

辽宁省土壤有效态微量元素含量分布*

邹邦基 李彤 史奕 郭雷 范世华 李培芝

(中国科学院林业土壤研究所)

摘 要

对辽宁省14万多平方千米面积上不同土壤,采集了三千多个样品,用ICP测定了有效态B(沸水提取)和Cu、Zn、Fe、Mn(DTPA溶液提取),经过分级评价绘制成5幅含量分布图,阐明了不同地区、不同土壤类型间有效态微量元素含量的差异,并结合当地作物生长和肥效反应进行讨论,为辽宁省微量元素肥料合理施用提供了科学依据。

辽宁省位于我国东北地区。早在60年代,方肇伦^[1]对东北地区土壤全量微量元素做过光谱分析和制图。后来刘铮等^[2,3]应用姜黄素比色法、极谱法及原子吸收光谱等技术对我国土壤有效态B、Mo、Zn、Mn、Cu进行了分析制图,指出了东北地区有效态微量元素的概况。我们长期在东北工作中,亦对该地区土壤,特别是辽宁省水稻土和某些市县土壤有效态微量元素含量累积了大量资料,但缺乏系统的一次性大批量分析研究,对辽宁省土壤微量元素供给情况尚没有一个全面而具体的认识。本研究的目的是利用电感耦合等离子体光谱(ICP)分析技术,查明辽宁省土壤有效态B、Mn、Cu、Zn、Fe等微量元素的含量分布,为合理施用微量元素肥料和改良土壤提供科学依据和技术指南。

一、方 法

为了达到上述目的,首先对全省土壤统一布置采样,山地土壤以母质为基本单元,平地土壤以土属为基本单元,全省平均约6万亩一个样品,其中耕地布点密集,约2万亩一个样品,共采集分析了三千多个样品。

为了使样品符合要求,预先制订了布点原则及样品采集、制备的具体细则。样品的风干、粉碎、过筛(1mm孔径)、提取、测定等操作严格限定器具、避免污染。有效态B用沸水提取,Mn、Cu、Zn、Fe用DTPA溶液同时提取^[6],全部用IL Plasma-100型电感耦合等离子体光谱仪进行测定。电感耦合等离子体发射光谱技术,灵敏度高,化学干扰少,线性范围宽,手续简单。参照Dahlgvist和Knoll的工作^[5],经DTPA溶液浸提的土壤浸出液可直接测定Cu、Zn、Fe、Mn。对土壤沸水溶性硼,不经其它处理也可直接测定。Cu、Zn、Fe、Mn、B的检出限均可达ppb级,而且分析精度较好。

在测定上述元素时,首先对ICP实验参数(等离子输出功率、观测高度、载气流速等)进行了综合选择,并对各元素的测定精度和准确度做了试验。B用同一土样进行重复测

* 康宁、张桂兰、于学敏、梁伟等同志参加部分工作,一并致谢。

定 11 次得到的结果为： $\bar{X} = 0.534 \text{ ppm}$, $S = 0.0030$, $RSD = 0.56\%$ ；回收率在 90—104% 之间，经比较试验证明，测定结果和经典的姜黄素法一致。Cu、Zn、Fe、Mn 用同一样品每隔 30 分钟进行一次重复测定，得到各元素的精度为：Cu 2.7%，Fe 2.5%，Mn 2.1%，Zn 1.3%。经比较实验证明，其结果和原子吸收光谱法测定的结果一致。

在大批量样品分析过程中，为了保证实验数据的可靠性，采取了如下措施：(1) 对所用的实验容器进行校准，采用二次去离子水；(2) 每次分析前，临时配制标准溶液，同时进行空白测定；(3) 在测定过程中，每隔 20 分钟进行一次校准，以避免由于仪器波动和其他原因造成测定结果偏高或偏低，同时进行平行双样测定，平行双样测定不少于 5%；(4) 在每批测定中都插进一个已知含量的样品进行内检，与此同时，还由送样人进行“外检”。

分析数据经过适当整理后，参考国内外文献 [2, 3, 6] 及本地区的具体情况选定分级指标进行分级评价。制图时，先将采样点位落在 1:40 万的地形图上，然后分元素标出各点位的分级评价结果，参考地形、母质、土壤和土地利用等情况，主要根据各元素含量等级圈绘图斑，制成 1:40 万的含量分布图。

二、结 果

(一) 不同地区土壤有效态微量元素的含量状况

总的来看(表 1)，本省土壤有效态 Zn 和 B 比较缺乏，Fe 多为中等水平，Mn 和 Cu 则偏向于比较丰富。这是一个总的概念，但在不同地区和不同土壤中还有很大差异。

