

我国缺硼土壤的类型和分布

刘铮 朱其清 唐丽华*

(中国科学院南京土壤研究所)

硼是植物正常生长和生活所不可缺少的微量元素。土壤中硼的供给不足时,会导致农作物产量和质量降低,严重缺硼时甚至颗粒无收。近年来有二十个以上的省市和自治区进行了硼肥肥效试验和硼肥施用技术的研究,证实了硼肥的良好作用,同时也证实了我国缺硼土壤分布得十分广泛。由于施用硼肥必须根据土壤类型和农作物的需肥特性,而不是在所有的土壤上对各种农作物普遍的施用,明确缺硼土壤的类型和分布,有助于正确的施用硼肥来提高农作物的产量和质量。本文在田间试验、野外调查和所填制的我国土壤中有效态硼含量图的基础上,对我国缺硼土壤的类型作如下的划分,并讨论其分布情况。

一、缺硼土壤的类型

根据现有资料,土壤中硼的供给不足的原因有两种,有的是由于土壤含硼量过低,有的是由于土壤条件不适,使土壤中的硼以不能被植物吸收利用的形态存在,可给性降低,不能满足植物的需要。前一情况是土壤类型和成土母质种类所决定,后一情况是土壤条件的影响。根据这种情况,将我国缺硼土壤划分成几种类型:

- I 成土母质含硼量偏低的缺硼土壤
 - IA 全硼和有效态硼偏低的缺硼土壤
 - IB 全硼含量略高,有效态硼含量偏低的缺硼土壤
- II 土壤条件不适导致的缺硼土壤
 - IIA 酸碱度不适的缺硼土壤
 - IIB 富含有机质的缺硼土壤。

*今将缺硼土壤的类型及分布情况简介如下。

(一) 含硼量偏低的缺硼土壤

1. 全硼含量和有效态硼含量都偏低的缺硼土壤。这一类型的缺硼土壤不论全硼含量和有效态硼含量都偏低,即表1的IA型的缺硼土壤。成土母质的含硼量低,所发育的土壤继承了这一特点,形成了缺硼土壤。

岩石的含硼量有显著的差异。一般的趋势是火成岩的含硼量低于沉积岩。火成岩则以花岗岩的含硼量为最低。沉积岩则以海相沉积物的含硼量为最高。变质岩的含硼量视其母岩的种类及变质情况,尤其是变质程度而异^[8,13]。这些岩石的风化物所发育的土壤有

* 参加工作的有徐俊祥、尹楚良。

同一趋势^[10,12,20]。根据我国现有资料,花岗岩及其他酸性火成岩、片麻岩、红砂岩等成土母质所发育的土壤的含量往往偏低而形成缺硼土壤。土壤含硼量与成土母质的关系,可以用红壤为例来说明。不同母质所发育的红壤,含硼量有很大的差异,按照成土母质种类,红壤含硼量可排列成下列顺序:

石灰岩 (136ppm) > 红色粘土 (102ppm) > 紫砂岩 (62ppm) > 红砂岩 (34ppm) > 流纹岩 (27ppm) > 千枚岩 (23ppm) > 花岗岩 (7ppm)

与全国土壤的平均含硼量 64 ppm 相比较^[2],石灰岩发育的红壤的平均含硼量约高出一倍左右。花岗岩发育的红壤的平均含硼量最低,与石灰岩发育的相较,则有十倍以上的差异。可以认为花岗岩、千枚岩、流纹岩、红砂岩发育的红壤属于这一类型的缺硼土壤,表 1

表 1 含硼量低的成土母质所发育的缺硼土壤

Table 1 Boron-deficient soils derived from parent materials low in boron

土 壤 Soil type	成 土 母 质 Parent material	采 土 地 点 Locality	全 硼 含 量 (ppm) Total B	水 溶 态 硼 (ppm) Water-soluble B	
红 壤 Red earth	花岗岩 Granite	福建光泽	4	0.07	
		Fujian Guangze			
		江西大余	16	0.29	
			Jiangxi Dayu		
			江西兴国	13	0.06
			Jiangxi Xingguo		
	流纹岩 Rhyolite	浙江云和	39	0.24	
		Zhejiang Yunhuo			
		浙江龙泉	13	0.21	
		Zhejiang Longquan			
千枚岩 Phyllite	江西弋阳	15	0.19		
	Jiangxi Yiyang				
	江西进贤	40	0.02		
	Jiangxi Jinxian				
红砂岩 Sandstone (red)	江西鹰潭	25	0.11		
	Jiangxi Yingtan				
	浙江衢县	28	0		
	Zhejiang Quxian				
砖红壤及赤红壤 Laterite and lateritic soil	花岗岩 Granite	广东广州	47	0.06	
		Guangdong Guangzhou			
		广东灵山	43	0.20	
		Guangdong Lingshan			
	片麻岩 Gneiss	广东廉江	22	0.13	
	Guangdong Lianjiang				
凝灰岩 Tuff	广东湛江	26	0.09		
Guangdong Zhanjiang					
黄 棕 壤 Yellow brown soil	片麻岩 Gneiss	湖北新州	13	0	
		Hubei Xinzhou			

是一些例子。片麻岩发育的黄棕壤也属于这一类型。

在这一类型的缺硼土壤中,除了全硼含量低以外,有效态硼也很低(以水溶态硼表示,下文均同)。表2是300个红壤表土标本的水溶态硼含量,水溶态硼少于缺硼临界含量(0.50 ppm)占99.7%,少于0.25 ppm即严重缺硼的占87.3%,充分的说明了缺硼的严重情况。

