

土壤钾素的有效性及其评定方法的研究*

谢建昌 杜承林

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

用生物耗竭试验法研究了在不同供钾潜力土壤上,植物对钾肥的反应,植物对土壤钾和肥料钾的利用。

不同供钾潜力土壤的钾素有效性是不同的,通过植物吸收,速效钾和缓效钾均有不同程度的降低,植物吸钾量中部分来自矿物钾,但矿物钾释放量只占矿物钾总量的0.04—1.58%。矿物钾的释放很慢,不能满足植物迅速生长的需要。

用阳离子树脂袋法和其它化学方法与生物法进行了比较。用树脂袋法和生物法测得的矿物钾释放量,二者接近。树脂袋法的提取量同水稻和小米草吸钾量也很接近,而且二者的相关性均达到0.916**。树脂袋法较生物法简便。

关于土壤钾素形态、转化和有效性的研究,受到了国内外有关学者的广泛重视^[1,6-9]。目前国内已较普遍地采用生物、化学和物理化学方法,以了解不同土壤钾素的含量和土壤的相对供钾潜力,为钾肥的合理施用提供依据^[2-5]。近年来,我们在过去工作的基础上对不同土壤的钾素有效性和评定方法进行了试验研究,现将部分试验结果整理报告如下。

一、材料和方法

供试土壤采自广东等21个省、市、自治区,土壤的成土母质有19种,共35种土壤。土壤的成土母质和钾素含量以及某些理化性质列于表1。供钾能力分属于从“极低”到“极高”7个供钾等级,可反应我国主要土壤类型的供钾潜力。

阳离子交换树脂:用国产732型阳离子树脂经HCl处理成氢质。在40°C下烘干过40孔筛,一部分直接使用,另一部分装入用尼龙网(100目)缝成的小袋(7cm×9cm)中,封口备用。

(一)土壤某些性质的测定方法:全钾用Na₂CO₃半熔法。阳离子交换量用EDTA-铵盐快速法。土壤粘粒用吸管法。粘土矿物组成由Mg-甘油水溶液制成定向薄片,用X光衍射分析。植株全钾用0.5N盐酸浸泡法。

(二)生物耗竭试验:1978年用表1中的35种土壤进行短期耗竭试验,供试作物为水稻。每盆装土1.3—1.7kg,强酸性土壤每盆加CaCO₃ 2.5克,部分土壤补充微量元素。设对照和施钾(K₂O 0.48克/盆)两个处理,氮、磷用量相同(N_{0.4}克, P₂O₅ 0.4克/盆),重复3次。每次待水稻生长至分蘖盛期收割。将同一处理的土壤混匀,再分装3盆,继续种植。历时150多天。1979年选用30种土壤,用多

* 参加工作的还有:陈际型、马茂桐同志。

表 1 供试土壤的钾素含量和某些性质
Table 1 Some properties of the soils studied

土号 Sam- ple No.	地 点 Locality	成 土 母 质 Parent material	土 壤 Soil	pH	钾 素 含 量 K content			粘粒含量 Clay content (%)	阳离子交 换量 CEC (m.e/100g 土)	钾饱和度 K saturation (%)	矿物组成* Dominant clay minerals
					全 钾 Total K (K ₂ O%)	速效钾 Avail. K (mg K ₂ O/100g土)	缓效钾 Slowly avail. K				
1	广东徐闻	玄武岩风化物	砖红壤	5.21	0.33	2.3	3.7	6.20	0.79		
2	广东化州	花岗岩-片麻岩风化物	赤红壤	4.92	0.43	3.1	4.5	4.35	1.52		
3	广东恩平	砂页岩风化物	水稻土	5.60	0.66	1.2	2.3	3.55	0.72		
4	广东广州	花岗岩风化物	水稻土	5.18	3.22	6.6	14.9	6.10	2.31	K. Ch. Mi.	
5	广东中山	冲积物	油格田	5.19	2.57	11.2	45.1	16.32	1.46	I. K. Sm. Ch.	
6	广西来宾	石灰岩风化物	黑泥土	7.01	0.23	3.0	2.8	12.63	0.51	V. Ch. K. Q.	
7	贵州福泉	石灰岩风化物	灰泡土	7.12	1.76	8.4	30.1	22.02	0.81	Ch. K. Sm. I.	
8	云南曲靖	湖积物	胶泥田	7.78	3.92	18.9	74.1	14.00	2.88	I. Ch. K.	
9	四川重庆	紫色页岩风化物	紫色土	5.02	2.16	11.4	72.6	25.88	0.94	Mi. Sm.	
10	湖南衡阳	紫色页岩风化物	紫色土	7.00	3.43	20.7	71.8	26.45	1.64	I. Sm. K. V. Q.	
11	湖南湘潭	湘江冲积物	水稻土	6.42	1.52	18.9	23.1	14.19	2.84	Mi. K. Gh.	
12	福建光泽	花岗岩风化物	水稻土	4.92	3.96	7.7	24.3	9.60	1.71	K. I.	
13	江西宜春	石灰岩风化物	水稻土	6.80	2.05	5.6	25.4	13.10	0.91	K. Ch. Sm.	
14	江西丰城	赣江冲积物	水稻土	5.10	3.09	8.5	60.5	8.16	2.22		
15	江西进贤	第四纪红色粘土	黄泥土	4.87	0.98	3.6	8.8	4.02	1.85	K. V. I.	
16	江西余江	红砂岩风化物	水稻土	5.15	0.96	3.6	10.9	7.57	1.01	V. Ch. K.	

