

河北省土壤硼的含量与分布

孙祖琰 赵同科

(河北省农林科学院土壤肥料研究所, 石家庄)

摘 要

河北土壤全硼平均25.9 ppm, 变幅2—75 ppm。用沸水5分钟提取的有效硼平均0.50 ppm, 变幅0.02—9.38 ppm。全省61.8%的耕地有效硼在临界缺乏值(0.5 ppm)以下, 0.51—1.0 ppm中硼耕地占32.5%, > 1.0 ppm高硼耕地仅占5.7%。

土壤硼含量决定于成土母质。在成土过程中数量消长期与成土条件, 土壤质地、有机质、碳酸钙、pH等有关。本文讨论了它们之间的数量关系。

关键词 土壤硼 含量分布 河北省

植物所需要的硼主要由土壤供给。然而, 到目前为止还没有有关河北土壤硼丰缺状况以及含量分布的报道。随着农业生产的发展, 反映土壤供硼不足, 油菜花而不实, 棉花蕾而不花的报道增加了。作物施硼效果与土壤有效硼含量呈负相关关系, 因而土壤硼的含量分布是硼肥生产、分配、施用必不可少的判断依据。

本项研究内容包括: 河北土壤全硼含量; 河北土壤硼的有效度; 河北土壤有效硼含量; 河北土壤有效硼的地理分布; 影响土壤硼含量与分布的因素等。

材料与方法

供作全硼分析的样品是河北省土壤路线调查时采集的, 包括12个土类, 14个剖面 and 84个表层样品, 由河北省农科院土肥所土壤室提供。

供作有效硼分析的样品共3 547个, 都是耕层土壤, 由河北省农业厅土肥处组织全省地市县土肥站统一于秋收之后采集。

土壤全硼用电极法测定。土壤有效硼用沸水5分钟提取, 等离子体光谱测定。

土壤有机质用重铬酸钾法、土壤机械组成用比重法、土壤碳酸钙用气量法、土壤pH用电位法测定。

研究结果

一、土壤全硼

根据84个表层土壤的分析结果, 河北土壤全硼平均含量25.9 ppm, 远低于全国土壤平均值(64 ppm), 大约相当于全国土壤平均值的2/5。可见河北土壤硼的储量不富, 潜在

注: 参加本项研究工作的还有王重廉、丁鼎治等同志。

供应水平不高。土壤样品的全硼量变幅为2—74ppm, 呈正态分布, 峰值在21—30 ppm处, 占总样本数的27.9%。土类间比较, 潮土全硼最高(38.6 ppm), 风沙土最低(8.5 ppm), 分布广、面积大的潮土为36.8 ppm, 盐土为31.4 ppm, 褐土为28.6 ppm, 栗钙土为20.3 ppm, 棕壤为12.9 ppm。

二、土壤剖面中的硼

土壤全硼在剖面中的分布有四种类型: ①表层富集。剖面通体由下而上逐层增多, 硼上移并在表层积累。各土层间硼含量差异有的较大, 有的较小。②中层积累。剖面中表层硼下移, 底层硼上移, 因而中层积累富化, 富集层多在50—80 cm。③底层淀积。剖面通体向下移动淀积于底层。④表层富集和下层淀积。剖面中层的硼分别向上下两个方向移动。

土壤有效硼在剖面中的运动方式以上移并在表层富集为主要趋势。这种现象反映了生物积累的作用, 也反映了干旱半干旱地区可溶性硼随土壤水分运行的特点。在所调查的剖面中, 只有少数呈现出中层或底层积累的现象。

三、土壤硼的有效度

根据76个表层样本的测定结果计算, 河北土壤硼的有效度平均为2.54%, 变幅0.36—18.4%。在土壤有机质含量0—6%范围内, 硼有效度与土壤有机质呈抛物线关系。

