

黑龙江垦区土壤速效磷浸提剂的研究

青光海

(湖南省农科院分析室)

垦区速效磷的测定方法较多,主要在于浸提剂的不同,多数地区采用 0.2NHCl 或酸性氟化铵为浸提剂,碱性土则用 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 和 0.5MNaHCO₃ 浸提,亦有用 HAc~NaAc 浸提的,各地方法的确定多带有经验性质的,并未与土壤中磷的形态联系起来,为了选择适合于本垦区土壤速效性磷的浸提剂,我们

在垦区不同地区,不同土类进行磷的不同形态的分析,选定了几种浸提剂进行速效磷测定的对照试验,并结合了田间和盆栽试验与作物吸收量进行了对照,现将试验情况简述如下:

一、黑龙江垦区不同地区各主要土类,不同形态磷的百分含量情况

表 1 垦区主要土类不同形态磷的百分含量

土 类	磷酸铝 %	磷酸铁 %	磷酸钙 %	主 要 分 布 地 区
白 浆 土	13.49	59.09	27.42	牡丹江地区即垦区东部及东南部
草 甸 土	10.10	24.25	65.65	(1) 友谊、佳南、双鸭山农场
	14.36	51.77	33.97	(2) 东部白浆土地区
黑 土	16.40	50.41	33.19	九三、龙镇、二龙山、北良一带
棕 壤	18.93	44.45	36.72	向阳、宝泉岭农场
碱性土 (pH>7)	12.56	22.73	64.71	友谊、查哈阳、扎兰河呼盟

从以上数据可以看出,白浆土中磷的形态以磷酸铁为主,而合江地区的草甸土则以磷酸钙为主,磷酸铝的含量各类土间差异不大。其磷的形态接近碱性土,其他土类则介乎二者之间。

应该特别注意的是,磷的形态虽然受土类影响,同时地区对它的影响也是很明显的。尤其友谊农场和垦区东部、东南部牡丹江地区更为明显,如友谊农场的黑土(总号 70 号),磷的形态接近草甸土。完达山农场和向阳农场(总号 020~022, 110~112)的草甸土则和白浆土磷的形态近似。这可能与各地区的成土母质有直接关系。见表 2:

当然同一地区,由于土类的不同,磷的

形态不同,这种现象在友谊农场周围各农场最为明显,如双鸭山农场、佳南农场、建三江农场等,不同土类磷的形态是不相同的,见表 3:

二、不同分析方法与植物吸收量的相关性

1. 施用不同种类磷肥的土壤,用不同浸提方法测得的速效磷与植物吸收磷的相关性。

我们采用 pH 为 6.2 的黑土作小麦栽培试验,按每百克土中相当 P_2O_5 10mg 的数量,分别施入磷酸一钙、磷酸二钙、磷酸三钙、磷酸铁、磷酸铝等几种肥料,三周后收割,测定植株全磷,同时用几种不同浸提方

表 2

磷的形态与地区土类的关系

总 号	不 同 形 态 磷 (%)			pH	土壤名称	取 样 地 点
	磷酸铝	磷酸铁	磷酸钙			
70	13.09	26.19	60.70	6.3	黑 土	友谊农场
233	19.78	24.17	56.04	6.6	草 甸 土	佳南农场
020	14.85	59.40	25.47	5.4	草 甸 土	完达山农场
021	21.46	57.59	20.95	5.6	草 甸 土	完达山农场
022	11.38	64.89	23.73	5.6	草 甸 土	完达山农场
110	12.64	59.48	27.88	5.4	草 甸 土	向阳农场
111	1.37	80.19	16.44	6.2	草 甸 土	向阳农场
112	4.17	79.16	16.67	6.3	草 甸 土	向阳农场