在这种类型的缺硼土壤上,一些植物往往表现出典型的缺硼症状,例如甘蓝型油菜只开花不结实,产量极低,严重时颗粒无收,硼肥效果极为显著,产量成倍地增加^[4,5,6,7]。

表2 红壤的水溶态硼含量(表土)

Table 2 Content of water-soluble boron in red earth (surface soil)

水溶态硼 (ppm) Water-soluble B (ppm)	标 本 数 Number of sample		累 计 Sum	
<0.10	125	41.7%	125	41.7%
0.10—0.15	68	22.7	193	64.3
0.16—0.20	45	15.0	238	79.3
0.21—0.25	25	8.3	263	87.3
0.26—0.30	18	6.0	281	93.7
0.31—0.35	10	3.3	291	97.0
0.36—0.40	6	2.0	297	99.0
0.41—0.50	2	0.6	299	99.7
>0.50	1	0.3	300	100.0
	300	100.0		

2. 全硼含量略高、有效硼含量低的缺硼土壤。有些土壤的含硼量略高,而有效态硼很少,不能满足植物的需要,也是常见的缺硼土壤。有效态硼含量低的原因与成土母质的类型有关。

土壤中硼的主要来源是含硼矿物,土壤的含硼矿物以电气石为主。电气石是含硼的硅铝酸盐,一般含有10%的 B_2O_3 ,约合3%左右的硼。电气石是高度抗风化的矿物,所含有的硼难于溶解和释放。含电气石较多的土壤的全硼含量虽然较上节所述的缺硼土壤略高,但主要是酸不溶态硼,说明多量的硼存在于矿物晶格中,而水溶态硼则很少。酸不溶态硼是对植物无效的。黄土和一些沉积物发育的土壤属于这一类型。关于黄土发育的土壤含有较多的电气石和较少的水溶态硼的报道很多^[10,16,19,21]。根据现有资料,除了黄土和黄河冲积物以外,第四纪红色粘土和石灰岩发育的土壤有类似的情况。石灰岩的含硼量一般是很低的,但是由于在成土过程中硼相对的浓缩,石灰岩发育的土壤的全硼含量比较高,而水溶态硼则很少^[11,20]。虽然与第四纪红色粘土的情况不同,也暂归入这一类型的缺硼土壤。图1是黄土、第四纪红色粘土及石灰岩发育的各种土壤的平均含硼量(全硼及水溶态硼),由图1可知虽然全硼含量高于80 ppm,而水溶态硼则基本上低于0.30 ppm。

这一类型的缺硼土壤可以用黄土发育的各种土壤作为例子来进一步的说明。黄土的含硼量虽然较上节所述的缺硼土壤为高,但仍低于全国的平均含硼量,其中酸不溶态硼所占的比率很大。陕西、甘肃、山西、宁夏的18个黄土母质的分析结果见表3,酸不溶态硼占全硼含量的80%以上。黄绵土、塬土、壠土以及下蜀黄土发育的黄棕壤属于这一类型,黄河

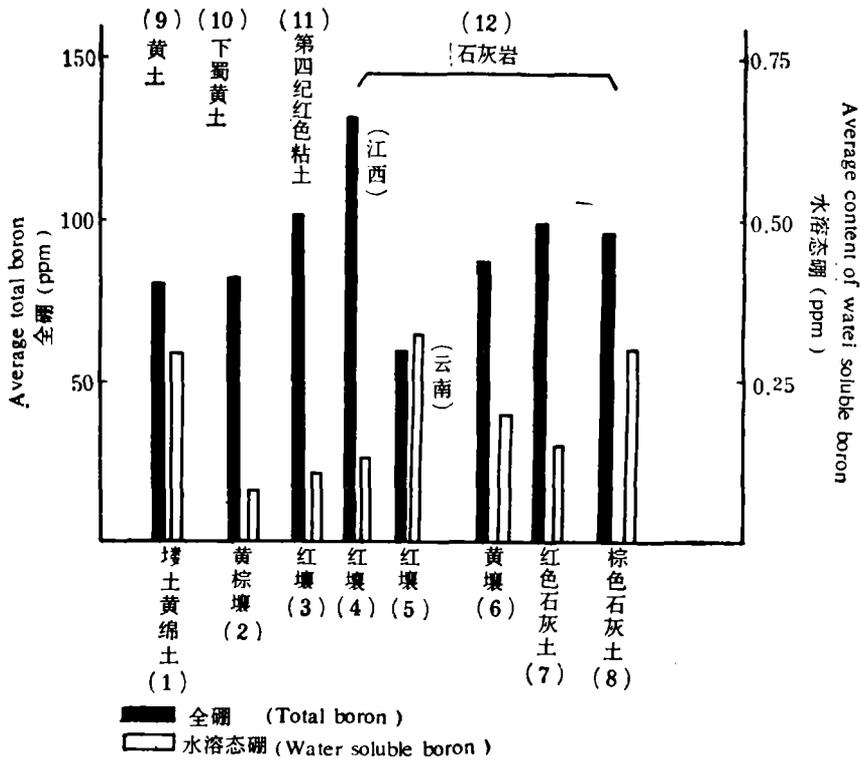


图 1 黄土、第四纪红色粘土及石灰岩发育的土壤的平均含硼量

Fig. 1 Average boron content of soils derived from loess, quarternary red clay and limestone
 Type of soil: (1) Cultivated loessial soil (2) Yellow brown earth (3) Red earth (4) Red earth (Jiangxi province) (5) Red earth (Yunnan province) (6) Yellow earth (7) Terra rosa (8) Brown rendzina Parent materials: (9) Loess (10) Leached loess (11) Quarternary red clay (12) Limestone

