

江苏土壤中微量元素 供给情况以及与作物生长的关系

I. 苏 南 地 区

刘 铮 徐俊祥 邢光熹 孙秀廷 朱其清

(中国科学院南京土壤研究所)

微量元素泛指土壤中含有很少的化学元素,一般具有双重意义,既可以包括土壤中所有的含量很低的元素,也可以专指其中具有生物学意义的元素。近几十年来土壤中微量元素的研究日趋深入,主要微量元素的含量和分布规律已逐渐明确,并且证实了硼、钼、锰、铜、锌等是植物正常生长所不可缺少的营养元素。在农业生产实践中广泛地应用微量元素肥料,在一定条件下,是提高农作物产量和质量的简便而经济的途径。微量元素肥料应当根据土壤类型、土壤情况和作物种类分区施用,同时还要考虑各营养元素之间的关系。所以在考虑施用微量元素肥料时,有必要明确土壤中微量元素的供给情况。根据这种需要,搜集了江苏主要类型土壤,测定微量元素含量,同时进行栽培试验,观察作物对微量元素肥料的反应,明确可能需要微量元素的土壤或地区以及作物的种类,探索施用微量元素肥料来提高农作物产量和质量的途径。

一、土壤标本的搜集

土壤中微量元素的含量在很大程度上受成土母质影响。成土母质决定了土壤中微量元素的最初含量,成土过程和耕作影响又会改变其最初含量。在一定程度上,土壤继承了成土母质的这些特性。针对这种情况,按照土壤类型和成土母质搜集了土壤的剖面标本,测定微量元素含量进行对比,并就一定类型的土壤进行栽培试验,观察作物对微量元素肥料的反应,校验化学分析结果。

江苏南部地区泛指江苏省长江以南部分,除西部为低山丘陵以外,其余为沿江、滨湖和滨海的冲积平原和湖泊洼地。按成土母质而论,除了局部的山区以外,广大的丘陵区都被下蜀黄土所覆盖,沿江和滨海则为现代沉积物,耕地以水稻土为主。土壤试样的搜集,基本上反映了上述的分布情况。

二、分 析 方 法

化学分析工作用比色、极谱和光谱法分别进行。土壤中的全硼用光谱法测定,用交流电弧在铜电极上激发,以锆为内标。有效态硼用沸水萃取,按姜黄法比色测定。全钼及有效态钼用 α -安息香酚分离,按极谱法利用催化波测定。有效态钼用草酸-草酸铵溶液(pH3.3)萃取。锰用比色法测定,以过碘酸钾为氧化剂。代换态锰用1N中性醋酸铵溶液萃取,易还原态锰用含有0.2%对苯二酚的上述溶液萃取。铜用二乙基二硫氨基甲酸钠