从有效态微量元素含量分布图可以看出(图 1—5)：有效态 B 的含量在沿海地区，如

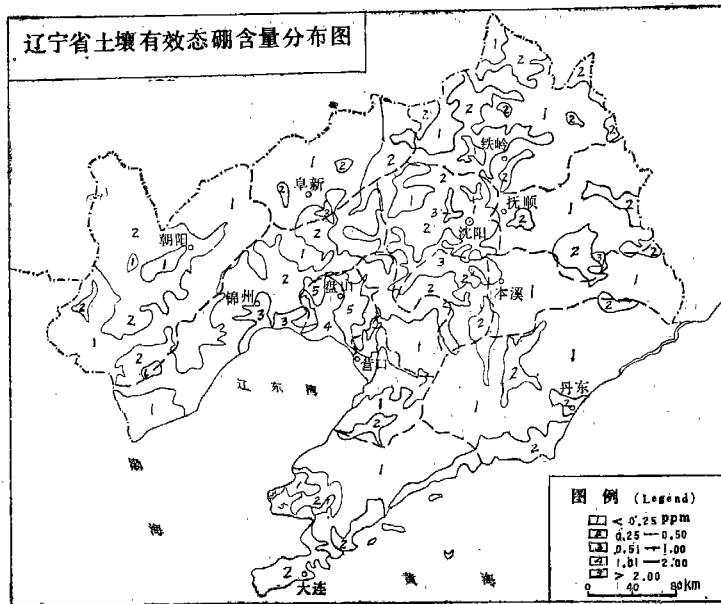


图 1 辽宁省土壤有效态硼含量分布

Fig. 1 Distribution of available boron content in soils of Liaoning province

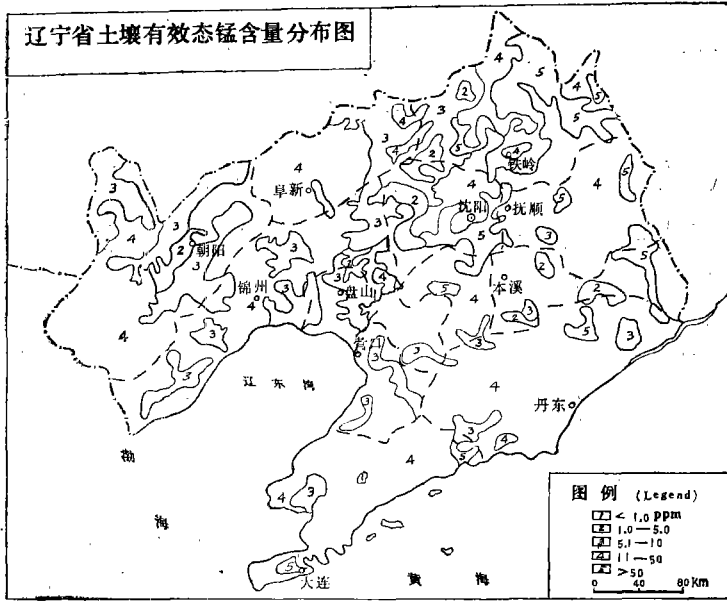


图2 辽宁省土壤有效态锰含量分布

Fig. 2 Distribution of available manganese content in soil of Liaoning province

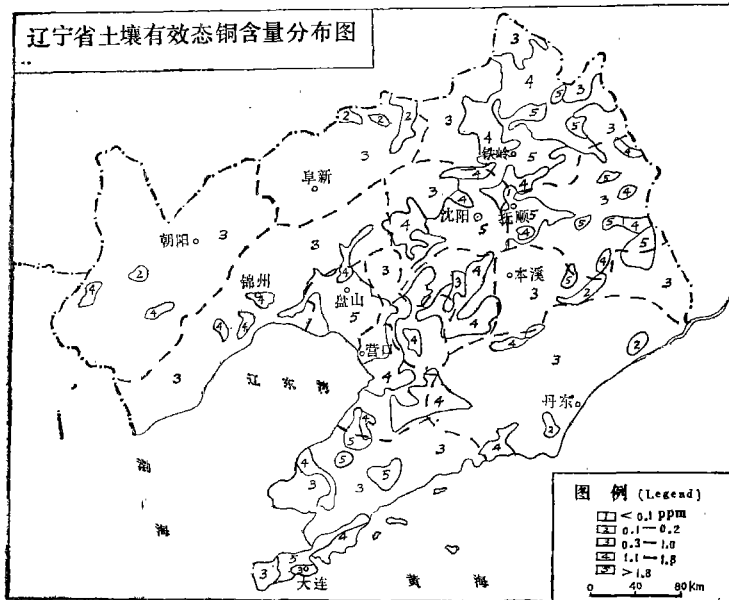


图3 辽宁省土壤有效态铜含量分布

Fig. 3. Distribution of available copper content in soils of Liaoning province

大连、营口、盘锦及锦州市的海边地区比较高，而在其他地区则多为较低或很低水平。有效态 Mn 在东部地区含量丰富，其它地区多为中等水平；有效态 Cu 在中部平原，尤其是沈

