

吉林省土壤微量元素含量 与分布规律研究

第二报 土壤中的铁和锰

张树人 赵协哲 宋 钢 孙敬华 周 唯

(吉林省农科院土肥所)

三、土壤中的铁

(一) 土壤全铁

1. 成土母质中铁的含量

我省主要成土母质中铁的含量, 东部山区的岩浆岩母质中以火山灰和玄武岩母质为最高; 安山岩、花岗岩母质为中等。在变质岩母质中, 片岩较高, 石英岩铁的含量很低。在沉积岩母质中, 页岩, 石灰岩母质铁的含量较高, 而砂岩母质为最低。中部的黄土及黄土状沉积物母质铁的含量为中等。辽河、洮儿河冲积母质, 铁的含量很低(2.6%), 第二松花江冲积母质则较高(3.21%)。西部的砂性母质铁的含量为最低(见表11)。

表11 吉林省主要成土母质中铁、
锰的平均含量

母质类型	铁 (%)	锰 (ppm)
玄武岩风化物	5.6	906
安山岩风化物	3.7	634
花岗岩风化物	3.6	746
火山灰风化物	7.9	1122
片岩风化物	4.0	810
石英岩风化物	2.8	633
页岩风化物	3.3	914
石灰岩风化物	3.6	782
砂岩风化物	2.8	527
黄土状沉积物	3.2	562
冲积物	2.7	630
砂性母质	1.7	290

分布不平衡, 具自东向西明显下降的分布规律, 因此, 发育在西部砂性母质, 含有石灰的部分土壤缺铁。

3. 土壤全铁在剖面中的分布

东部山区的土壤有明显的淋溶淀积作用。中部的黑土、黑钙土及草甸土、冲积土表层

2. 土壤全铁的含量

土壤全铁含量范围是0.79~7.10%, 平均为3.01%。东部山区的灰棕壤、棕壤、白浆土等全铁含量为最高, 但由于母质含铁量差异较大, 即使同一土类发育在不同母质上全铁含量变化较大, 其中以发育在石英岩, 砂质母质上的土壤全铁含量较低。中部的黑土、黑钙土全铁含量为中等。西部的各种土壤全铁含量均为最低水平。隐域性土壤中的草甸土、冲积土全铁含量为中等水平, 东中部的草甸土、冲积土铁的含量较高, 西部的石灰性草甸土、冲积土铁的含量很低。水稻土铁的含量很丰富(见表12)。

我省土壤全铁的含量虽然很丰富, 但

表12 吉林省土壤全铁、全锰的平均含量*

土类	铁 (%)		锰 (PPm)	
	平均	变幅	平均	变幅
灰棕壤	3.80	2.28~7.10	861.7	498.1~2336.4
棕壤	2.96	2.30~3.56	880.9	537.9~903.4
白浆土	3.82	2.41~5.70	670.0	365.0~1244.1
黑土	3.44	1.97~4.11	656.1	441.5~1001.1
黑钙土	2.23	1.99~2.45	447.8	278.2~564.9
淡黑钙土	1.66	1.27~2.39	333.1	247.9~535.8
栗钙土	1.60	1.30~1.80	307.0	251.1~403.8
盐土	1.59		338.6	
碱土	1.83	1.65~2.18	357.6	239.5~468.9
风砂土	1.43	0.93~2.08	284.5	213.8~402.1
草甸土	2.27	0.97~3.31	502.8	205.8~908.6
冲积土	2.30	1.25~3.33	504.2	276.4~698.1
沼泽土	3.98	2.59~5.47	564.7	178.6~1334.7
泥炭土	3.53		350.8	
水稻土	2.99	1.38~4.05	546.9	218.0~777.7
全省平均	3.01	0.97~7.10	613.2	178.6~2336.4