表1 土壤中微量元素含量

标号	地点	成母	土质	土壤名称	深度 (厘米)	pH值	铜 (ppm)			铅 (ppm)			锰 (ppm)					锌 (ppm)		铜 (ppm)		
							有效态铜	全铜	比率**	有效态铅	全铅	比率	代换态锰	易还原态锰	活性锰	全锰	活性锰与全锰比率	有效态锌	全锌	有效态铜	EDTA萃取铜	全铜
63067	南京 (燕子矶)	下蜀黄土		黄棕壤	0—25	6.4	0.22	65	0.34	0.02	0.93	0.02	17.6	150	168	800	0.21	3.4	105	1.5	2.8	38
63068					25—47	5.8	0.08	62	0.13	0.03	0.74	0.04	15.8	154	170	825	0.21	2.9	117	1.2	1.6	40
63069					47—73	6.3	0.06	65	0.09	0.05	0.78	0.06	1.8	202	204	925	0.22	3.1	122	1.2	4.9	32
63070					73—218	6.6	0.06	56	0.11	0.03	0.77	0.04	2.8	204	207	800	0.24	3.6	119	1.4	2.2	41
63071					218—300	6.8	0.06	76	0.08	0.03	0.73	0.04	2.2	122	124	625	0.20	3.4	121	1.3	3.2	43
63063	江宁 (东山)	下蜀黄土		小粉土 (黄棕壤)	0—19	6.3	0.14	87	0.16	0.04	0.68	0.06	11.0	82	93	488	0.19	2.9	80	1.3	5.2	27
63064					19—41	6.0	0.06	89	0.07	0.03	0.75	0.04	3.6	145	149	525	0.28	2.2	105	0.8	3.0	34
63065					41—66	6.9	0.04	87	0.05	0.06	0.82	0.07	1.3	330	331	880	0.38	2.8	98	1.3	3.0	42
63066					66—120	6.9	0.04	74	0.05	0.06	0.85	0.07	1.1	241	242	870	0.28	3.0	102	1.7	4.0	35
63077	溧阳 (竹箦)	下蜀黄土		白砂土 (黄棕壤)	0—17	5.9	0.18	100	0.18	0.05	0.73	0.07	17.0	46	63	293	0.22	1.5	89	0.6	1.7	42
63078					17—33	5.8	0.08	96	0.08	0.15	0.90	0.17	10.4	290	300	535	0.56	0.7	64	0.2	1.8	52
63079					33—56	6.3	0.06	98	0.06	0.12	0.88	0.14	5.8	610	616	1275	0.48	1.8	72	0.9	2.6	32
63080					56—105	6.8	0.04	89	0.04	0.15	1.06	0.14	1.1	702	703	1385	0.50	3.4	82	1.0	3.5	33
63081					105—154	6.8	0.02	85	0.02	0.17	1.06	0.16	1.7	710	712	1500	0.47	2.4	87	0.8	4.6	32
63058	江宁	下蜀黄土		青泥土 (水稻土)	0—15	5.5	0.20	83	0.24	0.06	0.90	0.07	20.7	51	72	335	0.21	3.4	120	5.3	13.3	47
63059					15—27	6.4	0.16	83	0.19	0.05	0.76	0.07	2.4	57	59	343	0.17	3.1	106	5.5	13.8	36
63060					27—47	7.4	0.12	78	0.15	0.04	0.70	0.06	0.3	182	182	710	0.26	4.3	120	3.5	7.2	44
63061					47—76	7.6	0.14	76	0.18	0.03	0.70	0.04	0.2	199	199	675	0.29	3.0	119	2.3	5.3	48
63062					76—94	7.7	0.08	91	0.09	0.03	0.67	0.04	0.8	231	232	725	0.32	2.9	100	1.3	3.5	60
63072	溧阳 (竹箦)	下蜀黄土		板浆白土 (水稻土)	0—17	5.7	0.16	108	0.15	0.10	0.99	0.10	23.0	93	116	361	0.32	2.8	77	2.4	5.2	38
63073					17—31	7.2	0.08	102	0.08	0.05	0.99	0.05	0.2	237	237	530	0.44	1.8	71	1.4	2.5	42
63074					31—53	7.4	0.06	110	0.05	0.08	0.90	0.09	0.2	350	350	625	0.56	2.1	63	1.1	2.8	32
63075					53—84	7.3	0.06	89	0.07	0.11	0.90	0.12	1.1	135	136	550	0.25	1.7	55	0.8	1.9	34
63076					84—100	7.2	0.04	79	0.05	0.08	0.86	0.09	0.5	225	226	725	0.31	2.0	71	1.4	1.6	27
63082	武进	湖积物		白土 (水稻土)	0—12	6.3	0.32	66	0.48	0.05	0.34	0.15	48.8	100	149	560	0.27	2.9	84	3.1	6.4	37
63083					12—20	6.9	0.24	66	0.36	0.09	0.53	0.17	6.9	150	157	675	0.27	2.6	83	3.0	6.4	42
63084					20—40	7.4	0.08	68	0.12	0	0.42	—	0.5	173	174	500	0.35	2.1	69	1.0	1.9	38
63085					40—60	7.2	0.10	56	0.18	0	0.38	—	0.6	256	257	870	0.30	2.2	87	1.0	2.5	36
63086					60—85	7.0	0.08	55	0.14	0	0.46	—	0.3	185	185	700	0.26	2.8	114	1.1	2.1	34