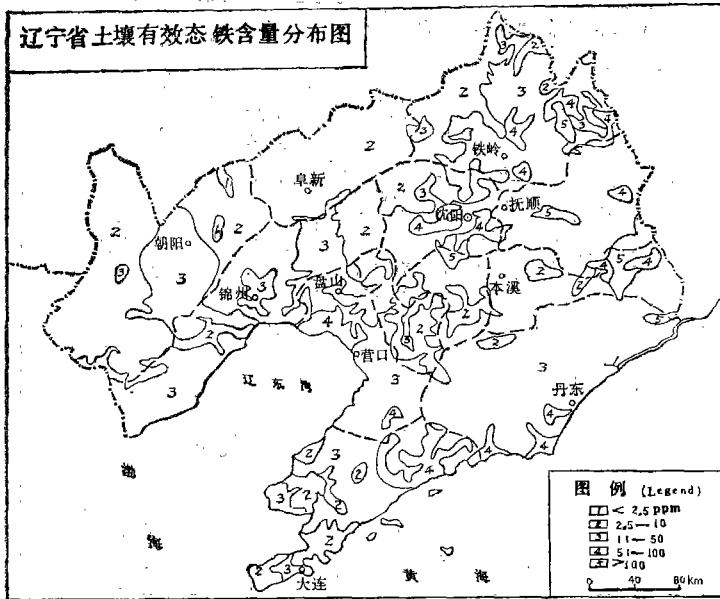


图 4 辽宁省土壤有效态铁含量分布

Fig. 4 Distribution of available iron content in soils of Liaoning province

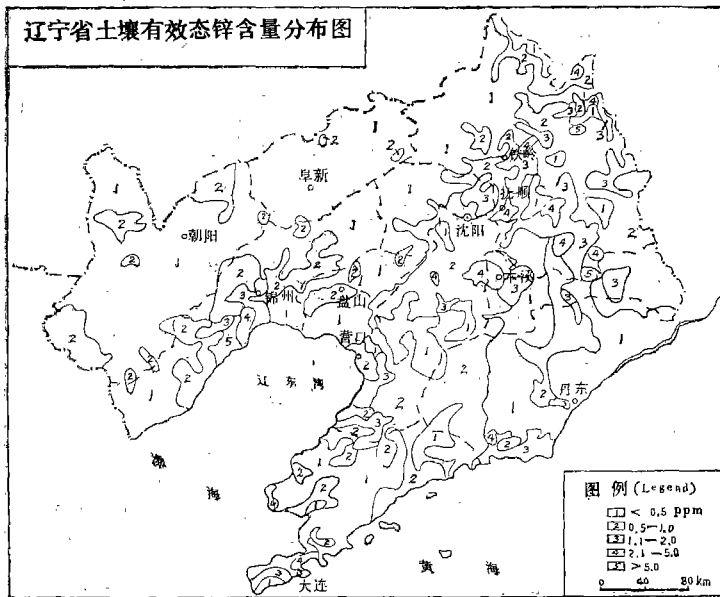


图 5 辽宁省土壤有效态锌含量分布

Fig. 5 Distribution of available zinc content in soils of Liaoning province

阳和盘山、营口地区含量很高,其它地区多为中等水平,有效态 Fe 含量在西北部有大片地区处于低水平,而其它地区则较高;有效态 Zn 含量在西部和北部的朝阳、锦州、阜新、

表 1 辽宁省土壤有效态微量元素含量水平

Table 1 Contents of available microelements in soils of Liaoning province

元 素 Element	样品数 Amount of sample	项 目 Item	含量水平评价 Evaluation of content level				
			很低 Very low	低 Low	中等 Medium	高 High	很高 Very high
Zn	3220	含量范围 (ppm)	<0.5	0.5—1.0	1.1—2.0	2.1—5.0	>5.0
		分布频率 (%)	47.0	31.6	13.2	5.5	2.7
Fe	3274	含量范围 (ppm)	<2.5	2.5—10	11—50	51—100	>100
		分布频率 (%)	4.1	31.1	47.6	10.7	6.5
Mn	3256	含量范围 (ppm)	<1.0	1.0—5.0	5.1—10	11—50	>50
		分布频率 (%)	0.5	6.1	20.5	56.1	16.8
Cu	3176	含量范围 (ppm)	<0.1	0.1—0.2	0.3—1.0	1.1—1.8	>1.8
		分布频率 (%)	0.5	3.2	49.8	26.6	19.9
B	3062	含量范围 (ppm)	<0.25	0.25—0.50	0.50—1.00	1.01—2.00	>2.00
		分布频率 (%)	49.9	37.8	8.7	2.6	1.0

