

河南土壤中的硼和硼肥的利用效益

郑文麒

河南地理所土壤微量元素组

一九八二年十二月

目 录

前言

一、样品的采集与分析.....	1
1. 布点原则.....	1
2. 采样方法及数量.....	2
3. 样品的制备和分析.....	2
二、自然地理和土壤概况.....	3
1. 自然地理条件.....	3
2. 土壤类型与分布.....	3
三、土壤中硼的含量水平.....	4
1. 全硼含量.....	4
2. 水溶态硼含量和分布特征.....	9
四、硼在土壤剖面中的分布及其特征.....	14
1. 土壤剖面中全硼的分布型态及其淋溶富集作用.....	14
2. 土壤剖面中水溶态硼的分布.....	16
五、水溶态硼的地理分布趋势.....	19
六、硼肥的利用效益.....	21
结语.....	25

河南土壤中的硼和硼肥的利用效益*

前言

硼参与了植物体内碳的代谢，是植物正常生长不可缺少的微量营养元素之一。为了弄清河南省各种类型土壤中硼的状况以及硼肥在农业生产上的作用，从八〇到八二年，我们对全省土壤中硼的含量与分布进行了调查研究，并在一些区域连续几年进行了硼肥的田间和大田对比试验。结果证明，河南土壤中全硼的含量属于一般正常含量范围，均值稍低于全国硼的含量水平。水溶态硼含量很低（盐碱土除外），而且缺乏面积很大，用缺硼临界值（0.50PPM）来衡量，河南省属于缺硼区。试验结果还表明，在土壤水溶态硼供给不足的情况下，适量的施用硼肥，能改善作物生长和结实习性，获得良好的增产效果。现将几年来的调查研究及试验成果总结于后，并绘制成八十五万分之一“河南省土壤水溶态硼含量分布图”。

一、样品的采集与分析。

由于土壤中微量元素含量很低，因此必须严格按照微量元素土壤样品的采制技术和操作规范进行。

1. 布点原则。布置采样点是准确查清不同区域土壤微量元素含量的第一步。布点时，遵照了以下原则：

* 本文承蒙刘铮先生、魏克循老师指正。特此致谢。

① 以生产应用为出发点。打破行政区界。用土壤类型作为调查研究和布置样点的基本单元。土壤类型的划分依据是河南省第二次土壤普查土壤工作分类暂行方案”中拟定的标准。全省共分九个土类。二十八个亚类。

② 鉴于全省面积大。土壤类型复杂。微量元素的调查研究只做到亚类一级。

③ 避开污染区和污染源。布点时。注意到避开污染源和它所能影响到的区域。以提高测定的准确性。

2. 采样方法及数量。考虑到土壤发育的程度和不同土壤类型剖面发育层次的异同。在取土中规定一律按土壤自然发生层次取样。为避免外来铁离子等元素对测定样品的干扰。取样时避开金属工具。使用竹器取土。塑料袋盛样。全省共采取耕层样1056个。剖面样236个。

3. 样品的制备和分析。新鲜土样在室内凉干。用聚乙烯棒板研碎。过二十目尼龙筛。装袋编号待测。

全硼的测定采用发射光谱法。重复三次。回收率92.6—123.6%。

水溶态硼的测定用姜黄素比色法。沸水提取五分钟。72型分光光度计比色。光波波长540 μ 。回收率95.4—98.2%。

二、自然地理和土壤概况。

1. 自然地理条件。 河南省位于黄河下游，黄淮海大平原南部，土地总面积二亿五千万亩，其中耕地一亿另六百八十一万亩（1981年），占土地总面积的43%。我省气候属亚热带向暖温带过渡类型，年降水量由北向南递增，由东向西递减。黄河以北为600—700毫米，淮北平原及南阳盆地为800—1000毫米，淮南在1000毫米以上。由于降水量在一年四季中分配不均，予东、予北地区蒸发量是降水量的三倍，这对土壤形成过程影响甚大，黄河两岸及低洼地区盐碱土的形成与此有关，盐碱土则又是是硼的富集区。

