

吉林省土壤微量元素含量与 分布规律研究

第三报 土壤中的硼和钼

张树人 赵协哲 宋 钢 孙敬华 周 唯

(吉林省农业科学院土肥所)

五、土壤中的硼

(一) 土壤全硼

1. 土壤全硼的含量

吉林省土壤全硼的含量范围是在17.7—63.7ppm, 平均为32.0ppm。(见表21)。

表21 吉林省土壤全硼、全钼
的平均含量* (单位: ppm)

土 类	硼		钼	
	平 均	变 幅	平均	变 幅
灰棕壤	26.2	34.7—63.7	1.10	0.55—2.23
棕壤	49.2		0.81	0.60—1.13
白浆土	56.9		0.87	0.48—1.72
黑土	36.3		0.81	0.53—1.19
黑钙土	22.1		1.22	0.57—2.58
淡黑钙土	22.6		0.93	0.41—1.40
栗钙土	20.5		0.83	0.69—1.00
盐土	26.7		0.62	
碱土	31.6		0.93	0.34—1.57
风砂土	18.4		1.13	0.71—2.02
草甸土	19.6	17.7—21.6	0.81	0.28—1.47
冲积土	20.6		0.84	0.40—1.26
沼泽土	42.2		1.25	0.89—1.40
泥炭土	38.7		0.60	
水稻土	38.6		1.02	0.43—1.68
全省平均	32.0	17.7—63.7	0.90	0.28—2.58

* 土类的平均含量是由每个剖面各层厚度与含量的加权平均值计算的。

15.8ppm。平均为0.47ppm(与面积加权数平均为0.47ppm)。土壤有效硼的临界值为0.50ppm。低于临界值的样本占61.7%, 分布面积48 743 294 亩, 占全省耕地61%。在

我省东部山区的土壤以白浆土含量最高。其次是集安一带的棕壤。而分布面积较大的灰棕壤全硼含量较低。一般以发育在沉积岩母质上的土壤稍高。中部的黑土含量较高, 黑钙土则为中下等水平。西部的淡黑钙土、栗钙土和风砂土含量都很低。以风砂土为最低。盐碱土含量很高。非地带性土壤中的水稻土含量较高。草甸土及洮儿河流域的冲积土含量较低。

2. 土壤全硼在剖面的分布

我省大多数土类的剖面表层硼的含量高于下层, 是由生物积累的结果。东部土壤有较好的淋溶淀积过程。西部的盐土表层有硼的聚集。中西部地区的黑土、黑钙土、风砂土硼在剖面中的分布比较均匀(见表22)。

(二) 土壤有效硼

1. 土壤有效硼的含量

全省2 465个耕层样本的统计结果, 我省土壤有效硼的含量范围是痕量到

表22 土壤剖面中全硼的分布 (单位: ppm)

土 类	深度 (cm)	含 量	土 类	深度 (cm)	含 量
灰 棕 壤	0—20	29.2	盐 土	0—4	46.8
	20—50	34.2		4—43	32.3
	50—100	20.2		43—80	25.9
				80—120	20.0
棕 壤	0—18	46.6	草 甸 土	0—15	30.0
	18—39	28.9		15—44	20.0
	39—57	25.7		44—62	20.1
	57—75	28.6		62—100	20.1
白 浆 土	0—10	56.8	冲 积 土	0—20	25.8
	10—15	46.8		20—50	19.3
	15—33	57.6		50—100	19.3
	33—77	57.7			
黑 土	0—20	38.6	风 砂 土	0—15	14.5
	20—34	33.8		15—32	19.3
	34—65	27.3		32—57	19.3
	65—105	33.2		57—77	19.4
黑 钙 土	0—19	12.9	水 稻 土	0—20	38.6
	19—42	25.8		20—50	38.6
	42—77	27.4		50—100	38.6
	77—110	19.3			

0.50—1.00ppm的中等含量样本占31.7%，分布面积26 661 075亩占全省耕地33%。大于1.00ppm的高含量样本占6.6%，分布面积4 862 774亩，占全省耕地6%（见表23）。

我省土壤有效硼的含量比较低。相对比较西部的碱土为最高。其次是中部的黑土、黑钙土，西部的淡黑钙土、栗钙土和盐土含量较高。风砂土最低。东部的灰棕壤、白浆土和灰化土为中等。火山灰土和棕壤含量很低。