铁岭等市及东部的部分地区大面积严重缺乏, 其它地区亦有严重缺乏或较低水平的散乱分布块。1:40 万的原图对全省土壤资源整治利用规划及施肥技术的制订有重要意义。

(二) 不同土壤类型有效态微量元素的含量状况

本省从山地到平原和滨海分布着暗棕壤、棕壤、褐土、风沙土、草甸土、水稻土、盐土、碱土和沼泽土等土类。为了查明不同土类中微量元素的供给状况, 分别对这些土类及其亚类典型样品的分析数据进行了分级评价。发现有效态 B 主要在棕壤各亚类、褐土各亚类、风沙土及草甸土中比较缺乏, 而在盐化沼泽土、盐化水稻土、盐土及盐化草甸土中比较丰富; 有效 Mn 各类土壤都不十分缺乏, 但在草甸褐土、褐土、风沙土、滨海盐土、草甸碱土中偏低, 而在棕壤、水稻土及草甸土各亚类中则较丰富; 有效态 Cu 各类土壤中亦不十分缺乏, 仅在泥炭沼泽土、风沙土中偏低, 而在水稻土、棕壤、草甸土、盐土、盐化沼泽土、腐殖质沼泽土中则较丰富; 有效态 Zn 几乎所有土类都比较缺乏, 尤以褐土各亚类、风沙土、盐化草甸土、碳酸盐草甸土、草甸碱土、沼泽土为最, 其次是水稻土和棕壤。省内所有土类几乎没有富含有效态 Zn 的, 仅在某些土类中少数样品含量偏高; 有效态 Fe 在褐土各亚类及盐土中较缺乏, 而在水稻土、泥炭沼泽土和暗棕壤中比较丰富。辽宁省几个主要土类的有效态微量元素含量分布列于表 2。由表 2 可见, 棕壤和草甸土主要缺乏 Zn、B; 水稻土和沼泽土主要缺 Zn; 褐土主要缺 Zn、B、Fe; 盐土主要缺 Zn、Mn、Fe; 风沙土则 Zn、B、Fe、Mn、Cu 都缺。

三、讨 论

本省土壤类型与作物种类较多, 按统一指标对土壤有效态微量元素含量进行分级制图, 虽然便于比较和得出一个全面的概念, 但在具体运用时必须考虑到土壤和作物等因

表 2 辽宁省主要土类有效态微量元素含量分布

Table 2 Distribution of available microelements in main soil groups of Liaoning province

元 素 Element	含量范围 (ppm) Content range	棕壤	褐土	草甸土	盐土	风沙土	水稻土	沼泽土
		Brown earth	Cinnamon soil	Meadow soil	Saline soil	Aerolian soil	Paddy soil	Bog soil
		土壤样品数 Amount of sample						
		968	162	742	66	28	309	18
元素含量百分数 % of element content								
B	<0.25	56.0	66.5	42.5	10.6	50.0	36.0	23.5
	0.25—0.50	36.6	29.8	45.2	13.6	39.3	29.1	29.4
	0.51—1.00	6.6	3.7	8.8	12.1	7.1	27.7	29.4
	1.01—2.00	0.4	0	2.1	28.8	3.6	4.5	5.9
	>2.00	0.4	0	1.4	34.9	0	2.7	11.8
Mn	<1.0	0.5	0	0.5	2.9	0	0.3	0
	1.0—5.0	6.4	8.8	6.2	19.1	28.6	6.2	16.6
	5.1—10	17.4	38.7	28.7	50.0	50.5	20.4	55.6
	11—50	66.1	51.9	55.1	23.6	21.4	46.9	27.8
	>50	9.6	0.6	9.5	4.4	0	26.2	0
Cu	<0.1	0.9	0	0.4	4.5	3.6	0	5.9
	0.1—0.2	4.0	6.2	1.8	7.6	28.6	1.7	0
	0.3—1.0	54.4	89.5	49.5	30.3	50.0	11.3	23.5
	1.1—1.8	24.2	4.3	33.3	15.2	14.3	16.3	23.5
	>1.8	16.5	0	15.0	42.4	3.5	70.0	47.1
Zn	<0.5	39.2	77.0	46.6	40.9	82.1	33.0	55.6
	0.5—1.0	33.2	20.8	31.2	28.8	14.3	41.7	27.8
	1.1—2.0	18.6	1.6	13.2	13.7	3.6	13.5	16.6
	2.1—5.0	6.8	0.6	5.7	13.6	0	8.9	0
	>5.0	2.2	0	3.3	3.0	0	2.9	0
Fe	<2.5	1.1	27.3	1.6	13.2	7.4	0.7	0
	2.5—10	31.2	69.6	34.6	36.8	66.7	2.3	22.2
	11—50	56.4	3.1	52.2	35.3	25.9	34.8	55.6
	51—100	9.0	0	9.7	13.2	0	32.4	5.6
	>100	2.3	0	1.9	1.5	0	29.8	16.6