河南总的地势由西向东逐渐降低，地形分山地、丘陵、平原三大类型，母岩的种类凡多，因此，成土母质类型也是多种多样的。主要的成土母质有残积物、坡积物、洪积物、湖积物、风积和冲积物等六种，其中以冲积物、湖积和洪积物分布较普遍，而又以冲积母质分布面积最广。

2. 土壤类型与分布。 河南省南北气候条件悬殊较大，加之地形、地貌、母质、植被及人类活动的影响，形成了土壤类型的多种多样的特征。

予东、予北地区（予北大致在京广线以东）主要是潮土。灰潮土与黄潮土一般以沙颍河南北分开。黄河故道及背河洼地两侧盐碱

土。予西北黄土丘陵区广泛分布着褐土中的典型褐土、碳酸盐褐土、淋溶褐土、褐土性土等几个亚类。太行山与伏牛山北坡主要分布着褐土的几个亚类与棕壤。中部和东南部及南阳盆地低洼易涝区分布着砂姜黑土。淮南波状平原、桐柏山北坡平原及山间盆地主要分布水稻土。伏牛山南坡、桐柏山、大别山北坡的丘陵垄岗地区分布有较大面积的黄褐土，山地多为黄褐土与黄棕壤。在太行山、大别山等山系海拔1000米以上有棕壤分布。

成土母质密切的影响着土壤的形成过程及一系列的理化生物学特征，不同类型的土壤硼的含量及它们的分布特征亦不相同。

三、土壤中硼的含量水平。

1. 全硼含量。全硼含量为土壤硼的起始含量，可以反映硼的潜在供给水平。据全省151个样点统计，河南省土壤硼平均含量为43 P P M，属于一般土壤的正常含量范围，稍低于全国土壤的平均含量（64 P P M）（表1）。变幅在10.5—86.2 P P M之间。含硼量高低相差数倍之多。但各土类之间均值相差不大。以盐碱土全硼量为最高（51 P P M），褐土次之（48 P P M），潮土略低于褐土（46 P P M），棕壤、黄棕壤、水稻土、风沙土硼的含量十分接近，都在34 P P M上下，砂姜黑土含量居中（42.8 P P M）。

表 1 河南土壤中硼含量水平及分布频数 (P P M 表层)

土壤类型	样点数	全硼	变化范围	S D ±	C V %	分布频数 %		
						< 30.0	30.0—50.0	> 50.0
潮 土	42	46.1	23.5~76.6	13.6	29.4	14.3	50.0	35.7
褐 土	43	48.1	20.2~86.2	15.0	31.0	18.6	37.2	44.2
黄棕壤	18	34.2	10.5~64.2	15.0	43.6	44.4	38.9	16.7
砂姜黑土	26	42.8	21.2~67.9	14.8	34.5	19.2	38.5	47.3
水稻土	7	33.8	12.5~46.4	11.1	32.7	28.7	71.4	0
棕 壤	6	34.8	19.6~50.2	21.2	61.0	33.3	50.0	16.7
盐碱土	2	50.9	45.0~56.2	8.3	16.2	0	50.0	59.0
风沙土	6	33.9	19.4~54.4	12.4	36.6	50.0	33.3	16.7
平 均	151	43.0	10.5~86.2					

从全省不同母质上发育的各种土壤类型全硼比较中看出。土壤全硼含量受成土母质和土壤类型的影响十分显著。在风积黄土和冲积母质上发育的褐土和潮土，母质性质相近，可能含硼矿物中电气石含量较其它母质为高，全硼含量接近，而且都明显高于其它土类。黄棕壤、棕壤由于成土母岩主要是花岗岩，花岗片麻岩等岩浆岩系，母岩的含硼量低就决定了在其上发育的土壤全硼量的贫乏。水稻土是在火成岩和下蜀黄土上经水耕熟化发育而成，所以，它的全硼含量也反映出母质的含量特征。潮土和盐碱土的成土母质相同，互相呈复区分布，由于盐碱土处在低洼地方，水盐上下运动频繁，导致土体各层不同程度的积盐，可能有硝酸盐的盐渍现象存在，所以盐碱土的硼含量高于潮土和其它土类。

