

# 土壤中硼的含量和分布的规律性\*

刘铮 朱其清 唐丽华

(中国科学院南京土壤研究所)

## 摘 要

本文研究了土壤中硼的含量和分布的规律性。我国土壤的全硼含量为痕迹—500ppm, 平均含量为64ppm。可区分成内陆干旱地区的富硼土壤和沿海湿润地区的低硼土壤, 二者间为过渡区。盐土富含硼, 内陆盐土含硼更高。

对植物有效态硼以水溶态硼表示。填绘了我国土壤水溶态硼含量图, 低硼和缺硼土壤分布于我国东半部。

缺硼土壤可区分成硼肥显效、有效和可能有效三种类型, 绘制了分区图。

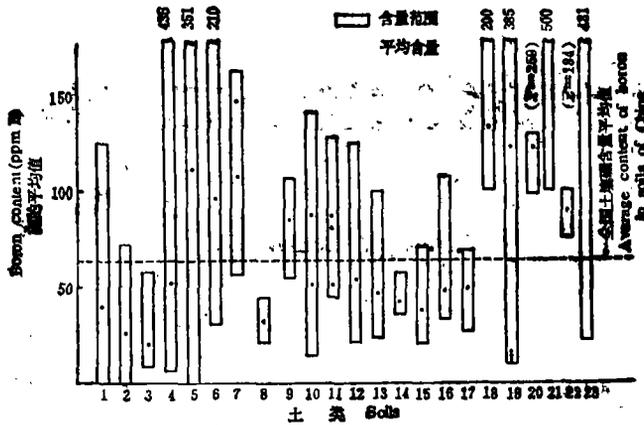
土壤是植物所需要的微量元素的给源, 并通过植物影响动物健康, 因而土壤微量元素的供给情况与植物生长和产品的产量和质量以及动物健康有密切关系。微量元素在土壤中的含量和分布有其独特的规律性, 当这些元素供给不正常时, 植物和动物的生长和营养失调现象, 便是这些规律性的反映。这些规律性是在农牧业生产中应用微量元素和有关的调控措施的科学依据。本文是近年来关于土壤中微量元素硼的含量和分布规律性的研究总结。

我国土壤的硼含量为痕迹—500ppm, 变幅很大, 充分的反映土壤类型和成土母质的影响。我国主要土类的硼含量见图1。由图可知我国土壤的硼含量有由北向南、由西向东逐渐降低的趋势。南方的各类型土壤的平均硼含量除了石灰岩土以外, 都低于64ppm的平均硼含量; 北方的各类型土壤则高于或接近平均硼含量。因而可以将我国土壤按硼含量区分成硼含量正常的土壤, 富硼土壤和低硼土壤。这种情况显然与自然条件有关, 即富硼土壤分布于干旱地区, 而低硼土壤则分布于湿润地区。在上述二者之间, 存在着过渡区, 土壤硼含量正常。此外, 盐土也富含硼, 可能有硼酸盐的盐渍现象存在。除了全硼含量以外, 水溶态硼也有相同的趋势, 在图3中非常明显的说明了上述的规律性。

## (一) 土壤中硼含量和分布

土壤硼含量在一定程度上与成土母质有关。同一类型的土壤的硼含量因成土母质不同, 又可能有很大的差异。为了说明成土母质对红壤硼含量有深刻的影响, 以 $C$ 代表某一成土母质发育的红壤的平均硼含量, 以 $C_{max}$ 代表该母质发育的红壤的最高硼含量, 则 $C/C_{max}$ 的比值可排列成下面的顺序( $\times 100$ ): 第四纪红色粘土发育的红壤 > 页岩发育的 > 石灰岩发育的 > 千枚岩发育的 > 砂岩发育的 > 流纹岩发育的 > 花岗岩发育的 > 玄武

