

# 江苏省土壤钾素的供应能力与钾肥施用问题

张效朴 杜承林 马茂桐 陈际型 贾义 谢建昌

(中国科学院南京土壤研究所)

随着我国农业生产的不断发展,复种指数和单位面积产量的不断提高,南方不少地区施用钾肥已成为夺取高产稳产的重要条件之一,有关土壤钾素状况和钾肥施用问题愈来愈受到人们的重视。江苏省地处我国南北的过渡带,其土壤是否缺钾,钾肥的需要程度如何,是生产实践上有待明确的一个问题。为此,自 1973 年以来,我们对江苏省土壤钾素的供应能力和钾肥有效施用的条件进行了试验研究,部分结果已有报告(中国科学院南京土壤研究所钾肥组,1975),本文着重就土壤钾素的含量、状态,土壤的供钾能力以及钾肥施用等方面作一小结。

## 一、江苏省土壤钾素的含量状况及影响因素

### (一) 土壤钾素的含量状况

为了了解江苏省各种土壤的钾素供应水平,采集了代表性土壤样品 700 多个,分析了三种形态钾素的含量。即用 1N 中性醋酸铵提取的钾作为速效性钾,它基本包括代换性钾和少量的水溶性钾;用 1N 硝酸煮沸十分钟提取的钾,减去速效性钾所得之值称为缓效性钾,这类钾主要包括层状粘土矿物及黑云母和水云母中的一部分钾;土壤的全钾含量是用碳酸钠熔融法测定的。分析结果按全省八个自然土区列于表 1。

从表 1 的结果可以看出,不同土壤的含钾量差别很大。速效性钾含量最低的只有 4.8 毫克( $K_2O/100$  克土,样本平均数,以下从略),最高达 32.0 毫克;缓效性钾变化在 20.9—145.1 毫克范围内;全钾在 1.41—2.67% 之间。若不同土区相比,缓效性钾和全钾大致以太湖平原的土壤较低,镇仪六丘陵土区、沿江土区、洪泽湖土区及沂沭河土区的土壤次之,而以滨海平原、徐淮黄泛平原和里下河地区的土壤较高。此外,不同土壤三种形态钾素的比例也差别较大,速效性钾一般占全钾的 0.2—1.4%,缓效性钾大多占全钾的 2—6%,而速效性钾一般相当于缓效性钾的 1/10—1/3。这样大的差异,必将影响土壤的供钾能力。

### (二) 影响土壤钾素含量的因素

一般认为,土壤钾素含量之所以不同,主要取决于成土母质、风化淋溶程度和土壤质地等因素(中国科学院南京土壤研究所主编,1978)。在江苏省内,成土母质及南北生物气候特征的变化对土壤钾素的影响,特别对于缓效性钾含量的影响,也是比较明显的。例如本省北部徐淮平原和滨海平原北段由黄淮河冲积而成的土壤,如淤土、脱盐土等,由于成土时间较短,加之所处地理位置的气候比较干旱,土体中碳酸钙含量仍很高,pH 都在

表 1 江苏省土壤

自然土区	土壤名称	主要成土母质	主要采样地点	速效性钾(K <sub>2</sub> O 毫克/100克土)		
				平均值	变幅	样本数
太湖平原土区	淀煞白土、白土	黄土性湖积物	宜兴、武进、无锡、吴县	7.9	5.5—11.0	31
	黄泥土	黄土性湖积物	无锡、江阴、吴县、沙洲	10.1	6.5—16.0	33
	青紫泥、青泥土	黄土性湖积物	吴县	9.0	7.0—11.0	10
	乌山土	黄土性湖积物	江阴、常熟、沙洲	10.8	9.5—12.3	7
	湖滨砂壤土	黄土性湖积物	宜兴	6.0		3
镇仪六丘陵土区	板浆白土、红筋白土	下蜀系黄土	宜兴、高淳、溧阳	6.5	3.2—9.8	28
	板浆白土、红筋白土	下蜀系黄土	仪征、句容、六合	8.1	5.7—11.4	7
	马肝土、黄泥土	下蜀系黄土	仪征、邗江、六合、高淳	13.2	8.2—23.9	30
	黄白土	下蜀系黄土	仪征、邗江、六合、高淳	9.4	7.6—10.9	6
	青泥土	黄土性冲积或湖积	高淳、江宁	14.2	11.1—17.2	7
	红黄壤(旱地)	第四纪红壤	宜兴、高淳	10.0	7.0—13.7	8
洪泽湖土区	白土	下蜀系黄土	盱眙、金湖	9.0	7.4—10.9	5
	黄白土	下蜀系黄土	盱眙、金湖、泗洪	11.1	7.5—15.0	5
	黄泥土、黄土	下蜀系黄土	盱眙、金湖、泗洪	16.8	9.0—26.3	8
	湖黑土	黄土性湖积物	盱眙、金湖、泗洪	18.3	12.5—26.4	21
	红花淤	淮河新近冲积	金湖	32.0		2
沿江土区	高砂土, 等	长江冲积物	如皋、泰县、泰兴、江都、邗江	6.0	3.9—10.8	46
	黄夹砂	长江冲积物	靖江、泰兴、如皋、海门、仪征	9.4	6.3—13.5	28
	黄夹砂	长江冲积物	沙洲、太仓、常熟、江阴	10.2	6.8—18.2	24
里下河土区	鸭屎土、芦粟土	里下河湖积物	兴化、建湖、盐城、淮安、东台	23.8	15.9—39.8	31
	黑粘土、红砂土	里下河湖积物	高邮	17.7	13.5—26.5	18
	黑粘土、鸭屎土	里下河湖积物	江都、海安	14.3	10.9—25.7	8
徐淮黄泛平原土区	飞砂土	黄泛物质	丰县、铜山、涟水	6.4	3.5—10.4	21
	砂土、砂壤土	黄泛物质	丰县、铜山、睢宁、泗阳、淮阴	8.8	5.6—12.1	43
	两合土	黄泛物质	丰县、铜山、沛县、泗阳	14.3	9.8—17.9	17
	淤土	黄泛物质	铜山、丰县、灌云、涟水、淮阴	27.7	19.3—36.9	28
	花碱土	黄泛物质	铜山、睢宁、邳县、淮安	10.9	4.8—20.5	20
	山红土、山淤土	石灰岩风化物	铜山	16.6	14.2—20.8	10
沂沭河土区	包浆土、岭砂土	古老洪积物, 片麻岩风化物	东海、干于、新沂、宿迁	6.2	3.0—12.4	19
	岗黄土、青黑土	古老洪积物, 沉积物	东海、新沂、宿迁	12.7	8.2—18.5	19
	老土、黄淤土	沂沭河新老冲积物	新沂、宿迁、邳县	20.6	10.0—33.8	10
	砂黄土	干马河冲积	干于	4.8	4.2—5.6	4
滨海盐土区	盐潮土、油泥土	黄淮冲积、滨海沉积	响水、射阳、盐城、大丰	26.8	13.3—53.7	31
	脱盐黄泥土	江淮冲积、滨海沉积	启东、海门	26.7	12.9—46.0	17
	脱盐砂壤土	江淮冲积、滨海沉积	启东、海安、南通、如东	20.3	13.6—29.0	18
	脱盐夹砂土	江淮冲积、滨海沉积	海门、启东、南通	14.8	8.6—25.1	15