有效度 $y = 0.3026 + 1.9867x - 0.2904x^2$, $R^2 = 0.8523$, 当有机质含量 $<3.4\%$ 时, 有效度随有机质含量增加而提高; 当有机质含量 $>3.4\%$ 时, 有效度随有机质含量增加而降低。

四、土壤有效硼

根据3547个耕层土壤样本的统计, 全省土壤有效硼平均0.50 ppm, 变幅0.02—9.38 ppm, 高值是低值的469倍, 比全硼变幅大得多。

土壤有效硼的分布频率峰值在0.26—0.5 ppm处, 占总样本数的48.0%, <0.25 ppm有效硼很低的样品占17.6%, 即65.6%土壤样本有效硼含量在临界缺乏水平(0.5 ppm)以下。0.5—1 ppm, 中等有效硼样本占28.0%。 >1 ppm高有效硼样本只占6.3%, 所占比例很小。

根据称重法测算, 河北有大面积的耕地土壤有效硼含量偏低。 <0.25 ppm的很缺硼耕地占总耕地的16.7%, 0.26—0.5 ppm缺硼土壤占总耕地的45.1%, 两者合计占61.8%。含硼中等的耕地占32.5%, 含硼丰富的土壤仅占5.7%。

五、土壤有效硼的地理分布

河北土壤有效硼的分布概貌是高原和平原高于山区, 平原中滨海高于内陆。

<0.25 ppm低硼土壤主要分布在太行山区和燕山山区滦河流域。 $0.26-0.5$ ppm低硼土壤广泛分布于太行山区和燕山山区, 山麓平原及低平原, 冀西北怀安南部, 崇礼及阳原南北等地。

0.51—1 ppm中硼土壤主要分布在坝上高原, 坝下怀安北部、阳原东北部、怀来、宣化、涿鹿南部, 临西、清河、故城一线, 平原洼地及运河以东滨海平原地区。

1.1—2 ppm高硼土壤在冀东滨海平原, 坝上康保、尚义、沽源, 坝下阳原中部, 涿鹿北部, 冀中武强至武邑滏阳河两侧。

>2 ppm高硼土壤只在冀东滨海有小面积分布, 其它平原地区也有零星样点分布。

分析讨论

土壤硼的含量和分布与成土母质、土壤pH、土壤质地、土壤有机质等多种因素有关。

表 1 河北省土壤有效硼的含量和频率分布 (ppm, %)

地 市	样品数	平均值	变 幅	≤ 0.25	0.26—0.5	0.51—1	1.1—2	> 2
张 家 口	446	0.73	0.06—2.80	3.14	27.8	49.6	18.8	0.7
承 德	455	0.35	0.02—1.76	38.4	59.1	12.1	0.4	
保 定	497	0.46	0.10—1.91	11.8	59.5	25.8	2.7	0.2
石 家 庄 地 区	336	0.40	0.05—1.43	25	54.5	19.6	8.9	
石 家 庄 市	153	0.34	0.02—1.06	28.8	62.1	8.5	0.7	
邢 台	355	0.50	0.09—1.82	14.6	45.1	34.9	5.4	
邯 郸	301	0.55	0.16—1.56	6.0	45.8	41.5	6.7	
衡 水	233	0.54	0.06—4.48	17.2	35.2	35.6	8.2	0.9
沧 州	222	0.55	0.20—1.56	4.5	43.2	48.2	4.1	
廊 坊	121	0.45	0.11—1.23	15.7	49.6	32.2	2.5	
唐 山	319	0.46	0.03—6.74	33.9	47.6	9.7	7.8	0.9
秦 皇 岛	110	0.35	0.04—3.04	38.2	51.8	6.4	2.7	0.9
路线踏查	89	0.59	0.08—9.38	20.2	42.7	20.2	6.7	10.1
合 计	3547	0.50	0.02—9.38	17.6	48.0	28.0	5.8	0.5
占耕地%				16.7	45.1	32.5	5.4	0.3