17	浙江金华	第四纪红色粘土	5.19	1.05	6.3	11.2	37.38	6.88	1.95	Ch. K. I.
18	浙江绍兴	钱塘江冲积物	5.12	1.99	7.1	34.9	34.71	15.47	0.98	Mi. K. Ch.
19	上海南汇	长江新冲积物	7.68	2.55	17.3	118.2	40.82	17.06	2.16	Mi. K. Ch.
20	江苏无锡	太湖湖积物	6.33	1.52	8.5	33.5	—	18.45	0.98	V. Ch. I. K. Q. F.
21	江苏无锡	太湖湖积物	6.72	1.80	12.9	48.1	—	20.23	1.36	V. Ch. I. K. Q. F.
22	江苏江宁	下蜀系黄土	6.45	1.99	10.8	94.7	32.16	15.19	1.51	K. Mi. Ch.
23	安徽霍邱	湖积物	6.37	2.46	22.0	139.1	49.08	24.36	1.92	Mi. Ch. Sm. K.
24	安徽固镇	冲积物	7.18	1.64	16.5	58.5	34.45	22.80	1.54	Sm. I. K.
25	河南新乡	黄泛冲积物	8.16	2.42	20.0	148.0	30.94	14.57	2.92	I. Sm. K. Ch.
26	河南开封	黄泛冲积物	8.46	2.07	6.7	86.3	3.83	5.91	2.42	Sm. I. K. Ch.
27	山东青岛	花岗岩风化物	6.01	2.18	14.3	60.2	20.74	14.47	2.11	I. Sm. K. Ch.
28	山西太谷	黄土物质	7.00	2.29	17.3	106.2	18.09	11.02	3.34	I. Sm. K. Ch.
29	内蒙呼和浩特	冲积-洪积物	8.03	2.38	30.5	147.0	24.27	16.94	3.84	I. Sm. K. Ch.
30	辽宁沈阳	黄土物质	6.38	2.46	22.0	89.0	40.61	23.28	2.01	Sm. I. K. Ch.
31	吉林安图	冲积物	4.54	1.52	12.5	30.9	18.73	29.90	0.89	Sm. Ch. I. K.
32	黑龙江爱辉	黄土物质	6.13	2.62	26.5	102.0	29.20	29.90	1.89	Sm. I. Ch. K.
33	陕西武功	黄土物质	8.16	2.60	22.3	167.7	26.10	12.45	3.82	I. Sm. Ch. K.
34	陕西汉中	黄土物质	6.44	1.94	6.1	38.7	19.49	11.99	1.09	Ch. I. K.
35	新疆阜康	荒漠灰钙土	8.12	2.66	37.6	147.4	34.94	19.63	4.08	I. K. Sm. Ch.

粘粒含量和矿物组成由本所物化室矿物组提供。

* Ch.: 绿泥石, F.: 长石, I. 伊利石, K. 高岭, Mi. 云母, Q. 石英, V. 蛭石, Sm.: 蒙脱石。

年生大米草进行了长时间的耗竭种植试验,历时 780 天。处理、施肥同水稻,但第 1 次每盆补加 NaCl 0.3 克,收割 7 次。试验均用蒸馏水浇灌。

(三) 其它提取方法

(1) 阳离子交换树脂、 NH_4Ac 法: 称土 5 克,加 2.5 克氢质树脂,30ml 水,在 25°C 下振荡 3 小时,再加 1N NH_4Ac 100ml 继续振荡半小时提取。

(2) 阳离子交换树脂袋连续提取法: 称土 5 克加入 200ml 塑料瓶中,加水 30ml,放入树脂袋一只, 25°C 下振荡 3 小时,取出树脂袋洗净(水回原瓶中,以防止土壤损失)。另加树脂袋一只进行第 2 次提取,如此连续,可随需要选用次数。树脂袋中的钾用 1N NH_4Ac 50ml 振荡半小时提取。

