

徽州地区有效态微量元素含量*

徐俊祥 胡罗生 钟颜胜

(中国科学院南京土壤研究所) (安徽省徽州地区土肥站、农科所)

徽州地区位于皖南丘陵山区(包括七县二市)。为我国红壤地区北部边缘的黄红壤, 农业土壤以水稻土为主。我国红壤区土壤中微量元素的含量已有专著全面介绍^[1]。就现有资料来看, 徽州地区微量元素的含量情况还是空白。几年来我们在该地区进行了一系列有关的调查, 在这些地区有大面积的缺硼和缺钼土壤, 施用微量元素肥料已取得了明显的经济效益。本文试就该地区农业土壤中的硼、钼、锰、锌和铜的含量进行分析和讨论, 以求初步探明其规律性, 作为指导微量元素施用的依据。

一、样品的收集和测定

1983年共收集了徽州全地区耕作土壤(0-20 cm)175个样品。其中水稻土有沙泥田、扁石泥田、麻沙泥田等6个土属159个样品。旱地土壤有扁石土、白沙土等5个土属16个样品。它们分别发育于沙页岩、近代河流冲积物、花岗闪长岩等6种母质上。同时还收集了四种不同母质发育的荒地土壤剖面, 共11个样品。对上述175个土壤样品进行了有效态养分分析, 对4个剖面土壤分析了全量, 以便了解不同母质对土壤微量元素的供应能力。样品处理均按微量元素分析的要求进行^[2]。各元素有效态的提取剂列于表1。水溶态硼用姜黄素比色法, 有效态钼用催化极谱法, 锰、锌和铜用原子吸收法。全量用过氯酸-氢氟酸脱硅溶解, 除全硼未分析外, 其他元素的全量测定方法与有效态同。

表1 几种有效态微量元素的提取剂

测定元素		提取剂	水土比	提取方法
水溶性硼		沸水	2:1	煮沸分5钟
有效钼		Tamm溶液, pH 3.3	10:1	振荡8小时
活性锰		含0.2%对苯二酚的醋酸-醋酸铵溶液, pH7	10:1	振荡半小时放置6小时
有效锌	pH7以下	0.1N HCl	5:1	振荡1.5小时
有效铜	pH7以上	0.005M DTPA + 0.01M CaCl ₂ + 0.1M TEA	2:1	振荡2小时

二、微量元素的全量

4个不同母质发育的土壤剖面微量元素全量列于表2。

土壤中微量元素的全量是这些元素供应作物生长的储备。我国红壤区微量元素的含量与成土母质关系密切。花岗岩等酸性岩发育的土壤为低硼土壤, 并有可能是低铜土壤^[1]。从表

* 本工作在中国科学院南京土壤研究所刘铮研究员指导下进行。

2 所示, 四个剖面的全量与全国平均值和红壤平均值比较, 除石灰岩中的钼、铜和锰, 千枚岩中的铜和锰外, 其余均低。其中花岗闪长岩发育的全钼、全铜尤低。一般来说, 全量低的元素有效态含量也低, 因而影响该元素对作物的供给能力。

表2 徽州地区及全国、红壤地区微量元素全量

成土母质	采集地点	深度 (厘米)	pH	全量 (ppm)			
				Mo	Zn	Cu	Mn
紫砂岩	休宁县梅林	0—16	5.0	0.63	66.7	20.0	333
		16—60	5.0	0.57	88.6	20.7	344
花岗闪长岩	旌德县庙首	0—25	5.3	0.30	89.9	10.3	720
		25—35	5.0	0.29	76.0	7.8	546
		35—54	4.9	0.29	82.6	9.3	538
		54—80	5.2	0.35	85.3	9.3	—
石灰岩	黟县东源	0—7	6.0	1.95	102.8	34.9	617
		7—45	5.5	1.67	85.0	31.8	664
千枚岩	祁门县平里	0—5	5.2	0.65	83.2	39.7	1036
		5—28	4.9	0.65	86.7	41.3	909
		28—65	4.9	0.69	75.5	40.6	681
全国平均值				1.7	163	27	845
红壤平均值				2.43	177	22	565
红壤(花岗岩)平均值				2.15	116	20	506
红壤(石灰岩)平均值				1.55	198	105	1216
红壤(千枚岩)平均值				0.94	81	54	682