隐性土壤中的草甸土有效硼的含量较高。冲积土和水稻土为中等。其中以盐碱化冲积土含量较高。

为了与全国土壤普查统一，选用0.50ppm为临界值，它是指需硼较多的作物^[1]，而我省目前大面积种植的都是需硼较少的作物。应以0.10ppm为临界值。全省低于0.10ppm临界值的样本占8.9%，分布面积6 134 937亩，占全省耕地7.6%。因此，我省农业生产中并没有反映很多作物缺硼。如果种甜菜、向日葵等作用，应增施硼肥，才能获得更高的产量。

表23 吉林省各类土壤有效硼的平均含量，变幅及各级分布频率 (单位: ppm)

土 类	样本数	平均pH	平均含量	变 幅	置信区间 ($t=0.05$)	标 准 差	变异 系数	分 布 频 率 (%)				
								≤0.20	>0.20— 0.50	>0.50— 1.00	>1.00— 2.00	>2.00
火山灰土	4	5.59	0.25	0.17—0.36				25.0	75.0			
灰化土	9	5.34	0.45	0.17—3.88	0.16—0.74	0.31	69	12.5	50.0	12.5	12.5	12.5
灰棕壤	297	6.33	0.47	0.00—1.80	0.43—0.51	0.31	67	20.2	44.4	29.0	6.4	
棕 壤	35	6.53	0.22	0.02—0.58	0.16—0.28	0.17	77	51.4	40.0	8.6		
白浆土	305	6.21	0.47	0.00—1.98	0.43—0.51	0.33	69	23.0	38.7	32.1	6.2	
黑 土	163	6.97	0.53	0.02—1.58	0.48—0.58	0.33	61	18.4	35.0	39.3	7.4	
黑钙土	132	8.08	0.49	0.02—1.40	0.44—0.54	0.31	63	19.7	38.6	35.6	6.1	
淡黑钙土	197	8.25	0.48	0.02—1.40	0.44—0.52	0.29	60	20.8	38.6	35.5	5.1	
栗钙土	13	7.83	0.49	0.14—1.00	0.35—0.63	0.23	48	15.4	23.1	61.5		
盐 土	5	9.66	0.41	0.01—0.82				40.0	20.0	40.0		
碱 土	27	8.81	1.67	0.06—15.84	0.41—2.93	3.19	192	14.8	11.1	37.0	25.9	11.1
草甸土	408	7.36	0.54	0.00—2.98	0.50—0.57	0.36	67	17.2	36.5	36.0	10.0	0.2
冲积土	270	6.81	0.44	0.00—2.00	0.40—0.48	0.31	70	26.7	32.6	37.4	3.3	

续表23

沼泽土	45	6.13	0.50	0.00—1.32	0.41—0.69	0.31	62	13.3	46.7	33.3	6.7	1.2
泥炭土	80	6.20	0.53	0.00—2.32	0.44—0.62	0.39	74	17.5	36.3	36.3	8.8	
风砂土	107	7.99	0.30	0.00—1.04	0.26—0.34	0.22	73	39.2	44.8	15.0	0.9	
石质土	7	5.33	0.36	0.06—0.94	0.09—0.63	0.30	83	42.8	28.6	28.6		
石灰岩土	18	6.69	0.58	0.04—1.30	0.42—0.74	0.32	55	5.6	33.3	44.4	16.7	
水稻土	327	5.93	0.35	0.00—1.40	0.32—0.38	0.26	74	35.5	41.6	21.1	18.3	
(人参土)	17	5.54	0.95	0.58—1.38	0.77—1.13	0.34	36	11.8		47.0	41.2	
合 计	2465		0.47	0.00—15.84				23.4	38.3	31.7	6.4	0.2

* 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标准。

表24 土壤剖面中有效硼的分布(单位: ppm)

土 类	深 度 (cm)	含量	土类	深度 (Cm)	含量
灰棕壤	0—11	0.34	碱 土	0—8	0.52
	11—32	0.00		8—25	0.16
	32—72	0.12		25—40	0.32
	72—130	0.60		40—60	0.00
棕 壤	0—18	0.45	草甸土	60—120	0.12
	18—39	0.37		0—10	0.36
	39—57	0.25		10—24	0.60
	57—75	0.47		24—50	0.08
白浆土	0—23	0.22	冲积土	50—95	0.22
	23—50	0.04		95—125	0.72
	50—100	0.46		0—17	0.84
				17—48	0.96
黑 土	0—20	0.44	风砂土	48—92	0.28
	20—34	0.24		92—120	0.20
	34—65	0.20		0—35	0.10
	65—105	0.30		35—65	0.30
黑钙土	105—120	0.40	水稻土	65—95	0.00
	0—20	0.90		95—120	0.12
	20—55	0.66		0—17	0.44
	55—65	0.92		17—40	0.20
	65—90	0.28		40—82	0.22
	90—120	0.08		82—120	0.84