63087	吴江	湖积物	草 渣 土 (水稻土)	0—13 13—34	5.3	0.18	63	0.29	0.26	1.38	0.19	30.3	51	81	585	0.14	5.2	106	5.0	13.8	46
63088				13—34	5.5	0.30	63	0.47	0.16	1.16	0.14	26.4	29	55	200	0.27	3.9	117	6.1	16.2	38
63089				34—54	4.6	0.28	79	0.35	0.19	1.13	0.17	13.6	3	17	320	0.05	2.6	68	3.8	9.2	43
63090				54—76	5.7	0.34	66	0.52	0.05	0.65	0.08	14.9	4	19	400	0.05	3.4	92	3.2	6.6	32
63091				76—	5.9	0.46	66	0.70	0.08	0.73	0.11	15.7	5	21	400	0.05	3.1	114	3.9	8.2	38
63092	吴县	湖积物	黄泥土 (水稻土)	0—13	5.3	0.22	56	0.39	0.03	0.86	0.04	29.7	28	58	575	0.10	4.0	121	5.4	9.2	38
63093	(型亭)			13—21	6.3	0.20	60	0.37	0.11	0.80	0.14	7.0	26	33	565	0.06	3.6	123	4.0	8.1	38
63094				21—39	7.2	0.14	58	0.24	0.02	0.77	0.03	0	380	380	1260	0.30	3.6	111	2.5	5.1	39
63095				39—65	6.8	0.18	54	0.33	0	0.81	—	1.4	178	179	870	0.21	3.9	123	3.0	6.5	36
63096				65—93	6.9	0.16	51	0.31	0.05	0.70	0.07	0.2	239	239	850	0.28	4.1	103	3.6	7.9	44
63097	常熟	湖积物	竖头乌 山 土 (水稻土)	0—12	8.4	0.36	81	0.44	0.06	0.68	0.09	5.9	42	48	575	0.08	6.3	107	5.8	19.5	37
63098	(白蚬)			12—30	8.2	0.30	74	0.41	0.09	0.93	0.10	1.3	101	102	700	0.15	5.2	92	2.9	11.0	20
63099				30—45	8.0	0.23	79	0.29	0.03	0.50	0.03	0.9	59	60	500	0.12	2.7	74	1.7	10.8	19
63100				45—55	8.4	0.22	76	0.29	0.03	0.70	0.04	0.2	61	61	575	0.11	2.7	96	1.7	8.4	33
63101				55—	8.2	0.26	79	0.34	0.01	0.76	0.01	1.2	42	43	475	0.09	3.9	92	1.3	4.4	14
63102	常熟	湖积物	蟹山土 (水稻土)	0—17	8.5	0.54	79	0.68	0.12	0.62	0.02	8.7	74	83	675	0.12	5.9	136	6.0	18.0	38
63103	(白蚬)			17—26	8.6	0.50	70	0.71	0.04	0.56	0.07	21.5	67	89	575	0.15	3.5	120	3.9	13.0	29
63104				26—50	8.8	0.30	63	0.48	0.40	0.77	0.05	12.9	61	74	685	0.11	0.9	115	1.8	7.4	45
63105				50—70	8.4	0.32	76	0.42	0.07	0.84	0.08	2.9	77	80	775	0.10	2.6	130	2.1	7.8	65
63106				70—85	8.2	0.36	72	0.40	0.05	0.85	0.06	1.5	30	32	625	0.05	3.4	123	1.9	11.2	43
63107				85—95	8.2	0.28	93	0.30	0.04	0.70	0.06	1.4	98	99	1000	0.10	3.0	142	1.4	4.7	50
63108	上海	近代沉 积物	黄泥土 (水稻土)	0—12	7.9	0.74	87	0.85	0.07	0.54	0.13	3.9	92	96	700	0.14	6.5	138	3.9	12.2	42
63109	(川沙)			12—24	8.3	0.72	85	0.85	0.08	0.27	0.30	4.3	95	99	725	0.14	5.5	147	3.6	12.4	44
63110				24—44	8.8	0.38	79	0.48	0.10	0.28	0.04	8.0	115	123	860	0.14	3.4	156	1.1	3.8	41
63111				44—65	8.9	0.42	89	0.47	0.05	0.34	0.14	1.5	383	385	1300	0.22	0.8	127	0.1	3.3	38
平均含量							74		0.07	0.78		7.5	175	213	741		3.0	100	2.0	5.6	38

注: * 包括水稻态锰

** 有效态锰
全锰 $\times 100$

法比色测定。有效态铜用 0.1N 盐酸萃取。锌用 β -二萘基硫代卡贝松分离按极谱法测定,有效态锌用 0.1N 盐酸萃取。

三、土壤中微量元素的供给情况

(一) 钼

土壤中全钼含量范围为 0.5—5ppm, 平均含量为 2ppm^[1]。对植物有效态钼以钼酸盐状态存在,通常用草酸-草酸铵溶液(pH3.3)来萃取。土壤中有效态钼的临界值约为 0.15—0.20ppm, 低于临界值时可能需要施用钼肥。土壤中钼的供给情况与土壤酸度有关。pH 值低时土壤中有效态钼较少,所以在酸性土壤上比较容易发生缺钼现象。在 pH 6.5 时,假若有效态钼少于 0.15ppm,作物对钼肥常有良好反应。根据土壤 pH 值与有效态钼含量而求得的“钼值”,可作为判断钼的供给情况的指标^[2];

$$\text{钼值} = \text{pH 值} + (\text{有效态钼含量} \times 10)。$$

钼值 < 6.2 时,表示土壤的钼的供给不足,豆科作物例如苜蓿等对钼肥有良好反应。钼值为 6.2—8.2 时,钼的供给中等,钼肥是否有效视土壤情况和作物种类而异。钼值 > 8.2 时,钼的供给充足,作物不需要钼肥。此外,土壤中大量存在的活性铁、铝、锰都会降低钼的有效性,使有效态钼减少。施用石灰或磷肥都会增大钼的有效性,使有效态钼增多。