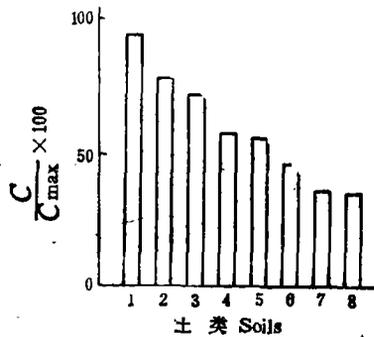
\* 参加工作的还有徐俊祥、尹楚良同志。



1. 红壤; 2. 赤红壤; 3. 砖红壤; 4. 黄壤; 5. 红色石灰土; 6. 棕色石灰土; 7. 黑色石灰土; 8. 紫色土; 9. 黄棕壤; 10. 黄潮土; 11. 垆土、黄绵土; 12. 棕壤; 13. 褐土; 14. 栗钙土; 15. 草甸土; 16. 黑钙土; 17. 黑土; 18. 高山草甸土; 19. 亚高山草甸土; 20. 亚高山草原土; 21. 原始高山草甸土; 22. 酸性棕壤(西藏); 23. 黄棕壤(西藏)

图1 我国一些土壤的硼含量(单位: ppm B)

Fig. 1 Boron content in soils of China



1. 第四纪红色粘土发育的红壤; 2. 页岩发育的红壤; 3. 石灰岩发育的红壤; 4. 千枚岩发育的红壤; 5. 砂岩发育的红壤; 6. 流纹岩发育的红壤; 7. 花岗岩发育的红壤; 8. 玄武岩发育的红壤

图2 各种成土母质发育的红壤的硼含量

Fig. 2 Boron content in red earths derived from various parent materials

岩发育的(图2)。由这顺序可知各种沉积来源的成土母质发育而成的红壤有较高的硼含量,火成岩发育的红壤则硼含量很低,二者间有成倍的差异。石灰岩的硼含量一般是比较低的,但是由于在成土过程中硼相对的浓缩,石灰岩发育的红壤中含硼较多。

对植物有效态硼以水溶态硼表示,它的含量高低对于评价土壤中硼的供给情况有更重要意义。我国土壤中水溶态硼含量可划分成五级:

- <0.25ppm B 很低
- 0.25—0.50 ppm B 低
- 0.50—1.00 ppm B 中等
- 1.00—2.00 ppm B 高
- >2.00 ppm B 很高

缺硼的临界含量约为 0.50ppm,适用于一般农作物。少于 0.50ppm 时为缺硼,对缺硼敏感的农作物不能满足硼素的营养需要;少于 0.25ppm 时为严重缺乏硼,这些农作物上可能有可见的缺硼症状。

根据上述分级,根据各土类的水溶态硼的平均含量,以千万分之一的土壤图为底图,填制成我国水溶态硼含量图,本文附图为其缩制图(图 3)。由图可知我国存在着大面积的低硼和缺硼土壤。由东北向西南作一斜线,可区分成富硼土壤(线的左侧)和低硼、缺硼土壤(线的右侧),沿线则为过渡区,硼的供给正常,与全硼的分布情况基本一致。缺硼土壤的分布与目前各地硼肥有效地点的分布情况相符<sup>[1]</sup>。