一、成土母质

土壤全硼：成土母质给土壤全硼提供了基础数量，决定着土壤硼的潜在水平。缺硼土壤中大多数均以母质缺硼为主要原因。通常沉积岩含硼量高于火成岩，火成岩中又以玄武岩、花岗岩最低，沉积岩中以海相沉积物最高，粘土、页岩含硼也比较高。根据调查资料统计，玄武岩、风积物、花岗片麻岩母质形成的土壤全硼含量都很低（2、8.5、18 ppm），页岩、灰岩母质形成的土壤全硼较高（39、31 ppm），黄土母质土壤全硼也比较高（28 ppm）。河流冲积母质土壤全硼含量以坝上内陆河最低（18 ppm），滏阳河最高（46 ppm），依次为滏阳河、漳沱河、滦河、桑洋河、大清河、坝上内陆河。现代海相沉积物母质也比较高（38 ppm）。

土壤有效硼：据调查资料统计，风积物母质土壤有效硼含量最低（0.13 ppm），花岗片麻岩母质土壤有效硼最高（0.48 ppm），依次为花岗片麻岩、灰岩、黄土、页岩、玄武岩、风积物。河流冲积母质混杂迁移，交替沉积，冲积物成分复杂，加之冲积平原开发历史久远，人类活动影响较为深刻，但是仍然能看出母岩对土壤有效硼的影响。如沙河上游主要是片麻岩、花岗岩，漳沱河、漳河流经石英岩、石灰岩区。花岗岩、片麻岩、石英岩等母岩全硼量低，黄土母质的全硼含量虽然较高，但是由于石灰含量高，硼的可溶性低。所以，上述河流沉积物形成的土壤有效硼含量偏低。而滏阳河由多股支流汇流，上游主要为片岩、石灰岩、砂岩等，沉积物较为复杂，黄土物质较少，沉积物较细，土壤有效硼含量较高。

二、土壤类型

不同类型土壤硼的含量有明显差异。如滨海盐土、内陆盐土硼随氯化物或硫酸盐的积累同步积累，干旱地区土壤水分的强烈蒸发也导致硼的表层聚积。

根据84个土样的分类统计，潮土（包括盐化潮土）和盐土全硼含量最高，风沙土最低。全硼含量（ppm）依次为潮土（36.8）、盐土（31.4）、褐土（28.6）、栗钙土（20.3）、水稻

土(20.0)、沼泽土(19.0)、灰色森林土(17.0)、亚高山草甸土(15.7)、棕壤(12.9)、草甸土(12.7)、风沙土(8.5)。海相淤泥因受海水影响,全硼高达38 ppm。

土壤有效硼也因土壤类型而异。盐土有效硼高达2.08 ppm,风沙土最低(0.13 ppm)。

以栗钙土区为例对土壤类型与有效硼关系进行分析,也可看出水热状况的显著影响。坝缘山地以及康保北部山地分布暗栗钙土,有效硼含量较高。从坝缘向西北地势下降,依次分布着暗栗钙土、栗钙土、淡栗钙土、草甸栗钙土、草甸土,土壤有效硼含量依次为:0.99、0.88、0.64、0.67、1.07 ppm。从暗栗钙土到淡栗钙土,气候干寒、水分条件变差,风蚀沙化,土壤有效硼含量明显递降。滩地水分条件较好,草甸土有效硼呈富集现象。总之,坝缘和滩地含有效硼较高,过渡部位有效硼较低。坝下高地分布淡栗钙土有效硼含量甚低(0.39 ppm),桑、洋两河高阶地分布栗钙土性土,耕作条件较之淡栗钙土区有明显改善,有效硼含量(0.60 ppm)明显增加。河流近侧,地势平缓、排水不畅,分布盐化草甸土,土壤有效硼富集(1.09 ppm)。