表 3 黄土母质的含硼量 (单位: ppm, B)

Table 3 Boron content of loess (ppm)

	含 硼 量 Range of boron content	平 均 含 量 Average	占全硼的百分数 % in total boron
全 硼 Total boron	31—66	48	—
酸不溶态硼 Acid-insoluble boron	20—65	39	82.02%
酸溶态硼 Acid-soluble boron	4.95—14.18	8.34	17.38%

冲积物发育的黄潮土在不含有盐分时也有相同的趋势。表 4 的上半部是上述土壤的含硼量。由表 4 可知 85% 以上的硼是酸不溶态的,水溶态硼都低于缺硼临界值 (有一例例外)。

为了进一步说明上述问题,就黄土和黄河冲积物发育的土壤 (黄绵土、培土、壠土、黄潮土) 测定了水溶态硼, 160 个表层土壤的分析结果说明,水溶态硼低于缺硼临界含量即 0.50 ppm 的占 58.8%, 严重缺硼即低于 0.30 ppm 的占 25.3% (表 5)。

表 4 黄土、第四纪红色粘土及石灰岩发育的土壤的含硼量 (单位: ppm)

Table 4 Boron content of soils derived from loess, quarternary red clay and limestone (ppm)

土壤类型 Soil type	母质 Parent material	采土地点 Locality	层次 Horizon	全硼 Total B	酸不溶态硼 Acid-insoluble B	酸溶态硼 Acid-soluble B	水溶态硼 Water-soluble B	$\frac{\text{酸不溶态硼}}{\text{全硼}} \times 100$ $\frac{\text{Acid-insoluble B}}{\text{Total B}} \times 100$
黄绵土 Cultivated loessial soil	黄土 Loess	陕西岐山 Shanxi Qishan	表层 Surface soil	69	62	6.76	0.24	89.9
			母质 Parent material	59	51	7.91	0.24	86.4
黄绵土 Cultivated loessial soil	黄土 Loess	陕西宜君 Shanxi Yijun	表层 Surface soil	74	69	5.31	0.24	93.2
			母质 Parent material	71	65	6.28	0.10	91.5
黑垆土 Dark loessial soil	黄土 Loess	甘肃庆阳 Gansu Qingyang	表层 Surface soil	55	48	6.20	0.40	87.3
			母质 Parent material	33	26	7.03	0.35	78.8
黑垆土 Dark loessial soil	黄土 Loess	甘肃合水 Gansu Heshui	表层 Surface soil	81	74	5.90	0.70	91.4
			母质 Parent material	56	48	7.66	0.46	85.7
黄棕壤 Yellow brown soil	下蜀黄土 Leached loess	江苏南京 Jiangsu Nanjing	表层 Surface soil	65	62	2.66	0.22	95.4
			母质 Parent material	76	72	3.94	0.06	94.7
黄棕壤 Yellow brown soil	下蜀黄土 Leached loess	江苏江宁 Jiangsu Jiangning	表层 Surface soil	87	65	2.24	0.14	74.7
			母质 Parent material	74	69	5.21	0.04	93.2
红壤 Red earth	第四纪红色粘土 Quarternary red clay	安徽宣城 Anhui Xuancheng	表层 Surface soil	57	55	1.88	0.37	96.5
			母质 Parent material	57	54	3.00	0	94.7
	第四纪红色粘土 Quarternary red clay	江西余江 Jiangxi Yujiang	表层 Surface soil	48	46	2.05	0.08	95.8
			母质 Parent material	53	49	4.30	0	92.5
	第四纪红色粘土 Quarternary red clay	湖北咸宁 Hubei Xianning	表层 Surface soil	73	70	3.06	0.24	95.9
			江西进贤 Jiangxi Jinxian	表层 Surface soil	96	93	2.57	0.08
红壤 Red earth	石灰岩 Limestone	江西分宜 Jiangxi Fenyi	表层 Surface soil	145	142	2.91	0.34	97.9
	石灰岩 Limestone	浙江常山 Zhejiang Changshan	表层 Surface soil	49	48	0.86	0.14	98.0
	石灰岩 Limestone	广西柳州 Guangxi Liuzhou	表层 Surface soil	88	84	3.37	0.26	95.5

此外, 第四纪红色粘土和石灰岩发育的土壤与上述的各种土壤相似。由表 4 的下半部可知酸不溶态硼较多而有效态硼较少, 酸不溶态硼占全硼 90% 以上, 而水溶态硼含量基本上都在 0.30 ppm 以下。

表 5 黄绵土、塬土、垆土、黄潮土中水溶态硼含量 (表土)

Table 5 Content of water-soluble boron in soils derived from loess and alluvium of Yellow river (surface soil)

水溶态硼 (ppm) Water-soluble boron	标 本 数 Number of sample		累 计 Sum	
<0.10	1	0.6%	1	0.6%
0.11—0.20	13	8.1	14	8.8
0.21—0.30	22	13.7	36	25.5
0.31—0.40	28	17.5	64	40.0
0.41—0.50	30	18.8	94	58.8
0.51—0.60	30	18.8	124	77.5
0.61—0.70	13	8.2	137	85.6
0.71—0.80	8	5.0	145	90.6
0.81—0.90	8	5.0	153	95.6
0.91—1.00	2	1.2	155	96.9
>1.00	5	3.1	160	100.0
	160	100.0		