表 3

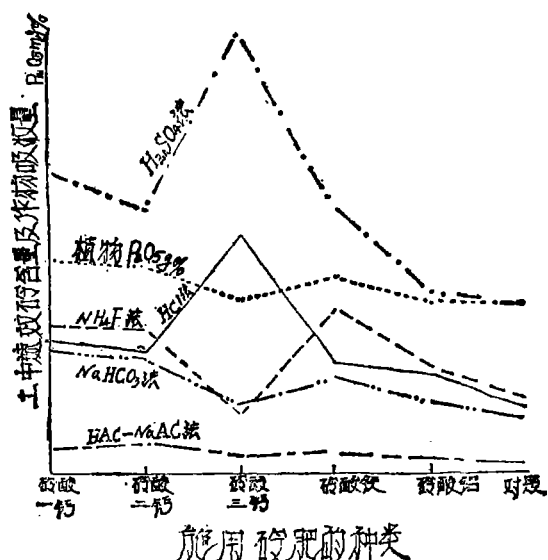
同一地区各土类不同形态磷的比较

总 号	不 同 形 态 磷 (%)			pH	土壤名称	取 土 地 点
	磷酸铝	磷酸铁	磷酸钙			
201	11.22	39.25	49.53	6.2	草 甸 土	双鸭山农场
202	18.35	51.66	29.99	6.4	黑 土	双鸭山农场
203	14.28	63.26	17.46	6.4	白 浆 土	双鸭山农场
233	19.78	24.18	56.04	6.6	草 甸 土	佳南农场
189	23.13	40.84	36.03	6.4	黑 土	佳南农场

表 4

测定方法与施磷肥种类及植物吸收量关系

样 号	施 肥 种 类	测 定 方 法 速 磷 含 量 P_2O_5 mg/100					作 物 吸 收 量 $P_2O_5\%$
		0.2N HCl	0.025NHCl + 0.03NNH ₄ F	0.5M NaHCO ₃	0.002N H ₂ SO ₄	0.5M HAc + NaAc	
3	CaHPO ₄ ·2H ₂ O	5.50	6.06	5.10	12.30	1.15	2.25
6	CaPO ₄ ·2H ₂ O	5.00	6.03	4.80	11.20	1.16	2.18
9	Ca ₃ (PO ₄) ₂	9.80	2.25	2.80	18.40	0.58	1.80
12	FePO ₄ ·4H ₂ O	4.55	6.78	3.80	11.00	0.70	2.02
15	AlPO ₄	3.98	4.14	2.72	7.50	0.40	1.78
0	对 照	2.55	2.88	2.05	6.90	0.26	1.72



法测定土壤中速效性磷，见表4：

从以上图表可以看出：

(1) 0.025N HCl 和 0.002N H₂SO₄ 为强酸，主要浸提钙镁型磷，故二法测得的各种形态磷的高低规律一致，彼此相关性很好。但是，作物吸收量与施磷酸三钙的土所测得的速效磷是不相符合的。

(2) 0.5M NaHCO₃ 和 0.025N HCl + 0.03N NH₄F 法测得的结果相关较好，与作物吸收量的相关性也很好。这是因为此二法主要

表5 速效磷测定方法与作物吸收量的关系

浸提液与施肥	地号					测定结果 mg/100				
	1	2	3	4	5	9	10	6	7	8
0.5M NaHCO ₃	10.91	5.51	4.20	2.50	2.73	6.63	4.75	3.25	2.72	2.86
0.025N HCl 0.03N NH ₄ F	11.20	6.34	4.56	3.79	3.66	6.38	5.16	4.11	3.87	3.20
植株全 P ₂ O ₅ g%	1.11	0.80	0.77	0.74	0.78	0.93	0.88	0.77	0.74	0.70
施三料磷酸钙(斤)	30	20	10	0	0	30	20	10	0	0
施尿素(斤)	40	40	40	40	0	40	40	40	40	0

二种不同浸提液在不同施肥量区测得的速效磷，在双鸭山农场草甸土上趋势是一致的，与作物的吸收量的相关性也是比较好的。

(2) 盐渍土：在宏图农场，pH 为 8.0 的草甸土上，作小麦栽培试验，在幼苗期用

浸提出铁铝表面吸附的磷，Ca 表面吸附的磷只有少量的被浸提出来。由于 0.025N HCl + 0.03N NH₄F 法浸提出铁铝型磷较多，而施磷酸三钙土壤的回收量出现负值，这可能是浸出离子产生反吸附所造成的。

由此可见，对含钙镁型磷较多的土壤用 0.2N HCl 和 0.002N H₂SO₄ 浸提是不适合的，因为磷酸三钙是不溶性的，不易直接被植物吸收，而这种浸提液却对这种形态磷浸出最多，所以测得的速效磷结果不能反映作物的吸收量。但在酸性土中磷酸钙少的情况下是适用的。0.5M NaHCO₃ · 0.025N HCl + 0.03N NH₄F · HAc-NaAc 浸提法与作物吸收量的相关性都比较好，但在磷酸三钙多的土中，0.025N HCl + 0.03N NH₄F 法会出现负值，HAc-NaAc 法测得的绝对值偏低，只有 0.5M NaHCO₃ 法，适用于各种形态磷含量的土壤。