本报告所分析的苏南土壤标本的全钼含量为 0.27—1.38ppm,平均含量为 0.78ppm,低于一般土壤的平均含量。有效态钼含量为 0—0.19ppm,平均含量为 0.07ppm,除草渣土以外都低于上述的临界值(0.15ppm)。按钼值计算,或者低于 6.2,或者介于 6.2—8.2 之间,说明钼的供给不十分充足。

按土壤类型而论,在苏南丘陵区分布很广泛的下蜀黄土和下蜀黄土形成的水稻土含钼量最低,白土含钼也很少,都属于缺钼范围。湖积物发育的水稻土含钼较上述的土壤稍多,沿海的现代沉积物发育的水稻土则较其他的水稻土为低。

下蜀黄土的化学组成的常量元素部分已有详尽的研究^[3],并认为与西北的黄土并无很大的差异。根据本工作的测定结果,下蜀黄土含有丰富的铜、锌、锰,但是有效态硼和钼则较低,有效态钼含量都在 0.1ppm 以下。连同 pH 值一起考虑,应属于缺钼范围。有效态钼与全钼的比率也说明同一事实,比率常低于十分之一,钼的活动性是非常低的。下蜀黄土形成的水稻土(标本号 63058—63062)的情况相同。

白土广泛地分布于长江中下游,在江苏南部的丘陵区 and 太湖平原都有一定面积的白土。白土形成过程包括机械淋洗和化学淋洗。前者导致了以粘粒部分为主的淋洗和在较深层次的淀积,后者导致了铁锰等元素的淋洗与淀积,形成了铁锰结核^{[4][7]}。由于铁的氧化物对钼酸盐有强烈的吸附作用,白土中铁锰等元素的淋洗和铁锰结核的形成,也可能导致有效态钼的减少。所分析的白土的剖面(标本号 63082—63086),在较深的层次不能测出有效态钼,说明了这种情况。白土的有效态钼与全钼含量的比率也很低。

滨海的现代沉积物形成的水稻土中全钼含量和有效态钼都比较少,是值得注意的(标本号 63108—63111)。

湖积物所形成的水稻土,其全钼含量和有效态钼虽然较上述的土壤多,但是仍然常常位于缺钼范围。只有草渣土含钼丰富。

栽培试验的结果与化学分析结果是一致的,初步地证实了上述的判断(见下文)。

(二) 硼

土壤含硼范围是 2—100ppm, 平均含量是 10ppm^[1]。全硼含量不适于作为判断土壤中硼的供给情况的指标。对植物有效态硼用水溶态硼表示。对于一般作物来说, 水溶态硼少于 0.5ppm 时, 土壤的供给不充足, 作物对硼肥可能有反应。在轻质土壤上, 上述临界值下降到 0.3ppm。作物对硼的需要量有很大差异, 所以有时要根据作物的需肥特点同时加以考虑。例如, 对于需硼比较多的作物(如甜菜), 土壤水溶态硼的临界值是 0.75ppm。禾本科作物需硼量则比较少^[5]。

本工作所分析的土壤标本, 其全硼含量范围是 51—110ppm, 平均含量是 74ppm, 远高于一般土壤的平均含量。有效态硼(水溶态硼)的含量范围是 0.02—0.85ppm, 平均含量是 0.18ppm, 部分土壤例如下蜀黄土和所发育的土壤显著偏低, 除了表层以外常低于千万分之一, 白土有类似现象。水溶态硼含量的差异也反映出母质的影响, 例如湖积物发育的土壤包括白土中水溶态硼都很丰富。

土壤含硼量主要受成土母质的影响, 由沉积岩尤其是海相沉积物发育的土壤中的硼远多于其他母质发育的土壤。水溶态硼含量除了受成土母质影响以外, 更与土壤类型有密切关系。干旱地区和石灰性土壤中的水溶态硼一般是比较多的, 湿润地区和酸性土壤反是。黄土和所发育的土壤中的硼以酸溶态为主。此外, 粘粒部分多的土壤水溶态硼亦多。本工作所分析的土壤的全硼含量相当丰富, 各种土壤中差异不大, 在剖面中分布得很均匀。但是各种土壤中的水溶态硼则有很大差异。水溶态硼与全硼的比率也反映出类似的情况, 按水溶态硼与全硼比率, 所测定的土壤可区分成两级:

湖积物和滨海的现代沉积物发育的土壤 比率 0.0012—0.0085, 绝大多数 > 0.0030

下蜀黄土发育的土壤 比率 0.0002—0.0034, 绝大多数 < 0.0020

全部标本的上述比率都小于 1%, 远低于其他国家的土壤, 例如苏联为 10% 左右, 瑞典为 1.1—5.4%^[6]。湖积物和滨海的现代沉积物发育的土壤中的水溶态硼较多, 一般都高于缺硼临界值, 水溶态硼与全硼的比率也比较高。滨海的现代沉积物发育的土壤更为突出(标本号 63108—63111), 水溶态硼含量和比率都很高, 硼的供给是很充足的。下蜀黄土和所发育的土壤中硼的供给可能是不足的, 不只是水溶态硼低于临界值, 与全硼的比率也很低, 至于它的形态的问题尚有待进一步的研究。白土中水溶态硼的贫乏, 可能与机械淋洗有关。

在丘陵区土壤上所进行的栽培试验与化学分析结果一致, 反映出硼的供给是不十分充足的(见下文)。

(三) 锰

土壤中锰的含量范围为 200—3000ppm, 平均含量约为 850ppm^[1]。土壤中锰的有效性受酸度、氧化还原电位和质地的影响。全锰含量不适于作为判断锰的供给情况的指标。土壤中对植物有效的锰常用水溶态锰、代换态锰、易还原态锰以及它们的总和即活性锰来表示。水溶态锰和代换态锰指二价的锰离子, 是立即可以被植物利用的。易于还原的高价锰的氧化物, 与代换态锰保持平衡状态, 也可以视为对植物有效的。

本工作所分析的土壤的全锰含量范围是 200—1500ppm, 平均含量为 741ppm, 低于一般土壤的平均含量, 代换态锰含量范围为 0—48.8ppm, 平均含量为 7.5ppm, 常在表层富集, 以下层次逐渐减少。易还原态锰含量范围为 3—710ppm, 平均含量为 175ppm。活

性锰含量范围为 17—712ppm, 平均含量为 213ppm, 可以认为是十分丰富的。活性锰与全锰比率除了草渣土以外都比较高, 可区分成三级:

活性锰与全锰比率	<0.10	占12%
	0.10—0.20	占29%
	>0.20	占59%

但是草渣土中代换态锰很多, 占活性锰中相当大的比例。此外, 白土中的锰有向下移动的趋势, 在中下层次中代换态锰很少, 与以前有关工作的观察一致^[7]。通过上述工作, 总的印象是苏南地区土壤中锰的供给是比较充足的, 在作物上未曾观察到缺锰症状。

(四) 铜

土壤中全铜含量为 2—100ppm, 平均含量为 20ppm^[1]。对植物有效的铜, 常用稀酸或络合剂来萃取。对于酸性和中性土壤来说, 稀酸是合适的, 对于石灰性土壤和有机质较多的土壤常用络合剂萃取。用 0.1N 盐酸萃取的铜的临界值约为 1.9ppm, 强度缺铜为 0—1.0ppm, 轻度缺铜为 1.1—1.9ppm, 1.9ppm 以上不缺铜。用 0.02M EDTA + 0.5% NH₄Cl 溶液萃取的铜 ≤ 1 ppm 时, 作物可能需要铜肥。

本工作所分析的土壤全铜含量为 14—65ppm, 平均含量为 38ppm, 高于一般土壤的平均含量, 在剖面中分布均匀, 含量变幅较小。对于有效态铜的萃取, 使用两种溶液即 0.1N 盐酸和上述的 EDTA + NH₄Cl 溶液作为比较。0.1N 盐酸所萃取的铜为 0.1—6.1ppm, 平均含量为 2.0ppm。下蜀黄土和所发育的土壤的含量低于上述的临界值。各种水稻土除了表层有富化现象以外, 在白土的较深层次的含量也常低于临界值。EDTA + NH₄Cl 溶液所萃取的铜较多, 含量范围为 1.6—19.5ppm, 平均含量为 5.6ppm, 都高于临界值。这种情况显然与有机质对铜的固定有关, 对于水稻土来说尤其是这样。EDTA + NH₄Cl 溶液由水稻土中所萃取的铜平均为 7.9ppm, 旱地仅为 3.2ppm, 充分的说明了这一事实。

根据上述的化学分析结果判断, 苏南地区土壤中的铜是比较充足的, 在作物上未曾观察到缺铜症状。

(五) 锌

土壤中锌的含量范围是 10—300ppm, 平均含量是 50ppm^[1]。在酸性和中性土壤上对植物有效态锌用 0.1N 盐酸萃取, 缺锌的临界值约为 1—1.5ppm。土壤中锌的供给情况主要受酸度影响。pH 值增高时, 土壤中有效锌的有效性降低。临界酸度约在 pH 5.5—6.5 之间。植物缺锌多发生于 pH ≥ 6 的土壤^[8]。