上述类型的土壤虽然往往缺硼, 但是就缺硼程度而论, 则较 IA 型缺硼土壤为轻, 或者只有需硼较多的农作物才会对硼肥有反应, 或者在外观上完全没有缺硼症状, 仅在施用硼肥时有增产作用。也就是说, 农作物缺硼是属于“潜在性缺乏”。需硼较少的农作物则可能完全没有反应。

(二) 土壤条件不适导致的缺硼土壤

1. 酸碱度不适的缺硼土壤。当 pH 值升高时, 土壤中的硼的可给性下降, 在 pH7 以上则下降得更为显著。图 2 说明了这种情况。因而在石灰性土壤中, 硼的可给性一般都比较低 (含有盐分时除外), 而在酸性土壤上过量施用石灰时也可能诱发缺硼。从养分平衡的角度考虑, 植物体内应保持适宜的钙硼比^[3], 钙的供给增加时, 适当的补充硼是十分重要的。对于本已属于 IA 型的酸性缺硼土壤来说, 假如过量施用石灰, 则更会加重硼的缺乏。在这一类型的缺硼土壤上, 除了需硼较多的农作物以外, 一般不表现出缺硼症状, 但对硼肥则有一定的反应。

2. 富含有机质的缺硼土壤。富含有机质的土壤例如泥炭土、腐泥土及其他在排水不良条件下的富含有机质的土壤上, 常常出现缺硼现象^[18,20]。

关于土壤中的硼的化学结合机制, 一般认为可能有以下几种, 即化学沉淀、离子代换和分子吸附。成土母质所释放出的硼以硼酸分子或硼酸根离子存在。在低浓度时硼酸离解, 并被粘粒矿物、铁铝氧化物和有机质所吸附^[9]。但有许多结果相反的报道。有的认为以无机吸附占优势, 主要是与粘粒矿物和铁铝氧化物的 OH 基相结合^[17]; 有的则认为有机质吸附多量的硼^[14,15], 可能是与有机质分解产物中的 OH 基相结合^[15]; 有的认为有机

质与大量的硼相结合,但是结合机制则有待明确^[12,18]。

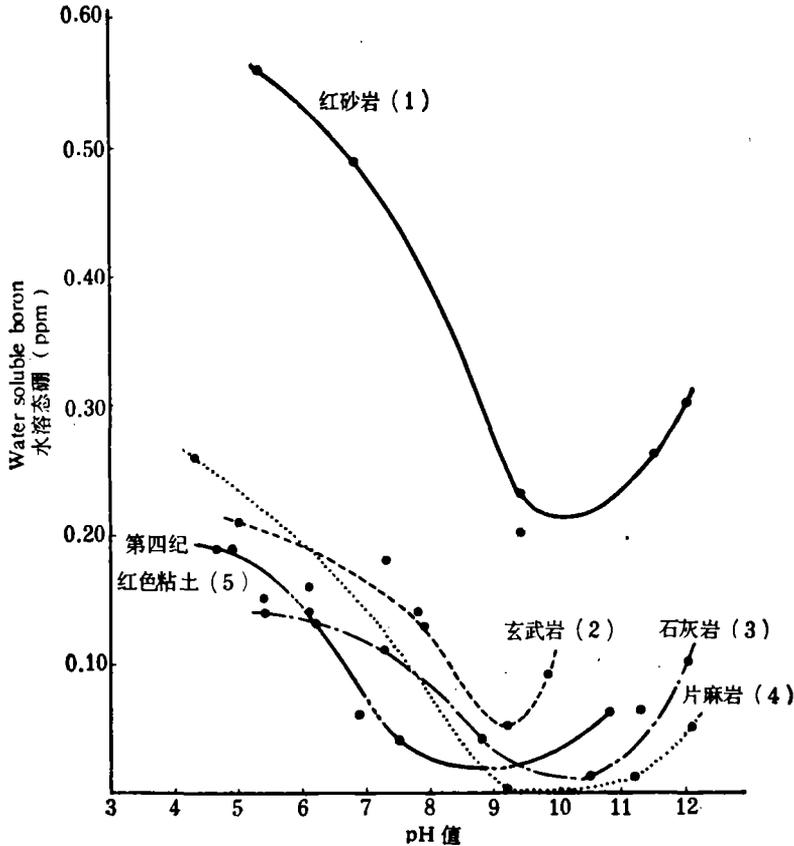


图 2 不同母质形成的红壤的 pH 值与硼的可给性关系

Fig. 2 Relation between pH value and boron availability of red earth derived from different parent materials

Parent material: (1) Sandstone (red) (2) Basalt (3) Limestone (4) Gneiss (5) Quaternary red clay

我国目前已经发现的富含有机质的缺硼土壤属于草甸土和白浆土类型,分布在地势低洼处,排水不良,大麦和小麦表现出严重的缺硼症状,甚至颗粒无收而在地势较高处则农作物缺硼症状较轻或者完全正常。土壤分析结果说明草甸土类型的缺硼土壤的水溶态硼偏低,都低于缺硼临界值。在结实和半结实的田块中,水溶态硼稍多(表 6)。在白浆土类型的缺硼土壤中,潜育化白浆土和草甸化白浆土的水溶态硼都低于缺硼临界值。除表层以外,以下层次的水溶态硼逐渐降低到不能测出;而岗地白浆土全剖面的水溶态硼都较高,与潜育白浆土显著的不同。