(3) 0.6N NaTPB : 称土 5 克,加入含 0.5% $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的 0.6N NaTPB 溶液 8ml (经过滤后的澄清液),振荡 15 分钟,再加 1N NH_4Ac 5ml 继续振荡 15 分钟。生成的 KTPB 和 NH_4TPB 沉淀用丙酮溶解,滤于 250ml 的烧杯中,在 70°C 水浴上加热,待 NH_4^+ 挥发呈糊状后,溶解残渣提取。

(4) 1N NH_4Ac : 称土 10 克,加 100ml 1N NH_4Ac 振荡 5 分钟,平衡半小时提取。

(5) 1N HNO_3 : 称土 5 克,加 1N HNO_3 50ml 煮沸 10 分钟提取。

(6) 1N HNO_3 碱/ N NH_4Ac 法(即缓效钾)。

(7) 6N 冷 H_2SO_4 : 称土 10 克于烧杯中,加 6N (冷) H_2SO_4 20ml,静置半小时提取。

二、结果和讨论

(一) 植物对土壤钾素的利用

1. 在不同供钾潜力土壤上植物对钾肥的反应 从 1975 年起,我们用水稻进行了耗竭试验,所得结果部分已经报道^[2]。水稻生长迅速,能在短期内耗竭土壤中的有效钾,是直接了解土壤钾素相对供应能力的较好方法。但在供钾潜力较低的土壤上,连续种植 1—2 次后,植株就死亡,这部分土壤的试验不能继续进行,故 1979 年又选用生长较缓慢的多年生大米草进行试验,其结果列于表 2。

表 2 连续种植时大米草对钾肥的反应

Table 2 Response of *Spartina anglica* (A. S.) to K fertilizer under successive cropping

供钾潜力等级 Grades of K supplying potential	供试土壤(个) No. of soils treated	施钾大米草干物质增加(%)(均值) Increase of dry matter by K-dressing (%)			
		第一次 1st crop	第三次 3rd crop	第五次 5th crop	第七次 7th crop
极低	5	91.2	99.0	346.6	*
低	2	24.0	61.0	352.3	*
中下	5	28.7	89.8	372.5	*
中	4	2.9	13.4	131.9	*
中上	5	9.0	20.9	85.4	621.3
高	5	1.4	24.9	78.3	459.5
极高	4	3.3	23.5	46.3	369.7

* 对照处理大米草因缺钾死亡。

结果表明,在供钾潜力低的土壤上的第 1 次种植,大米草对钾肥的反应已很明显,但

供钾潜力高的土壤上尚未表现。在同一级供钾潜力水平下,随着种植次数的增加,对钾肥的反应越来越大,到第7次时,供钾潜力在中等以下的土壤上,大米草死亡,极高的亦表现了明显的效果。这与已报道过的水稻结果相似。从图1的比较中可以看出,水稻对钾肥的反应较大米草为明显。

2. 植物对土壤钾素的利用 不同土壤上植物对钾肥的反应程度,主要决定于生长过程中土壤有效钾的供应数量和速率。由表3可看出,无论是水稻还是大米草,在对照处理中的吸钾量均随供钾潜力水平提高而增加,吸钾量“极低”与“极高”者相比,水稻相差38.4倍,大米草相差6.4倍。当对照处理土壤所提供的钾量从少到多时,则施钾时的干物质增长百分率由大到小,这充分说明,不同土壤上植物对钾肥的反应,决定于土壤供钾水平。

对照处理水稻和大米草的吸钾量对比表明,由于大米草是多年生植物,生长缓慢,不象水稻那样容易发生死苗现象,故它在供钾能力较低的土壤上的吸钾量也是较高的。施钾处理植物吸钾量较对照大为增加,根据差减法计算,水稻增加了0.8—47.0倍,大米草则为2.5—25.6倍。土壤供钾潜力较低的土壤增加得多,这表明土壤可供利用的钾素很少,吸收的钾主要来自肥料,故钾肥的利用率提高。

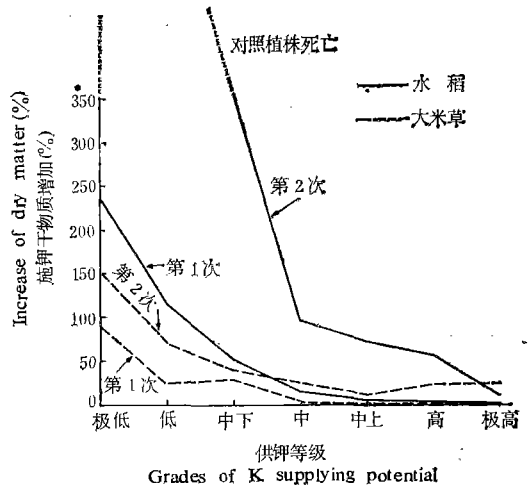


图1 连续种植时不同植物对钾肥的反应
Fig. 1. Responses of crops to K fertilizer under successive cropping