\* 有少数土壤样品是本所有关同志及省内一些地区农科所提供的。

## 钾素含量状况\*

缓效性钾 (K <sub>2</sub> O 毫克/100 克土)			全钾 (K <sub>2</sub> O%)			备 注
平均值	变 幅	样本数	平均值	变 幅	样本数	
25.9	16.1—46.4	31	1.47	1.10—2.01	21	
36.3	20.5—58.0	33	1.69	1.20—2.28	19	
31.4	20.7—41.0	10	1.95	1.68—2.26	4	
54.5	41.3—68.5	7	1.62	1.46—1.97	4	
20.9		3				
27.7	16.1—46.3	28	1.41	1.13—1.67	17	
44.9	34.3—55.8	8	1.68		3	
72.6	46.7—94.0	12	1.72	1.50—1.94	22	
58.2	40.5—79.4	6				
45.3	33.2—66.3	7				
38.7	32.3—52.6	8	1.45		2	
31.5	29.7—34.6	5	1.48		2	
43.9	30.0—56.5	5	1.56	1.44—1.76	4	
51.0	32.3—72.7	8				
55.9	35.5—87.7	21	1.81	1.68—1.97	4	
121.8		2				面积小, 仅供参考
43.8	22.9—58.5	46	1.78	1.66—1.89	8	
65.2	51.8—85.7	28				
64.6	48.0—79.7	26	2.21	2.04—2.76	7	
87.9	47.7—127.4	31	2.07	1.39—2.63	81	全钾包括过去的分析数据
77.5	67.5—89.5	18				
64.8	47.9—93.1	8				
59.5	38.4—72.0	9	1.74	1.42—2.12	17	
79.5	42.7—99.3	42	1.96	1.70—2.28	17	
95.4	74.2—114.3	16	2.17	2.03—2.39	12	
130.6	100.8—158.1	28	2.50	2.21—2.87	11	
90.7	60.6—115.5	12	1.93	1.52—2.37	19	
96.3	76.8—127.6	10	1.77		2	
30.7	21.0—42.0	19	1.95	1.23—2.76	13	
53.1	38.3—78.5	19	1.88	1.60—2.50	9	
145.1	114.1—173.4	10	2.51	1.88—2.88	5	
47.3	40.9—52.9	4	2.67		1	
126.5	102.0—179.8	27	2.63	2.20—3.04	11	
105.8	83.4—121.7	18				
93.5	79.3—113.8	18	2.14	1.72—2.53	4	
85.5	70.3—99.6	15				

表 2 江苏省几种主要土壤的钾素含量、机械组成及粘土矿物特征\*

成土母质	土名	土壤 pH	土壤钾素含量			机械组成			含钾矿物特征		
			速效性钾 ( $K_2O$ 毫克/100克土)	缓效性钾 ( $K_2O$ 毫克/100克土)	全钾 ( $K_2O\%$ )	细砂和粗粉砂(10—250微米)占土壤%	细粉砂(2—10微米)占土壤%	粘粒(<2微米)占土壤%	粗粒中(2—250微米)含钾矿物总量%	水云母占粘粒%**	粘粒的矿物组成特征
黄泛物质	砂土(铜山)	8.7	5.6	54.7	2.04	93.8	2.2	4.0	5.23	55.5	以水云母为主,有少量蒙脱,绿泥石和蛭石很少
黄泛物质	淤土(铜山)	8.6	33.9	129.1	2.87	40.1	25.7	34.2	4.60	59.5	水云母比例更高,其余同砂土
黄淮冲积滨海沉积	脱盐壤土(射阳)	8.5	24.0	132.5	2.39	64.9	15.9	19.2	4.20	55.8	基本上与以上两种土壤相同
里下河湖积物	鸭屎土(兴化)	8.4	24.6	80.4	2.39	34.6	23.6	41.8	4.06	49.5	水云母稍低,其余与上大致相同
古老洪积物	包浆土(东梅)	6.8	5.2	26.1	1.66	74.1	12.8	13.1	3.88	40.0	水云母少,没有蒙脱,有蛭石和绿泥石
长江冲积物	高砂土(如皋)	8.4	4.7	44.1	1.84	88.1	6.5	5.4	4.06	57.0	与铜山砂土略同
下蜀系黄土	小粉土(江宁)	6.2	14.1	77.1	1.85	51.8	15.7	32.5	2.88	47.3	水云母少,水化度高,颗粒细,绿泥石和蛭石多些
下蜀系黄土	板浆白土(句容)	6.3	8.3	51.3	1.55	56.9	19.3	23.8	2.79	48.2	基本与小粉土相同
黄土性湖积物	淀煞白土(宜兴)	5.5	7.4	21.7	1.32	53.2	24.0	22.8	1.96	39.3	水云母更少,水化度高,颗粒细,绿泥石和蛭石明显增多
黄土性湖积物	黄泥土(无锡)	7.2	13.2	45.2	1.76	46.4	20.5	33.0	2.06	42.7	与淀煞白土相似