* 平均含量是土壤剖面各层厚度、含量的加权平均值。

有铁的积累，自上而下呈递减分布。西部的淡黑钙土、栗钙土铁在剖面中分布很均匀。水稻土也反映出有淋溶淀积过程(见表13)。

(二) 土壤有效铁

1. 土壤有效铁的含量

全省2633个耕层样本统计，有效铁的平均含量为86.4ppm。(面积加权平均为48.5ppm)。含量范围在痕量至27561ppm。土壤有效铁的临界值为4.5ppm。低于临界值的样本占10.5%，分布面积1405.9万亩，占全省耕地18%，在4.5~10.0ppm的中等含量样本占11.7%，分布面积1397.4万亩，占全省耕地17%。大于10.0ppm的高含量样本占77.6%，分布面积5223.5万亩，占全省耕地的65%。

我省东部和中部地区的土壤，有效铁的含量都十分丰富。缺铁的土壤主要集中在西部的淡黑钙土、栗钙土、风砂土及盐碱土中。隐域性土壤中的石灰性草甸土和冲积土铁的含量较低，其他土壤有效铁含量均较高(见表14)。

2. 土壤有效铁的分布

(1) 土壤有效铁的地理分布。我省土壤有效铁的水平分布是东高西低，呈明显地带性分布。东部的通化、浑江、延边、吉林、辽源地区的土壤有效铁含量最高，平均为154.2ppm。中部的长春、四平地区为中等，平均为41.8ppm。白城地区最低，平均为8.0ppm。(2) 土壤有效铁在剖面中的分布。东部土壤有较强的淋溶淀积作用；中部黑

表13 土壤全铁在剖面中的分布

土类	深度(cm)	含量(%)	土类	深度(cm)	含量(%)
灰棕壤	0~10	4.6	淡黑钙土	0~18	2.4
	10~56	3.3		18~33	2.4
	56~73	3.2		33~53	2.5
	73~120	3.6		53~90	3.4
棕壤	0~19	2.6	栗钙土	0~20	2.1
	19~46	2.8		20~50	1.8
	46~73	3.1		50~100	1.5
	73~120	3.5			
白浆土	0~19	3.4	草甸土	0~17	3.9
	19~35	3.3		17~51	2.9
	35~70	5.7		51~75	2.8
	70~120	5.3		75~130	2.5
黑土	0~15	2.0	冲积土	0~16	2.2
	15~33	1.6		16~26	2.1
	33~55	1.9		26~67	1.7
	55~78	2.3		67~115	1.6
黑钙土	0~15	2.5	水稻土	0~23	2.1
	15~39	2.1		23~34	2.5
	39~53	1.4		34~124	3.8
	53~70	1.7		124~150	4.0
	70~120	1.5			