成土母质中硼的含量决定了土壤硼的基础含量，同一类型的土壤发育在不同的母质上，硼的含量亦不相同（图1）。

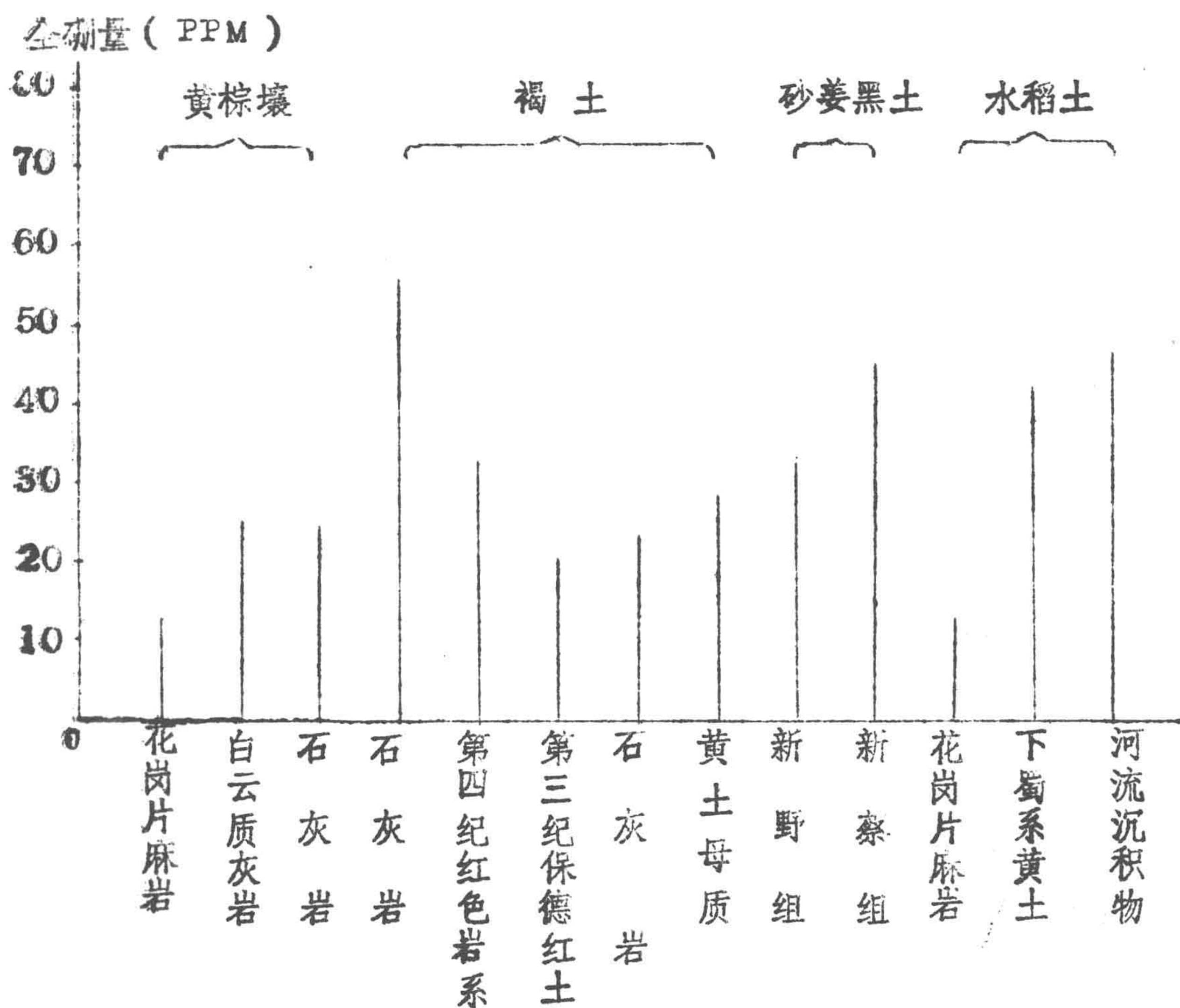


图 1 在不同成土母质上发育的土壤全硼含量

从硼的含量分布看，河南土壤中有近70%的样点含量集中在30—50 PPM和大于50 PPM的二个数量级，分布比较集中。以土类之间全硼量分布作比较，却各有偏重。褐土、潮土、砂姜黑土等三个土类全硼量集中在30—50 PPM和大于50 PPM的样点占五分之四，盐碱土达到100%。水稻土则有三分之二的样点分布于30—50 PPM数量级中，黄棕壤、棕壤、风沙土则是