\* 矿物鉴定由许翼泉、罗家俊、扬鹤勇、蒋梅茵同志进行。

\*\*\* 按水云母平均含  $K_2O6\%$  推算出来的。由于水化程度不同,可能对北方土壤估计过低,而对南方土壤估计过高。

8 以上,这与其成土母质的西北黄土很接近;粘土矿物鉴定结果(表 2)表明,这些土壤的粘粒(<2 微米部分)中以含钾丰富的水云母为主,含量都在 55% 以上,并有少量持钾能力较强的蒙脱土,粗粒部分(2—250 微米)含钾矿物总量也很高,都在 4.2% 以上,其中尚有较多容易分解的黑云母类矿物。这充分说明它们遭受风化和淋溶作用比较弱,所以土壤缓效性钾和全钾含量都较高,只有一部分质地很轻的砂土速效性钾含量较低。

随着地理位置的南移,风化作用也逐渐增强(江苏省土壤普查鉴定委员会编,1965)。镇仪六丘陵区由下蜀系黄土发育的土壤,例如小粉土和板浆白土等,由于成土母质沉积年代较久,所处地带气候较温暖湿润,土壤剖面中碳酸钙已完全淋失,土壤已呈微酸性,粘粒中水云母含量明显地低于黄泛区土壤,而且水云母的水化度较高,颗粒细,不含钾的绿泥石类矿物明显增多,粗粒中含钾矿物总量只相当于黄泛区土壤的二分之一左右,因此它们的钾素含量比质地差不多的淤土要低得多。而本省最南端的宜溧丘陵区或太湖平原的土壤,土壤反应呈酸性,脱硅富铝化作用已较明显,粘粒中水云母含量更少,水化度更高,粗粒中钾矿物总量也更少,这表明因风化淋溶作用较强,或水分上下移动的影响较频繁,土壤中易于风化的钾矿物多已分解。所以那里的土壤,例如板浆白土和淀煞白土,其缓效性钾量很低,只相当于宁镇丘陵区同一类型的板浆白土的二分之一,也是全省缓效性钾最低的土壤。

又如,沂沭河地区一部分发育于古老洪积物或酸性片岩、片麻岩残积物上的土壤(例如包浆土和岭砂土等),母质中本来含钾较少,加之风化时间较久,侵蚀作用较强,土壤 pH 只有 6.5—7.0 左右;粘粒中水云母含量较少,没有蒙脱土,而有不含钾的绿泥石和蛭石,粗粒中表面上看来还有不少长石和云母,但实际上多为久经风化的残余物,已极难分解,所以速效性钾和缓效性钾都远较同纬度而不同母质的黄泛区土壤为低。而洪泽湖区的土壤,其母质基本上属于下蜀系黄土,所以含钾量大致与丘陵区的对应土壤相近。

在黄泛平原和沿江的冲积性土壤上,土壤质地是影响钾素含量,特别是影响速效性钾含量的重要原因。表 2 中的机械分析结果表明,铜山县的砂土中只含粘粒 4%,2—10 微米的细粉砂 2.2%,而淤土却分别含有 34.0% 和 25.7%,加之这类土壤中的粘土矿物(水云母、蒙脱土等)具有较强的吸持代换性钾的能力,因此质地比较粘重的淤土含有高达 33.9 毫克的速效性钾,而质地很轻的砂土速效性钾只有 5.6 毫克,不砂不粘的两合土,含钾量也介于其间。

此外,不同地形部位也可能影响土壤钾的含量。例如同为下蜀系黄土发育的水稻土,处于缓坡丘陵上部的板浆白土,可能由于侧向淋溶作用较强,土体中粉砂含量较高,而粘粒和盐基成分因淋溶而减少,从而含钾量比处于坡脚或冲田里的粘粒含量较高的马肝土要低得多;而位于坡腰的黄白土,则含钾量一般比板浆白土高但较马肝土低。

## 二、江苏省土壤钾素的供应能力

### (一) 评价土壤供钾能力的依据

衡量土壤钾素供给当季作物吸收利用的水平,一般多用代换性钾的含量为标准;但也有人(Pope and Cheney, 1957)认为,硝酸提取的钾与作物吸收的钾相关性更好,因而可用

硝酸提取的钾作指标;还有人主张 (Pratt, 1951; Chandler et al., 1945),在用代换性钾作指标时,如兼顾非代换性钾的释放速度更好。我们用本省 12 种土壤进行的盆栽试验表明,在大多数土壤上,钾肥的增产率有随土壤速效性钾含量的变化而变化的趋势。例如玉米秸秆的增产百分数与土壤速效性钾之间的相关系数为  $-0.84^*$ ,晚稻稻谷与它的相关性更高(图 1)。同时,玉米植株养分分析结果(表 3)表明,玉米吸收的总钾量或吸收速效性钾的量与土壤速效性钾的关系也是很密切的(图 2)。此外,对 140 余次大田试验的结果统计看出,尽管田间的条件比较复杂,作物对于钾肥的反应与土壤速效性钾的相关性仍