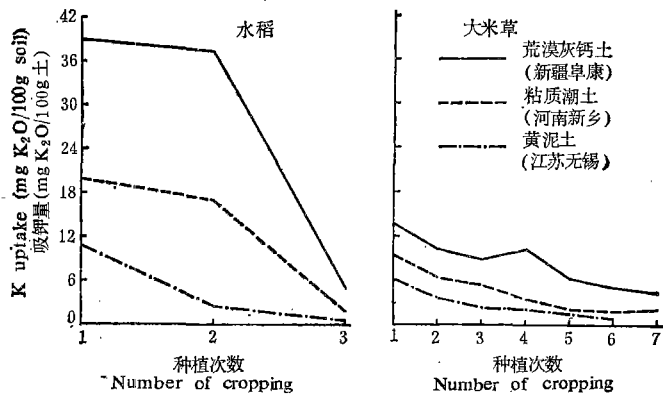


图2 连续种植时植物从不同土壤中吸收的钾
Fig. 2 K uptake by crops under successive cropping

在连续种植过程中,由于植物的强烈吸收,故随种植次数增加时,植物的吸钾量急

表 3 不同供钾潜力土壤上水稻和大米草的吸钾量

Table 3 Uptake of K by crops from soils containing different amounts of K

作物 Crops	供钾等级 Grades of K supplying potential	供试土壤(个) No. of soils treated	对照吸钾量 K uptake from soils without K fertilizer (mgK ₂ O/100g土)	施 钾 With K fertilizer			
				施入量 Rate	吸钾量 K uptake	较对照增加量 uptake increase	钾肥利用率 Recovery rate of K fertilizer
水稻	极低	4	1.7	93.2	81.6	79.9	85.7
	低	4	5.2	99.7	99.7	94.5	94.8
	中下	6	8.8	101.8	108.6	99.8	98.0
	中	5	21.4	96.0	110.0	88.6	92.3
	中上	5	31.2	96.0	116.1	84.9	88.4
	高	6	40.7	96.0	124.7	84.0	87.5
	极高	3	65.3	96.0	118.5	53.2	55.4
大米草	极低	5	7.9	251.1	210.3	202.4	80.6
	低	2	10.8	282.0	254.4	243.6	86.4
	中下	5	12.2	312.0	260.5	248.3	79.6
	中	4	18.6	253.8	213.5	194.9	76.8
	中上	5	24.8	247.4	192.8	168.0	67.9
	高	5	31.8	251.7	198.2	166.4	66.1
	极高	4	50.3	253.8	177.1	126.8	50.0

剧减少,在图 2 中列举了供钾潜力分别为极高、高、中的 3 种土壤,水稻和大米草均以第 1 次种植时吸钾量最高,以后各次均大为减少,但大米草的降低速度较为缓慢。表 4 的结果进一步表明,供钾潜力为极低—中下的土壤,前 3 次的各次钾素吸收量均超过或接近总量的 20% 以上,第 4 次开始便显著降低,而潜力为中—极高的土壤,虽前 3 次也吸钾较多,但第 4 次以后仍吸收不少,即它供钾的时间相对要长一些,因此在对照处理,供钾潜力较高的土壤的后几次种植中,大米草未出现死亡现象。

表 4 连续种植时大米草从土

Table 4 K uptake by *Spartina*

供钾潜力等级 Grades of K supplying potential	1 1st		2 2nd		3 3rd	
	量 Amount	占总量% % of total amount	量 Amount	占总量% % of total amount	量 Amount	占总量% % of total amount
极 低	3.4	43.0	1.9	24.1	1.6	20.3
低	4.4	40.7	1.8	16.7	2.4	22.2
中 下	4.7	38.5	3.3	27.1	2.3	18.9
中	7.6	40.9	4.1	22.0	2.6	14.0
中 上	10.0	40.3	5.7	23.0	3.8	15.3
高	9.1	28.6	5.3	16.7	5.5	17.3
极 高	13.1	26.0	9.1	18.1	7.2	14.3

*对照大米草死亡。

(二) 土壤钾素的释放能力

上述结果表明,在不施钾肥情况下,植物吸收了土壤中的钾素,吸收量随供钾潜力提高而增加,由于植物的吸收,便使土壤中各种形态钾的含量发生变化。

1. 速效钾和缓效钾的变化 表 5 的结果表明,经过连续种植后,速效钾和缓效钾均有降低,只有供钾潜力极低的土壤的速效钾例外,看来这是它含量过低,已达再难利用的“最低水平”之故^[10]。这两种形态钾比较,速效钾降低的数量高于缓效钾,种后缓效钾降低量占原有缓效钾的百分率,水稻最高的也只有 15.3%,大米草为 22.09%。