小于30 P P M和30—50 P P M的样点占80 %以上。

同一土类中的不同亚类土壤全硼量由于母质的不同和风化、淋溶程度的深浅而有高低。黄棕壤中的黄棕亚类主要发育于岩浆母岩，全硼平均含量只有21.2 P P M。在我省土壤亚类中含量最低。属同一土类的黄褐土亚类，母质多为下蜀系黄土，它的全硼量达到36.7 P P M。褐土中典型褐土和潮褐土、褐土性土等三个亚类全硼量相近，分别是50.6 P P M、50.5 P P M和52.3 P P M，均高于碳酸盐褐土(44.7 P P M)和淋溶褐土(36.8 P P M)。

潮土中黄潮土含硼量(50.3 P P M)高于其它几个亚类。灰潮土、褐土化潮土、碱化潮土含量相近(41.4—44.3 P P M)。

从150多个土壤剖面的全硼数据中发现，有一定数量的剖面出现了下层全硼量高于表层的结果。这些剖面硼的“富集层”全硼量高出表层含量的值，从百分之几到几十，有的甚至高一倍以上。砂姜黑土、褐土、潮土、黄棕壤、棕壤、盐碱土等硼的下层富集趋势比其它土类显著。如在砂姜黑土的二十二个样点剖面中，就有72.7 %的出现了这种趋势，褐土中占三分之二，潮土、黄棕壤、棕壤中达52.0—85.7 %，盐碱土的样点剖面全部出现了下层富集。但是水稻土和风沙土中这种分布现象不明显。数量较多的

样点剖面表层含硼量低于以下层次，可能是造成河南省表土全硼量均值偏低的主要原因之一。

2. 水溶态硼的含量与分布特征。

土壤钻硼的主要来源是含硼矿物。含硼矿物中只有电气石可以经常从土壤中检出。含硼矿物风化释放出的硼以阴离子 B O_3^{-3} 的形态进入土壤溶液。由于土壤中全硼量只能反映硼的潜在供给水平，所以通常以有效态硼的含量作为土壤供硼能力的标志。有效硼能够为植物直接吸收，它与农业生产的关系甚为密切。对植物有效态硼以水溶态硼表示。

河南土壤中水溶态硼含量平均为 0.25 P P M ，低于缺硼临界值 0.50 P P M (表 3) 变幅痕迹— 2.30 P P M 。显而易见，就平均含量而言，我省属于水溶态硼缺乏的地区（除盐碱地区以外）。其次，水溶态硼的含量分布十分集中，有 96% 的样点水溶态硼含量小于 0.50 P P M 。而小于 0.25 P P M 的样点又占到其中的三分之二。只有盐碱土 $0.50—1.00 \text{ P P M}$ 的样点占到一半。可以预计，河南省缺硼的土壤面积很大（表 2）。只有在水溶态硼含量大于 1.00 P P M 的盐碱土中，硼的供给是充足的。

全省除盐碱土水溶态硼稍高外，其它土类彼此相近也略有高低之别。盐碱土水溶态硼含量居首，达到 0.719 P P M ，高于缺硼临界含量。盐碱土含水溶态硼较高的原因，可能与硼酸盐的富聚

有关。潮土和褐土水溶态硼虽低于盐碱土，却高于其它土类（ 0.310 PPM 和 0.222 PPM ），黄棕壤水溶硼最低（ 0.170 PPM ）。由此可见，土壤中水溶硼的含量从一定程度上也反映了受母质影响的特征。此外，经数理统计说明，我省土壤中全硼与水溶硼之间没有明显的相关关系，也就是说，全硼量高的土壤水溶态硼不一定就高（ $\gamma = -0.02$ ）（图 2 A—G）。