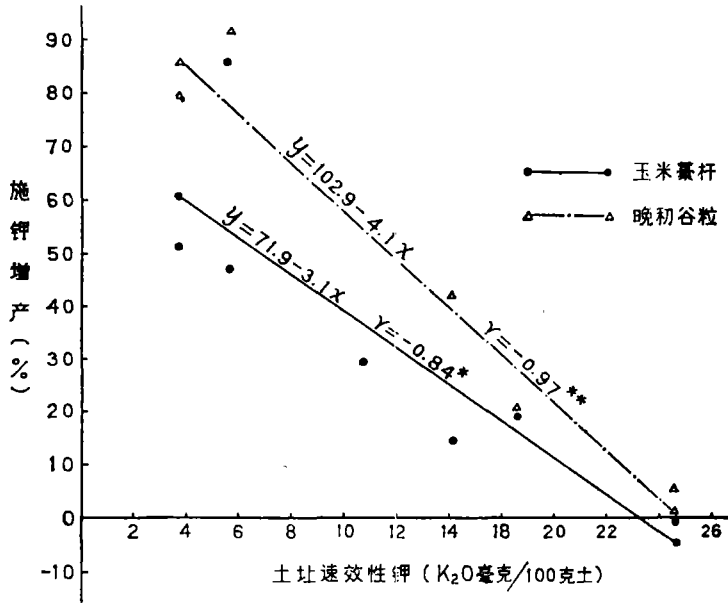


图 1 不同土壤上施钾的作物增产率与土壤速效性钾的关系

注: 相关系数 (r) 上标有\*者,表示达 5% 显著平准,\*\*表示达 1% 显著平准,以下同此。

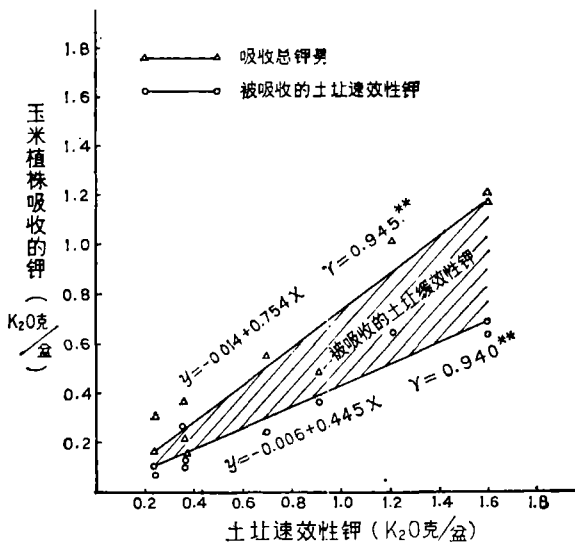


图 2 玉米植株吸收的钾与土壤钾的关系

达到了显著平准 ( $r = -0.314^{**}$ )。这就说明土壤速效性钾一般可反映土壤供给当季作物利用的能力,或者说一般是可把它作为评价土壤供钾能力的依据的。但是我们还发现,在某些土壤上钾肥对作物的增产率与土壤速效性钾的关系较差,例如盆栽中的早稻稻谷增产率与速效性钾的相关系数只有  $-0.64$ , 未达到显著平准,小麦的结果与它的关系更差。而且土壤速效性钾的含量常因耕作施肥及作物吸收利用的影响而变化较大,土壤质地或代换量的不同,也可能影响速效性钾的相对有效性 (International Potash Institute, 1977)。因此,如单用速效性钾作标准,其准确程度和适用范围皆有局限性。

表 3 不同土壤上玉米植株对钾的吸收情况 (盆栽,玉米茎秆)

土 壤	植株干重 (克/盆)	植株含钾 ( $K_2O\%$ )	土壤缓 效性钾 ( $K_2O$ 克/ 盆)	土壤速效性钾 ( $K_2O$ 克/盆)		植株吸收的钾量 ( $K_2O$ 克/盆)		
				种 植 前	种 植 后	吸收总量	吸收速效 性钾量*	吸收缓效 性钾量*
高砂土	25.4	1.19	2.72	0.24	0.17	0.30	0.07	0.23
砂土	12.4	1.74	3.55	0.36	0.23	0.22	0.13	0.09
砂壤土	24.5	2.23	5.54	0.70	0.44	0.55	0.26	0.29
黄土	42.0	1.15	5.01	0.92	0.54	0.48	0.38	0.10
红砂土	45.1	2.23	2.80	1.21	0.55	1.01	0.66	0.35
鸭屎土	35.2	3.47	5.23	1.60	0.96	1.21	0.64	0.56
红壤	24.4	1.53	0.68	0.36	0.08	0.37	0.28	0.09
砖红壤	5.5	1.53	0.21	0.35	0.26	0.09	0.09	0.0

\* 被吸收的速效性钾 = 种植前土壤速效性钾 - 种植后剩余的土壤速效性钾 (Salmon, 1965); 被吸收的缓效性钾 = 吸收总量 - 被吸收的速效性钾量。

许多研究指出,代换性钾与非代换性钾处于动态平衡状态 (Attoe and Truog, 1945),当代换性钾移走后,非代换性钾会释放出来补充到代换性钾中去。在我们的上述盆栽试