表 6 结果表明,在连续种植过程中,各次的降低量是不同的,速效钾以第 1 次降低量最大,第 2—3 次减少,可以推想,植物首先吸收利用了速效钾,而缓效钾第 1 次的降低量不显著,第 2 次较大。表 6 中的中上等潜力土壤表现特殊,缓效钾降低量较大,这可能与该类土壤多为紫色砂页岩发育,含水云母较多,钾素容易利用所致。

若将表 6 中 7 个供钾潜力等级的土壤,分别统计其速效钾与缓效钾降低量之和,则该量占吸钾量的百分数,水稻为 18.82—80.38%,大米草为 2.31—82.42%,可见植物吸钾量中有一部分钾不是来自速效钾和缓效钾。

2. 矿物钾的释放问题 植物的吸钾量超过了速效钾与缓效钾的降低量,那么另一部分钾素是从哪里来的呢? 由于本试验用的是蒸馏水,种前种后的土壤分析工作在同批中进行,以尽量减少分析误差,故我们认为它是来自矿物钾:

矿物钾释放量 = 生物吸钾量 - (种后速效钾降低量 + 种后缓效钾降低量)

从表 5 可见,水稻来自矿物钾的占 19.62—81.18%,大米草占 17.58—97.69%。

以上是由生物耗竭法所引起的矿物钾释放情况,我们也用树脂袋法所获得的结果与之进行了比较。将水稻种前与种后的土壤,分别用树脂袋法连续提取 3 次得出累加值,计算种前种后之差值,即为土壤钾素降低量,可依下式计算:

矿物钾释放量(树脂袋法) = 水稻吸钾总量 - 土壤钾素降低量。

水稻 3 次吸收与树脂袋法 3 次提取的结果绘于图 3,这两条曲线基本上是接近的。

壤中吸收的钾量 (mgK₂O/100g土)

anglica under successive cropping

4 4th		5 5th		6 6th		7 7th	
量 Amount	占总量% % of total amount	量 Amount	占总量% % of total amount	量 Amount	占总量% % of total amount	量 Amount	占总量% % of total amount
0.6	7.6	0.4	5.0	*	*	*	*
1.5	13.9	0.5	4.6	0.2	1.9	*	*
1.2	9.8	0.6	4.9	0.1	0.8	*	*
2.1	11.3	1.4	7.5	0.8	4.3	*	*
2.4	9.7	1.4	5.7	1.2	4.8	0.3	1.2
4.2	13.2	3.0	9.4	2.3	7.2	2.4	7.6
6.8	13.5	5.2	10.3	4.8	9.5	4.2	8.3

表 5 水稻和大

Table 5 Source

作物 Crops	供钾潜力等级 Grades of K supplying potential	钾 素 含 量 K content			吸钾量 mgK ₂ O/100g 土 K uptake (mgK ₂ O/100g soil)	种后 Decrease of mgK ₂ O/100g 土 mg K ₂ O/ 100g soil
		速效钾 Avail. K	缓效钾 Slowly avail. K	矿物钾 Mineral K		
(mgK ₂ O/100g soil)						
水 稻	极低	2.8	6.2	701	1.7	-0.03
	低	6.6	19.0	2574	5.2	2.45
	中下	8.5	37.5	1704	8.8	3.90
	中	14.8	47.0	1878	21.4	9.18
	中上	13.7	80.0	2616	31.2	6.30
	高	20.9	117.1	2332	40.7	11.22
	极高	30.1	154.0	2336	65.3	18.43
大 米 草	极低	6.0	8.6	575	7.9	-0.30
	低	6.2	14.9	2489	10.8	0.30
	中下	9.7	34.5	1926	12.2	3.10
	中	15.7	43.6	1731	18.6	6.20
	中上	14.3	72.8	2623	24.8	4.80
	高	20.2	100.2	2360	31.8	7.72
	极高	37.5	144.8	2368	50.3	14.18

表 6 连续种植时土壤钾素的降低量 (mg K₂O/100g 土)