三、有效态微量元素的含量

(一) 土壤水溶态硼含量列于表3。徽州地区水溶态硼含量平均为0.13 ppm, 其中水稻土平均为0.12 ppm, 均比我国南方红壤(0.14 ppm)^[1]和南方酸性水稻土(0.18 ppm)^[3]含量低, 水稻土中又以花岗闪长岩发育的麻沙泥田最低, 仅0.07 ppm, 这与我我国南方花岗岩发育的水稻土因母质全硼低(9 ppm)而水溶态硼含量也低(0.09 ppm)的情况相类似。其余5种水稻土中水溶态硼含量顺序为石灰泥田(0.10 ppm)、沙泥田(0.10 ppm) < 扁石泥田(0.14 ppm) < 黄泥田(0.18 ppm) < 紫泥田(0.19 ppm)。旱地土壤(0.14 ppm)略高于水稻土。

水溶态硼对植物是有效的, 它在土壤中的含量大小可视为对作物的供应能力。其含量高低可以分成5级评价, 临界含量为0.5 ppm^[1]。水溶态硼含量各级所占的百分数列

表3 土壤水溶硼含量

土壤名称		样品数	含量范围 (ppm)	\bar{x}	S	CV%
水 稻 土	沙泥田	35	痕迹—0.36	0.10	0.08	80
	扁石泥田	28	痕迹—0.53	0.14	0.11	79
	麻沙泥田	39	痕迹—0.21	0.07	0.05	71
	紫泥田	19	0.08—0.50	0.19	0.11	58
	黄泥田	26	0.06—0.68	0.18	0.12	67
	石灰泥田	12	痕迹—0.31	0.10	0.09	90
水稻土平均		159	痕迹—0.68	0.12	—	—
旱 地	扁石土	11	痕迹—0.52	0.16	0.14	88
	白沙土	1	痕迹	—	—	—
	泥沙土	1	0.12	—	—	—
	黄红土	1	0.22	—	—	—
	麻沙黄土	2	0.10—0.14	0.12	—	—
旱地平均		16	痕迹—0.52	0.14	—	—
合计		175	痕迹—0.68	0.13	—	+25

于表4。

由表4所示，徽州地区有91.4%的土壤水溶态硼低于0.25 ppm，有96%的土壤低于临界含量，尤其是麻沙泥田和石灰泥田上，100%的样品均低于0.10 ppm。因此该区与我国南方的红壤(水溶态硼低于0.25ppm的占91%，低于临界含量的占99%)^[1]一样，为严重的缺硼地区，缺硼的原因主要是由于土壤全硼含量低，加之土壤pH值低和雨量大，硼易流失。

我国南方红壤缺硼面积分布很广，在缺硼土壤上甘兰型油菜只开花不结实，产量下降，严重时无收获。不少地区施用硼肥使油菜、大豆、花生等作物获得增产^[1]。徽州地区也大面积种植甘兰型油菜，时有发现花而不实的现象，花岗闪长岩发育的土壤上尤为严重，与土壤分析的结果极为一致。因而硼肥的应用在该区有宽广的前景。

表4 水溶态硼的含量分级

等级	很低 <0.25ppm	低 0.25—0.50ppm	中 0.51—1.00ppm	高 1.01—2.00ppm	很高 >2.00ppm
标本数	160	8	7	0	0
所占%	91.4	4.6	4.0	0	0

(二) 铝 土壤有效铝含量列于表5。徽州地区有效铝含量平均为0.14 ppm，水稻土亦为0.14ppm，旱地土壤为0.15ppm，这与我国南方红壤(0.14ppm)和南方酸性水稻土的平均含量(0.14ppm)相一致。6种水稻土的有效铝含量顺序为紫泥田(0.11ppm) < 麻沙泥田(0.12ppm) < 黄泥田(0.14ppm) < 扁石泥田(0.15ppm) < 沙泥田(0.16ppm) < 石灰泥田(0.22ppm)。把该区的有效铝含量分成五级评价^[1](表6)可以发现，低于临界含量的样品占74.7%，低于0.1ppm严重缺铝的土壤占48.3%，其中紫泥田和麻沙泥田缺铝尤为严重，该区与我国南方红壤缺铝程度(低于0.1ppm的占50%，低于0.15ppm的占70%)^[1]相似。在缺铝地区，豆科和一些十字花科植物出现缺铝症状，而禾本科作物可以正常生长。豆科作物的缺铝症状与缺氮症状相似，十字花科作物的缺铝症状则出现鞭尾现象。我国南方缺铝地区，在豆科绿肥上施用铝肥提高了产量，因而本地区有效铝含量极低的土壤上，豆科作物和一些十字花科植物上施用铝肥可能有较好的增产效果，酸性土壤施用石灰后提高了土壤pH，同时提高了土壤中的有效铝，此时可不再施用铝肥。