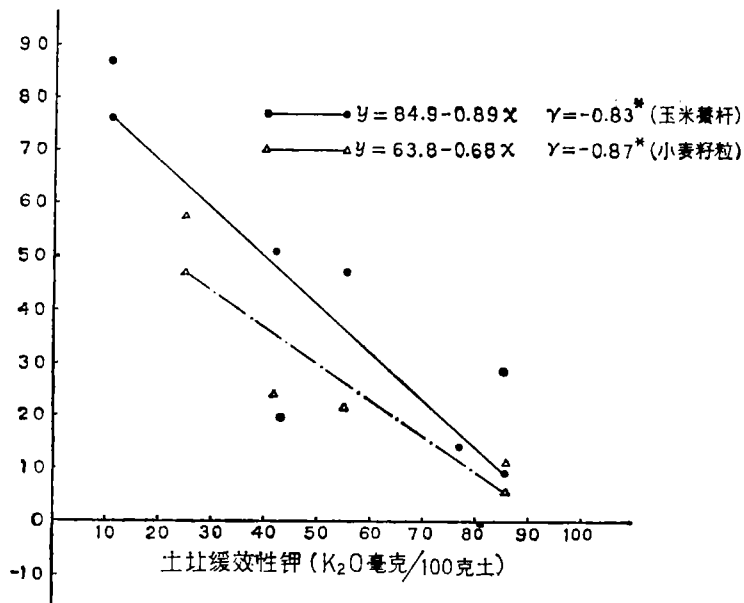


图 3 不同土壤上施钾的作物增产率与土壤缓效性钾的关系

验中,钾肥对玉米的效果与缓效性钾的关系也很密切(图3),而且正如图2所示,玉米吸收的钾有相当一部分就是由缓效性钾释放出来的,虽然由于玉米根系未曾分析,而低估了缓效性钾的供给能力。需要特别指出,在速效性钾水平较低的某些土壤上,缓效性钾的作用更明显地表现出来。例如在前面曾言及的小麦试验,其所使用的土壤主要有速效性钾7毫克、缓效性钾只有21.7毫克的淀煞白土,和两种速效性钾很低(分别为3.7毫克、5.6毫克)而缓效性钾较高(分别为41.9毫克、54.7毫克)的高砂土及砂土等,结果表明,白土上的增产幅度最高,而两种砂土的增产率较低,它们与缓效性钾的相关性达到了显著平准( $r = -0.87^*$ ,见图3)。田间多次试验也均证明,白土施钾增产效果显著,而在两种砂土上,只有某些喜钾作物肥效较好,禾谷类作物一般反应较差。这就清楚说明,在速效性钾水平较低时,土壤缓效性钾的含量可能是决定土壤供钾能力的主要因素。所以我们认为,评价土壤钾素的供应能力,除主要可根据速效性钾的含量外,也应考虑缓效性钾的多寡。特别如欲同时了解土壤的供钾潜力,则兼顾这两项标准可能更为必要。至于土壤全钾含量的影响,一般都是比较次要的。

## (二) 土壤供钾水平与钾肥反应的关系

为了探讨具有实践意义的土壤供钾能力的指标,我们与宜兴、如皋、淮阴及铜山等地的有关部门协作,在几种不同土壤上进行了五十多块田间试验,结果列于表4。表4表明,一般在速效性钾低于8毫克、缓效性钾在30毫克左右的土壤上,钾肥肥效往往比较显著。例如在宜兴的淀煞白土上,若不施或少施有机肥,钾肥可增产稻谷 $90.2 \pm 26.9$ 斤/亩,或小麦 $36.0 \pm 12.6$ 斤/亩;又如东海县在包浆土上的六次花生试验,钾肥平均增产17.8%,山芋的效果也很好。而速效性钾在10毫克左右和缓效性钾为35毫克左右的青紫泥或黄泥土上,正如我所东亭点(中国科学院南京土壤研究所东亭任务组,1977)及苏州地区农科所的试验<sup>1)</sup>所表明的那样,钾肥对水稻的效果已开始表现出来,但增产幅度多在5—10%左右。

在速效性钾4—10毫克(高者尚有14毫克的)而缓效性钾40—80毫克的各种砂土上,钾肥的效果一般随作物种类而不同,对于需钾较多或吸钾能力较弱的喜钾作物,钾肥肥效大都比较显著。例如7次棉花试验,每亩施用20—35斤氯化钾,可增产皮棉 $18.1 \pm 6.5$ 斤,平均增产15.3%;甜菜、菸草、花生、大豆等作物一般也都增产10—20%左右;但在这些砂土上,禾谷类作物(玉米除外)的效果往往较差,只有在氮磷肥充分供应时,才表现一定的增产效果。

速效性钾在8—14毫克、缓效性钾仍为40—80毫克的土壤上,钾肥的效果一般只表现在种植喜钾作物或在其他特殊条件下,且增产幅度往往较低。例如靖江县在黄夹砂土上重茬棉花试验以及东海县在岗黑土和黄粘土上的水稻和山芋等试验,增产幅度多在10%以下。此外,在速效性钾为12—16毫克的马肝土、小粉土和湖黑土上,水稻等作物对钾肥的反应一般不明显。至于那些速效性钾在20毫克左右或更高、缓效性钾高于80毫克的各种土壤,像淤土、两合土、鸭屎土和盐潮土等,钾肥一般都无效<sup>2)</sup>,甚至在盆栽的第二次种植中也难以看出差异。