表14

吉林省各类土壤有效铁含量及分布频率

土类	样本数	平均pH	平均含量 (ppm)	变幅 (ppm)	置信区间 (t 0.05)	标准差	变异系数	分布频率 (%)				
								≤2.5	>2.5 ~4.5	>4.5 ~10.0	>10.0 ~20.0	>20.0
火山灰土	4	5.59	176.9	51.9~276.7								100
灰化土	8	5.34	280.1	118.6~527.6	178.6~381.6	121.4	43					100
灰棕壤	309	6.33	59.9	0.8~542.0	53.0~66.8	61.8	163	0.6	1.3	3.9	11.3	82.8
棕壤	44	6.53	30.6	2.4~84.0	25.3~35.9	17.5	57	2.3			31.8	65.9
白浆土	320	6.21	88.4	4.5~681.0	79.4~97.4	82.0	93		6.6	2.2	6.2	90.9
黑土	180	6.97	29.8	1.2~186.0	25.8~33.8	27.0	91	3.3	3.3	9.4	22.8	61.1
黑钙土	144	8.08	8.6	0.6~37.9	7.5~9.7	6.5	76	16.7	17.4	30.6	32.6	2.8
淡黑钙土	201	8.25	6.8	0.5~59.6	5.7~7.9	7.8	115	17.4	22.4	46.8	10.0	3.5
栗钙土	13	7.83	1.8	0.9~56.8	0.6~3.0	1.9	108	64.6		7.7		7.7
盐土	8	9.66	16.7	2.9~32.2	8.0~25.4	10.4	62		12.5	12.5	37.5	37.5
碱土	32	8.81	11.6	1.5~45.4	7.8~15.4	10.6	91	12.5	15.6	31.5	25.0	15.6
草甸土	423	7.36	50.9	0.0~618.6	44.8~57.1	63.9	126	6.8	4.0	13.5	17.7	57.9
冲积土	288	6.81	62.2	1.1~971.6	52.2~72.2	86.2	139	3.8	6.7	6.6	14.9	74.0
沼泽土	53	6.13	357.8	0.6~2756.0	192.8~522.8	597.8	167	1.9		1.9	1.9	94.3
泥炭土	92	6.20	204.5	4.0~1978.4	142.7~266.3	298.4	146		1.1	3.3	4.3	96.3
风砂土	109	7.99	12.0	0.8~120.4	7.5~16.5	23.9	199	24.8	22.0	33.0	10.1	10.1
石质土	7	6.33	34.9	3.6~72.8	14.0~55.8	22.5	65		14.3		14.3	71.4
石灰岩土	19	6.69	43.9	1.7~230.2	20.2~67.6	49.1	112	5.3		26.3	15.8	52.6
水稻土	362	5.93	229.8	12.3~1035.2	215.4~244.2	139.3	61				1.9	98.1
(人参土)	17	5.54	305.5	190.2~557.0	239.7~373.3	131.8	43					100
合计	2633		86.4	0.0~2756.0				5.8	5.0	11.7	12.8	64.8

* 为了与全国土壤普查统一, 暂采用全国第二次土壤普查微量元素含量分级标准

表15

土壤有效铁在剖面中的分布

单位: ppm

土类	深度 (cm)	含量	土类	深度 (cm)	含量	土类	深度 (cm)	含量
灰棕壤	0~14	100.4	黑钙土	0~20	9.6	草甸土	0~20	113.8
	14~24	68.8		20~53	9.2		20~68	95.4
	24~36	466.6		53~79	11.8		68~86	90.2
	36~50	79.0		79~101	10.7		86~120	61.0
	50~120	40.2		100~120	13.0			
棕壤	0~19	27.3	淡黑钙土	0~19	5.8	冲积土	0~15	95.8
	19~46	21.3		19~54	3.7		15~30	62.4
	46~107	31.5		54~92	3.7		30~80	44.2
	107~120	26.8		92~120	3.8		80~120	9.2
白浆土	0~20	234.8	栗钙土	0~20	6.6	风砂土	0~35	8.9
	20~35	66.7		20~50	4.4		35~65	6.9
	35~75	111.5		50~100	5.7		65~95	6.5
	75~110	116.1					95~120	6.6
黑土	0~16	37.8	碱土	0~18	8.4	水稻土	0~14	418.4
	16~24	33.2		18~32	4.7		14~24	127.6
	24~54	32.7		32~120	5.2		24~39	12.4
	54~77	29.3					39~80	33.8
	77~120	40.8						

土、草甸土、冲积土表层有铁的集聚；西部土壤铁在剖面中分布较均匀。水稻土有淋溶作用，表层积累铁较明显（见表15）。

3. 土壤有效铁的含量与土壤性质的关系

经相关统计表明，土壤有效铁与土壤全铁、有机质呈直线正相关；与物理粘粒呈抛物线相关；与pH值、碳酸钙呈负指数相关。相关系数均达到极显著水准（见表16）。

表16 土壤有效铁与土壤性质的相关性

土壤性质	土类·样本数	回 归 方 程 式	r	r _{0.01}
土壤全铁	55	$y = -17.0701 + 15.1220x$	0.881	0.354
有机质	黑土 35	$y = 26.3430 + 6.9500x$	0.536	0.418
	淡黑钙土 59	$y = -2.3544 + 3.6931x$	0.922	0.325
土壤 pH	56	$y = 10^{0.0235 \cdot x - 5.4286}$	-0.960	0.325
碳酸钙	59	$y = \frac{x}{-0.0429 + 0.1308x}$	-0.985	0.325
物理粘粒	45	$y = -5.5793 + 1.6084x - 0.0201x^2$	0.830	0.372

