

湖南省衡阳盆地土壤中锌的地球化学特征 及其与植物生长的关系*

欧阳洮 钱承樑

(中国科学院南京土壤研究所)

李贵

(湖南衡阳县农业局)

衡阳盆地位于湖南省中南部,属于中亚热带湿润季风气候带,是湘南粮食主要产区。近年来,在湖南省衡阳盆地分布的大面积紫色土(约有1112,500亩)上,8万多亩水稻秧苗发生僵苗或死苗现象,僵苗田面积逐年扩大,严重的影响了当地粮食生产。为此,我们通过三次(1978,1980,1981年)土壤调查,收集了水、土、植物样品进行测定,并在衡阳县等有关农业局主持下进行了锌肥等田间试验。

样品采自五个县(衡阳、衡山、衡南、祁阳、常宁)。共采集代表性土样216个,其中典型剖面36个。植物样品36个,水样10个,耕地土壤耕层样品系5—6个点的混合样品。

土壤全量分析:系用氢氟酸、硝酸、过氯酸分解土样后,用等离子体发射光谱仪测定。

土壤有效态锌的测定:酸性土壤用0.1N HCl溶液提取;中性及石灰性土壤用DTPA(0.001M二乙三胺五乙酸,0.01M氯化钙,0.1M三乙醇胺)溶液提取,用原子吸收分光光度计测定。水样中的锌用原子吸收分光光度计测定,钾、钠元素用火焰光度计测定,其余元素用等离子体发射光谱仪测定。植物试样用干法灰化,灰分溶于稀酸中,用等离子体发射光谱仪测定。

一、土壤地球化学背景

衡阳盆地是中生代形成的一个内陆湖盆地。盆地周围为许多中生代花岗岩类侵入体。盆地内部广泛分布着白垩系,下第三系各种岩相类型的红层。沿河两岸尚有第四系红色粘土及近代河流冲积物分布。

在本区的成土母质和生物气候条件下形成各种不同的地球化学类型的土壤。按其发育阶段可将它们大体上归并为五个类型^[1]:(1)中度富铝化的土壤,包括发育于第四纪红色粘土发育的硅铁质红壤,和花岗岩发育的硅铝质红壤;(2)轻度富铝化红壤,包括发育于板页岩上的钾硅质红壤和发育于酸性紫红色砂页岩上的紫红壤、山地黄棕壤、山地黄壤;(3)轻质富铝化土壤主要是红砂岩、红色砂砾岩、千枚状砂岩发育的硅质红壤;(4)残余碳酸盐土,包括发育于紫色砂页岩上的紫色土和发育于石灰岩(或泥灰岩)的石灰土;

* 本工作在龚子同同志指导下完成,野外土壤调查工作得到地区农业局、衡阳县农业局、衡山县农业局、衡南县农业局、祁阳县农业局、常宁县农业局等单位和张作仕、彭杰、郭雄、杨汉植、唐佐雄、刘荣楷等同志大力协助。参加部分标本的采集工作的还有本所韦启番、陈鸿昭同志。

(5) 渍水离铁土壤,包括湘江冲积物以及各种母岩起源的水稻土。

从表 1 可知,上述各种土壤除石灰土和紫色土呈石灰性反应外,均呈酸性反应。湘江冲积物的 pH 变化较大,自酸性至中性。一般说富铝化土壤中 Zn、Cu、V 较高,碳酸盐土中 Mn、Ni、Co 较高,而硅质富铝化土壤几乎各种元素都低。

表 1 主要土壤类型中元素的丰度

Table 1 The abundance of some elements in the main soil types

土壤类型 Soil type	成土母质 Parent materials	利用类型 Types of utilization	pH	标本数 (个) Number of sample	元素含量(平均值, ppm) Content of element (average)					
					Zn	Cu	Mn	Ni	Co	V
硅铝质红壤	花岗岩	旱地 水稻土	5.1—6.5	7	100.1	76.98	6599.8	28.08	17.95	82.97
			5.9—6.5	7	98.99	37.57	751.2	29.05	17.43	82.26
钾硅质红壤	板页岩、板岩	旱地 水稻土	4.9—7.0	8	98.88	62.57	3803.6	37.27	21.02	99.36
			5.5—6.9	9	83.29	42.73	1195.6	35.79	18.70	99.92
硅铁质红壤	第四纪红色粘土	旱地 水稻土	4.7—5.5	7	97.71	28.85	357.2	32.31	12.27	114.2
			5.2—6.2	4	70.81	33.16	326.6	29.16	14.92	104.2
硅质红壤	红砂岩、红色砂砾岩	旱地 水稻土	4.8—5.4	11	51.44	21.53	741.4	21.39	10.62	74.59
			4.5—6.6	9	67.45	28.25	374.0	25.93	14.07	88.84
紫红壤	紫红色砂岩、紫红色砂页岩	旱地 水稻土	5.4	1	73.46	28.08	14500.0	26.79	20.19	83.21
			5.3—6.4	6	63.64	37.15	394.6	27.43	15.18	82.26
山地黄壤	花岗岩	林地	5.2—5.4	4	96.02	24.90	890.9	34.02	16.88	83.55
山地黄棕壤	花岗岩	林地	4.2—4.7	5	118.2	30.24	1022.5	37.27	16.85	108.3
紫色土	紫色砂页岩	旱地 水稻土	7.5—8.5	8	109.5	35.34	1229.2	44.12	20.30	116.3
			7.7—8.5	13	98.98	32.13	833.7	37.88	20.35	104.6
石灰土	石灰岩、泥灰岩	旱地 水稻土	7.9—8.4	7	84.23	33.35	1520.0	35.18	26.22	104.4
			6.5—8.2	10	99.96	31.85	1456.7	34.99	22.41	105.2
潮沙泥田	湘江冲积物	水稻土	5.5—7.3	9	108.7	33.91	537.3	34.56	17.57	95.90