1) 苏州地区农科所:化肥试验网试验汇编,1975。

2) 徐州地区农科所:徐州地区钾肥试验总结,1977。



表 4 不同土壤上几种作物对钾肥的反应\*

试验地点	土 壤		作物	试验次数	施钾增产		备 注	
	土 名	速效性钾** (K <sub>2</sub> O 毫克/ 100克土)			缓效性钾** (K <sub>2</sub> O 毫克/ 100克土)	斤/亩 ( $\bar{x} \pm S$ )		%
宜 兴	淀煞白土	6—8	20—30	水稻	6	90.2±26.9	15.4	
宜 兴	淀煞白土	6—8	20—30	小麦	5	36.0±12.6 (165) <sup>A</sup>	26.2 <sub>A</sub> (87.3)	<sup>A</sup> 括号内增产数系播种迟、遇低温、冬旱的结果
宜 兴	黄泥土	9	30	红花草	1	879	22.5	
东 海	包浆土	4—8	20—35	花生	6	44.8±17.8	17.8	
东 海	包浆土	4—8	20—35	山芋	4	595±239	35.4	多为大田对比试验由公社农技站进行
如皋、泗阳	砂土、砂壤土	6—8(14)	50—90	棉花	7	18.1±6.5	15.3	皮棉产量
如皋、铜山	高砂土、飞砂土	5—8(10)	50—80	花生 黄豆	6	42.6±17.4	13.4	
如皋、淮阴、铜山	高砂土、砂土	6—8(10)	50—80	玉米	3	40.9±13.2	10.2	
淮 阴	砂壤土	14.0	73.2	烟草	1	58.3	20.1	钾肥用硫酸钾、烟叶品质改善
如皋、淮阴	高砂土、砂壤土	6—8(10)	40—70	甜菜	3	267±29	16.3	含糖率提高0.5%
铜山、淮阴、如皋	砂土、高砂土	6—8(10)	40—80	山芋	5	186±46	7.1	切干率提高2.5%
江都、如皋、淮阴、铜山	高砂土、砂土	5—8(14)	40—80(90)	水稻	12	36.5±20.9	5.6	
如皋、淮阴、铜山	高砂土、砂土	5—8(14)	40—90	小麦 大麦	10	24.4±28.9	5.0	
东 海	黄粘土、湖黑土	8—14	40—80	水稻	5	44.0±21.2	5.3	
东 海	岗黄土、黄粘土	8—12	40—80	花生	3	21.0±8.1	7.8	

\* 与宜兴、如皋、泗阳等地协作进行,东海试验由当地进行。

\*\* 括号内数字为少数田块的钾素水平。

此外,就所统计过的140余个试验结果来看,在增产率超过10%的64个试验中,有37个是在速效性钾为8毫克以下的土壤上,占58%,其余基本都在8—16毫克速效性钾的土壤上;相反,在增产幅度不足10%的77个试验中,大部分(71.5%)都是在速效性钾高于8毫克的土壤上得到的;而在速效性钾高于16毫克的土壤上,即使有个别结果似乎是增产的,但统计上往往不够显著。因此,根据这些结果,我们有可能对江苏省土壤供钾能力指标的划分作初步地尝试。

### (三) 江苏省土壤钾素供应能力的等级

表5 江苏省土壤钾素供应能力等级

等级	速效性钾 (K <sub>2</sub> O毫克/100克土)	缓效性钾 (K <sub>2</sub> O毫克/100克土)	土壤供钾能力	钾肥反应情况	主要代表性土壤
1	4—8	20—40	低	禾谷类作物一般增产显著	淀絮白土、板浆白土、包浆土
2	4—8	40—80	中下	喜钾作物一般增产显著,禾谷类作物效果依具体条件而变化	高砂土、飞砂土、太湖黄泥土、青紫泥、红黄壤
	8—12	20—40			
3	8—12	40—80	中	喜钾作物一般有一定效果,禾谷类作物一般增产不显著	沿江黄夹砂、乌山土、徐淮砂壤土、黄白土
4	12—16	40—80	中上	喜钾作物有时有效果	马肝土、湖黑土
5	16—20	80—120	高	一般无效	鸭屎土、两合土、南通黄夹砂
6	>20	>120	极高	无效	淤土、老土、滨海盐土