此外,从有效硼分布图上对冀南平原作宏观分析,京广铁路沿线分布的褐土,土壤有效硼多 <0.5 ppm,从褐土往东延伸到潮土区,有效硼含量增高,多为 $0.5-1.0$ ppm,在地形较高的褐化潮土区,土壤有效硼又降低,多 <0.5 ppm。

三、土壤质地

一般来说,土壤质地愈轻硼含量愈低。根据测定资料统计,土壤全硼(y)与 <0.01 mm物理性粘粒含量(x)之间呈正相关关系, $y = 8.4048 + 0.4509x$, $r = 0.9887^{**}$ 物理性粘粒每增加10%,土壤全硼增加4.5 ppm。

土壤有效硼含量也与 <0.01 mm物理性粘粒含量呈正相关关系。据测定资料统计, $y = -0.2387 + 0.0343x$, $r = 0.9438^{**}$ 。物理性粘粒每增加10%,土壤有效硼增加0.3 ppm。此外,根据邯郸、邢台平原地区资料统计,土壤有效硼(y , ppm)与土壤粘粒(x , %)也呈正相关关系, $y = 0.196 + 0.023x$, $r = 0.9840^{**}$ 。显然,硼被土壤粘粒以某种方式保留着。硼在砂质土壤中易于流动,渗漏流失是砂质土有效硼含量偏低的重要原因。

滏阳河与沙河、漳沱河冲积土壤比较,它们共同的特征是土壤有效硼含量依质地而异,粘质土(0.75 ppm) $>$ 壤质土(0.46—0.55 ppm) $>$ 砂质土(0.2 ppm)。其区别是,滏阳河冲积物颗粒相对较细,所以有效硼也相对较高。

四、土壤有机质

土壤全硼:土壤全硼含量与有机质含量呈抛物线关系。按质地分级资料统计,土壤全硼 $y = -3.2150 + 31.7340x - 6.4997x^2$, $R^2 = 0.6571$ 。按有机质分级资料统计,土壤全硼与有机质也呈曲线相关。土壤全硼 $y = 16.8431 + 10.4039x - 2.2607x^2$, $R^2 = 0.4072$ 。当土壤有机质含量 $<2.3\%$ 时,两者呈正相关,当土壤有机质 $>2.3\%$ 时,土壤全硼随有机质增加而降低。

土壤有效硼:有关有机质对硼的络合作用已有很多报道。一般情况下,土壤有机质与有效硼呈正相关。这种关系从土壤类型、剖面中硼之分布,以及城镇周围土壤含硼普遍较高都在一定程度上反映出来。据寒冷干旱带的康保等县沙土和壤土实测资料分别统计,在土壤有机质 $0.6-2.2\%$ 范围内,有效硼与有机质呈正相关,回归关系为对数方程:

$$\text{沙土 } y = 0.5009 + 0.9745 \log x \quad R^2 = 0.8863$$

$$\text{壤土 } y = 0.6858 + 0.9828 \log x \quad R^2 = 0.8186$$

据暖温半干旱带的冀南平原资料统计, 在土壤有机质 0.7—1.5% 范围内, 土壤有效硼含量随有机质含量增加而增加。回归关系因土壤类型不同而异:

$$\text{褐土 } y = -0.5723 + 0.6088x \quad r = 0.9613^{**}$$

$$\text{潮土 } y = 0.0492 + 0.5200x \quad r = 0.7547^{**}$$

上述方程表明, 冀南潮土区可以土壤有机质 1% 作为施硼与否的参考指标, 而褐土有机质要在 1.5% 以上, 才能满足作物对硼的需求。

根据有机质分级资料统计, 在有机质含量 0—6.5% 范围内, 土壤有效硼与有机质呈抛物线相关。

$$y = -0.0418 + 0.6292x - 0.1186x^2, \quad R^2 = 0.7491$$

根据质地分级资料统计, 在土壤有机质 0—5% 范围内, 有效硼与有机质又一次重现了抛物线关系,

$$y = -0.5613 + 1.8046x - 0.3749x^2, \quad R^2 = 0.3386$$

上述两个方程一致表明: 当土壤有机质含量为 2.4—2.6% 时土壤有效硼含量最高。有机质含量低于该值, 有效硼与有机质呈正相关, 有机质高于该值时, 两者呈负相关。