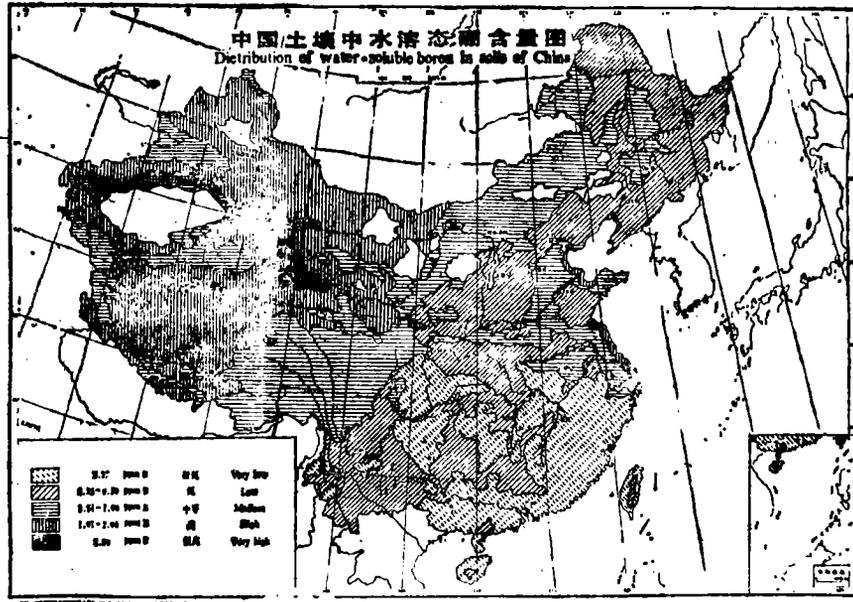


图 3 我国土壤中水溶态硼含量图

Fig. 3 Distribution of water-soluble boron in soils of China

## (二) 一些土类中硼的形态及其特征

我国土壤硼含量最高的是西藏地区。珠穆朗玛峰附近广泛分布的沉积岩和变质岩来源于海相沉积,土壤硼含量因而非常突出。其中以原始高山草甸土的硼含量为最高,可达 500ppm。黄棕壤和棕壤的硼含量虽然较低,但是仍然较其他地区的同类型土壤为高(图 1)。在这些土壤中常有多量电气石存在。此外,盐土和碱化盐土的表层硼含量在 230—490ppm 之间,也远高于其他地区的盐土<sup>[2]</sup>。图 1 列举的西藏的五个土类的硼含量都很高。高山草甸草原土的硼含量为 181—200ppm,平均含量为 191ppm<sup>[2]</sup>,由于绘图的困难,未曾列入。

黄土及黄土性物质在我国北方分布很广,长江中下游则有下蜀黄土分布,与黄土的化学性质有相似之点。在这些土壤中,全硼含量中等,含量范围为 32—128ppm,平均含量为 80ppm。但水溶态硼较少。

就黄土母质和其所发育的土壤中的硼的形态作进一步区分,则酸不溶态硼含量很高,

表 1 黄土母质和其所发育的土壤的硼的形态  
Table 1 Forms of boron in loess and loessial soils (ppm)

母质类型 Types of parent materials	形 态 Form	硼含量 (ppm) Content	占全硼的百分数 % of total B
黄土母质 Loess	全硼	31—66(48)*	—
	酸不溶态硼	20—65(39)	82.02%
	酸溶态硼	4.95—14.18(8.34)	17.38%
黄绵土, 壤土(黄土母质发育) Loessial soil	全硼	33—81(62)	—
	酸不溶态硼	26—74(55)	88.02%
	酸溶态硼	5.31—7.91(6.63)	11.60%

\* 平均值。

可达全硼的 80% 以上,说明大量的硼存在于矿物晶格中。土壤中的主要含硼矿物是电气石,是高度抗风化的矿物,所含有的硼不易溶解和释放。全硼和酸不溶态硼含量很高,水溶态硼很低是黄土发育的土壤的特点之一,表 1 是一些标本的分析结果。

我国南方的红壤区土壤的硼含量一般都较低,除个别土壤外,含量均在 50ppm 以下,就 560 个标本统计,平均含量为 44ppm。这种情况一方面与土壤类型和成土母质有关已见上文,另一方面则与酸性的土壤反应有关。就土类而论,红壤、砖红壤和赤红壤的硼含量最低,一般在 50ppm 以下,而石灰岩土则硼含量高达 100ppm 左右。红壤区土壤的水溶态硼一般都低于 0.50ppm,全硼含量和水溶态硼含量见表 2。全硼含量与成土母质有密切关系,第四纪红色粘土和石灰岩发育的红壤以及各种石灰岩土都有较高的全硼含量和酸不溶态硼含量,就部分红壤标本统计,酸不溶态硼占全硼含量 95% 以上(表 3),溶解度是很低的。红壤中的水溶态硼含量的分布频率也说明可给性很低和缺硼程度,在所分析的 500 个标本中,低于 0.50ppm 即缺硼的占 99%, 低于 0.25ppm 即严重缺硼的占 87% (图 4)。