2. 在施用不同数量磷肥的土壤中几种测定方法和作物吸收量的关系。

(1) 中性土：双鸭山农场草甸土 (P^H 6.6) 小麦施磷田间试验，在小麦三叶期，用不同浸提法测定土壤中速效磷与作物全磷对比试验见表 5：

(NH₄)₂CO₃ 和 NaHCO₃ 二法测定土壤速效磷，并测定植株全磷。

从试验可以看出，盐渍土用 (NH₄)₂CO₃ 和 NaHCO₃ 法测得的结果趋势是一致的，与植株的吸收量相关性很好，绝对值也很接近，所以 0.5M NaHCO₃ 法是完全适用于碱性土。

三、不同浸提液测得的速效性磷与土壤中不同形态磷的相互关系

据上述试验,参考垦区惯用的测定方法,在酸性、中性土中选用了 0.5MNaHCO_3 、

$0.2\text{NH}_4\text{Cl}$ 和 $0.025\text{NH}_4\text{Cl} + 0.03\text{NNH}_4\text{F}$ 浸提法,在碱性土($\text{pH} > 7$)选用了 0.5MNaHCO_3 和 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 浸提法,在垦区不同地区不同土壤类型采土,进行磷的测定方法和磷的形

表 6 不同浸出方法与磷形态的关系(一)

总号	不同形态的磷			磷的分析方法 mg/100			土壤名称	pH	取土地点
	磷酸铝	磷酸铁	磷酸钙	HCl 法	NaHCO_3 法	NH_4F 法			
191	14.66	22.63	62.77	23.34	3.50		草甸土	6.1	友谊农场
205	7.93	16.83	75.24	15.84	1.41		草甸土	6.1	友谊农场
031	11.11	40.40	48.48	19.00	1.70	2.69	岗地白浆土	6.0	卫星农场
477	9.40	27.52	63.33	38.17	2.47		黑土	6.6	扎兰河农场
052	15.82	33.16	51.02	20.00	4.70	5.54	棕壤	6.4	宝泉岭农场
022	11.38	64.89	23.73	3.25	2.90	2.95	草甸土	5.6	完达山农场
089	14.68	46.15	39.17	3.90	1.03	0.77	草甸土	6.2	龙镇农场
970	5.17	70.69	24.14	0.85	1.10		白浆土	6.5	曙光农场
035	10.13	64.56	25.31	2.0	1.40	1.61	草甸白浆土	5.8	迎春农场
075	17.55	54.69	27.76	4.50	3.50	4.99	潜育白浆土	5.3	红卫农场
052	5.15	57.73	37.12	0.50	0.53	0.53	黑土	6.4	五九七农场
010	23.03	49.03	26.98	6.60	4.08	4.20	黑土	6.4	九三农场
197	20.36	46.29	33.35	3.50	2.40		黑土		佳南农场
055	14.81	53.70	31.48	1.90	1.65	1.47	棕壤	6.2	向阳农场
252	22.88	41.25	35.87	2.71	2.20		棕壤	6.6	军川农场
972	10.17	69.49	20.34	1.00	1.04		白浆土	6.5	曙光农场

表 7 不同浸出方法与磷形态的关系(二)

总号	不同形态磷			磷的分析方法			土壤名称	pH	取样地点
	磷酸铝	磷酸铁	磷酸钙	HCl 法	NaHCO_3 法	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 法			
1005	22.58	0	77.42	0.80	1.50	1.50	草甸栗 Ca 土	7.4	军马场
691	23.45	21.16	49.33	2.00	0.70	2.20	暗栗 Ca 土	7.1	大雁农场
750	29.76	27.23	43.91	23.50	5.00	3.50	黑 Ca 土	7.2	伊敏河农场
776	6.83	38.51	54.66	4.45	1.00	1.10	盐碱土	8.4	嵯岗农场
906	20.03	13.32	66.00	2.30	1.00	1.40	淋溶黑 Ca 土	7.2	上库力农场
001	20.12	31.53	48.05	9.80	2.64	2.30	棕壤	7.2	香坊农场
005	9.40	5.20	85.40	2.05	1.37	0.56	碳酸盐草甸土	7.4	孟哈阳农场
094	5.44	12.66	81.00	13.90	1.30	1.15	黑土型草甸土	4.2	友谊农场
105	4.83	40.00	55.17	5.75	2.00	1.60	重壤质草甸土	7.0	友谊农场