五、土壤碳酸钙

土壤全硼含量与土壤碳酸钙含量有正相关关系。根据土类资料统计, 土壤全硼 $y = 16.8218 + 0.7181x$, $r = 0.3545$ 。根据质地分级资料统计, 土壤全硼与土壤碳酸钙也呈正相关关系, 土壤全硼 $y = 10.2753 + 3.4180x$, $r = 0.8431^{**}$ 。

土壤有效硼: 石灰性土壤上, 土壤碳酸钙的含量是影响硼的有效性及作物对硼吸收的重要因素。张家口地区土壤碳酸钙含量介于 0.09%—18% 之间, 由西南向东北递减。据该区黄砂土硼钙测定资料统计, 土壤有效硼与碳酸钙呈负相关。其回归关系呈指数方程, $y = 0.8187x^{-0.3847}$ 相关指数 $R^2 = 0.9127$ 。

六、土壤 pH

土壤全硼: 根据测定资料统计, 在 pH 6.3—8.3 范围内, 土壤全硼与土壤 pH 之间呈正相关关系, $y = -12.0312 + 4.4185x$, $r = 0.3516$ 。

土壤有效硼: 通常情况下, 硼的有效性在 pH > 7 时, 已经开始下降, 所以石灰性土壤有效硼含量较低。张家口地区黄砂土、黄土、黑土资料统计结果说明, 土壤有效硼与土壤 pH 值呈曲线负相关, 指数方程为:

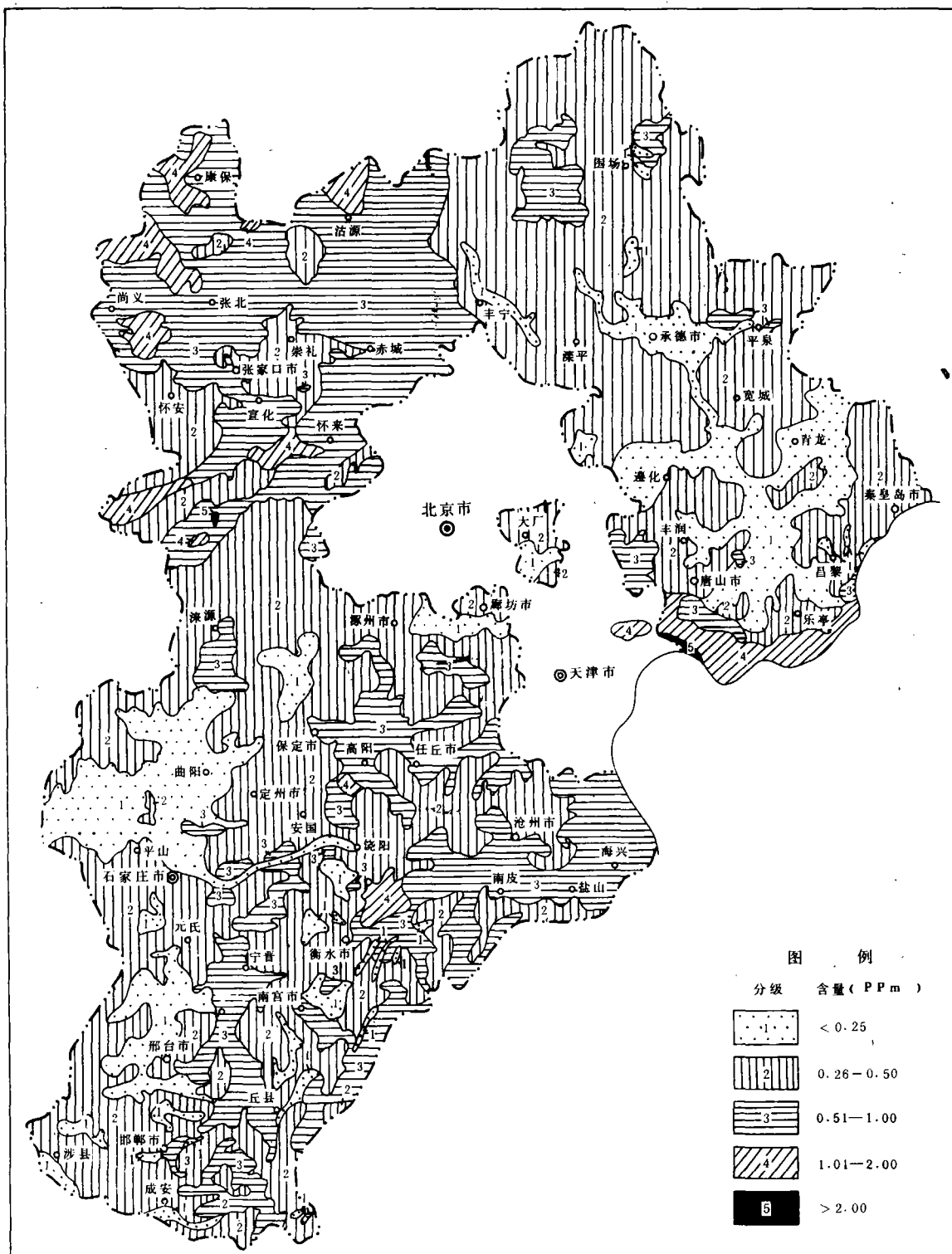
$$y = 4.89 \times 10^{-11} x^{-12.73} \quad R^2 = 0.5626$$