为了探讨上述土壤的缺硼原因,就这些土壤富含有机质这一特点进行了比较试验。一方面于破坏有机质前后进行硼的吸附试验,另一方面测定缺硼土壤与不缺硼土壤的等温吸附曲线,并且测定同一土壤剖面的不同层次的等温吸附曲线,以明确有机质对硼的吸附情况。试验结果说明,在排水不良的富含有机质的土壤中,例如潜育白浆土和草甸白浆

表 6 富含有机质的缺硼土壤的含硼量

Table 6 Boron content in soils rich in organic matter

土壤类型 Soil type	采土地点 Locality	深度(厘米) Depth (cm)	全硼含量 (ppm) Total B	水溶态硼 (ppm) Water-soluble B	备 注
草 甸 土 Meadow soil	黑龙江双河农场 Shuanghe Farm Heilong Jiang	0—20	27	0.19	小麦不结实,六号地
		20—40	32	0.11	
		0—20	39	0.21	小麦半结实,六号地
		20—40	29	0.17	
		0—20	—	0.15	小麦半结实,四号地
		0—20	—	0.20	
		0—25	21	0.09	小麦全结实,四号地
		25—50	19	0	
		50—80	21	0	小麦不结实
		80—100	21	0.03	
		0—20	16	0.39	小麦全结实
		20—55	22	0.28	
55—75	17	0.18			
75—100	14	0.16			
草甸白浆土 Meadow soil (planosol)	黑龙江迎春农场 Yingchun Farm Heilong Jiang	0—30	37	0.24	农作物生长不正常
		白浆层	43	0.02	
		第三层	43	0	
		第四层	55	0	
潜育白浆土 Gleyed soil (planosol)	黑龙江前进农场 Qianjin Farm Heilong Jiang	0—14	31	0.27	
		14—34	30	0.01	
		34—48	17	0	
		70—86	22	0	
岗地白浆土 Upland soil (planosol)	黑龙江曙光农场 Shuguang Farm Heilong Jiang	0—17	46	0.35	农作物生长正常
		17—32	24	0.19	
		58—80	25	0.15	
		80—100	31	0.15	
	黑龙江勃利县 Heilong Jiang Boli Xian	0—20	58	0.36	
		0—20	65	0.34	
	黑龙江桦南县 Heilong Jiang Huanan Xian	0—20	65	0.34	
		0—20	38	0.31	
黑龙江宝清县 Heilong Jiang Baoqing Xian	0—20	38	0.31		

土的表层,硼都有被吸附的现象,以下层次则没有吸附现象,岗地白浆土则全剖面都没有明显的吸附现象。这种情况说明有机质的大量存在对硼的吸附是导致缺硼的原因。试验结果将另文发表。

二、缺硼土壤的分布

我国缺硼土壤分布十分广泛,根据现有资料绘制的缺硼土壤分布图见图3。图3是按水溶态含量绘制的,以水溶态硼少于0.50 ppm时作为缺硼,其与田间试验所证实的硼肥有效地点分布基本相符(图4)。

成土母质含硼量偏低所导致的缺硼土壤,包括花岗岩及其他酸性火成岩、片麻岩、砂岩等成土母质所发育的土壤。这种缺硼现象在酸性土壤上表现得最为突出,在图3上以IA表示。

花岗岩在我国分布得很广泛,尤其是在南部,像广东、福建的大部分和江西南部等都有大面积的分布。在浙江中部和南部,其他酸性火成岩,例如流纹岩分布得也很广。由花岗岩、流纹岩所发育的土壤中含硼量都偏低,在很多地方都证实了硼肥的效果,甘蓝型油菜的典型缺硼症状(只开花不结实)因施用硼肥而消除,产量可成倍的增加。

片麻岩(花岗岩片麻岩)的含硼量很低,所发育的土壤的含硼量一般也比较低,例如湖北省东北部的低山丘陵区便是一个典型的缺硼地区。这一缺硼地区位于大别山南麓,包括黄冈、浠水、圻春、英山、广济、黄梅、罗田、麻城、新洲、红安、大悟、应山等县。土壤以黄棕壤为主,成土母质主要为片麻岩及其坡积物,也有少量花岗岩及云母片岩。土壤分析和田间试验都证实了硼的缺乏。在农业生产中硼肥应用得十分广泛。至于大别山北麓则有待调查和验证。毗邻的安徽潜山、霍邱等县目前已有缺硼的报道,土壤分析结果也证实了这点。此外,陕西南部的安康地区汉水沿岸各县,硼肥效果良好,意味着沿汉水上溯、接近秦岭山脉西段的南麓各地,也可能属于这个缺硼地区,这有待进一步的确定,暂以IA+(IIA)表示。