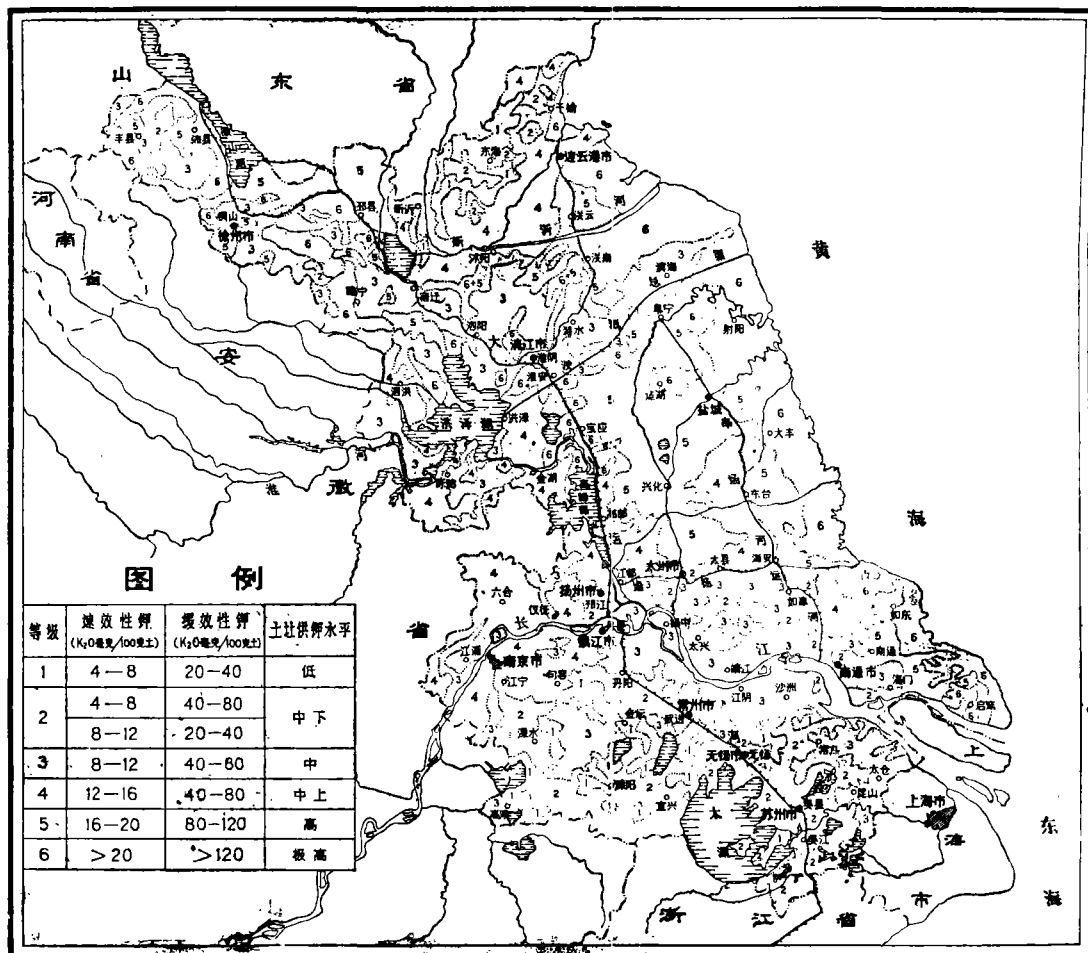


图4 江苏省土壤钾素供应能力示意图

注: 本图由张维新同志清绘。

为了便于了解各类土壤的供钾水平和指导钾肥的施用, 鉴于上述关于评价土壤供钾能力主要应根据速效性钾, 同时应考虑缓效性钾的认识, 在大量田间和盆栽试验的基础上, 根据江苏省各种土壤的这两种形态钾素的含量, 初步将全省土壤的钾素供应能力分成“低”到“极高”等六个等级。其不同等级的速效性钾和缓效性钾指标及各级的代表性土壤连同概略的钾肥反应情况, 一并列于表 5。

根据上面划分的等级, 编制了江苏省土壤钾素供应能力示意图(图 4), 以供有关部门对钾肥的分配和施用时参考。

### 三、江苏省不同土壤的钾肥施用问题

#### (一) 钾肥的因土施用

综上所述, 作物对钾肥反应的大小主要取决于土壤的供钾能力, 而作物的种类也常常影响钾肥的效果。因此, 在一般情况下, 钾肥的合理施用主要应依据土壤供钾能力的高低, 其次应重视不同作物的类别。根据江苏省各种土壤供钾水平的特点, 我们作如下几点建议: (1) 供钾能力较低的淀絮白土、板浆白土、太湖湖滨的砂壤土及苏北的包浆土或岭砂土等, 它们各种主要的养分都很缺乏。为了均衡增产, 在综合改良这些低产土壤的同时, 一般必须施用钾肥。(2) 供钾能力“中下”等的沿江高砂土、徐淮飞砂土和质地较粗的砂土等, 面积较大, 供肥保肥能力低, 又是本省的棉花、菸草、甜菜、花生等经济作物的重要产地之一, 需要分次施用钾肥以提高这些喜钾作物的产量和改善产品品质。(3) 黄泥土和青紫泥等水稻土, 是太湖地区和宜溧丘陵区的主要农田, 由于近年来普遍改种三熟制, 化学氮磷肥的用量越来越大, 加之有机肥用量较少, 从而随作物带走的钾素越来越得不到必要的补充, 而且土壤本身的供钾潜力较低, 所以养分平衡失调。为了高产稳产, 在大量施用氮磷肥的同时, 配施少量的钾肥已提到日程上来了。(4) 对于供钾能力中等或略高的黄夹砂、黄白土和乌山土等, 如连续种植棉花或其他喜钾作物, 补施少量钾肥也是有益的。(5) 钾素供应能力较高的滨海地区和里下河地区的大部分土壤以及徐淮地区的淤土、老土、两合土等, 目前一般尚不需施用钾肥。

#### (二) 合理施用钾肥应考虑的其他因素

有时在缺钾的土壤上可以遇到钾肥无效的田块, 而在供钾能力较高的土壤上, 也会出现施钾增产的现象。这是因为除土壤和作物之外, 还有其他一些因素可能影响钾肥的效果, 例如有机肥的施用量、前茬作物施用钾肥的情况、生产水平和氮磷肥的施用水平、气候条件和土壤环境条件等等。为了合理地施用钾肥, 对这些条件作进一步地了解是有必要的。有关生产水平和氮磷肥施用水平等, 前面已略有提及, 下面仅对某些因素作补充讨论。

1. 有机肥的施用量。由于有机肥(绿肥除外)或稻草中含有较多的钾素, 所以当有机肥用量较高时, 化学钾肥的效应将会降低。例如江都的双季稻试验中(表 6), 早稻亩施四吨草塘泥(含有的速效性钾相当于  $K_2O$  3.6 斤, 尚含有较多的缓效性钾)后, 钾肥只增产 6.5%, 晚稻继续施三吨草塘泥, 再施钾肥没有增产, 而不施有机肥区, 钾肥两季皆增产 10% 左右。又如如皋棉花试验中, 施用较多的有机肥后, 钾肥对棉花的增产率为 7.3%, 而

不施有机肥者,钾肥增产皮棉 15.6%。可见,如有机肥用量较高或稻草还田较多,则可少施或不施化学钾肥。

表 6 有机肥施用量与钾肥的后效对钾肥肥效的影响 (江都县, 1977 年)

试验处理		早 稻			晚 稻				备 注	
		产 量 (斤/亩)	施钾增产		裂区后 处 理	产 量 (斤/亩)	施钾增产			处理间 差 异 (相对%)
			斤/亩	%			斤/亩	%		
不施用有机肥	O	625.5	—	—	O	493.0	—	—	100	
					K	542.6	49.6	10.0*	110.0	
	K	682.9	57.4	9.2*	O	515.8	—	—	104.6	
					K	545.2	29.4	5.7	110.6	
施用有机肥	O	640.4	—	—	O	541.3	—	—	①“O”和“K”处理同上;②前季用草塘泥4吨/亩,后季用草塘泥3吨/亩,作基肥施用③每季用硫酸70斤/亩,普钙50斤/亩	
					K	555.6	14.3	2.7		
	K	682.9	42.5	6.6*	O	551.9	—	—		
					K	561.5	9.6	1.7		