本工作所分析的土壤中全锌含量范围为 55—156ppm, 平均含量为 100ppm, 较上述的平均含量高一倍, 在剖面中分布得比较均匀, 各层次间含量变幅较小。0.1N 盐酸萃取的锌的含量范围为 0.7—6.5ppm, 平均含量为 3ppm, 都高于缺锌的临界值, 说明锌的供给是比较充足的。但是在个别土壤上对锌敏感的植物仍然有缺锌的可能, 例如在丘陵区(高淳)的油桐和太湖滨(吴县)的柑桔都发现有缺锌症状, 柑桔对锌肥有良好反应。有待进一步的研究。

四、与作物生长的关系

为了观察作物对微量元素的反应, 探索施用微量元素肥料来提高作物产量的途径, 并

校验土壤的化学分析结果,就钼硼等元素供给情况较差的土壤进行了栽培试验,分述如下:

(一)钼的栽培试验

栽培试验于1960—1965年进行。1960年的试验证实了钼肥对绿豆的肥效^[9],1960年以后的试验以紫云英、大豆和花生为供试作物,以含钼较少的白土为供试土壤,包括盆栽与田间试验两部分。

盆栽试验的目的是比较各种微量元素对紫云英生长的影响和钼磷配合施用对紫云英生长的影响。盛花期收割称重,钼和锰处理使鲜草重量增加148%与14%,硼处理未能使鲜草重量增加。紫云英生长情况的比较见图1及图2。钼处理使紫云英含氮量增加64%;钼磷处理使含氮量增加55%,假若以未施磷的对照为基础计算则增加83%。将紫云英地上部分重量与含氮量合并计算成每盆紫云英含氮量,钼处理增加425毫克氮,即增加282%。钼磷处理增加415毫克氮,假若以未施磷的对照为基础计算则增加466毫克氮,即增加308%。除了植株重量和含氮量以外,钼处理使种子产量增加80%以上。

表2 钼对紫云英产量及含氮量的作用(盆栽试验)

处 理	鲜重量(克)*		干重量(克)*		种子重量(克)*		含氮量(%)*		氮的增加量(毫克氮/盆)*	
喷施: 对照	52.4	100%	8.4	100%	3.3	100%	1.8	100%	151	100%
钼	129.6	247	19.2	205	5.9	182	3.0	164	576	382
喷施: 磷	65.7	100	9.6	100	4.3	100	2.1	100	202	100
钼 + 磷	150.0	228	18.7	195	7.3	171	3.3	155	617	305
浸种: 对照	52.0	100	8.2	100	3.2	100	1.7	100	139	100
钼	91.5	176	14.5	176	5.1	160	2.7	161	392	282

* 盛花期收割,地上部分按干重量计算。每盆土壤为3公斤。



图1 微量元素肥料对紫云英生长的作用

自左至右: 无肥对照, 磷, 磷 + 硼, 磷 + 锰, 磷 + 钼

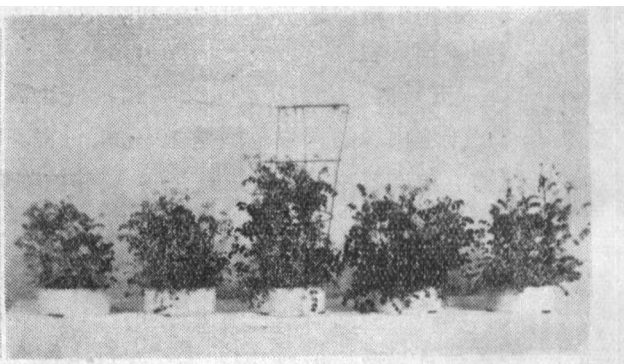


图2 钼肥对紫云英生长的作用

自左至右: 磷, 双倍磷, 磷 + 钼, 双倍磷 + 钼, 钼

田间试验比较了不同种类的钼肥即钼酸盐和氧化钼, 和不同的施用方法即基肥、浸种、根外喷施的效果, 以及钼磷配合施用的效果。试验结果说明单独施用钼肥不能达到增产的目的。钼磷配合施用, 紫云英生长茂盛, 植株高度增加, 叶色浓绿, 不论作为基肥或者浸种或者喷施, 都使产量增加(表3)。

表3 钼肥对紫云英生长及产量的作用(田间试验)

