

热力学参数用于水稻土需钾诊断的研究*

林忠焱

(华南农业大学土化系)

摘 要

本试验测定了广东省花岗岩地区、玄武岩地区和珠江三角洲冲积物地区水稻土的钾位 $pK - \frac{1}{2} p(\text{Ca} + \text{Mg})$ 、平衡活度比 AR_K^0 、速效钾含量 $-\Delta K^0$ 和钾位缓冲容量 PBC^K ，以这些热力学参数与第1季及连续4季盆栽水稻谷粒产量和植株吸钾量参比项作相关分析，结果表明：(1) 花岗岩地区水稻土 $pK - \frac{1}{2} p(\text{Ca} + \text{Mg})$ 最小， AR_K^0 和 $-\Delta K^0$ 最大，玄武岩地区水稻土则相反，冲积物地区水稻土 PBC^K 最大。(2) $pK - \frac{1}{2} p(\text{Ca} + \text{Mg})$ 和 $-\Delta K^0$ 适宜用于花岗岩地区水稻土当季的需钾诊断， AR_K^0 对于三类水稻土都不适宜， PBC^K 对于三类水稻土都适宜且能用于连续4季的需钾诊断。(3) $a_{\text{Ca}} + a_{\text{Mg}}$ 基本上是常数。(4) 花岗岩地区水稻土 $pK - \frac{1}{2} p(\text{Ca} + \text{Mg})$ 、 $-RT \ln a_K$ 和 $-\Delta K^0$ 对盆栽水稻临界值分别约为 2.84, 5400 卡/克分子和 0.08 毫克当量/100 克土， PBC^K 对于全部水稻土盆栽水稻的临界值约为 46 [(毫克当量/100 克土)]/[克分子/升]^{1/2}。

把热力学原理应用到植物钾素吸收上，使土壤钾素的有效性获得了新的概念。最近许多研究表明，作物瞬时的吸钾率决定于钾的强度(I)；较长时间的吸收则决定于钾的贮量(Q)及其释放到土壤溶液中的速率(R)；钾转移到根系的速率则决定于扩散过程。把土壤钾素有效性的热力学参数运用于土壤需钾诊断，使其成为指导钾肥施用的有用工具，在当前生产上有一定意义。然而，对于活度比、钾位、自由能变化和数量—强度等热力学参数是否适宜用于土壤需钾诊断，国外的研究得出不同的结论^[4]。本试验的目的是研究上述热力学参数是否适用于不同母质发育的水稻土的需钾诊断。

一、试验材料和方法

(一) 供试土壤 在广东省采集不同肥力水平的水稻土耕作层样本共 28 个，其中花岗岩地区 8 个，样本采自广州市东郊至增城县朱村一带，玄武岩地区 8 个，样本采自湛江、遂溪、海康、徐闻等县市，珠江三角洲冲积物地区 12 个，样本采自南海、中山、东莞、增城等县。供试土壤主要理化性质及含钾状况列于表 1，测定方法按中国科学院南京土壤研究所介绍的方法^[1]。