Table 6 The decrease of soil K caused by successive cropping

供钾潜力等级 Grades of K supplying potential	速 效 钾 Avail. K				缓 效 钾 Slowly avail. K			
	第 1 次 1st	第 2 次 2nd	第 3 次 3rd	总 量 total	第 1 次 1st	第 2 次 2nd	第 3 次 3rd	总 量 total
极低	0.20	-0.10	-0.13	-0.03	0.30	0.55	-0.50	0.35
低	2.40	0.05	0.00	2.45	1.20	0.83	-0.30	1.73
中下	3.50	0.40	0.00	3.90	-1.70	1.80	1.42	1.52
中	5.60	2.40	1.18	9.18	-0.70	0.06	2.76	2.06
中上	3.10	1.90	1.30	6.30	5.10	2.30	4.62	12.02
高	7.40	2.60	1.12	11.23	-0.80	7.00	3.91	10.11
极高	12.50	3.23	2.70	18.43	-1.40	8.30	2.47	9.37

进一步的问题是, 矿物钾释放的能力有多大? 从表 5 的计算中说明, 因矿物钾含量大, 矿物钾释放量占矿物钾总量的百分率是很低的, 水稻为 0.04—1.58%, 大米草为 0.17—1.10%。以供钾潜力极低和低的土壤估计, 矿物钾够水稻用 500 年和 2500 年, 但在水稻和大米草连续种植的中后期, 仍发生缺钾死苗现象, 这说明尽管土壤中有很丰富的矿物钾, 但由于释放非常缓慢, 不能满足植物迅速生长的需要, 在盆栽强烈耗竭条件下, 更为突出。

树脂袋提取法也间接地证明了上述情况。我们将树脂袋法第 6 次浸提后的土壤, 在室内培育 30, 180 天后, 再用树脂袋法提取, 培育后比第 6 次的提取量的增加量列于表 7。

米草体内钾素来源 of K in plants

速效钾降低量 avail. K after planting		种后缓效钾降低量 Decrease of slowly avail. K after planting			矿物钾释放量 Release of mineral K		
占吸钾量% % of K uptake	占速效钾% % of avail. K	mg K ₂ O/ 100g土 mg K ₂ O/ 100g soil	占吸钾量% % of K uptake	占缓效钾% % of slowly avail. K	mg K ₂ O/ 100g土 mg K ₂ O/ 100g soil	占吸钾量% % of K uptake	占矿物钾% % of Mineral K
-1.76	-1.07	0.35	20.59	5.65	1.38	81.18	0.20
47.12	37.12	1.73	33.27	9.11	1.02	19.62	0.04
44.32	45.88	1.52	17.27	4.05	3.38	38.41	0.20
42.90	62.03	2.06	9.63	4.38	10.16	47.48	0.54
20.19	45.99	12.02	38.53	15.03	12.88	41.28	0.49
27.57	53.68	10.11	24.84	8.63	19.37	47.59	0.83
28.22	61.23	9.37	14.35	6.08	37.50	57.43	1.58
-3.80	-5.00	1.90	24.05	22.09	6.30	79.75	1.10
2.78	4.84	-0.05	-0.46	-0.34	10.55	97.69	0.42
25.41	31.96	4.30	35.25	12.46	4.80	39.34	0.28
33.33	39.49	9.13	49.09	20.94	3.27	17.58	0.17
19.35	33.57	15.16	61.13	20.82	4.84	19.52	0.17
24.28	38.22	13.38	42.08	13.35	10.70	33.65	0.46
28.19	37.81	14.15	28.13	9.77	21.97	43.68	0.93

30 天的增加量为 0.45—6.70 毫克, 180 天为 0.63—11.30 毫克。因树脂袋法 6 次提取的累加值大致相当于水稻 3 次和大米草 7 次的吸钾量 (参见表 8)。从表 4 可见, 大米草第 5 次时在潜力极低土壤中的吸钾量已低至 0.4 毫克, 而培育 30 和 180 天的释放量也只有 0.45 和 0.63 毫克, 因此相对而言, 培育后的释放量是低的, 虽然生物吸收过程与培育后进行提取会有所不同, 但这一结果仍可反应钾素释放是非常缓慢的这一特点。

综上所述, 可以认为, 不同供钾潜力土壤的供钾能力是显著不同的, 相对区分的三种形态钾素的有效性也各异。但目前三种形态钾素的转化规律, 特别是矿物钾的释放过程是不清楚的。通常当土壤还结持有少量速效钾和一定量的缓效钾时, 植物的生长即已受阻, 这一“最低水平”也是与形态、转化和有效性有关的。

