1976年锌肥蘸根试验结果,早稻增产幅度为4.5—15%。

此外,根据本院园艺研究所1977年在金山县钱圩公社(青紫泥土壤)的试验,梨树施用硼砂后,对防治缩果病有明显效果。

### 参 考 文 献

- 刘 铮, 1964: 土壤中的硼。中国科学院微量元素研究工作会议汇刊, 科学出版社。  
 刘 铮, 1964: 土壤中的锌。中国科学院微量元素研究工作会议汇刊, 科学出版社。  
 刘 铮、唐丽华、朱其清、韩玉勤、欧阳洮, 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, 138—150。  
 浙江农业大学农化、土壤教研组, 1977: 浙江省一些土壤的含硼量和油菜缺硼的诊断。土壤, 第3期, 140—143。  
 Mclean, E. O. and Volk, W., 1958: Boron for alfalfa and other Crops on Ohio Soil. in Trace elements, 251—256, Academic Press Inc., New York.  
 Bradford, G. R., 1973: Boron. in Diagnostic Criteria for Plants and Soils. 33—55, Univ. Calif., Riverside, Calif., U.S. A.

## PRELIMINARY STUDY OF THE AVAILABILITY OF BORON AND ZINC IN SOILS OF SHANGHAI

Wu Zhen-qi, Kuang An-qi, Yao Nai-hua and Yang Yong-qing  
(*Soil and Fertilizer Research Institute, Shanghai Academy of Agricultural Science*)

### Summary

Shanghai is situated in the Yangtze Delta. The main soil types in this district are greyish-blue lowland rice soil (swamp type), greyish-brown upland rice soil (meadow type), brownish-yellow upland rice soil (meadow type) and salty soil.

A preliminary study was made on the contents of available boron and zinc as well as their affecting factors in the soils mentioned above. The samples were collected from 44 localities.

The contents of available boron and zinc varied greatly. The content of available boron in the plough layer ranged from 0.06 to 3.20 ppm with an average of 0.71 ppm, and that of available zinc ranged from 0.25 to 5.47 ppm with an average of 1.82 ppm. In 80% of the collected samples, the available boron was 1.0 ppm or less; and in 33% of the samples, the available zinc was 1.0 ppm or less.

The availabilities of boron and zinc were influenced by a variety of factors. There were remarkable differences in the contents of available boron and zinc in different soils. In greyish-brown upland rice soil and greyish-blue lowland rice soil, the content of available boron was lower or approached to the critical value (0.5 ppm). The content of available zinc in salty soil was the lowest (0.75 ppm), within the critical range (0.5—1.0 ppm). In the brownish-yellow upland rice soil, the average contents of available boron and zinc were higher than the critical values. The content of available boron in salty soil was the highest (0.95 ppm).

Moreover, the contents of available boron and zinc are affected by factors such as pH value, organic matter content and fertility status in the soil.

In a series of field experiments, it was found that the application of boron and zinc fertilizers to greyish-brown upland rice soil might increase the yields of rapeseeds and wheat, the application of zinc fertilizer to greyish-blue lowland rice soil might increase the yield of early rice and the application of boron fertilizer was effective for the remedy from pear internal cork.