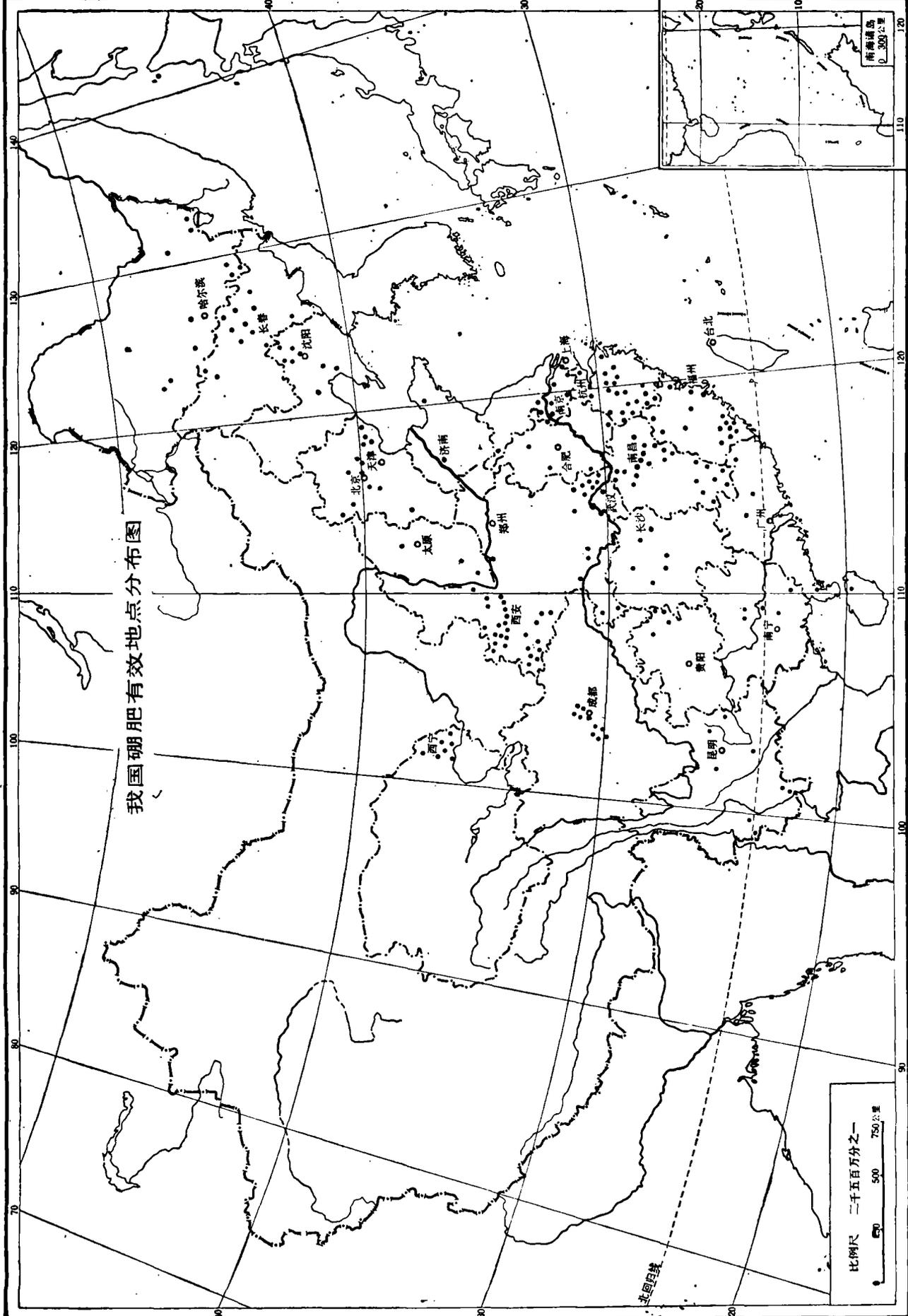
全硼含量略高、有效态硼偏低的缺硼土壤指黄土、第四纪红色粘土、石灰岩等成土母质所发育的各种土壤。这些土壤的全硼含量高于上节所述的缺硼土壤,但是水溶态硼则较少,在图3上以IB表示。

黄土和黄土性物质在我国分布面积很大,包括陕西、山西、甘肃东部、青海东部、河南西部、以及内蒙和东北部分地区。黄河冲积物则分布于华北及淮北平原,这些母质发育的土壤除了具有黄土的一定特点(全硼含量略高,酸不溶态硼很多,水溶态硼较少)以外,并且受土壤酸碱度的影响,较高的pH值使土壤中硼的可给性降低。下蜀黄土有类似的情况,分布于长江中下游沿江地区,例如江苏省的镇宁丘陵地区,所发育的土壤有黄棕壤等。

第四纪红色粘土和石灰岩所发育的红壤的全硼含量常在100 ppm上下,而水溶态硼则往往低于0.25 ppm,可给性是非常低的。第四纪红色粘土主要分布于江西及湖南中部、浙江西部。石灰岩在我国西南部分布面积较大,所发育的黄壤及石灰岩土都有类似的趋势。

pH值过高所导致的缺硼土壤分布于北方。土壤酸碱度对硼的可给性的影响主要表现在石灰性土壤上,除了含有盐分的情况以外,水溶态硼一般都比较少,例如华北平原的黄潮土(以IIA表示)。由于同时存在成土母质的影响,故绘成复区(以IB+IIA表示)。至于过量施用石灰所诱发的酸性缺硼土壤,面积较小,分布零星,在图3上无法单独表示。

我国硼肥有效地点分布图



比例尺 二千五百万分之一



富含有机质的缺硼土壤分布于黑龙江省和内蒙东部的阿荣旗一带。已知的草甸土类型的缺硼土壤分布于嫩江平原,白浆土类型的缺硼土壤分布于三江平原的南部,都位于排水不良的低洼处,分布面积有待于调查研究,在图 3 上以圆圈及 IIB 表示出已知的缺硼地点。