二、土壤中锌的地球化学特征

(一) 土壤全锌的丰度

土壤中的锌主要来自成土母质。为了说明各类土壤中锌的淋失和积累情况,若假定在成土过程中,锌几乎不被淋失,其含量视为恒定,以母岩中锌含量为基础,进行淋失积累率计算^[4]。从表 2 可见,除了个别土壤以外,本区土壤从母岩到土壤的发育过程中,锌均有不同程度的积累的趋势。一般说基性岩(如玄武岩)中含量较高,为 70—130ppm,酸性岩如花岗岩等含锌 50—60ppm,砂岩和石灰岩含锌量最低,只有 16—20ppm^[5]。

土壤中锌的含量通常为 10—300ppm,平均 50ppm,地壳平均 80ppm^[5]。根据 125 个样品分析结果(表 1)表明:本地区土壤含锌量为 31.5—144.2ppm,平均 97.35ppm,比世界土壤平均值高出一倍。各种土壤含锌量顺序如下:

表 2 主要土壤类型剖面中锌的累积率¹⁾

Table 2 Accumulation rate of zinc in main soil types

剖面号 No. of profile	土壤类型 Soil type	母 岩 Parent rock	Zn	
			ppm	相对累积率(%) Relative accumulation rate
H-湘-38	硅质红壤	红砂岩	$\frac{37.37}{36.62}$	+4.81
H-80-25	硅铝质红壤	花岗岩	$\frac{128.4}{53.94}$	+14.98
H-81-44	硅铁质红壤	第四纪红色粘土	$\frac{107.3}{81.85}$	+4.26
H-80-026	钾硅质红壤	板页岩	$\frac{126.1}{106.8}$	+38.29
H-湘-32	紫色土	紫色砂页岩	$\frac{119.1}{75.91}$	+24.67
H-80-16	石灰土	泥灰岩	$\frac{80.35}{51.19}$	-6.29
H-80-29	紫红壤	紫色砂岩	$\frac{73.46}{30.79}$	+29.58
H-湘-22	山地黄棕壤	花岗岩	$\frac{122.4}{53.94}$	+36.14

1) 表中分子表示土壤中元素含量,为全剖面发生层加权平均值,分母表示母质中元素含量。

山地黄棕壤 (118.2ppm) > 紫色土(109.5ppm) > 硅铝质红壤 (100.1ppm) > 钾硅质红壤 (98.88ppm) > 硅铁质红壤 (97.71ppm) > 山地黄壤 (96.02ppm) > 石灰土 (84.23ppm) > 紫红壤(73.46ppm) > 硅质红壤 (51.44ppm)。其中以山地黄棕壤含锌量最高,硅质红壤最低。其余土类处于 100ppm 左右。土壤含锌量不仅与土壤类型有关,而且以成土母质而转移。例如:同属红壤土类,如按母质划分,则各种红壤平均含锌量以板页岩 (110.36ppm) 为最高,红色砂砾岩 (51.44ppm) 发育的最低。

水稻土中含锌量与其同类母质发育的旱地有一定的平行关系,故仍能反映出母岩对水稻土含锌量的影响。如将水稻土按其母岩加以区分,则其土壤全锌含量为:

湘江冲积物 (108.7ppm) > 石灰岩 (99.96ppm) > 紫色砂页岩 (98.98ppm) > 板页岩 (83.29ppm) > 第四纪红色粘土 (70.81ppm) > 红色砂砾岩 (67.45ppm) > 紫红色砂岩 (63.64ppm)。其中以湘江冲积物发育的潮沙泥土含锌量最高,紫红色砂岩、红砂岩发育的水稻土含锌量最低。而紫色砂页岩和石灰岩发育的水稻土,全锌量处于较高水平。

(二) 土壤有效锌的丰度

根据对本地区 216 个样品分析结果表明,红壤及其水稻土中有效态锌的含量变幅较大(痕迹—9.35ppm) (表 3),变异系数 29%—180%,含量分布频率离散(图 1),表明红壤及红壤性水稻土中,有效态锌含量是不均匀的,仍有受母质所制约的趋势。

不同母岩发育的红壤,有效态锌平均含量 1.41ppm,其中低于或处于缺锌临界值

(1.5ppm) 的样品,占有 60% 以上。在所分析的样品中,以钾硅质红壤有效态锌含量较高(平均为 2.59ppm),硅铝质红壤次之(平均为 1.47ppm)。而硅质红壤有效态锌含量最低(平均为 0.58ppm)。各种母岩起源的红壤性水稻土,有效态锌平均含量为 3.32ppm,总的来说是不缺锌的。其中低于缺锌临界值的占 14%,处于缺锌临界值边缘的占 10%,而绝大部分的标本有效态锌的含量是充足的。