态的对照试验。从分析数据来看,不同测定方法和各不同形态磷的单一相关性虽然不明显,但有以下规律:

(1) 在微酸性或中性土中,有少部分土,其磷酸钙含量高达 48% 以上的土(白浆土地区比此数更低),用 0.2NHCl 测得的速度磷结果显然比 0.5MNaHCO₃ 法测得的结果高得多,而 NaHCO₃ 法和酸性 NH₄F 法测得的结果接近,这进一步证明了 0.2NHCl 浸提法浸出了不易被作物吸收的磷酸钙见表 6:

(2) 在碱性土中,磷酸钙的百分含量都比较高,绝大部分在 48% 以上,显然采用 0.2NHCl 和酸性 NH₄F 法测定是不可以的。见表 7:

由于碳酸氢钠的溶液能提高土壤中碳酸根的活度,从而降低了钙的活度,因此按磷酸钙的活度积,某些磷酸钙表面的磷能被提取出来,从碳酸氢钠和碳酸铵浸提法所测得结果有明显相关性这一点来看,碱性土采用 0.5MNaHCO₃ 法浸提速度磷是完全可行的。

以上结果和小麦栽培试验结果完全一致,也就是说,0.2NHCl 法对于磷酸钙含量超过 48% 的,即算是微酸性或中性土,也是不适合的,0.025NHCl + 0.03NNH₄F 法测定偏碱性土不适合,只有 0.5MNaHCO₃ 法对酸性、中性、碱性土都适用。

四、各分析方法之间的相互关系

1. 0.2NHCl 和 0.5MNaHCO₃ 为浸提液测得的速度磷的相互关系。将垦区几种主要土类,用 0.2NHCl 法和 0.5MNaHCO₃ 法分别测定速度磷,以 0.2NHCl 法测得的结果为 x 值,0.5MNaHCO₃ 法测得的结果为 y 值作图,得出二法的关系曲线,其回归方程和相关系数 r 列表 8:

从以上数字可以看出:

(1) 以 0.2NHCl 和 0.5MNaHCO₃ 浸提液所测得速度磷的相关系数,除草甸土外,各主要土类的表土皆有较好的相关性,这三种土类,不符合此方程的很少,一般多为深层土(B₂层)磷酸钙的百分含量超过 48%。

表 8 回归方程和相关系数

土 类	回 归 方 程	相关系数	适用范围(%)
白浆土	$y = 0.436x + 0.45$	0.96	94.30
棕 壤	$y = 0.493x + 0.89$	0.88	81.25
黑 土	$y = 0.640x + 0.08$	0.88	92.00
草甸土	$y = 0.430x + 0.63$	0.75	56.46

(2) 草甸土二法的回归方程相关系数较低有 43.55% 的点不符合于此方程,也就是磷酸钙的百分含量超过 48% 的较多。

2. 用 0.5MNaHCO₃ 和 (NH₄)₂CO₃ 浸提碱性土的结果相关性较好,以 0.5MNaHCO₃ 浸提测得的结果为 x, (NH₄)₂CO₃ 浸提测得的结果为 y, 其方程为 $y = 0.47 + 0.55x$, 其相关系数 r 为 0.83, 测得的 21 点均符合于此直线方程。

3. 用 0.5MNaHCO₃ 和 0.25NHCl + 0.03N NH₄F 浸提土壤测得速度磷的相关性较好,以 0.5MNaHCO₃ 测得的结果为 x, 0.025NHCl + 0.03NNH₄F 浸提测得结果为 y, 所作曲线方程为 $y = 1.23x - 0.21$ 其相关系数 r 为 0.86, 但当样品趋于碱性时,氟化铵法测得结果偏低,甚至出现零或负数。

小结:

1. 0.5MNaHCO₃ 为浸提液的方法适用范围较广,本垦区各种不同 pH 值的土壤中基本都适用。

2. 0.2NHCl 和 0.025HCl + 0.03N NH₄F 浸提液测定土壤速度磷,在垦区东部、东南部即牡丹江地区酸性土仍然是适用的。在其他地区如磷酸钙含量超过 48% 以上者,不能用 0.2NHCl 浸提,稀酸—氟化铵浸提液也不能用来测碱性土的速度磷。在磷酸钙百分含量 < 48% 的土,用 0.2NHCl、稀酸—氟化铵及 0.5MNaHCO₃ 法浸提测得的速度磷有较好的相关性。

3. 垦区中部和西部地区,由于土壤情况比较复杂,应区别不同土壤采用适合的浸提

(下转 41 页)

**表 2 亚硫酸氢钠对大豆产量
因素的影响**

年 度	处 理 (ppm)	地 上 部 干 物 重 (克)	单 株 荚 数 (个)	百 粒 重 (克)
1974	100	66	20.31	16.8
	OK	47	15.40	15.8
1975	80	—	23.1	12.9
	OK	—	21.6	12.1
1976	150	299.5	28.4	21.7
	OK	228.0	25.4	20.7

我所与中国科学院北京植物研究所生理生化研究室协作。通过盆栽试验和田间试验对大豆某些光合生理特性进行了测定。用丰收 11 和黑农 26 两个大豆品种,以不同浓度的亚硫酸氢钠喷洒植株,喷洒后每隔一定时间,对各处理主茎上的同位叶片进行净光合作用强度,光呼吸强度,光化学活性(叶绿体光还原 2,6-二氯酚靛酚的活力)和乙醇酸氧化酶的活性测定。结果表明 100ppm 的亚硫酸氢钠对早熟品种丰收 11 表现出良好的影响。在初花期到鼓粒期处理后 1~6 天期间,平均比对照提高光合强度 15.6%,抑制光呼吸强度 32.2%,对叶绿体希尔活性平均提高 28.9%。

对乙醇酸氧化酶活性的抑制不规律,有时表现出抑制,有时则促进。亚硫酸氢钠对黑农 26 的光合强度,光呼吸强度和希尔活性的

影响类似丰收 11 的结果。但 100ppm 的亚硫酸氢钠对黑农 26 的乙醇酸氧化酶活性,每次试验均表现出抑制作用,平均抑制 13.1%。测定结果同几年来田间试验所获得增产效果的趋势是一致的。

4. 亚硫酸氢钠有促进大豆成熟的作用

1976 年,我所试验的两个品种黑农 10 号、东农 72-806,处理区都提早成熟约 2~5 天。荚皮和茎秆提前变干,荚皮色较对照深。

5. 经济效益

据讷河县农技站和克山农场核算,每亩喷药三次,药量 20 克加各项费用(包括机耕作业费和人工工等)总计每亩为 1.00 元。如讷河县讷南公社双泉一队,供试大豆品种丰收 12 号,喷洒 150ppm 的亚硫酸氢钠溶液后,亩产 332.4 斤,较对照亩产 290.02 斤增产 42.4 斤,每斤豆按三等(0.24 元)增产值为 10.18 元,增收 9.18 元。

大豆喷洒亚硫酸氢钠是成本低,增产效果较好,经济效益较高的一种增产措施。

二、亚硫酸氢钠的使用技术

通过 1974~1977 年,四年连续试验结果证明,亚硫酸氢钠的适宜用量为每亩 4~6 克,加水 80 斤,溶液浓度为 100~150ppm。

喷洒时期以大豆初花期开始喷洒,连续喷 2~3 次,两次间隔 7~10 天。喷洒时间最好选晴天下午进行,喷洒后 6 小时内下雨时要重新补喷。

(上接 48 页)

液,如友谊农场及其附近各场,查哈阳以西黑钙土地区,磷酸钙含量高的地区,都不能用 0.2N HCl 浸提剂测速效磷,可用 0.5M NaHCO₃ 作浸提剂,有的磷酸钙含量不超过 48% 的中性或酸性土仍可采用 0.2N HCl 作浸提剂。由于磷酸钙含量外观不易鉴别,同时为

了方法的统一,建议本地区的土壤一律采用 0.5M NaHCO₃ 作浸提液测定速效磷。

4. 碱性土(一般 pH>7 的土都可以)采用 0.5M NaHCO₃ 和 (NH₄)₂CO₃ 浸提测速效磷均可,它们之间有良好的相关性。

• 参加此项工作有王兴州、李玉仙、高亚文同志。