(三) 土壤钾素有效性的评定方法

一般认为生物方法是了解土壤钾素有效性的最直接而有效的方法, 在室内用多种土

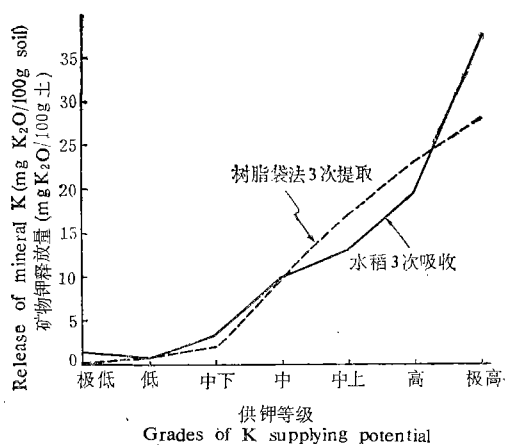


图 3 不同方法对矿物钾释放的影响
Fig. 3 Effects of different methods on release of mineral K

表 7 不同时间培育后的土壤钾素提取量(树脂袋法)

Table 7 Amounts of K extracted from the soils after incubation (Resin bag method)

供钾潜力等级 Grades of K supplying potential	原 土 Initial soils	6次提取后土壤 Soils after 6 extractions		增 加 Increase (%)	
		第 6 次提取量 K from 6th extraction (mg K ₂ O/100g 土)	培育后提取量 (mgK ₂ O/100g土) K after incubation		30 天 30 days
	30 天 30 days		180 天 180 days		
极 低	0.30	0.45	0.63	50.0	110.0
低	0.24	0.46	0.59	91.7	145.8
中 下	0.47	1.17	1.87	148.9	297.9
中	0.56	1.60	2.84	185.7	407.1
中 上	0.85	2.95	5.28	247.1	521.2
高	1.88	5.00	6.08	166.0	223.4
极 高	2.70	6.70	11.30	148.2	318.5

表 8 不同方法提取土壤钾素的能力的比较

Table 8 Amounts of K removed by different procedures

方 法 Procedures	提 取 量 Removed K (mgK ₂ O/100g土)	相当于生物吸钾量% % of K uptake by crops		相当于速效钾的% % of avail. K	
		水 稻 Rice	大 米 草 S. a.		
水稻 3 次种植	23.8	100.0	103.9	176.3	
大米草 7 次种植	22.9	96.2	100.0	169.6	
1N 中性 NH ₄ Ac	13.5	56.7	59.0	100.0	
6N (冷) H ₂ SO ₄	16.6	69.7	72.5	123.0	
0.5N HCl	17.2	72.3	75.1	127.0	
树脂、NH ₄ Ac 法	21.1	88.7	92.1	156.3	
树脂袋法连 续提取	第 1 次	14.1	59.2	61.6	104.4
	第 1—3 次和	20.3	85.3	88.7	150.4
	第 1—6 次和	23.4	98.3	102.2	173.3
0.6N NaTPB	36.1	151.7	157.6	267.4	
1N HNO ₃	78.2	328.6	341.5	579.3	
1N HNO ₃ -1NNH ₄ Ac	64.7	271.9	295.6	479.3	

壤进行耗竭试验,还可以比较这些土壤的供钾潜力,据此提出需钾前景,但是生物方法周期较长、工作量较大,因此不少研究者用各种化学或物理化学方法,并且某些方法所提取的钾量与生物吸收量或钾肥的反应有较高的相关性。

在本研究中我们选用了一些化学方法和树脂法与生物方法相比较。用阳离子交换树脂来提取土壤钾素,已有很多介绍,但树脂袋法尚只见于磷素的研究^[11-13]。

若以水稻和大米草的吸钾量作为 100,则各种方法的相对提取量大致可归纳成以下三种情况(表 8):即提取量显著低于吸收量;提取量与吸钾量相接近;提取量显著高于吸收量。

与 NH₄Ac 法相比较时,所有方法的提取量和生物吸收量均较之为大。

表 9 树脂袋法与生物方法从土壤中提取的钾量的比较

Table 9 Comparison between the amounts of K extracted by resin bag method and biologic l method

供钾潜力等级 Grades of K supplying potential	树脂袋法 6 次提取总量 Six extractions by resin bag	水稻 3 次吸钾总量 Three croppings by rice	大米草 7 次吸钾总量 Seven croppings by S. a.
	(mg K ₂ O/100g soil)		
极低	5.6	1.7*	7.9
低	9.7	5.2*	10.8
中下	16.6	8.8*	12.2
中	21.3	21.4	18.6
中上	32.5	31.2	24.8
高	34.9	40.7	31.8
极高	64.2	65.3	50.3

* 从第 2 次开始对照植株死亡。

树脂袋法连续 6 次提取量之和同水稻和大米草的吸收量很接近, 而且两者的相关系数均达到 0.916** ($n = 32$)。

为了进一步比较生物方法与树脂袋法, 我们根据不同供钾潜力等级分别进行了统计, 结果列于表 9, 可以看出, 除了供钾潜力较低的土壤, 因水稻植株死亡, 吸钾量因而较低外, 其余均与树脂袋法结果相近。