注：y的单位为ppm；x单位：全铁，有机质，碳酸钙，物理粘粒均为百分数。

四、土壤中的锰

（一）土壤全锰

1. 成土母质中锰的含量

我省主要成土母质中锰的含量，在东部山区岩浆岩母质中，以火山灰母质含锰量最高，其次是玄武岩母质。而花岗岩、安山岩母质锰的含量为中等。在变质岩母质中，片岩母质较高，石英岩母质为中等。在沉积岩母质中，页岩母质锰的含量较高，而灰岩母质为中等，砂岩母质锰的含量较低。中部黄土及黄土状沉积物母质锰的含量为中等。辽河、洮儿河的冲积母质锰的含量为中下等（403ppm）。第二松花江冲积母质锰的含量很高（861.4ppm）。西部地区的砂性母质为最低，只有290ppm。

2. 土壤全锰的含量

我省土壤全锰含量范围是179~2336ppm，平均为603ppm，低于全国和东北土壤的平均含量。东部山区的灰棕壤、棕壤和白浆土全锰含量最丰富，但因母质不同，同一土类中锰的含量变化较大。其中以石英岩和砂岩发育的土壤全锰含量较低。中部的黑土全锰含量为中等，黑钙土则较低，接近砂土水平。西部的土壤锰的含量均很低，其中以风砂土为最低。非地带性土壤中的草甸土和冲积土全锰含量为中等，其中东部和中部的草甸土和冲积土全锰含量较高，而西部的盐碱化草甸土锰的含量很低。水稻土全锰含量较高。

我省土壤全锰的地理分布与铁相同，自东向西明显降低。缺锰的土壤主要集中在西部的黑钙土、淡黑钙土、栗钙土、风砂土和盐碱土中。

3. 土壤全锰在剖面中的分布

我省主要土壤全锰在剖面中的垂直分布，东部山区的土壤，由于酸性淋溶作用，全锰

在剖面中的分布自上而下呈递减的规律。中部的黑土及草甸土、冲积土表层有锰的积累，并随剖面深度的增加而下降的分布。西部的土壤锰在剖面中分布比较均匀。水稻土有淋溶淀积作用（见表17）。

表17 土壤剖面中全锰的分布 单位: ppm

土类	深度 (cm)	含量	土类	深度 (cm)	含量
灰棕壤	0~14	159.3	栗钙土	0~20	187.5
	14~32	111.7		20~50	285.5
	32~80	1021.0		50~100	285.9
	80~120	923.7			
白浆土	0~20	516.5	淡黑钙土	0~20	230.5
	20~50	251.6		20~42	274.2
	50~95	404.4		42~66	264.0
	95~120	309.1		66~147	295.7
棕壤	0~18	708.5	草甸土	0~17	493.1
	18~39	791.1		17~51	246.5
	39~57	785.8		51~75	352.8
	57~75	724.0		75~130	813.7
黑土	0~15	446.7	冲积土	0~15	671.1
	15~33	385.0		16~25	599.1
	33~55	442.0		25~67	575.4
	55~78	482.0		67~115	539.9
黑钙土	0~15	502.0	水稻土	0~13	333.2
	15~35	513.5		13~48	354.1
	35~54	435.3		48~94	763.2
	54~98	510.0			