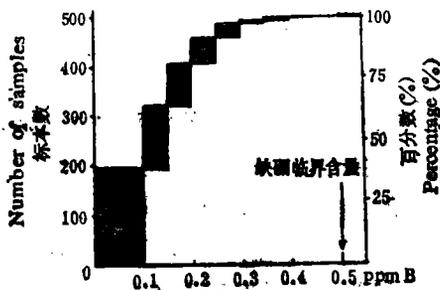


图 4 红壤中水溶态硼含量(标本数: 500)

Fig. 4 Content of water-soluble boron in red earths (number of samples: 500)

水稻土的硼含量也有很大的差异。就全硼含量而论,南方的酸性和中性水稻土常高于北方的石灰性水稻土,而水溶态硼含量则远低于石灰性水稻土,并且基本上都低于 0.50ppm (表 4)<sup>[3]</sup>。在所分析的 170 个酸性水稻土中,水溶态硼低于 0.50ppm 的占 99%, 低于 0.30ppm 的占 82%, 高于 0.50 ppm 的只占 1%, 硼的供给水平很低,而中性和石灰性水稻土中硼的供给则十分丰富,含量常在 0.50—1ppm 间。

表 3 不仅说明不同酸度的水稻土中硼的含量有显著差异,来源不同的水稻土也会有很大的差异,像第四纪红色粘土上的酸性水稻土的硼含量,比花岗岩上的水稻土高出 10 倍以上。

表 2 红壤区主要土壤的硼含量(单位: ppm)  
Table 2 Boron content in soils of red earth region (ppm)

土 壤 Types of soil	全 硼 Total B	水溶态硼 Water-soluble B
砖红壤	9—58(20)*	痕迹—0.84(0.26)
赤红壤	0.05—72(24)	0.01—0.59(0.18)
红壤	1—125(40)	痕迹—0.58(0.14)

\* 平均值。

表 3 红壤中硼的形态(单位: ppm)  
Table 3 Forms of boron of red earths (ppm)

成土母质 Parent material	形态 Form	硼含量 Content	平均含量 Average	占全硼的百分数 % of total B
第四纪红色粘土 Quaternary red clay	全硼	48—96	64	—
	酸不溶态硼	46—93	61	95.38%
	酸溶态硼	1.88—4.30	2.81	4.64%
石灰岩 Limestone	全硼	49—154	94	—
	酸不溶态硼	48—142	91	97.13%
	酸溶态硼	0.86—3.37	2.38	2.54%

表 4 水稻土的硼含量(单位: ppm)  
Table 4 Boron content of paddy soils (ppm)

土 壤 Type of soil	全 硼 Total B	水溶态硼 Water-soluble B
酸性水稻土	5—351(68)*	痕迹—0.60(0.18)
中性水稻土	11—116(59)	0.04—0.76(0.30)
石灰性水稻土	12—61(45)	0.10—1.79(0.72)

\* 平均值。

盐土包括内陆盐土和滨海盐土的全硼和水溶态硼含量都很高。内陆盐土尤其突出,水溶态硼占全硼含量的10%左右。表5说明了盐土的含盐情况和内陆盐土与滨海盐土间的差异。盐土的较高的硼含量是它不适于植物生长的原因之一。