处 理	平均株高 (厘米)*	平均鲜重 (克)**	平均干重 (克)**	产 量 (斤/亩)		
对照	35.3	102	14	1419	以对照为基数100(%)	以磷处理为基数 —
基肥: 磷	67.9	192	28	4162	293	100(%)
钼酸钠 + 磷	79.1	267	34	4655	328	112
氧化钼 + 磷	67.2	233	36	4329	305	104
喷施: 钼酸钠 + 磷	66.0	249	30	4672	329	112
浸种: 钼酸钠 + 磷	60.9	185	24	4665	329	112
基肥: 氧化钼	34.0	92	13	1465	—	—
钼酸钠	36.5	102	14	1385	—	—

注: * 每小区取样 10 株测定长度。

** 每小区取样 45 株测定鲜重及干重。

大豆与花生的栽培试验,也证实了钼肥的效果。试验包括盆栽试验及田间试验。田间试验除了钼酸钠以外,还试用了含钼的工业废渣,废渣是化工厂制造钼酸盐的下脚料,是廉价的肥源。花生对钼肥反应良好,见图 3、4(田间试验)。盆栽试验结果见表 4,田间试验结果见表 5。以含钼废渣作为基肥的效果超过以钼酸钠处理种子的效果,含钼废渣是值得注意的钼肥肥源。

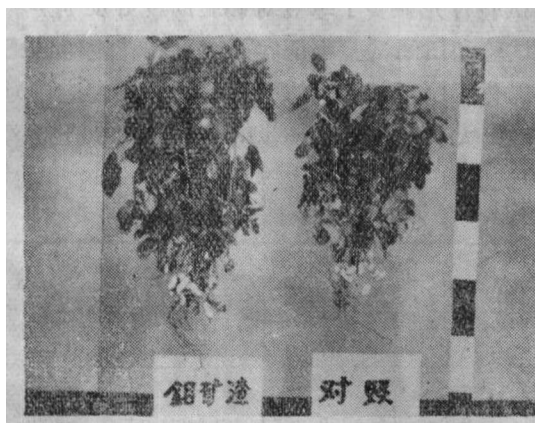


图3 钼对花生生长的作用
(浸种,钼酸钠,大田试验)

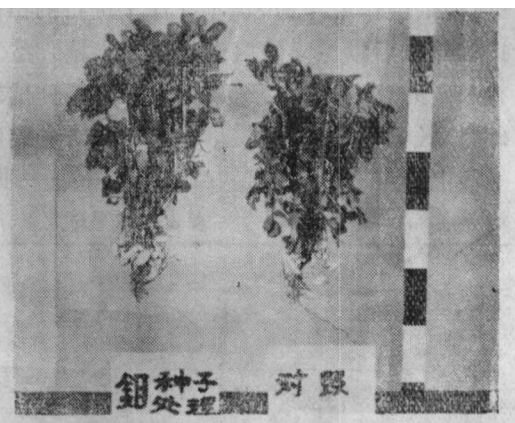


图4 钼对花生生长的作用
(基肥,含钼废渣,大田试验)

表4 钼对大豆、花生产量的作用(盆栽试验)

供试作物	处 理	产 量 (克/盆)	
大 豆	喷施: 对照	11.9	100(%)
	钼酸钠	13.2	111
	磷	10.4	100
	钼酸钠 + 磷	12.4	119
	基肥: 对照	11.8	100
	氧化钼 + 磷	15.3	130
花 生	喷施: 对照	9.8	100
	钼酸钠	12.3	125

表5 钼对大豆花生产量的作用(田间试验)

供试作物	处 理	产 量 (斤/亩)		备 注
大 豆	1. 对照	148	100(%)	原为水田
	浸种: 钼酸钠	186	126	
	基肥: 含钼废渣(20斤/亩)	162	109	
	2. 对照	217	100	
	浸种: 钼酸钠	225	104	
	基肥: 含钼废渣(20斤/亩)	247	114	
花 生	对照	183	100	
	浸种: 钼酸钠	217	119	
	基肥: 含钼废渣(40斤/亩)	221	121	

上述试验与化学分析结果相符, 初步证实了白土上钼肥对豆科作物尤其是紫云英有一定的效果, 不只是提高鲜草重量和种子产量, 而且能够提高含氮量。紫云英是苏南主要的冬季绿肥作物, 紫云英增产和含氮量提高对水稻增产是有裨益的。白土在湖北、安徽、江苏南部和浙江的太湖滨湖地区分布面积很大, 进一步的探索有一定意义。下蜀黄土发育的土壤分布得很广泛, 可能是一个需要钼肥的地区, 有待实践证实。