(二) 土壤有效锰

1. 土壤有效锰的含量

全省2633个耕层样本的统计，土壤有效锰的含量范围是0.1—642.2ppm，平均为27.0ppm（与面积加权平均为21.5ppm）。土壤有效锰的临界值为5.0ppm。低于临界值的样本占16.9%，分布面积为1969.6万亩，占全省耕地24%，在5.0~15.0ppm的中等含量样本占31.3%，分布面积2865.7万亩，占全省耕地的36%，大于15.0ppm的高含量样本占50.6%，分布面积3191.4万亩，占全省耕地的40%（见表18）。

我省东部山区的灰棕壤、棕壤、白浆土和水稻土，中部黑土有效锰的含量都很丰富。缺锰土壤多集中在西部的黑钙土、淡黑钙土、栗钙土、风砂土、盐碱土、石灰质草甸土和冲积土，中部的黑钙土及东部的石质土。

2. 土壤有效锰的分布

(1) 土壤有效锰的地理分布。全省土壤有效锰的地理分布是自东向西逐渐下

表18

吉林省各类土壤有效锰的含量及各级分布频率*

土类	样本数	平均pH	平均含量 (ppm)	变幅 (ppm)	置信区间 (±0.05)	标准差	变异系数	分布频率 (%)				
								≤1.0	>1.0 ~5.0	>5.0 ~15.0	>15.0 ~30.0	>30.0
火山灰土	4	5.59	69.9	16.7~130.8						25.0	75.0	
灰化土	8	5.34	138.1	8.5~365.6	27.5~248.7	132.3	96			12.5	25.0	62.5
灰棕壤	309	6.33	27.4	1.0~247.4	24.4~30.4	27.0	99	0.6	7.1	31.7	27.8	32.7
棕壤	44	6.53	32.0	6.4~79.8	28.9~37.0	16.7	52			22.7	22.7	54.5
白浆土	320	6.21	27.9	0.4~184.1	25.3~30.5	23.7	85	0.5	7.8	27.2	30.0	34.4
黑土	180	6.97	28.2	2.6~166.4	14.9~31.5	22.8	81		8.3	27.2	26.1	38.3
黑钙土	144	8.08	6.8	0.7~27.6	6.1~7.5	4.4	65	2.1	37.5	53.5	6.9	
淡黑钙土	201	8.25	5.9	0.4~32.8	5.4~6.4	3.3	56	1.5	41.3	55.7	1.0	0.5
栗钙土	13	7.83	2.8	1.6~4.3	2.3~3.3	0.8	27		100.0			
盐土	8	9.66	6.5	2.6~11.4	3.8~9.2	3.3	50		37.5	62.5		

(续表18)

土 类	样本数	平均pH	平均含量 (ppm)	变 幅 (ppm)	置信区间 (t 0.05)	标准差	变异系数	分 布 频 率 (%)				
								≤1.0	>1.0 ~5.0	>5.0 ~15.0	>15.0 ~30.0	>30.0
碱 土	32	8.81	5.4	1.4~16.1	3.0~6.8	3.8	71		59.4	37.5	3.1	
草甸土	423	7.36	18.6	0.2~198.0	16.6~20.6	21.0	113	3.8	21.0	35.5	17.2	22.4
冲积土	288	6.81	20.9	0.4~187.5	18.5~23.3	20.3	97	1.0	12.5	38.2	24.3	24.0
沼泽土	53	6.13	44.3	0.4~347.2	28.2~60.4	58.3	132	3.8	9.4	22.6	17.0	47.2
泥炭土	92	6.20	25.9	0.1~122.5	20.8~31.0	24.5	94	4.3	7.6	30.4	27.2	30.4
风砂土	109	7.99	8.0	0.3~122.3	5.1~10.9	15.1	188	1.0	61.0	32.0	3.0	3.0
石质土	7	6.33	17.9	3.7~35.9	6.7~29.1	12.1	68		28.6	14.3	42.8	14.3
石灰岩土	19	6.69	22.2	4.1~216.0	13.7~30.7	16.3	73		10.5	26.3	31.6	31.6
水稻土	362	5.93	65.9	2.6~642.2	60.1~71.7	56.6	86		0.8	8.0	18.2	72.9
(人参土)	17	5.54	59.1	11.2~109.8	48.5~71.7	24.5	41			5.9	5.9	88.2
合 计	2633		27.0	0.1~642.2				0.13	16.8	31.3	19.4	31.2