土壤类型和成土母质会导致硼的供给异常,土壤条件也能影响硼的可给性而导致缺硼。除了酸碱度的影响以外,排水不良有时会引起缺硼。在排水不良的草甸土和白浆土上都有严重缺硼的报道<sup>[3,4]</sup>。排水不良和长期渍水时,有机质分解缓慢而积累,多量的有机质对硼的吸附固定使水溶态硼减少。化学分析结果说明排水不良时草甸土和白浆土的水溶态硼较少,这时,农作物出现缺硼症状;而在岗地上的同类型土壤则水溶态硼较多,农作物生长正常(表6)。上述土壤的硼的等温吸附曲线证实了有机质对硼的可给性的影响,即排水不良时土壤对硼有较强的吸附现象,排水良好时则吸附现象较弱。就同一剖面

表 5 盐土的硼含量(单位: ppm)  
Table 5 Boron content of saline soils (ppm)

类型 Type	地点 Location	深度 (cm) Depth	全硼 Total B	水溶态硼 Water-soluble B	$\frac{\text{水溶态硼}}{\text{全硼}} \times 100$ $\frac{\text{Water-soluble B}}{\text{Total B}} \times 100$
内陆盐土*	西藏阿里地区	0—1	230	32.14	14.0
		1—12	152	23.02	15.1
		12—30	208	19.60	9.4
		30—49	139	18.74	13.5
滨海盐土	江苏射阳	0—3	83	1.04	1.3
		48—81	44	1.22	2.8
		113—133	54	1.60	3.0
		133—150	14	1.48	10.6

\* 引自文献[3]。

而论也反映出有机质的影响,表层有较强的吸附现象,以下层次则较弱(图5),按 Langmuir 公式计算,代表最大吸附量的 b 值为 9.3597,以下层次仅为 5—7;破坏有机质后,吸附减弱。

表 6 排水不良的土壤的硼含量(单位: ppm)  
Table 6 Boron content of planosols with poor and good drainage (ppm)

土壤 Type of soil	深度 (cm) Depth	全硼 total B	水溶态硼 Water-soluble	备注 Note
草甸土	0—25	21	0.09	排水不良,小麦不结实
	25—50	19	痕迹	
	0—20	16	0.39	排水良好,小麦生长正常
	20—55	22	0.28	
白浆土	0—14	31	0.27	排水不良,农作物缺硼
	14—34	30	0.01	
	0—17	46	0.35	排水良好,农作物生长正常
	17—32	24	0.19	

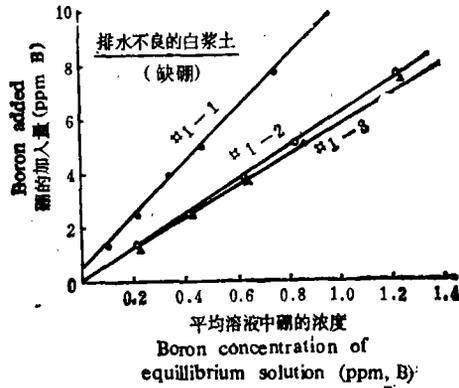
### (三) 土壤中硼的供给异常与植物生长

土壤中硼的供给异常包括硼过量和缺硼。

硼的过量主要发生在内陆的干旱和半干旱地区的土壤以及盐土。此外,灌溉水含硼过多也会导致硼中毒,一般在含硼超过 2—5ppm 时不宜使用<sup>[5,6]</sup>。

缺硼土壤分布于我国东部,尤其是东南部。不过土壤缺硼与否与植物种类有密切关系,是有针对性的,并不是在缺硼土壤上的所有植物都会表现出缺硼或者需要硼肥,有的植物例如禾本科可能生长完全正常,因而必须按照植物种类甚至品种区别对待。根据土壤缺硼程度和植物对缺硼灵敏的程度,可将缺硼土壤分成三类(图6):