2. 土壤有效硼的分布

(1) 土壤有效硼的地理分布 我省土壤有效硼的含量是西部白城地区最高, 平均为0.52ppm。中部长春、四平地区为中等, 平均为0.49ppm。东部山区和半山区最低, 平均0.43ppm。

(2) 土壤有效硼在剖面中的分布 我省中、西部土壤剖面表层有效硼的含量较高, 而且从表层到底层呈递减的分布规律。黑土和碱土接近母质层有所增加。东部山区的灰棕壤、棕壤、白浆土和水稻土都反映出有淋溶淀积作用(见表24)。

3. 土壤有效硼的含量与土壤性质的关系

土壤性质对土壤有效硼的溶解, 吸附和固定有明显影响。相关统计表明, 土壤有效硼与土壤有机质, pH值和物理粘粒呈直线正相关。其相关系数均达到极显著水准(见表25)。

六、土壤中的钼

(一) 土壤全钼

1. 吉林省主要成土母质中钼的含量

表25 土壤有效硼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pH		76	$y = -1.1432 + 0.2613x$	0.928	0.302
有 机 质	黑 土	22	$y = -0.3158 + 0.2767x$	0.617	0.526
	淡黑钙土	36	$y = -0.0689 + 0.3316x$	0.824	0.418
物理粘粒		41	$y = 0.0738 + 0.0146x$	0.839	0.393

表26 主要成土母质中钼的平均含量

元 素	母 质	钼 (ppm)
玄武岩	风化物	0.74
安山岩	风化物	0.98
花岗岩	风化物	0.94
火山灰	风化物	1.40
片岩	风化物	1.00
石英岩	风化物	0.55
页岩	风化物	1.08
石灰岩	风化物	1.21
砂岩	风化物	0.97
黄土状	沉积物	0.75
冲积物	质	0.84
砂性	母质	0.66

吉林省主要成土母质中钼的含量(见表26)。东部山区和半山区的岩浆岩母质以火山灰母质含钼量最高。花岗岩、安山岩母质为中等。而玄武岩母质含量较低。变质岩母质中的片岩含量较高。而石英岩母质含量最低。沉积岩母质以页岩和石灰岩母质含量较高。砂岩母质则为中等水平。中部的黄土及黄土状沉积物母质含量为中等。辽河、洮儿河的冲积母质含量较低(0.75ppm)。第二松花江冲积母质含量较高(1.02ppm)。西部砂性母质含量最低。

2. 土壤全钼的含量

吉林省土壤全钼的含量范围是0.28—2.58ppm。平均为1.00ppm(见表21)。东部地区的灰棕壤全钼含量最丰富。分布在集安的棕壤含量较高。而辽源、四平一带的棕壤和白浆土中等水平。中部地区的黑土、黑钙土含量为中等。西部的淡黑钙土、栗钙土和碱土为中等。而风砂土含量较高。盐土含量很低。

表27 土壤剖面中全钼的分布(单位: ppm)

土 类	深 度 (cm)	含 量	土 类	深 度 (cm)	含 量
灰棕壤	0—20	1.05	淡黑钙土	0—20	0.25
	20—50	0.80		20—42	0.35
	50—100	1.40		42—66	0.45
				66—147	0.55
棕 壤	0—18	1.40	碱 土	0—14	0.60
	18—40	0.45		14—40	0.65
	40—78	1.15		40—120	1.05
	78—110	0.85		120—135	0.75
白浆土	0—12	1.75	草甸土	0—17	1.50
	12—30	1.30		17—51	0.95
	30—60	1.80		51—75	1.25
	60—100	1.85		75—130	1.35
黑 土	0—20	1.10	冲积土	0—20	1.05
	20—50	1.10		20—65	0.90
	50—100	1.10		65—105	0.90
				105—120	0.95
黑钙土	0—15	0.50	水稻土	0—15	1.15
	15—35	0.45		15—21	0.75
	35—54	0.50		21—47	0.85
	54—98	0.80		47—88	0.90