表 3 土壤中有有效态锌的丰度

Table 3 The abundance of available zinc in soil

土壤类型 soil type		成土母质 Parent material	利用类型 Types of utilization	标本数 No. of sample	Zn (ppm)		
					变幅 Range	平均值 Average	SD
红壤 Red earth	硅铁质红壤	第四纪红色粘土	旱地	13	痕迹—3.99 0.5—2.99	1.01	1.37
			水稻土	9		1.74	1.45
	钾硅质红壤	板页岩	旱地	8	1.0—4.70 0.94—9.35	2.59	1.34
			水稻土	13		4.78	2.94
	硅铝质红壤	花岗岩	旱地	6	0.70—2.60 2.31—5.86	1.47	0.87
水稻土	11	3.82	1.08				
硅质红壤	红色砂砾岩	旱地	11	痕迹—2.99 0.07—4.74	0.58	1.05	
水稻土	9	2.19	1.68				
紫红壤	紫红色砂岩	旱地	1	0.44 0.44—1.04	0.44	0.20	
		水稻土	10		0.70		
山地黄棕壤	花岗岩	林地	5	2.9—6.9	3.96	1.50	
山地黄壤	花岗岩	林地	4	0.6—0.9	0.70	0.18	
紫色土	紫色砂页岩	旱地	18	痕迹—0.64 痕迹—1.06	0.27	0.17	
		水稻土	42		0.30	0.15	
石灰土	石灰岩、泥灰岩	旱地	10	痕迹—1.10 0.24—1.96	0.42	0.37	
		水稻土	20		0.73	0.45	
潮沙泥土	湘江冲积物	旱地	3	0.84—3.28 0.12—2.36	1.67	1.39	
		水稻土	15		1.17	0.81	

注: 酸性土(红壤、山地黄棕壤、山地黄壤)用 0.1N HCl 溶液提取; 中性、石灰性土(潮沙泥土、紫色土、石灰土)用 DTPA 溶液提取。

湘江冲积物发育的水稻土(潮沙泥土),有效态锌平均含量为 1.17ppm,有部分标本低于或接近于缺锌临界值。

石灰土有效态锌平均为 0.42ppm, 低于缺锌临界值 (0.5ppm)。而在其上发育的水稻土有效态锌平均含量为 0.73ppm, 其中 80% 以上的标本处于缺锌临界值边缘,特别是泥灰岩发育的水稻土,除个别样点外,几乎皆低于缺锌临界值。

紫色土及紫色土性水稻土有效态锌平均含量为 0.27—0.30ppm。低于缺锌临界值,此类土壤有效态锌含量变幅较小,变异系数为 50—65%,分布频率相对较集中。反映出有效态锌在土壤中分布比较均匀。近年来,衡阳地区大面积紫色土性水稻土上水稻出现僵苗现象,泥灰岩发育的一些水稻土(灰板田)上亦出现僵苗现象,经施锌肥后,不仅能防治水

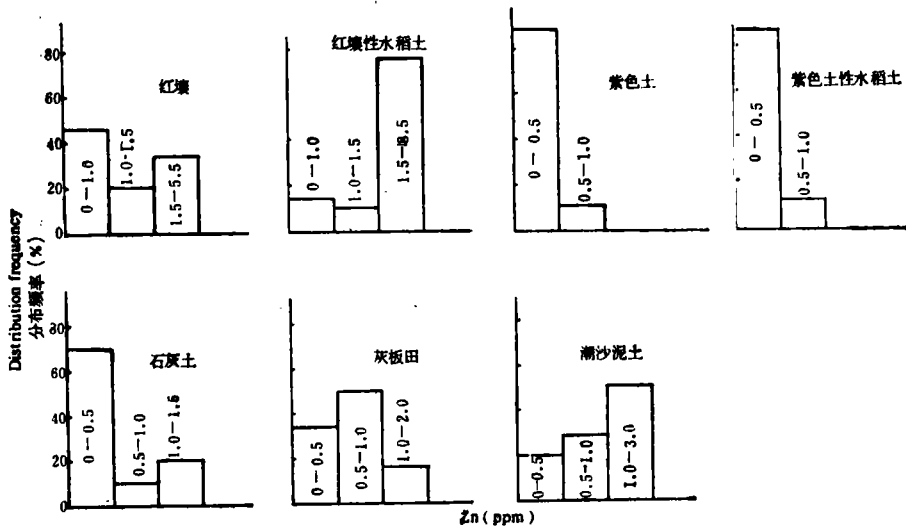


图 1 土壤中有有效态锌的含量分布频率图

Fig. 1 Distribution frequency of content of available zinc in soil

稻僵苗,且能提高产量,而在硅铁质红壤上施锌肥无效,土壤分析结果与田间试验效果是一致的^[1]。

(三) 锌在剖面中的迁移和富集

锌在剖面中的分布状况及其富集迁移规律,是其成土过程的反映。根据对 12 种成土母质所发育的 26 个剖面(包括:红壤、紫色土、石灰土、潮沙泥土、山地黄棕壤等)进行测定的结果表明:锌在土壤剖面中的垂直分布比较均匀,淋溶和淀积作用是微弱的,国外亦有类似的报道^[5,7]。各种母质发育的水稻土,全锌含量亦较均匀,没有积累于表土的趋势。