(二) 硼的栽培试验

由于禾本科作物对硼的需要量较小, 以豆科作物(大豆、花生)和十字花科作物(油菜)为供试作用。1960年在江宁进行的田间试验首先证实了绿豆对硼肥的良好反应^[9]。1960年以后以溧阳的白土为供试土壤, 盆栽试验和田间试验都证实了大豆和花生对硼肥有一定的反应。试验结果见表6。部分试验以化工厂制造硼酸的下脚料即含硼废渣作为硼肥, 效果良好。水稻、小麦和山芋对含硼废渣则无反应。这些初步的结果说明在丘陵区土壤上施用硼肥可能是有益的, 有待进一步的试验。

表6 硼肥对大豆、花生和油菜产量的作用

供试作物	处 理	产 量 (克/盆)		产 量 (斤/亩)	
盆 栽	大 豆	硼酸(溶液, 根外喷施)	15.6	131(%)	—
		对照	11.9	100	—
	花 生	硼酸(溶液, 根外喷施)	17.3	177	—
		对照	9.8	100	—
田 间 试 验	大 豆	含硼废渣(40斤/亩)	—	—	86
		含硼废渣(60斤/亩)	—	—	78
		对照	—	—	68
	油 菜	含硼废渣(30斤/亩)	—	—	138
		对照	—	—	123
					112

五、摘 要

测定了江苏南部地区主要土壤剖面中微量元素含量, 包括镇宁丘陵区由下蜀黄土发育的三种旱作土壤和两种水稻土以及太湖地区由沉积物发育的六种水稻土。其中以丘陵区的白土和下蜀黄土发育的土壤中对植物有效的硼和钼含量较低, 可能不够满足农作物的需要。铜锰锌含量较高, 供给是比较充足的, 但少数对锌敏感的植物有缺锌现象。

栽培试验结果与土壤化学分析结果一致。初步的栽培试验说明在丘陵区的白土上(溧

阳)施用钼肥使大豆和花生产量提高 4—26%,使紫云英鲜重量提高 12%。盆栽试验证实钼肥使紫云英的重量、含氮量和种子产量都有所提高。钼肥与磷肥配合施用的效果比单独施用好。硼肥使大豆、花生和油菜产量提高 12—26%。含钼和含硼的工业废渣都可以作为肥料,是廉价的肥源。

参 考 文 献

- [1] Swaine, D. J., Tech. Commun. 48, Commonwealth Bur. Soil Sci., Harpenden, England, 1962.
- [2] Bergmann, W. et al, Tag. Ber. Deutsche Akad. Landw.-Wiss. Berlin. Nr. 56, 1962.
- [3] 于天仁, 中国土壤学会会志, 1 (2), 83页, 1950.
- [4] 徐 琪, 土壤学报, 10(1), 44—54, 1962.
- [5] 刘 铮, 中国科学院微量元素工作会议汇刊, 86页, 1964.
- [6] Виноградов, А. Л. Геохимия редких и Рассеянных химических элементов в почвах. Москва, 1959.
- [7] 于天仁等, 土壤学报, 7 (1), 42—58, 1959.
- [8] Chapman, H. D. Proc. Int. Symp. Soil Fert. Evaluation, 1, 927, 1971.
- [9] 唐丽华, 土壤 1, 44页, 1962.

关于硝化和反硝化过程

I. 研究方法上存在的问题和硝化过程的条件

陈 家 坊

(中国科学院南京土壤研究所)

远在 1885 年, Gayon 与 Dupetit 就发现土壤中有一种微生物能够把硝酸盐还原为氮和氧化二氮***。1895 年, Wagner 证明, 硝酸盐作为肥料施入土壤中以后, 将产生氮素的损失。* 此后, 引起了人们很大的注意, 进行了大量的研究工作。了解到这一过程是在氧气供应受限制的情况下才能发生的生物学过程。初步明确了硝酸盐被还原的全过程, 是由对微生物具有能量意义的几个连接过程所组成。1926 年 Kluyver 和 Donker 的研究又进一步明确, 在这一过程中, 硝酸盐中的氧代替了空气中氧, 作为酶催化下有机物和无机物的脱氢过程中最后的电子接受体**。往后, 质谱仪和红外技术的应用, 使这一领域的研究有了很大的发展, 在鉴定和测定反硝化过程中所形成的气体产物方面, 取得了不少成果。但也还对一些问题持有不同的看法, 或有待进一步明确。比方说: ① 研究方法上存在的一些问题; ② 硝化过程中有无氮素损失? ③ 硝化和反硝过程的土壤条件; ④ 反硝化过程有无化学脱氮的可能性; 以及⑤ 硝化抑制剂问题。这里仅根据部分资料就上述前四个问题, 分成两次作一综述和讨论。

一、研究方法上存在的问题

关于硝化和反硝化作用的概念, 在 20 世纪 50 年代以后才有统一的看法。在 50 年代

* 引自参考文献[4]。

** 引自参考文献[11]。