* 为了与全国土壤普查统一, 暂采用全国第二次土壤普查微量元素含量分级指标。

降。以东部的通化、浑江、延边、吉林和辽源地区为最高, 平均为37.2ppm。中部的长春、四平地区为中等, 平均为26.0ppm。白城地区最低, 平均为5.6ppm。(2) 土壤有效锰在剖面中的分布。我省主要土壤有效锰在剖面中的分布一般表层高于下层, 呈递减规律, 这是生物积累的结果。东部土壤有效锰的淋溶淀积作用。因此出现淋溶层锰减少, 淀积层锰增加。中西部土壤虽然表层稍高, 但剖面各层次锰的含量差异很小(见表19)。

表19

土壤有效锰在剖面中的分布

单位: PPm

土 类	深度 (cm)	含 量	土 类	深度 (cm)	含 量
灰 棕 壤	0~10	18.0	淡 黑 钙 土	0~19	4.4
	10~56	5.3		19~54	1.5
	56~73	10.7		54~92	1.5
	73~120	5.4		92~120	0.9
棕 壤	0~18	34.2	草 甸 土	0~15	44.1
	18~40	3.7		15~44	4.4
	40~78	6.0		44~67	28.0
	78~110	8.9		67~100	10.4
白 浆 土	0~20	18.9	冲 积 土	0~17	23.2
	20~50	3.5		17~48	12.5
	50~95	14.8		48~92	7.6
	95~120	14.5		92~120	7.7
黑 土	0~20	75.2	风 砂 土	0~22	10.4
	20~34	48.2		22~47	10.6
	34~65	29.5		47~67	9.2
	65~105	27.7		67~120	6.1
	105~120	27.9			
黑 钙 土	0~20	6.5	水 稻 土	0~20	71.1
	20~55	3.8		20~32	63.8
	55~65	2.6		32~45	108.4
	65~90	2.7		45~74	8.2
	90~120	2.8		74~130	2.1

3. 土壤有效锰与土壤性质的关系

经相关统计表明，土壤有效锰的含量与土壤全锰、有机质呈直线正相关。与物理粘粒呈抛物线相关。与pH值、碳酸钙呈负指数相关。其相关系数均达到极显著水准（见表20）。

表20 土壤有效锰的含量与土壤性质的相关性

土壤性质	土 类	样本数	回 归 方 程 式	r	r _{0.01}
土壤全锰		44	$y = -14.9547 + 0.0659x$	0.927	0.393
土壤 pH		67	$y = 779830.11x^{-0.762}$	-0.955	0.325
有 机 质	黑 土	32	$y = 25.8080 + 7.1590x$	0.607	0.449
	淡黑钙土	34	$y = 1.6021 + 1.3984x$	0.778	0.449
碳 酸 钙	黑 钙 土	42	$y = \frac{x}{-0.1374 + 0.1961x}$	-0.957	0.393
	淡黑钙土	36	$y = 8.6156 - 0.4152x$	-0.604	0.418
物理粘粒		67	$y = -0.5601 + 0.9323x - 0.0140x^2$	0.786	0.325

注 y 的单位为ppm；x单位：全锰为ppm，有机质、碳酸钙、物理粘粒为百分数

参 考 文 献

- (1) 刘铮等：土壤中的微量元素，《中国科学院微量元素汇刊》，科学出版社，1980。
- (2) [美] J.J.莫尔维特德、W.L.林塞、P.W.吉奥尔达诺：《农业中的微量元素》，农业出版社，1984。
- (3) 西北水土保持所：陕西省土壤微量元素含量与微肥效应，《土壤通报》，15卷，第6期，1984。