但从对本地区各类土壤的 36 个土壤剖面测试结果表明:土壤剖面中有效态锌的含量随剖面深度的增加而锐减,这是一个共同的特点。就同一剖面而言,凡是表土有机质含量高的,其有效态锌的含量亦高,有效态锌在表土有相对富集的趋势(图 2)。

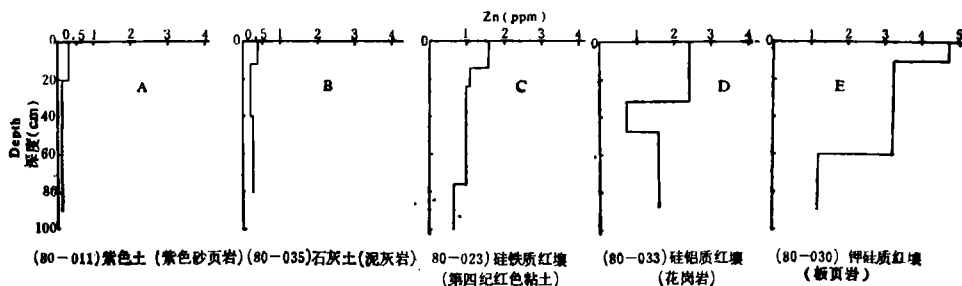


图 2 有效态锌在土壤剖面中的分布

Fig. 2 Distribution of available zinc in soil profile

表 4 水稻土和水稻植株中磷、锌含量及其 P/Zn 比值¹⁾
Table 4 Content of phosphorus and zinc and P/Zn ratio in paddy soil and rice plant

土壤类型 Soil type	苗情 Seedling condition	土壤 Soil				水稻植株 Rice plant									
		有效态锌 (ppm)		有效态磷 (ppm)		幼穗分化期 Panicle initiation		成熟期 Maturity period							
		样点数 No. of sampling points	变幅 Range	平均值 Average	变幅 Range	平均值 Average	变幅 Range	样点数 No. of sampling points	平均含 P 量 (ppm) Average P	平均含 Zn 量 (ppm) Average Zn	P/Zn				
紫泥田 (紫色砂页岩)	僵苗	14	0.18—0.40	0.28	7.4—31.0	15.18	54.2	4	13.50	3820	275	6	15.88	1643.8	112
	未发现僵苗	5	0.20—0.48	0.34	2.8—5.7	4.04	11.9	4	26.25	2800	108				
灰板田 (泥灰岩)	僵苗	2	0.26—0.32	0.29	12.7—13.1	12.9	40.8					2	20.39	1539	75
	未发现僵苗	4	0.36—0.92	0.62	7.8—12.4	9.8	17.5	3	23.08	2327	104	1	43.15	1290	30
红壤性水稻土 (第四纪红色粘土)	未发现僵苗	5	1.30—5.11	2.68	8.3—15.26	11.49	5.2					1	44.45	920	21
红壤性水稻土 (花岗岩)	未发现僵苗	4	3.00—5.40	4.08	6.5—16.6	8.36	3.3	3	29.01	3110	108	1	50.20	1200	24
红壤性水稻土 (板页岩)	未发现僵苗	4	5.00—8.00	6.33	10.2—35.1	6.6	3.0	3	36.28	4150	115	1	40.00	890	22
潮沙泥田 (湘江冲积物)	未发现僵苗											1	53.50	530	10

1) 每个植株样品为田间 5—6 点的混合样, 水稻品种为湘矮早 9 号;

2) 土壤速效性磷由郭雄、黄敏同志测定。

图 2 中 A 和 B 代表缺锌的土壤类型,其中包括紫色土、紫色土性水稻土、石灰土;图 2 中 C 代表有效态锌偏低的或处于缺锌临界值边缘的土壤类型:包括由泥灰岩和部分石灰岩发育的水稻土,以及硅铁质红壤;图 2 中 D 和 E 表示含锌丰富的硅铝质红壤,钾硅质红壤及其水稻土。从图 2 可以看出,缺锌的土壤类型虽然其表土有效态锌含量高于底土,但在深达 1 米左右的剖面中,其含锌量仍低于缺锌临界值。

(四) 植物、地下水中锌的含量分布

植物灰分含锌量达 900ppm。衡阳地区紫色土上生长的野菊花 (*Dendranthema indicum*), 其花及叶片含锌量为 41.42—47.40ppm。灌木黄荆条 (*Vitex negundo*) 叶片含锌量平均为 63.51ppm。在水口山铅锌矿区附近农田上采集的三菱草 (*Carex. sp.*) 含锌量高达 454.3ppm (土壤全锌含量为 304.1ppm, 有效态锌为 56.00ppm)。据报道^[5]叶片含锌量超过 400ppm 则有中毒症状出现,此类农田就有受污染的可能。