素。例如 B，水稻的缺乏临界值虽然随气候、土壤、品种等条件而变动^[7]，但总的来说水稻是既耐 B 毒又耐 B 缺的植物^[4]。众所周知水稻和芦苇需 B 量都少；尽管本省水稻土和沼泽土样品 B < 0.25 ppm 的分布频率分别达到 36.0% 和 23.5%，但生产上未发现过缺 B 症状，亦无 B 肥效应报道，所以我们认为本省水稻土和沼泽土基本上不缺 B。然而，在棕壤、褐土和草甸土上，种植有大豆、甜菜、棉花、果树、蔬菜等喜 B 作物，缺 B 症状常有出现，生产上 B 肥显示明显效果，所以这类土壤认定缺 B。

DTPA 溶液提取的土壤有效态 Zn 和 Cu，采用刘铮等^[2,3]提出的分级指标进行评价，基本上符合本省的实际情况。本省绝大多数土壤上作物缺 Zn 表现明显，Zn 肥的施用已相当普遍；几年内累计施用面积达到 300 多万亩，但至今未见缺 Cu 现象发生。

DTPA 溶液提取的土壤有效态 Mn 和 Fe 的分级指标，是参考国外文献^[6]，并根据作

者多年在东北地区累积的资料和作物生长表现拟定的, 试用于东北地区, 但有待进一步研究。在辽宁省 $\text{pH} > 7.5$ 的土壤上木本植物和部分农作物(如大豆)常有缺 Fe 症状发生, 缺 Mn 症状则极少见, 仅某些地区部分作物(如大豆、甜菜、棉花)对 Mn 肥有良好效应。

参 考 文 献

- [1] 方肇伦、宋达泉、叶柄, 1963: 东北及内蒙东部的土壤微量元素。土壤学报, 第 11 卷 2 期, 130—142 页。
- [2] 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 页。
- [3] 刘铮、朱其清、唐丽华等, 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, 210—223 页。
- [4] 山内益夫, 1976: 不同作物对硼素の适应性。日本土壤肥料学杂志, 47(6): 281—286。
- [5] Dahlquist, R. L. and Knoll, J. W., 1978: Inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry: Analysis of biological materials and soils for major, trace, and ultratrace elements. Applied Spectroscopy, 32 (1): 1—29.
- [6] Lindsay, W. L. and Norvell, W. A., 1979: Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Sci. Soc. Am. J., 42(3): 421—428.
- [7] Randhawa, N. S., Sinla, M. K. and Takkar, P. N., 1978: Micronutrients. In "Soil and Rice" (International Symposium), pp. 581—603, IrrI, Philippines.

DISTRIBUTION OF AVAILABLE MICROELEMENTS IN SOILS OF LIAONING PROVINCE

Zou Bangji, Li Tong, Shi Yi, Guo Lei,
Fan Shihua and Li Peizhi

(Institute of Forestry and Soil Science, Academia Sinica)

Summary

More than 3000 soil samples were collected in Liaoning Province and the available B (extracted by boiling water), Cu, Zn, Mn, Fe (extracted by DTPA) were determined by means of ICP, and the contents of above elements were respectively illustrated in 5 maps.

It is shown that the contents of available Zn and B in soils of the province are widely lower, and in many regions they are at deficiency level, but those of Cu and Mn are mainly at medium or high level; as for Fe, it is lower in the northwest, but rather high in other regions of the province.

In Liaoning Province, are distributed dark brown earth, brown earth, cinnamon soil, aerolian soil, meadow soil, paddy soil, saline soil, alkali soil and bog soil from mountain to plain and coast regions. The differences of the contents of available microelements in these soil groups and subgroups were discussed, and the status demanding for microfertilizers in different soils and regions were demonstrated in the paper.