上述的缺硼土壤的分布,与硼肥试验获得增产的地点基本相符(图 4)¹⁾。所搜集的资料可能是不完全的,但已能反映出缺硼土壤的分布情况。

三、小 结

1. 我国的缺硼土壤可区分成两种类型,并且都可进一步的区分成两类。

第一种类型是成土母质含硼量偏低所造成,有的是全硼量和有效态硼都偏低;有的则全硼含量略高,有效态硼偏低,硼主要以酸不溶态存在,不能为植物吸收利用。

第二种类型是土壤条件不适宜所造成,有的是由于 pH 值过高,有的则是由于有机质对硼的吸附固定。

2. 我国缺硼土壤的面积较大,主要分布在我国东部,东北部和东南部。

3. 上述的缺硼土壤的分布情况与硼肥试验结果基本相符。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院南京土壤研究所, 1978: 中国土壤。科学出版社。
- [2] 任沪生, 1980: 油菜萎缩病的发生和防治。中国科学院微量元素学术交流会汇刊。科学出版社(印刷中)。
- [3] 刘铮, 1963: 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。
- [4] 刘铮、朱其清、唐丽华、欧阳洮, 1980: 土壤中的硼与硼肥的施用, 中国科学院微量元素学术交流会汇刊。科学出版社(印刷中)。
- [5] 李文雄、桂明珠、赵妮珊、曾寒冰、李辰仁、曲维政、王承林, 1978: 小麦大面积不结实原因的研究。东北农学院学报, 第 3 期, 第 1 页。
- [6] 浙江省丽水地区农科所, 1976: 油菜花而不实的防治。土壤, 第 3 期, 第 161 页。
- [7] 孙嘉薰, 1977: 缺硼地区作物地方病的症状与防治。土壤, 第 6 期, 第 282 页。
- [8] Aubert, H. et Pinta, M., 1971. Les elements traces dans les sols. O.R.S.T.O.M., Paris.
- [9] Eills, B. G. and Knezek, B. D., 1972: Adsorption reactions of micronutrients in soils. In "Micronutrients in agriculture" (Ed. J. J. Mortvedt). S.S.S.A., Wisconsin, U.S.A.
- [10] Goldschmidt, V. M., 1954: Geochemistry. Clarendon Press, Oxford.
- [11] Heide, F. und Thiel, A., 1958: Zur Geochemie des Bors. Chemie der Erde. 19, 327.
- [12] Hodgson, J. F., 1963: Chemistry of micronutrient elements in soils. Adv. Agron. 15, 119.
- [13] Maurice, J., 1966: Geochemie du bore. Ann agron. 17, 367.
- [14] Olsen, R. V. and Berger, K. C., 1946: Boron fixation as influenced by pH, organic matter content and other factors. Proc. S.S.S.A. 11, 216.
- [15] Parks, W. L. and White, J. L., 1952: Boron retention by clay and humus systems saturated with various cations. Proc. S.S.S.A. 16, 298.
- [16] Rhiem, H., 1960: Lehr buch der Bodenkunde (Verf. P. Schachtschabel), S. 245. 5, Aufl. Stuttgart.
- [17] Scharrer, K., Kühn, K. und Lüttmer, J., 1956: Untersuchung über die Bindung des Bors durch anorganische Bodenbestandteile. Z. Pfl. Ernähr. Düng. Bodenk. 73, 40.
- [18] Sillanpää, M., 1972: Trace elements in soils and agriculture. Soil Bull. No. 17. FAO, Rome.
- [19] Staikoff, E. und Donscheff, I., 1962: Gehalt der Böden Bulgariens an Mikronährstoffen. Tag-Ber. Deutsche Akad. Landw. Nr. 56, S. 65. Berlin.

1) 石油化工部: 硼肥调查报告, 1976。

- [20] Whetstone, R. R., Robinson, W. O., and Byers, H. G., 1942: Boron distribution in soils and related data. Tech. Bull. No. 797.
- [21] Герасимов, Б. А., 1959: Почва Болгарии. Изд. АН СССР, Москва.

BORON-DEFICIENT SOILS AND THEIR DISTRIBUTION IN CHINA

Liu Zheng, Zhu Qi-qing and Tong Li-hua

(*Nanjing Institute of Soil Science, Academia Sinica*)

Summary

In the eastern and southern China boron-deficient soils have been found in large areas, while soils in the arid regions are rather rich in boron. The amount of boron in soils varies with parent materials. Soils derived from shale, limestone, and marine sediment are usually rich in boron and those derived from granite and other igneous rocks, gneiss and sandstone are low in boron. Strong alkalinity and rich organic matter in soils reduce the availability of soil boron. Thus the boron-deficient soils may be divided into two types and four subtypes.

Type I Soils derived from parent materials which are low in boron.

Type IA Soils derived from granite and other acid igneous rocks, gneiss, etc. In China boron-deficient soils of this type are mainly acid soils, such as red earth, laterite and lateritic soil etc. In these soils both total boron and water-soluble boron are very low.

Symptoms of serious boron-deficiency of winter rape have been observed in many areas of eleven provinces in southern China. An application of boron fertilizer increased the yield of rape and other boron-sensitive crops.

Type IB Soils derived from parent materials which are slightly higher in total boron and rich in acid-insoluble boron, but low in water-soluble boron. Soils derived from loess, calcareous alluviums of Yellow river, quaternary red clay, limestone etc. are belonging to this type. Winter rape grown on these soils derived from loess showed no symptom of boron-deficiency. However, application of boron fertilizer can also increase its yield.