(三) 锌 土壤有效锌含量列于表7。徽州地区pH<7的酸性土壤有效锌平均含量为3.2ppm(0.1NHCl提取)，酸性水稻土平均为3.4ppm，与我国红壤(3.00ppm)和我国酸性水稻土含量(3.49ppm)相似，均大于临界值(1.5ppm)。pH>7的非酸性土壤有效锌平均为0.86ppm(DTPA提取)，大于临界含量0.5ppm。各种水稻土有效锌平均含量顺序为紫泥田(2.5ppm) < 扁石泥田(2.6ppm) < 沙泥田(3.4ppm) < 黄泥田(3.7ppm) < 石灰泥田(3.9ppm) < 麻沙泥田(4.2ppm)，因此

表5 土壤有效铝含量

土壤名称	样品数	含量范围(ppm)	\bar{X}	S	CV%	
水稻土	沙泥田	35	0.05—0.58	0.16	0.11	69
	扁石泥田	28	0.05—0.50	0.15	0.11	73
	麻沙泥田	40	0.05—0.43	0.12	0.08	67
	紫泥田	18	0.05—0.39	0.11	0.08	73
	黄泥田	26	0.05—0.38	0.14	0.07	50
	石灰泥田	11	0.08—0.92	0.22	0.23	105
水稻土平均	158	0.05—0.92	0.14	—	—	
旱地	扁石土	11	0.06—0.18	0.12	0.04	33
	白沙土	1	0.10	—	—	—
	泥沙土	1	0.12	—	—	—
	黄红土	1	0.15	—	—	—
	麻沙黄土	2	0.33—0.35	0.34	—	—
	旱地平均	16	0.06—0.35	0.15	—	—
合计	174	0.05—0.92	0.14	—	—	

表6

有效铜的含量分级

等级	很低 <0.10ppm	低 0.11—0.15ppm	中 0.16—0.20ppm	高 0.21—0.30ppm	很高 >0.30ppm
标本数	84	46	21	11	12
所占%	48.3	26.4	12.1	6.3	6.9

铜的供给状况一般适中。旱地土壤平均含铜为 1.6ppm，但扁石土中有 8 个土样有效铜含量 (0.1N HCl 提取) 低于临界值，故这些土壤上铜的供给不足。我国南方产桔区常出现“花叶病”和“小叶病”的缺铜症状，在部分石灰性水稻土上，水稻也出现缺铜症状。因此该区铜供给不足的土壤上栽培柑桔、水稻等对缺铜敏感的作物时，应施用铜肥，过量施用石灰和大量施用磷肥会降低铜的可给性，从而诱发作物缺铜，这时也应合理施用铜肥。

表7

土壤有效铜含量

土壤名称	样品数	含量范围(ppm)	x	S	CV%	
水稻土	沙泥田	34	1.5—7.7	3.4	1.7	50
	扁石泥田	26	0.8—5.8	2.6	1.3	50
	麻沙泥田	32(0.1NHCl)	0.8—9.1	4.2	2.2	52
		8(DTPA)	0.50—1.12	0.76	0.23	30
	紫泥田	15(0.1NHCl)	1.1—5.4	2.5	1.1	44
		4(DTPA)	0.18—0.38	0.29	0.08	28
	黄泥田	25	1.2—13.7	3.7	2.6	70
	石灰泥田	5(0.1NHCl)	2.1—6.4	3.9	1.7	44
		7(DTPA)	0.52—1.78	0.93	0.47	51
	水稻土平均	137(0.1NHCl)	0.5—13.7	3.4	—	—
旱地	扁石土	11	0.5—3.6	1.2	0.9	75
	白沙土	1	2.5	—	—	—
	泥沙土	1	3.1	—	—	—
	黄红土	1	4.4	—	—	—
	麻沙黄土	2	0.7—2.0	1.4	—	—
	旱地平均	16	0.5—4.4	1.6	—	—
合计	153(0.1NHCl)	0.5—13.7	3.2	—	—	
	19(DTPA)	0.18—1.78	0.86	—	—	