土壤和植物含锌量达到什么程度才算缺锌呢? 许多研究者看法不一致。菲律宾的水稻缺锌临界值一般是 20—30ppm; 日本白鸟孝治主张以 15ppm 作为水稻缺锌临界值。根据我们对多种母岩起源的水稻土上所采集 36 个样点的水稻植株(指茎和叶)的测试结果表明(表 4): 水稻植株含锌量(幼穗分化期、成熟期)为 13.50—53.50ppm。在成熟期以湘江冲积物和花岗岩发育的水稻土上植株含锌量最高(53.00—50.00ppm), 紫色砂页岩发育的水稻土上僵苗植株含锌量最低(平均 15.88ppm), 泥灰岩及石灰岩发育的水稻土上植株含锌量次低,为 19.35—20.39ppm。

如以幼穗分化期来比较,则以紫色土性水稻土上植株含锌量最低(平均 13.50ppm), 石灰岩发育的水稻土上植株较低为 23.08ppm, 其他类型的水田,植株含锌量为 29.01—

表 5 不同土区地下水中元素的迁移系数 (K_x)

Table 5 Migration coefficient of elements in the ground water in different soil regions

土区 Soil region	水的类型 Water type	Zn		迁移序列 Migration sequence
		含量 (mg/l) Content	K_x	
硅铝质红壤(花岗岩)	井 水	1.78×10^{-3}	0.22	Ca>P>Mg>Na>Cu>Ni>Mn>Zn>V>K>Al>Fe>Co
钾硅质红壤(板页岩)	井 水	4.53×10^{-3}	0.16	Ca>Na>P>Mg>Mn>Ni>K>Zn>Co>Cu>V>Al>Fe
硅质红壤(千枚状砂岩)	裂隙水	0.025×10^{-3}	0.91	
紫色土(紫色砂页岩)	塘 水	2.70×10^{-3}	0.06	Na>Ca>Mg>Co>Ni>P>V>K>Cu>Zn>Mn>Al>Fe
	井 水	0.05×10^{-3}	0.03	Ca>Na>Co>Mg>Ni>P>V>K>Cu>Zn>Mn>Al≈Fe
	沟 水	0.00		Ca>Na>Mg>P>Co>V>Ni>Cu>Al>Mn>Zn≈Fe
石灰土(石灰岩)	井 水	0.26×10^{-3}	0.03	Ca>Mg>Cu>V>P>Ni>Na>K>Co>Mn>Fe>Zn

36.26ppm。

若将土壤有效态锌含量与植株含量两者间进行相关统计,其相关系数 $r = 0.83^{**}$, $n = 7$, p 值 < 0.01 , 回归方程式: $y = 10.06 + 22.91x$ 。由此可见,利用植物分析可作为监测土壤锌是否丰缺的手段之一。

本地区地下水中锌的含量及其迁移系数以及各元素的迁移序列列于表 5。本地区地下水中以 Ca、Mg、Na 等元素含量较高,迁移系数较大,易流失,而 Fe、Al 含量甚低,迁移系数小,为随性不易移动元素。Mn、Co、Ni、Zn、K 含量较低,迁移系数较小,属于流失较弱的移动元素。就本地区各类土区地下水含锌量来看都很低(0.00—4.53ppb)。其中以板页岩、花岗岩发育的红壤土区地下水含锌量稍高些(4.53—1.78ppb),而以紫色土、石灰土和硅质红壤土区地下水含锌量最低(0.00—0.05ppb)。从水的迁移系数来看,红壤区地下水中锌的迁移系数大于石灰性土区,特别是强酸性反应的硅质红壤土区的地下水含锌量并不高,但其水的迁移系数最大,从而进一步说明锌在强酸性或弱酸性水中强烈迁移,而在弱碱或碱性水中移动性较低。

三、影响土壤锌有效性的因子

土壤锌的有效性与土壤类型、母岩、pH、有机质含量、高水平磷等因素有密切关系。

土壤中锌的含量,在一定程度上继承了母质的特征。在一个生物气候带内,同一地区,同一类型的土壤,由于母质不同,土壤有效态锌含量亦有明显差异。

本区的板页岩发育的红壤有效态锌含量最高(平均为 4.78ppm),花岗岩发育的硅铝质红壤次之(平均为 1.47ppm),而以红色砂砾岩等发育的硅质红壤含锌量最低(平均为 0.58ppm)。

不同土类间有效态锌含量亦有很大差别,例如红壤一般是不缺锌的,而石灰性土(如紫色土、石灰土)其含量则偏低,特别是紫色土无论是荒地、旱地、水田其平均含锌量皆低于缺锌临界值。

根据对本地区 216 个样品测试结果来看,在一定的土壤 pH 值范围内,土壤 pH 值高的,其有效态锌含量低;土壤 pH 值低的有效态锌含量则高。如以 DTPA 溶液对中性、石灰性土壤(如潮沙泥田、紫色土、石灰土等) 62 个样品(包括水田、旱地、荒地)进行提取,则 DTPA 溶液提取的有效态锌与土壤 pH 值之间呈负相关, $r = -0.84^{**}$ (图 3)。