\* 达 5% 显著平准。

2. 前茬作物施用钾肥后,再施钾肥则肥效可能降低。如表 6 所示,在不施有机肥区,早稻每亩施用 25 斤氯化钾之后,晚稻再施钾肥只增产 5.7%,这与早稻施钾的后效(增产 4.6%)差不多。可见钾肥用量较高时,是会有一定的后效。因此,在这种情况下,钾肥可以少施。

3. 低温、干旱等不良气候下,钾肥的效果往往比正常气候下更显著。例如 1974 年宜兴的两块钾素水平基本相同的小麦试验(表 4),一块田因播种期较迟,出苗不久即遭遇低温和冬旱,对照区小麦前期生长很差;而施钾区生长一直很正常,这可能是由于钾肥促进了植株和根系的发育,增强了小麦抵抗低温干旱的能力,因而最后的增产率高达 87.3%。但另一块播种较早的小麦,不论施钾或不施钾,苗期阶段生长都很好,后来的低温干旱对它们影响很小,最后施钾的只增产 14.7%。又如高砂土地区在连续几年棉花试验中观察到,若秋季遇干旱,棉花红叶茎枯病和早衰现象一般较严重,钾肥增产作用一般也较大。这可能由于土壤干旱影响了钾素的活性,根系难以吸收所致。因此,如遇特殊不良的气候时,增施钾肥可能是有益的。

此外,如果土壤的物理化学环境很差,比如通透性不良、有毒物质过多、土壤糊烂等,则可能影响根系的发育和对钾的吸收,此时施钾肥,直接改善了钾素的供应状况,增产效果往往较显著。例如在盆栽试验中,一种通透性很差、还原性较强的土壤,虽然速效性钾含量并不十分低,但不施钾肥的水稻根系黑色,迟迟不发棵,而施钾的水稻生长像正常土壤一样好。看来,对于供钾能力较低而土壤物理化学性质特差的土壤,应首先满足钾肥的需要。

## 参 考 文 献

- 中国科学院南京土壤研究所钾肥组, 1975: 江苏不同土壤上钾肥肥效的研究。土壤, 第 3 期, 119—127 页。
- 中国科学院南京土壤研究所主编, 1978: 中国土壤。392—403 页, 科学出版社。
- 中国科学院南京土壤研究所东亭任务组, 1977: 苏州地区双三制下提高氮肥对水稻的增产效果问题。土壤, 第 3 期, 127—135 页。
- 江苏省土壤普查鉴定委员会编, 1965: 江苏土壤志。江苏人民出版社。
- Attoe, O. J. and Truog, E., 1945: Exchangeable and acid-soluble potassium as regards availability and reciprocal relationships. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 10: 81—85.
- Chandler, R. F., Peech, M. and Chang, C. W., 1945: The release of exchangeable and non-exchangeable potassium from different soils upon cropping. *J. Amer. Soc. Agron.*, 37(9): 709—721.
- International Potash Institute, 1977: Potassium Dynamics in the Soil. Bern Switzerland.
- Page, A. and Cheney, H. B., 1957: The potassium supplying power of several Western Oregon Soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 21: 75—79.
- Pratt, P. F., 1951: Potassium removal from Iowa soils by greenhouse and laboratory procedures. *Soil Sci.*, 72: 107—117.
- Samon, R. C., 1965: Release of non-exchangeable potassium from some Rhodesian soils cropping with grass. *Jour. Agric. Sci.*, 65: Part 1, 135—138.

## THE SUPPLY OF SOIL POTASSIUM AND THE EFFECT OF POTASSIUM FERTILIZER ON CROP RESPONSE IN KIANGSU PROVINCE

Chang Hsiao-pu, Tu Cheng-lin, Ma Mao-tong, Chen Chi-hsing,  
Chia Yi and Hsieh Chian-chang

(*Nanking Institute of Soil Science, Academia Sinica*)

### Summary

The potassium contents of various soils in Kiangsu differ greatly. Analysis of more than seven hundred representative soil samples selected from different parts of the Province showed that the contents of available K (1 N  $\text{NH}_4\text{OAc}$  extractable) in soils ranged 4.8—32.0 mg  $\text{K}_2\text{O}/100$  g soil, slowly available K (soluble in boiling 1 N  $\text{HNO}_3$ ) 20.9—145.1 mg  $\text{K}_2\text{O}/100$  g soil, and the total  $\text{K}_2\text{O}$  1.41—2.67% (for detailed informations refer to table 1 in the Chinese text). It was found that the parent materials and their degree of weathering, and soil texture have caused such differences.

The corn plants grown in greenhouse indicated that the amount of potassium taken up by the plants in different soils was closely correlated to the level of initial available soil K ( $r = 0.94$ ). Extensive results from field experiments revealed that good responses of crop yield to K fertilizer was found on the soils with low level of available K. However, in certain cases, good correlation between the crop yield and the contents of slowly available soil K were found. In present investigation, the potassium supplying power of soils in Kiangsu was classified into six levels in accordance with contents of available and slowly available K. In general, potash should be applied to the soils at low K-level, such as various whitish soils in southern Kiangsu and the pao-chiang soil (a bleached sandy brown soil) in northern Kiangsu and others. Potassium fertilizer was recommended for K-sensitive crops, such as cotton, sugar-beet, tobacco, peanut and soybean in the soils of K-supplying power below medium level. In the high productive soils of Tai Lake area where dressing of N, P fertilizers was usually higher, application of K fertilizer was also beneficial. However, in the saline soils of the coastal area and in the alluvial deposits of silt clay texture along the old Yellow River as well as in the rice soils developed from lacustrine deposits where potassium supply was usually high, K fertilizer was unnecessary.