隐域性土壤中的草甸土、冲积土钼的含量为中等水平。东部水稻土含量较高，中西部地区水稻土含量较低。

我省土壤全钼含量的地理分布特点是东高西低。地带性分布很明显。东部长白山一带的土壤含量最高，平均为1.00ppm。中部台地平原为中等，平均为0.91ppm。西部平原为最低，平均为0.85ppm。

3. 土壤全钼在剖面中分布

我省东部山区和半山区的灰棕壤、棕壤和白浆土在成土过程有淋溶淀积作用，因而使钼在剖面中发生移动，淋溶层减少，而淀积层增加。并且这些土壤表层有钼的积累。水稻土也反映出有淋溶作用，表层积累钼的现象很明显。中部地区的黑土钼在剖面中的分布较均匀。中西部的黑钙土、淡黑钙土及碱土钼的分布是上层较低，下层较高，由上至下呈现递增的分布规律(见表27)。

(二) 土壤有效钼

1. 土壤有效钼的含量

表28 吉林省各类土壤有效钼的平均含量, 变幅及各级分布频率(单位: ppm)

土 类	样本数	平均pH	平均含量	变 幅	置信区间 ($t=0.05$)	标准差	变异系数	分 布 频 率 (%)				
								≤ 0.10	$>0.10-0.15$	$>0.15-0.2$	$>0.20-0.3$	>0.3
火山灰土	4	5.59	0.47	0.30—0.66							25.0	75.0
灰化土	8	5.34	0.27	0.14—0.38	0.19—0.36	0.09	35		25.0		25.0	50.0
灰棕壤	307	6.33	0.27	0.01—2.32	0.24—0.30	0.28	100	20.8	15.3	10.7	22.1	30.9
棕壤	39	6.53	0.26	0.01—0.70	0.22—0.30	0.13	48	2.6	12.8	17.9	41.0	25.6
白浆土	314	6.21	0.36	0.01—1.76	0.33—0.39	0.23	63	6.4	8.9	10.8	21.3	52.5
黑土	163	6.97	0.18	0.01—0.58	0.16—0.20	0.12	66	32.5	16.6	12.3	23.9	14.7
黑钙土	137	8.08	0.11	0.02—0.36	0.10—0.12	0.07	62	61.3	19.0	8.8	8.8	2.2
淡黑钙土	201	8.25	0.06	0.01—1.09	0.05—0.07	0.08	141	87.6	10.0	1.0	0.4	1.0
栗钙土	13	7.83	0.09	0.02—0.35	0.03—0.15	0.09	104	76.9	7.7		7.7	7.7
盐土	8	9.65	0.13	0.01—0.44	0.01—0.25	0.15	115	62.5	12.5		12.5	12.5
碱土	30	8.81	0.10	0.01—0.46	0.06—0.14	0.11	112	70.0	6.7	10.0	6.7	6.7
草甸土	412	7.36	0.27	0.01—5.13	0.23—0.30	0.36	137	31.3	11.4	10.9	18.0	28.4
冲积土	283	6.81	0.29	0.01—1.12	0.27—0.31	0.19	67	13.1	10.6	9.9	27.2	39.2
沼泽土	52	6.13	0.33	0.01—1.89	0.25—0.41	0.29	89	11.5	7.7	11.5	28.8	40.4
泥炭土	92	6.20	0.35	0.03—1.22	0.30—0.40	0.22	62	6.5	8.7	10.9	27.2	46.7
风砂土	107	7.99	0.07	0.00—1.00	0.04—0.10	0.13	168	82.2	9.3	2.8	2.8	2.8
石质土	7	6.33	0.30	0.02—0.76	0.07—0.53	0.25	83	28.6			28.6	42.8
石灰岩土	19	6.69	0.21	0.04—0.57	0.13—0.29	0.16	74	36.8	10.5	15.8	10.5	26.3
水稻土	359	5.93	0.31	0.03—1.78	0.29—0.33	0.18	58	5.6	8.6	13.9	27.8	44.0
(人参土)	17	5.54	0.38	0.19—0.54	0.33—0.43	0.10	27			11.8	11.8	76.4
合 计	2572		0.26	0.00—5.13				28.3	11.2	9.9	20.1	30.4