此外,土壤中锌的有效率(即有效态锌占全锌量的百分比)与土壤 pH 值亦有关。pH 值高的紫色土、石灰土锌的有效率低(0.27—0.44%),而 pH 值低的酸性红壤,锌的有效率则高(0.93—2.34%)。

本地区的紫色土及石灰土的 pH 值常在 7.5—8.5 之间,并有强石灰反应(代换性钙 23.93—26.69 毫克当量/100 克土),这些因素均可能导致其有效态锌含量低的原因之一^[9]。因而在酸性土壤上大量施用石灰,亦会引起诱发性缺锌。

土壤有机质含量对有效态锌的可给性也有影响。例如对多种母岩(花岗岩、板页岩、第四纪红色粘土等)发育的红壤,其有效态锌(用 0.1N HCl 溶液提取)与有机质含量之间呈正相关(图 4), $r = 0.76^{**}$, 并且有效态锌和有机质含量随剖面深度增加而锐减。但

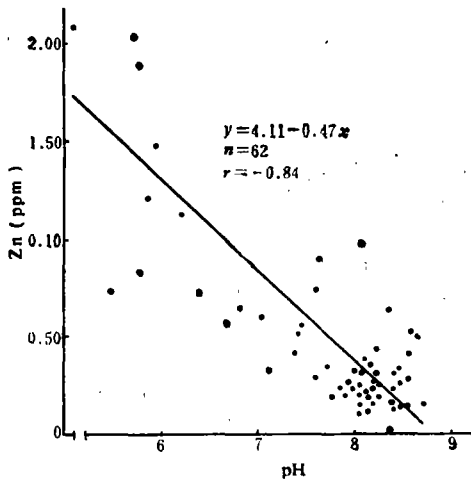


图3 土壤有效态锌与 pH 值的关系

Fig. 3 Relationship between available zinc and pH of soil

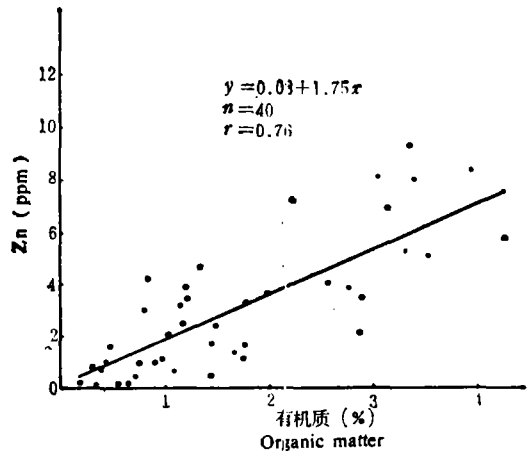


图4 土壤有效态锌与有机质含量关系

Fig. 4 Relationship between content of organic matter and available zinc in soil

这两个参数的相关性却仍然相当稳定。对同类土壤的剖面而言，表土有机质含量高的，则其有效态锌含量亦高，这可能与有机质和粘粒对锌吸附有关^[8]，使锌有富集于表土的现象。

高水平磷对土壤有效态锌也有一定的影响。根据我们对衡阳县的 12 个公社 38 个样点的土壤进行调查分析结果（见表 4）来看：水稻僵苗田土壤中有有效态锌平均含量很低，仅 0.28—0.29 ppm，而速效性磷平均含量却较高，介于 12.90—15.13 ppm 之间。僵苗植株地上部含锌量 < 15—20 ppm，而含磷量却有增高的趋势（与同类土壤上稻株相比），当土壤 P/Zn 为 40.8—54.2，植株 P/Zn 为 275（幼穗分化期）—75（成熟期）时，水稻出现明显的缺锌僵苗症状，施用锌肥有良好反应。表明在石灰性土壤上当土壤有效态锌含量甚低的（< 0.5 ppm）情况下，大量施用磷肥时，会加重水稻的缺锌症状。

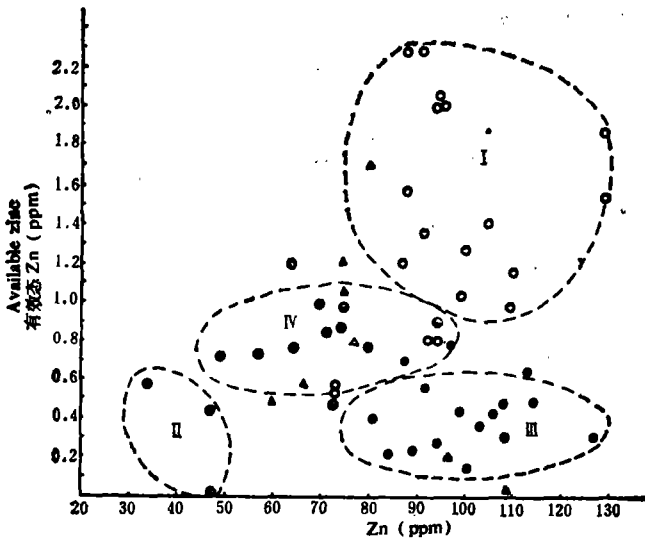
此外，水稻土在长期淹水、潜育化过程中，均会影响锌的可给性。经统计：氧化型紫色土性水稻土平均有效态锌含量为 0.50 ppm，而还原型和氧化还原型水稻土平均含锌 0.28 ppm，因而在连续淹灌或排水不良的条件下，锌的可给性降低，加重水稻缺锌，故可通过排水和晒田等措施有利于矫正锌的不足。在日本，亦是利用此种方式减轻锌的不足^[4]。