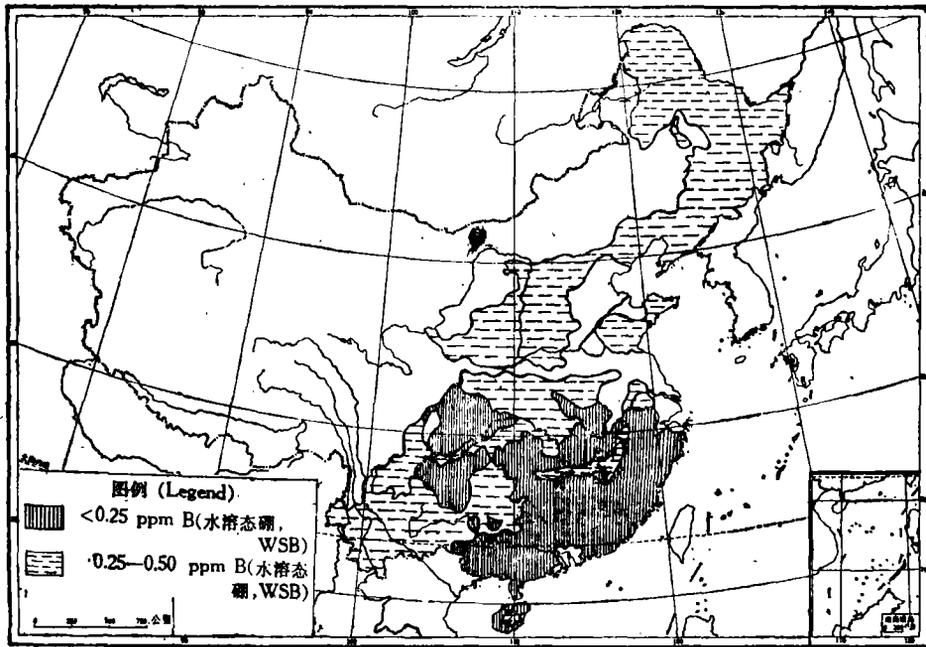
I 类 严重缺硼土壤,水溶态硼少于 0.25ppm,是硼肥显效区。对缺硼敏感的植物



#1-1, 0-14 cm; #1-2, 14-34cm; #1-3, 34-48cm.

图 5 排水不良的(缺硼)白浆土的等温吸附曲线

Fig. 5. Boron isotherm of planosol with poor drainage



I. 硼肥显效区 II. 硼肥有效区 III. 硼肥可能有效区

图 6 我国的缺硼土壤与硼肥的施用分区

Fig. 6 Soils deficient in boron and delineation of application of boron fertilizers

上常存在着缺硼症状,硼肥效果显著,可分成:

I-1 类: 南方的严重缺硼区,包括红壤、赤红壤、黄壤及紫色土等。需硼植物有甘蓝型油菜、棉花、大豆、花生和柑桔等。

I-2 类: 北方的严重缺硼区,主要为排水不良的草甸土、白浆土等。需硼植物有甜菜、大豆、玉米、大麦、小麦等。

II 类 缺硼土壤,水溶态硼含量为 0.25—0.50ppm,是硼肥有效区。植物上无可见的缺硼症状,为潜在性缺硼,硼肥效果一般,可分成:

II-1 类:南方的缺硼区,包括红壤、黄棕壤、石灰岩土等。需硼植物有甘蓝型油菜、棉花、花生、大豆、柑桔等。

II-2 类:北方的缺硼区,主要土壤有黄绵土、垆土、褐土、棕壤等,需硼植物有甜菜、棉花、甘蓝型油菜、花生、大豆等。

III 类 可能缺硼土壤,水溶态硼含量在 0.5ppm 上下,黄潮土、垆土、褐土、棕壤等属之,可能对硼肥有反应的植物与 II 类相同。

#### (四) 小结

我国土壤中硼的含量范围为痕迹—500ppm,平均含量为 64ppm,变幅很大,与土壤类型和成土母质有关。

土壤水溶态硼含量图说明我国西部内陆的干旱地区土壤为富硼土壤,东部尤其是东南部的湿润地区土壤则低硼或缺硼。

对缺硼土壤和应用硼肥进行了分区,可作为施用硼肥的参考。

#### 参 考 文 献

- [1] 刘铮、朱其清、唐丽华、徐俊祥、尹楚良,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,219—223页。
- [2] 高以信,1975:珠穆朗玛峰地区土壤的微量元素。珠穆朗玛峰地区科学考察报告。71页,科学出版社。
- [3] 刘铮、朱其清、唐丽华,1980:我国缺硼土壤的类型和分布。土壤学报,第17卷3期,228—239页。
- [4] 李文雄、桂明珠等,1973: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—19页。
- [5] Keren, R. and Bingham F. T. 1985: Boron in water, soils and plants. *Adv., Soil Sci.*, 1: 229—279.
- [6] U. S. Salinity Laboratory 1954: *Diagnosis and Improvement of Saline Soils. Handbook 60.* U. S. D. A.

## REGULARITIES OF CONTENT AND DISTRIBUTION OF BORON IN SOILS

Liu Zheng, Zhu Qiqing and Tang Lihua  
(*Institute of Soil Science, Academia Sinica, Naining*)

### Summary

Studies were made on the regularities of content and distribution of boron in soils of China. The total boron content varies from trace-500ppm, with an average of 64ppm. There are two markedly different regions which are differentiated by boron content in soils, i.e. soils rich in boron and those poor in this element. The former includes soils of Tibet and other arid inland as well as saline soils; while the later includes the acid soils of South China, e. g. red earth, lateritic red earth, yellow earth, purplish soil, etc. Various loessial soils have a medium amount of total boron and low water-soluble boron. Boron content of paddy soils varies greatly, and soil

acidity exerts a profound influence on availability of this elements. Calcareous paddy soils have a lower total boron content and a higher water-soluble boron content; while the acid paddy soils have a higher total boron content, but a lower water-soluble boron content. The saline soils are rich in boron. In the inland saline soils, boron content can be higher than 200ppm; while those of coastal saline soils are lower, ranging from 50—80ppm. The water-soluble boron content is high in all saline soils, ranging from 1—30ppm.

There are two main regions of soils deficient in boron. The reasons of the deficiency in boron of these regions are quite different. In the loessial soils and soils derived from the alluvium along the Yellow River, both the total and acid-insoluble boron contents are medium and high respectively, but water-soluble boron content is low; whereas in the acid soils, both the total and water-soluble boron contents are low. There is another type of boron-deficient soils, in which the deficiency is related with poor drainage and accumulation of organic matter in soils. In planosol and meadow soil with poor drainage, organic matter adsorbs boron firmly and boron cannot be released and absorbed by plants. In these soils typical boron deficiency symptoms may be observed in plants susceptible to boron shortage. Isotherms of adsorption of boron revealed that more boron was adsorbed in planosol with poor drainage than well drained ones. Furthermore, upper horizon of the profile of planosol adsorbed more boron; while in the underlying horizons only a little or no boron was adsorbed.

Delineation of boron-deficient soils and of application of boron fertilizers is expressed by a map. The types of boron-deficient soils are denoted as follows.

Type I. Severe deficient. The water-soluble boron is less than 0.25 ppm. Good response of crops to boron fertilizers may be expected. Type I-1 is distributed in the acid soil region of South China. Type I-2 is distributed in the calcareous soil region of North China.

Type II. Deficient in boron. The water-soluble boron is from 0.25—0.50 ppm. Response of crops to boron fertilizers may be expected, but not as well as that in the Type I. Type II-1 is distributed in acid soil region. Type II-2 is distributed in the calcareous soil region.

Type III. Soils possibly deficient in boron. The water-soluble boron is around 0.50 ppm. However, only a few or no field experiments have been conducted to calibrate the results obtained by chemical analysis.