（表 2 见下页）

从分析数据中还看出，同一土类中的不同土壤亚类，由于自然地理环境和土壤条件的差异，它们的水溶硼却不相同，如果以土类为单元笼统地用平均值作为评价硼的供给水平的标准，往往同一土类中土壤之间的差异将不能恰当的反映出来，因此，除了对土类之间的水溶硼进行评述外，进一步对土壤亚类水溶态硼含量水平进行比较和评述，将有助于对含量分布规律性的认识 and 了解。也便于成果的应用。

① 潮土：潮土是我省主要土壤类型之一，因长期经受成土过程，气候，水利措施等因素的深刻影响，主要亚类之间水溶硼在地理分布上呈现出一定的规律。黄潮土发育在黄、海河冲积物上，主要分布在我省的东北部，东部。这些地区冬、春干旱，夏、秋多雨，年蒸发量比降水量高 2—3 倍，土壤水溶硼对要高一些（ $0.295 \sim 10 \sim$

土 类	水溶硼含量均值 变幅 PPM	SD±	CV %	分 布 频 数 %					
				<0.25	0.25~ 0.50	<0.50 (累计)	0.50~ 1.00	1.00~ 2.00	>2.00
潮 土	0.310 0.02-1.40	0.100	32.3	49.3	43.9	93.2	6.8		
褐 土	0.222 0.02-0.68	0.090	40.5	64.0	35.2	99.2	0.8		
黄棕壤	0.173 0.03-0.74	0.068	39.3	30.5	19.2	99.7	0.3		
盐碱土	0.719 0.23-2.30	0.517	71.9	23.5	26.5	50.0	41.2	5.9	2.9
砂姜黑土	0.199 痕迹-0.43	0.108	54.3	74.8	24.5	99.3	0.7		
水稻土	0.205 0.02-0.41	0.065	31.7	75.3	24.7	100.0			
棕 壤	0.202 0.02-1.41	0.076	37.6	52.4	47.6	100.0			
风沙土	0.199 0.04-0.23	0.098	49.2	66.7	33.3	100.0			
合计(平均)	0.250 痕迹-2.30								

PPM)·灰潮土发育于淮河及其支流的冲积物上,主要分布于我省沙颍河以南的地方,年降水量大,淋溶作用比较强烈,地下水矿化度较低,水溶硼与黄潮土相比要低(0.200PPM)·可见,由于黄潮土与灰潮土所处地理位置和自然条件的不同,造成了水溶硼含量差异·盐化潮土和碱化潮土全硼量与其它亚类相比稍有偏低,但水溶硼却比其它亚类要高(分别为0.464PPM和0.372PPM),这与硝酸盐聚积有关。

从含量分布比较,灰潮土、褐土化潮土含量分布比较集中,小于0.25PPM的样点数占70%以上,而黄潮土则均匀分布在小于0.25PPM和0.25—0.50PPM的二个含量级中·盐化潮土和碱化潮土水溶硼却均匀的分布在0.25—1.00PPM的三个含量级里·

② 褐土:由于褐土中各个土壤亚类所处地形部位和耕作熟化程度不一样,所以它们之间水溶硼含量存在差别·相比之下,潮褐土与碳酸盐褐土水溶硼含量相近(分别是0.246PPM和0.244PPM),均高于其它亚类·潮褐土处于山前倾斜平原的下部,一般肥力较高,水溶硼亦相对要高·碳酸盐褐土硼的含量较高的原因,有待研究讨论,褐土性土多分布在浅山地区,土壤熟化程度相对较低,而侵蚀作用较强,虽然全硼量高于其它亚类,但水溶硼却偏低(0.184PPM)·几个不同土壤亚类水溶硼含
~ 12 ~