Type II Boron-deficient soils induced by unfavorable soil conditions.

Type IIA Soils with a higher pH value

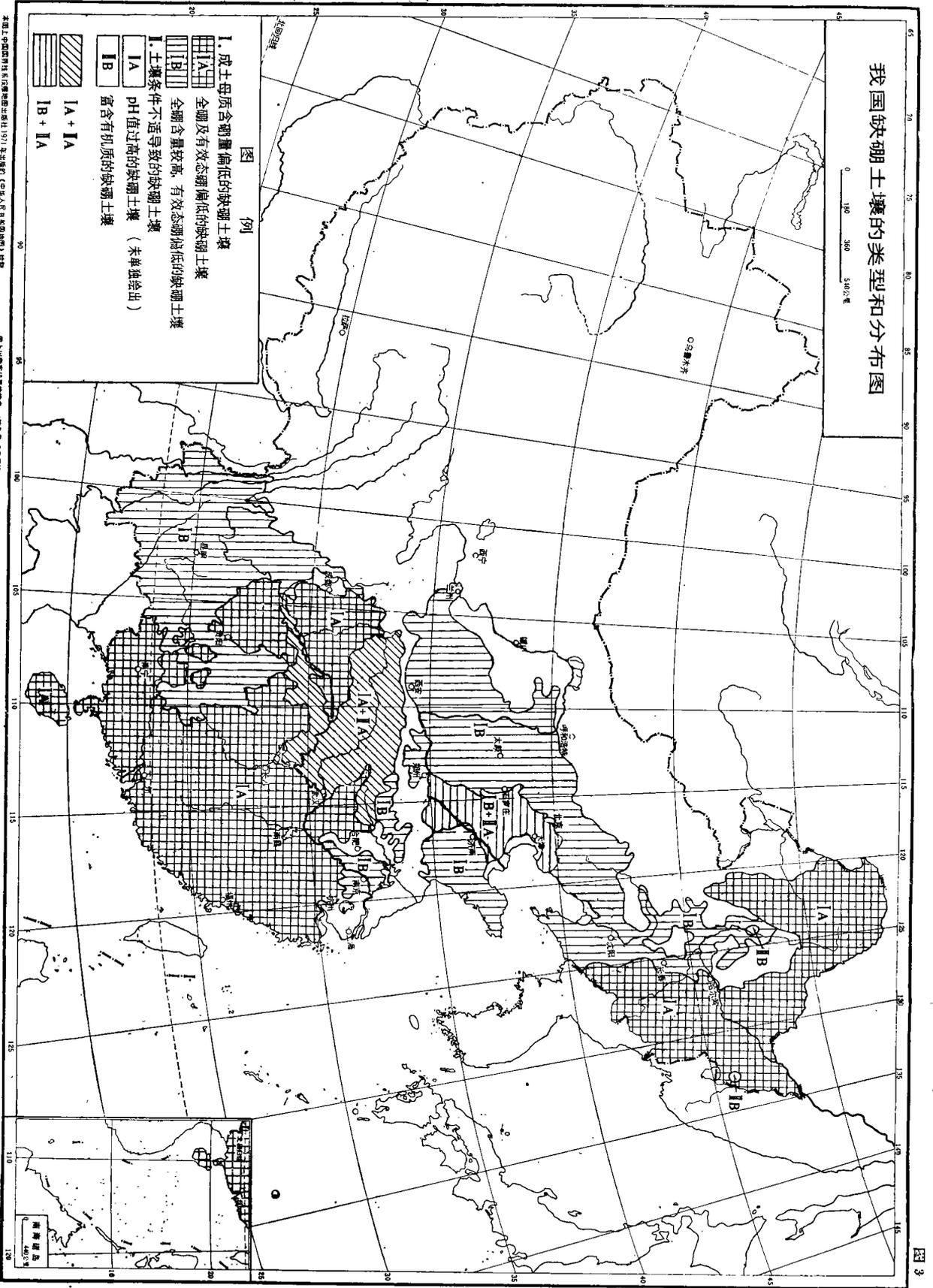
Soil pH value significantly affects the boron availability and its uptake by plant. In calcareous soils of northern China the availability of boron may be very low. Over liming on the acid soils also reduces the available boron and may lead to boron-deficiency. Such cases often occur in local areas.

Type IIB Soils with higher content of organic matter and overlaid by high water table. Crops growing on meadow soil and Baijiang soil (planosol) with a high water table usually show serious boron-deficiency. Application of boron fertilizer is necessary to restore the normal growth of the crops. Fixation of boron by soil organic matters reduces the boron availability.

Experimental data on boron fertilizer are given in Figure 3 and Figure 4 in Chinese text.

我国缺硼土壤的类型和分布图

0 100 200 300 400 500公里



图例

- I. 成土母质含硼量偏低的缺硼土壤
 - IA 全硼及有效态硼偏低的缺硼土壤
 - IB 全硼含量较高, 有效态硼偏低的缺硼土壤
- II. 土壤条件不适导致的缺硼土壤 (未单独绘出)
 - IA pH值过高的缺硼土壤
 - IB 富含有机质的缺硼土壤

本图上中国国界线及行政区划图(1977)系采用(中国科学院地理研究所)资料
 图上经纬度坐标及地名(1977)系采用(中国科学院地理研究所)资料