(四) 铜 有效铜平均含量列于表 8。徽州地区土壤有效铜含量在 $\text{pH} < 7$ 的土壤上平均为 3.9ppm (0.1N HCl 提取)，酸性水稻土平均为 4.2ppm，均大于我国红壤平均值 (2.49ppm)，和临界值 (2ppm)。 $\text{pH} > 7$ 的土壤有效铜平均含量为 2.18ppm (DTPA 提取)，大大高于临界值 (0.2ppm)。因此该区有效铜含量与红壤一样为适中。并且其含量的变幅范围小，变异系数均在 50% 以下，在 5 个微量元素中，铜的变异系数最小。

徽州地区有不少常年积水的低产冷浸田或烂泥田，这类水稻土是一种氧化还原电位极低的特殊类型土壤，它们的有效铜含量在临界值以上，但施用铜肥后仍有增产效果^①。鉴于以上情况，在冷浸田或烂泥田上对铜的提取剂和评价指标要继续进行验证。

(五) 锰 土壤活性锰含量列于表 9。活性锰平均含量为 64ppm，其中水稻土平均为 66ppm，比红壤平均值 (120ppm) 低得多，而旱地土壤较高 (平均为 181ppm)。由于南方雨水多，土壤酸

① 引自刘静、徐俊祥，皖南冷浸田及烂泥田施铜效果，未刊资料，1984。

表8

土壤有效铜含量

土壤名称		样品数	含量范围(ppm)	x	S	CV%
水稻土	沙泥田	34	0.7—7.4	5.1	1.5	29
	扁石泥田	26	2.4—8.8	4.6	1.5	33
	麻沙泥田	32(0.1NHCl)	0.2—8.1	3.4	1.4	41
		8(DTPA)	0.20—2.62	1.62	0.72	44
	紫泥田	15(0.1NHCl)	0.6—5.5	3.0	1.3	43
		4(DTPA)	0.80—2.24	1.61	0.61	38
	黄泥田	25	2.0—13.0	4.5	2.2	49
		石灰泥田	5(0.1NHCl)	1.9—6.8	4.5	1.9
		7(DTPA)	1.89—4.24	3.15	0.75	24
	水稻土平均	137(0.1NHCl)	0.6—13.0	4.2	—	—
旱地	扁石土	11	0.4—2.6	0.9	0.8	89
	白沙土	1	0.7	—	—	—
	泥沙土	1	2.1	—	—	—
	黄红土	1	1.3	—	—	—
	麻沙黄土	2	0.8—2.0	1.4	—	—
	旱地平均	16	0.4—2.6	1.1	—	—
合计	153(0.1NHCl)	0.4—13.0	3.9	—	—	
	19(DTPA)	0.20—4.24	2.18	—	—	

性, 锰的可给性也很高, 特别是淹水后的水稻土, 土壤中的水溶态锰和代换锰含量迅速增加, 所以该地区 and 我国南方一样, 缺锰现象很少发生。目前这些地区暂可不施锰肥。

小 结

徽州地区 175 个农业土壤的分析结果表明, 该地区微量元素硼、钼、锌、铜、锰的供应状况与我国红壤地区基本相似。缺硼土壤很普遍, 麻沙泥田、石灰泥田上缺硼尤为严重。缺钼土壤也较普遍。锌、铜、锰的供给一般适中。根据以上情况, 该区使用硼肥和钼肥具有广阔的前景, 同时应注意石灰性土壤上锌肥对柑桔、水稻、玉米的效果。

表9 土壤活性锰含量

土壤名称		样品数	含量范围(ppm)	x	S	CV%
水稻土	沙泥田	34	5—290	54	59	109
	扁石泥田	28	4—320	57	70	123
	麻沙泥田	39	6—320	66	62	94
	紫泥田	19	51—261	125	51	41
	黄泥田	26	3—312	110	80	73
	石灰泥田	12	8—194	63	67	106
水稻土平均	158	4—320	66	—	—	
旱地	扁石土	11	29—796	223	226	101
	白沙土	1	46	—	—	—
	泥沙土	1	227	—	—	—
	黄红土	1	61	—	—	—
	麻沙黄土	2	29—73	51	—	—
	旱地平均	16	29—796	181	—	—
合计	174	4—796	64	—	—	

参 考 文 献

- [1] 李庆远, 中国红壤, 171—193页, 科学出版社, 1983。
- [2] 中国科学院南京土壤研究所微量元素组, 土壤和植物中微量元素分析方法, 科学出版社, 1980。
- [3] Institute of Soil Science, Academia Sinica, Proceedings of Symposium on Paddy Soil, 635—640, 825—831, 832—836. Science Press, Beijing; Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg New-York, 1981.