然而, 从阳原县桑干河畔的测点资料来看, 土壤有效硼与 pH 之关系又有特殊的变化。该地区底土属泥盆纪静水湖相沉积物, 上部覆盖第四纪黄土状母质, 地势低平形成封闭洼地, 迳流滞缓, 多形成苏打型盐化土壤, 水分潴积与盐分积聚相应, 因而土壤硼与 pH 值呈正相关。其回归关系为线性方程,

$$y = -8.067 + 0.965x \quad r = 0.876$$

根据土类资料统计, 土壤有效硼与 pH 也呈正相关关系, 土壤有效硼 $y = -2.0054 + 0.3603x$, $r = 0.4406$ 。

在半干旱地区, 土壤水分蒸发量大于降水量, 盐分在土壤表层聚积。苏打含量增加, 土



河北省土壤有效磷分布图

壤 pH 值增大。随着土壤水分蒸发，硼的表聚现象亦相伴发生。因此，含盐高的土壤，含硼量亦高。

Content and Distribution of Boron in Soils of Hebei Province

Sun Zuyan Zhao Tongke

(*Institute of Soil and Fertilizer, Hebei Academy of Agricultural
and Forestry Sciences, Shijiazhuang*)

Abstract

The level of total boron of soil in Hebei is 25.9 ppm in average and changes from 2 to 75 ppm. The content of available boron in soil extracted in boiling water in 5 minutes is 0.50 ppm in average and changes from 0.02 to 9.38 ppm. The available boron content of soil in 61.8 % of cultivated land of this province is below the critical value (0.50 ppm). The boron content in 32.5 % of cultivated land is on the middle level (0.51 — 1.00 ppm). Only 5.7 % of cultivated land is rich in boron content (>1 ppm).

The boron content in soil depends upon the parent materials of soil. Growth and decline of its content is related to the condition of soil development, soil texture, organic matter, CaCO_3 and pH. The relationship between boron and these factors is discussed in this paper.

Key words: Soil boron; Content and distribution; Hebei province