四、不同土壤类型中锌的丰度的区分

为了便于比较各类土壤中有有效态锌含量的丰缺，采用 0.1N HCl 和 DTPA 溶液分别提取由八种母岩（花岗岩、第四纪红色粘土、板页岩、红砂岩等）发育的酸性红壤（共计 34 例）中的有效态锌。测试结果表明两种提取剂所获得测值之间相关达到极显著， $r = 0.95^{**}$ 。并且两者之间丰缺趋势基本上是一致的。若用 DTPA 提取剂提取本地区各类土壤中的有效态锌含量作为纵坐标，全锌含量作为横坐标，便可以作出相关图。从点子的

集中和分散的趋势大致看出不同类型土壤间有效态锌和全锌两者间的相关关系, 以及相关的程度, 以供进一步区划时参考。

衡阳盆地土壤锌的丰度可以归纳为如下几种类型(图 5):



- 钾硅质红壤及其水稻土、铝硅质红壤及其水稻土、潮沙泥土
- 硅质红壤
- 紫色土及其水稻土
- ▲ 硅铁质红壤及其水稻土
- 硅质红壤发育的部分水稻土

图 5 衡阳盆地土壤锌的地球化学类型

Fig. 5 Geochemical types of zinc in the soils of Hengyang basin

I. 土壤全锌含量高, 有效态锌含量亦偏高的土壤类型, 锌在剖面表层富集明显。此类型包括板页岩(含锌量 106.8ppm) 发育的钾硅质红壤及其水稻土; 花岗岩(含锌 53.94ppm) 发育的硅铝质红壤及其水稻土, 湘江冲积物(111.6ppm) 发育的潮沙泥土及其部分水稻土。土壤母质含锌量高, 其上发育的土壤含锌量亦高(83.29—108.7ppm), 有效态锌含量亦较丰富(平均为 1.17—4.78ppm)。水稻一般生长正常, 稻株含锌量 40.00—53.50ppm(成熟期)。本类土区地下水含锌量相对稍高(1.78—4.53ppb)。此种类型土壤属于含锌丰富的类型。

II. 土壤全锌含量低, 有效态锌含量亦低的土壤类型, 整个剖面中上下层含锌量都低。此类型包括由千枚状砂岩(含锌 7.10ppm)、红砂岩(36.62ppm)、红色砂砾岩(31.50ppm) 所发育的硅质红壤。母岩含锌量普遍很低, 土壤含锌量亦低(平均为 51.44ppm), 有效态锌含量平均为 0.58ppm, 低于缺锌临界值。本土区地下水含锌量为 0.00—0.025ppb, 属于土壤本身缺锌的类型。

III. 土壤全锌含量高, 但有效态锌含量很低的土壤类型, 在剖面中上下层含锌量均低。此类型包括紫色砂页岩(含锌为 75.9ppm) 发育的紫色土及其水稻土(平均为 109.5—98.98

ppm), 有效态锌含量(平均为 0.27—0.30ppm), 低于缺锌临界值, 当水田富含磷的情况下, 水稻移栽廿天左右往往出现典型缺锌僵苗现象, 僵苗稻株含锌量(平均为 13.50—15.88 ppm), 低于水稻缺锌临界值。在本地区五个县(衡阳、衡山、衡南、祁阳、祁东) 43 个公社田间试验证实, 施锌不仅能防治水稻僵苗, 尚能使稻谷增产。仅衡阳县僵苗田面积已由 8 万亩缩小至 8 千多亩, 并且一旦发生僵苗施锌后能使禾苗较快恢复生长, 增产稻谷 0.4—30.5%, 平均增产 10.8%, 平均每亩增产稻谷 65 斤¹⁾。土壤、植株分析结果与田间生物试验均证实此类土壤乃属于贫锌的类型。此外, 本类型尚包括由石灰岩(或泥灰岩)发育的石灰土。

IV. 土壤全锌含量较高, 而有效态锌含量偏低的土壤类型, 在剖面中锌的含量分布近于第 3 类型, 而有效态锌略高。此类型包括红砂岩(36.62ppm) 等发育的水稻土, 石灰岩(含锌 16.06ppm), 泥灰岩(含锌 51.19ppm) 发育的部分水稻土(平均含锌 99.96ppm), 第四纪红色粘土(含锌 81.85ppm) 发育的部分硅铁质红壤(平均含锌 97.71ppm)。土壤有效态锌含量平均值处于缺锌临界值边缘。泥灰岩发育的水稻土上个别稻株除外平均稻株含锌量为 20.39—23.08ppm, 亦处于稻株缺锌临界值 15—20ppm 附近。地下水含锌量低, 此类土壤属于缺锌边缘的土壤类型, 在这种土壤上适当的施用锌肥, 对于防治僵苗, 提高水稻产量将是有益的。