(二) 盆栽试验 每个土壤样品分施钾和不施钾两种处理，三次重复。连续种植 4 季水稻，每季

* 本文承茹皆耀教授审阅指导；部分盆栽试验结果及部分土壤基本性质分析结果由谢利昌、黎秀彬和余鹿庄等同志提供，一并衷心致谢。

表 1 供试土壤的主要理化性质及含钾状况

Table 1 Physical and chemical properties and potash status of soils

水稻土母质 Parent material of paddy soils	土壤 编号 Sample no.	<0.001mm 粘粒 (%) Clay	pH (H ₂ O)	有机质 (%) O. M.	全氮 (%) Total N	全磷 (%) Total P	全钾 (%) Total K	阳离子代 换量 (meq/ 100g) CEC	钾饱和度 (%) Potassium saturation percentage	缓效钾 (ppm K) Nonex- chang eable K	IN 中性 NH ₄ OAc 提取钾 (ppm K) Avai- lable K
花岗岩 Granite	1	8.1	6.57	1.21	0.049	0.030	4.52	4.56	1.5	130.5	27.6
	2	20.7	6.86	2.32	0.107	0.044	2.46	11.24	1.2	812.0	53.1
	3	18.6	6.13	2.75	0.133	0.065	0.65	8.57	3.7	76.0	123.9
	4	12.3	5.87	1.82	0.093	0.032	2.96	5.31	2.9	397.2	60.0
	5	18.6	6.74	2.47	0.108	0.067	2.76	10.00	1.9	723.0	74.2
	6	8.2	5.82	2.32	0.105	0.021	1.50	5.05	1.8	241.4	35.5
	7	25.9	5.89	2.59	0.117	0.045	1.79	9.78	1.0	105.1	40.1
	8	22.7	6.01	2.49	0.111	0.039	2.19	9.22	1.3	476.7	47.7
玄武岩 Basalt	9	13.4	6.16	1.58	0.084	0.021	1.17	5.03	1.1	22.7	22.4
	10	16.7	5.78	1.56	0.085	0.026	1.45	5.75	0.7	18.4	15.9
	11	15.5	6.12	3.00	0.145	0.083	1.30	8.85	0.8	20.8	26.4
	12	42.9	5.72	4.26	0.200	0.078	1.58	15.62	0.5	23.2	31.1
	13	26.7	6.86	4.25	0.212	0.106	1.29	17.60	0.6	36.8	40.1
	14	35.3	6.66	4.21	0.228	0.153	1.23	20.42	0.7	57.3	57.1
	15	32.3	6.36	4.74	0.223	0.104	1.27	16.02	0.5	38.6	29.2
	16	28.3	5.78	5.64	0.290	0.087	1.08	18.23	0.5	32.3	36.8
冲积物 Alluvion	17	6.2	7.54	3.65	0.181	0.093	1.83	16.45	1.0	135.6	64.6
	18	3.1	7.33	2.84	0.159	0.060	2.08	14.82	0.7	104.7	38.3
	19	16.7	7.45	3.51	0.181	0.066	2.06	19.26	1.1	154.9	82.1
	20	14.6	7.23	2.95	0.195	0.059	2.07	19.68	0.9	209.2	71.8
	21	18.8	6.70	3.88	0.216	0.059	2.04	19.96	0.8	165.6	60.8
	22	10.2	5.35	2.46	0.114	0.036	2.27	9.19	1.4	319.6	49.1
	23	12.3	5.67	2.17	0.107	0.036	2.44	9.58	1.0	251.5	38.2
	24	17.4	5.26	2.18	0.115	0.034	2.13	9.97	1.5	289.1	58.5
	25	25.9	4.74	4.19	0.192	0.055	2.01	15.39	0.8	183.7	50.8
	26	22.8	4.97	2.46	0.150	0.054	2.12	15.01	0.9	259.1	53.6
	27	33.2	5.45	2.55	0.158	0.048	2.08	15.87	1.5	316.3	90.7
	28	14.4	5.35	3.12	0.159	0.038	2.03	14.07	0.9	172.3	46.8

水稻两种处理均施足量氮、磷肥,施钾处理每季均施氯化钾 0.30 克/公斤土。每季水稻均于成熟期收获,秤取稻谷、稻秆产量及测定植株地上部含钾量。

(三) 测定方法 每个土壤样品(经较长时间保存的风干土)各秤取五份,每份 10 克,其中一份只加 0.01M CaCl₂ 溶液 50 毫升,用于测定钾位;另四份分别加入含有不同浓度 KCl 的 0.01M CaCl₂ 溶液 50 毫升,含钾浓度分别为 $2.50 \times 10^{-4}M$ 、 $5.00 \times 10^{-4}M$ 、 $1.00 \times 10^{-3}M$ 和 $2.00 \times 10^{-3}M$,用于测定 Q/I 关系(每瓶加 CHCl₃ 三滴)。上述样本均在 25°C 振荡 30 分钟,然后放置 12 小时,过滤,滤液用于测定钾、钙和镁离子浓度^[10,11]。钾离子用火焰光度计测定;钙和镁离子用 EDTA 半微量滴定法,以酸性铬蓝 K-萘酚绿 B 作指示剂^[12]。离子活度系数(f_i)按德拜-休克尔公式

$$\log f_i = - \frac{Az_i^2 \sqrt{I}}{1 + Bai \sqrt{I}}$$

计算^[2]。离子活度由离子浓度乘离子活度系数求得。

二、结果和讨论

(一) 用于水稻土需钾诊断的热力学参数

从土壤待测液测得的离子浓度换算成离子活度。从不加 KCl 处理的土壤样本所得离子活度可计算出钾位

$$pK = \frac{1}{2} P(Ca + Mg)。$$

从加 KCl 处理的土壤样本所得离子活度可计算出活度比

$$AR^K = \frac{a_K}{\sqrt{a_{Ca} + a_{Mg}}}$$

(即强度 I), 并计算出相应的土壤吸附或释放的钾量 ΔK (即数量 Q), 以 AR^K 对 ΔK 作曲线, 此曲线称为 Q/I 曲线。 Q/I 曲线与 AR^K 横坐标的交点, 即 $\Delta K = 0$ 时的值称为钾的平衡活度比 AR_0^K 。 Q/I 曲线的直线部分内延与 ΔK 纵坐标相交的点, 即 $AR^K = 0$ 时的值称为土壤速效钾含量 ΔK^0 。 Q/I 曲线的斜率称为土壤钾位缓冲容量 PBC^K 。图 1 所示的为第 5 号土壤的 Q/I 曲线及有关参数。28 个土样所得的若干热力学参数值列于表 2。