我们还用树脂袋法进行连续提取, 用累加量绘图(图 4), 以研究钾的释放动态。由于用树脂袋法提取的数量与生物吸钾量相近, 因用树脂袋法提取的数量与生物吸钾量相近, 因此较 HNO₃ 连续提取法更好。树脂袋法适用于作连续提取, 因树脂封于尼龙网袋, 置于土壤悬液中, 不需分离树脂与土壤, 可根据需要次数, 进行连续提取, 或经培育后再提取。我们认为树脂袋法是一个较好的方法, 该法的条件试验结果, 将另有介绍。

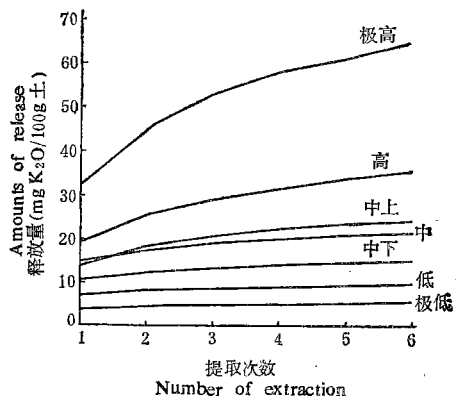


图 4 不同供钾潜力土壤钾的释放速率(以累积量表示)

Fig. 4 Rates of K release from soils containing different amounts of K

参 考 文 献

- [1] 谢建昌, 1981: 土壤钾素研究的现状和展望。土壤学进展, 第9卷1期, 1—15页。
- [2] 谢建昌、罗家贤、马茂桐、蒋梅茵、杜承林、陈际型, 1983: 我国主要土壤供钾潜力的研究。《土壤养分植物营养与合理施肥》, 农业出版社, 66—77页。
- [3] 彭千涛、范钦楦, 1984: 水分和温度对土壤钾素释放、固定影响的初步研究。土壤学报, 第21卷4期, 387—394页。
- [4] 周鸣铮, 1979: 土壤钾有效度测定方法研究的进展(上)。土壤学进展, 第7卷4期, 39—56页。
- [5] 鲍士旦、史端和, 1984: 土壤钾素供应状况的研究 II。土壤供钾状况与水稻吸钾间的关系。南京农学院学报, 4期, 70—78页。
- [6] Sparks D. L. and Huang, P. M. 1985: Physical Chemistry of soil potassium, Potassium in Agriculture. ASA-CSSA-SSA, 202—266.
- [7] Mutscher, H. 1985: Relationship between mineralogy of soil and assessment of potassium availability. Potassium in the Agricultural Systems of the Humid Tropics, IPI, 123—133.
- [8] Xie Jian-Chang, 1985: The potassium status of soils in south China, Potassium in the Agricultural Systems of the Humid Tropics, IPI, 169—177.
- [9] MC Clean E. O. and Watson, M. E. 1985: Soil measurements of plant-available potassium, Potassium in Agriculture, ASA-CSSA-SSA, 278—308.
- [10] Tabatabai, M. A. and Hanway G. G., 1969: Potassium-supplying power of Iowa soils at their "Minimal" levels of exchangeable potassium. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33: 105—109.
- [11] Sibbesen, E., 1977: A simple ion-exchange resin procedure for extracting plant-available elements from soil. Plant and Soil, 46: 665—669.
- [12] Julie A. Waddy and I. A. Vimpany, 1970, Estimation of non-exchangeable potassium in soils using a cation-exchange resin. J. Sci. Fd. Agric., 21: 113—115.
- [13] R. Lee and Janice Gibsen 1974: The estimation of non-exchangeable potassium in soils: a comparison between a cation resin method and two acid-extraction methods. New Zealand Journal of Agricultural Research, 17: 339—348.

STUDIES ON AVAILABILITY OF POTASSIUM IN SOILS AND ITS EVALUATING METHODS

Xie Jianchang and Du Chenglin

(Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanning)

Summary

Studies on response of crops to potassium, and use of fertilizer- and soil- potassium in soils with different potassium supply potentials were made with successive cropping.

The availability of potassium varied with different potentials of potassium in soils, but both available and slowly available potassium contents decreased in varying degree with the uptake of potassium by crops. The potassium in plant was partly the potassium released from minerals which constitutes only 0.04—1.58% of total mineral-potassium. The mineral potassium is released too slow to meet the requirement of a crop during the growing season.

Comparison between the cation-exchange resin bag method and chemical or biotic methods in determining potassium release from minerals showed that the results obtained by resin bag method and biotic method were quite similar. The amount of potassium extracted by resin bag method was also very close to that taken up by rice or *Spartina anglica* ($r=0.916^{**}$). It was also indicated that resin bag method is more convenient than the biotic one.