注: 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分级标准。

全省2572个耕层样本的统计结果, 土壤有效钼的平均含量为0.26ppm。(面积加权平均为0.21ppm)含量范围是痕量至5.13ppm(表28)。土壤有效钼的临界值为0.15ppm。低于临界值的样本占39.5%, 分布面积42568046亩, 占全省耕地的53%。在0.15—0.20ppm的中等含量样本占9.9%, 分布面积7190725亩, 占全省耕地9%。大于0.20ppm的高含样本占50.5%, 分布面积30508371亩, 占全省耕地38%。

我省土壤有效钼的含量以长白山的火山灰土为最高。其次是白浆土, 灰棕壤和棕壤。中部的黑土为中等。黑钙土则较低些, 西部的各种土壤都很低, 平均含量在0.06—0.13ppm。因此, 淡黑钙土, 栗钙土、风砂土及盐碱土都存在缺钼的问题。但是有的资料认为土壤有效钼的临界值是随土壤pH值的增加而降低的结论^[2]。即当土壤pH值为5.0时, 临界值为0.20ppm。当土壤pH值为6.5时, 临界值为0.05ppm。我省中西部地区的土壤pH值都在7.0以上, 因此有效钼的临界值应小于0.05ppm。以这个临界值计算, 我省土壤缺钼的面积就很少了。总之, 土壤有效钼的临界值的确定是比较复杂的, 有待今后进一步研究和探讨。

2. 土壤有效铝的分布

(1) 土壤有效铝的地理分布 我省耕层土壤有效铝的地理分布与全铝相同, 自东向西逐渐降底。东部土壤有效铝的含量最高, 平均为0.34ppm。中部为中等, 平均为0.24ppm, 西部白城地区最低, 平均为0.09ppm。

(2) 土壤有效铝在剖面中的分布 东部土壤由于淋溶作用较强, 自上而下呈递增的分布, 中部土壤表层有铝的富集, 西部土壤有效铝在剖面中的分布很均匀。表层积累铝的现象不明显。水稻有淋溶作用, 底层含量较高。

3. 土壤有效铝的含量与土壤性质的关系

土壤性质对土壤有效铝含量的影响比较复杂, 有些影响尚未研究清楚。根据相关统计分析, 初步看出土壤有效铝与土壤全铝, 有机质以及在黑钙土中与 pH 值呈直线正相关 (见表30)。

表29 土壤有效铝在剖面的分布 (单位: ppm)

土 类	深 度 (cm)	含 量	土 类	深 度 (cm)	含 量
灰棕壤	0—38	1.07	栗钙土	0—20	0.09
	38—80	1.19		20—50	0.09
	80—108	1.23		50—100	0.08
	108—124	1.36			
棕 壤	0—18	0.22	碱 土	0—25	0.10
	18—39	0.37		25—60	0.13
	39—57	0.51		60—90	0.13
	57—75	0.57			
白浆土	0—14	1.20	风砂土	0—22	0.04
	14—31	0.29		22—47	0.03
	31—85	0.56		47—67	0.08
	85—95	0.93		67—120	0.04
黑 土	0—25	0.42	草甸土	0—22	0.37
	25—65	0.17		22—48	0.47
	65—110	0.24		48—104	0.44
	110—120	0.16		104以下	0.63
黑钙土	0—34	0.22	冲积土	0—17	0.50
	34—52	0.15		17—30	0.22
	52—66	0.10		30—45	0.45
	66—120	0.19		45—110	0.45
淡黑钙土	0—19	0.02	水稻土	0—18	0.48
	19—54	0.03		18—35	0.38
	54—92	0.03		35—52	0.51
	92—120	0.04		52—120	0.61

表30

土壤有效铝与土壤性质的关系

土壤性质	土 类	样 本 数	回 归 方 程 式	r	r ² 0.01
土壤全铝		36	$y = -0.1654 + 0.4520x$	0.944	0.418
有 机 质	黑 土	22	$y = 0.0018 + 0.0865x$	0.697	0.526
	淡黑钙土	55	$y = 0.0474 + 0.0102x$	0.972	0.354
pH	黑 钙 土	33	$y = -0.6770 + 0.0982x$	0.790	0.449

注: y 的单位为 ppm, x 单位, 全铝为 ppm, 有机质为百分含量

参 考 文 献

- (1) 袁可能编著: 《植物营养元素的土壤化学》, 1983, 科学出版社。
- (2) 刘铮、朱少清等译: 《土壤微量元素译文集》, 1981, 江苏省科技出版社。