V. 土壤中全锌和有效态锌特别高的锌污染的土壤类型。

结 语

1. 研究表明, 衡阳盆地是一个贫锌的生物地球化学区。主要缺锌土壤是含碳酸盐的土壤类型, 特别是紫色土及其上发育的水稻土, 另外一部分轻质土壤如硅质红壤也缺锌, 而受侵蚀土壤也常是一个缺锌的土壤类型。据初步估计衡阳盆地缺锌土壤约有 100 多万亩。

2. 用 DTPA 螯合剂提取石灰性土壤、中性土壤中有效态锌与稻株体内含锌量有良好的相关性。土壤有效态锌低于 0.5ppm, 水稻植株(幼穗分化期、成熟期)含锌量低于 15—20ppm, 在磷较充足的条件下, 土壤 $P/Zn > 40$, 水稻发生明显缺锌症状, 施用锌肥能矫正缺锌症, 并有明显的增产作用。

3. 对于石灰性缺锌土壤除了研究经济合理的施用锌肥外, 尚要探索如何改良土壤条件(如通过选择适合的硫酸铵和氯化铵等肥料; 进行水旱轮作、晒田等措施)以利于提高紫色土、石灰土自身的供锌能力; 探讨锌对其他矿质营养元素间相互作用, 也是当前值得研究的课题之一。

衡阳盆地是我国南方许多红色盆地中的一个。我国热带、亚热带已耕种的紫色土和石灰土面积为 13,515 万亩¹⁾。其中紫色土性水稻土及灰板田约 6250 万亩, 若估计其一半的水稻土缺锌, 如能根据土壤特性合理施用锌肥和采取相应的土壤管理措施, 将可为国家增产 20 多亿斤粮食, 可为国家增加大量物质财富。

1) 赵其国等: 中国红黄壤地区土壤利用改良区划。

参 考 文 献

- [1] 李贵、欧阳洸、钱承操等, 1982: 紫色土性水稻土中锌的含量状况, 以及施用锌肥对防治水稻僵苗的作用。土壤, 14 卷第 6 期, 220—222 页。
- [2] 龚子同, 1980: 我国境内成土风化壳的地球化学类型。土壤专报, 第 37 号 1—23 页。
- [3] 彼列尔曼著(龚子同等译, 1975): 后生地球化学。167—171 页, 科学出版社。
- [4] Follett, R. H. and Lindsay, W. L., 1970: Profile distribution of zinc iron, manganese and copper in colorado soils. Colo. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull., 110.
- [5] Klnzek, B. D. and Ellis, B. G., 1980: Essential micronutrients IV: Copper, iron, manganese and zinc. in: Applied Soil Trace Elements. (Ed. Davies, B. E.) p. 259—286, John Wiley and Sons. New York.
- [6] Bandhawa, N. S., Katyal, J. C., 1982: Micronutrients management for submerged rice soils. Transaction of 12th International Congress of Soil Science. Vol. 3, p. 192—211.
- [7] Swaine, O. J. and Mitchell, R. L., 1960: Trace element distribution in soil profiles. J. Soil Sci. 11: 347—368.
- [8] Sillanpää, M., 1972: Trace elements in soils and agriculture. FAO. Soil Bulletin, No. 17, 41—44.
- [9] Truog, E., 1948: Lime in relation to availability of plant nutrients. Soil Sci, Vol. 65, 1—7.

GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF ZINC IN SOILS OF HENGYANG BASIN OF HUNAN PROVINCE AND ITS CORRELATION WITH PLANT GROWTH

Ouyang Tao and Qian Zhenliang

(Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing)

Li Gui

(Agricultural Bureau of Hengyang County, Hunan Province)

Summary

The geochemical characteristics of zinc in soils of Hengyang basin in the middle south of Hunan Province is closely related to rice growth. The content of available zinc extracted by DTPA solution in the calcareous and neutral soil is correlated significantly with the content of zinc in rice plants ($r=0.83$; $p<0.05$).

The availability of zinc is affected by the factors such as soil pH, content of organic matter, parent material and soil type. The content of phosphorus in paddy soils derived from purple soils is rather high, and the soil available zinc is <0.5 ppm, the zinc content in rice plant $<15-20$ ppm, the P/Zn ratio of soil >40 , the P/Zn ratio of rice plant 275 (at panicle differentiation stage) and >75 (at ripening stage). Under these conditions, the symptom of stunt seedlings can be found distinctly. The zinc-deficient symptom can be cured and the yield can be increased by the application of zinc fertilizer.

According to the content of soil zinc in relation to rice plant growth, the soils in Hengyang basin may be divided into 5 groups:

1. The soils with high content of total zinc and higher content of available zinc, including kalisic red earth, siallitic red earth and their corresponding paddy soils, and fluvio-genic soils.
2. The soils with low content of total and available zinc, including silicic red earth.
3. The soils with high content of total zinc but very low content of available zinc, including purple soils and their corresponding paddy soils and limestone soils.
4. The soils with high content of total zinc and low content of available zinc being at critical level, including the soils derived from marls and some paddy soils derived from limestone.
5. The soils with extremely high content of total and available zinc.

This study shows that the application of zinc fertilizer is effective for soil groups 2, 3, and may also have some effect on group 4.