量分布。除褐土性土分布集中在小于 0.25 PPM 含量级外。其它亚类在小于 0.50 PPM 的二个含量级内分布比较均匀。

③ 黄棕壤：黄棕壤下属的四个土壤亚类水溶硼的差异原因主要是受母质的影响。黄褐土与粗骨性黄褐土相比。虽然风化发育程度有所不同。但水溶硼含量却十分接近（均值 0.189 PPM 和 0.185 PPM ）。同样黄棕壤与粗骨性黄棕壤的水溶硼含量也十分接近（均值 0.169 PPM 和 0.150 PPM ）。黄褐土与粗骨性黄褐土主要发育于下蜀系黄土，黄棕壤与粗骨性黄棕壤则多发育于岩浆岩母质上。因为四个土壤亚类归属于二种不同母质导致它们水溶硼含量的差异。

黄棕壤的土壤亚类含量分布都十分集中。每个亚类小于 0.25 PPM 的样点数均在 80% 左右。

④ 水稻土和砂姜黑土：水稻土和砂姜黑土受水流活动的影响比较显著。表土水溶硼较低。水稻土在长期水耕条件下。氧化还原交替作用。土壤进行有机质的合成与分解。强烈的淋洗作用。致使表土水溶硼含量偏低。砂姜黑土长期处于低洼排水不良的环境中。土壤结构为屑碎状或棱块状。保水性差。上浸作用较强。因而水溶硼偏低（新茅组）。这二个土类水溶硼分布都比较集中。小于 0.25 PPM 的样点占到土类总样点数的四分之三。

⑤ 盐碱土：盐碱土受水。盐频繁活动的影响。水溶硼含量明

显地高于其它土类。盐碱土的含硼量与土体中盐分含量有着较好的平行关系。含盐量高的土壤，水溶硼含量亦高。从含量分布看，盐碱土在小于 1.00 PPM 范围里分布比较均匀。

⑥ 棕壤：棕壤亚类水溶硼高于粗骨性棕壤 ($0.263 \text{ PPM} > 0.142 \text{ PPM}$)。一般棕壤分布的地方大部是林地，表土腐殖质含量高，所以水溶硼含量亦高。含量分布上棕壤亚类比较均匀的分布在小于 0.50 PPM 的二个含量级内，而粗骨性棕壤却全部集中在小于 0.25 PPM 的最低含量级内。

四、硼在土壤剖面中的分布及其特征。

成土母质决定了土壤中硼的起始含量，然而经过相当长的成土过程，在自然条件和人类活动的影响下，不断发生风化，淋溶和淀积作用，土体中各层硼的含量要产生变化，尤其是近地表的土壤，硼的移动和各土层含量的重新分布就可能比较明显。以下就土壤剖面中全硼和水溶硼的分布及趋势分别予以讨论。

1. 土壤剖面中全硼的分布型态及其淋溶富集作用。从全省 136 个剖面分析结果归纳，土壤剖面中全硼的分布，主要有以下二种型态：

第一种分布型态是表层硼的含量高于下层，自上而下呈递减的趋势，这种分布型态约占样点总剖面数的五分之二。（图 2 A—G）

第二种分布型态是土壤剖面中出现下层硼的含量高于表层的富
~ 14 ~

集分布。这种分布型态的剖面占样点总剖面数的五分之三（图 3 A—H）。各个土类剖面中硼的“富集层”出现的深度及“富集层”含硼与表层之比较见表 4：

表 4 几种土壤类型剖面中硼的富集层出现的深度和含量增加

土 壤 类 型	“富集层”集中出现的深度范围（厘米）	含硼比表层增加 %
潮 土	25—75	4.4 — 134.6
褐 土	20—60	3.0 — 154.4
砂姜黑土	35—80	6.0 — 138.4
黄 棕 壤	30—70	10.5 — 150.4
棕 壤	15—60	6.0 — 165.8
盐 碱 土	30—90	9.9 — 19.4

从上表中清楚的看出：潮土、褐土、砂姜黑土、黄棕壤、棕壤等几个土类硼的下层富集趋势比较显著。盐碱土中这种趋势不明显。风沙土、水稻土在一米土体内，硼则以表层聚积为主。

硼的下层富集趋势，虽然出现在不同的土类之中，但是，它们具有共同的特征：

其中：从剖面记载中看出，凡是出现有硼的“富集层”的土层，一般质地偏粘重或就是这个剖面中的粘化层，结构紧实，水活