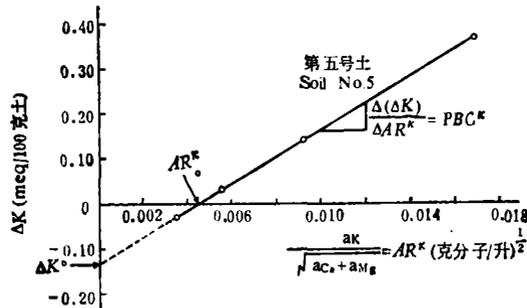


图 1 土壤钾素的 Q/I 曲线

Fig. 1 Quantity/Intensity (Q/I) curve of soil potassium

钾位 $pK = \frac{1}{2} P(Ca + Mg)$ 所指示的是土壤钾素养分供应的强度, 是强度指标。根据其平均值三类水稻土大小顺序是玄武岩地区水稻土 (3.15) > 冲积物地区水稻土 (2.97) > 花岗岩地区水稻土 (2.79)。说明花岗岩地区水稻土的钾供应强度最大, 而玄武岩地区为最小。

AR_0^K 是溶液与土壤处于平衡状况的活度比, 它反映平衡状况时的强度因素, 也是强度指标。其平均值大小顺序为花岗岩地区水稻土 (0.0050) > 冲积物地区水稻土 (0.0032) > 玄武岩地区水稻土 (0.0022), 亦说明花岗岩地区水稻土的钾供应强度最大而玄武岩地区的最小。

花岗岩地区水稻土其 $pK = \frac{1}{2} P(Ca + Mg)$ 值和 AR_0^K 值与钾饱和度值都呈极显著

表 2 土壤钾素热力学参数值 (I)

Table 2 The values of potassium thermodynamic parameters (I)

水稻土母质 Parent material of paddy soils	土壤编号 Sample No.	$pK - \frac{1}{2} p(Ca + Mg)$	AR_K^K (moles/liter) ^{1/2}	$-\Delta K^0$ (meq/100g)	PBC^K meq/100g (moles/liter) ^{1/2}
花岗岩 Granite	1	3.00	0.0038	0.06	15.79
	2	2.76	0.0028	0.11	39.29
	3	2.39	0.0090	0.32	35.56
	4	2.65	0.0058	0.17	29.31
	5	2.71	0.0045	0.14	31.11
	6	2.91	0.0075	0.06	8.00
	7	2.96	0.0036	0.07	19.44
	8	2.97	0.0029	0.08	27.59
玄武岩 Basalt	9	3.11	0.0039	0.05	12.82
	10	3.52	0.0013	0.02	15.38
	11	3.24	0.0025	0.04	16.00
	12	3.21	0.0012	0.03	25.00
	13	3.23	0.0012	0.04	33.33
	14	3.08	0.0018	0.08	44.44
	15	2.89	0.0030	0.09	30.00
	16	2.90	0.0026	0.08	30.77
冲积物 Alluvion	17	3.05	0.0016	0.08	50.00
	18	3.53	0.0007	0.03	42.88
	19	2.82	0.0011	0.09	81.82
	20	2.97	0.0011	0.08	72.73
	21	3.35	0.0007	0.06	85.71
	22	2.88	0.0038	0.09	23.68
	23	3.05	0.0021	0.06	28.57
	24	2.79	0.0034	0.14	41.18
	25	2.88	0.0035	0.09	25.71
	26	2.94	0.0023	0.11	47.83
	27	2.76	0.0031	0.19	61.29
	28	2.57	0.0025	0.10	40.00

相关关系 ($p < 0.01$), 其余两种水稻土这种相关关系不显著。

$-\Delta K^0$ 是土壤速效钾含量的大致衡量, 是数量指标。 $-\Delta K^0$ 平均值大小顺序为花岗岩地区水稻土 (0.13) > 冲积物地区水稻土 (0.09) > 玄武岩地区水稻土 (0.05), 说明花岗岩地区水稻土其速效钾含量最高, 而玄武岩地区水稻土最低, 中性 1N NH₄OAc 法提取玄武岩地区水稻土的速效钾量亦最低, 此种土壤是全国土类中含钾量最低的一种^[2]。花岗岩地区水稻土和冲积物地区水稻土的 $-\Delta K^0$ 值与中性 1N NH₄OAc 法提取的速效钾量有极显著的正相关 ($p < 0.01$), 但玄武岩地区水稻土却无显著相关。

PBC^K 将数量因素和强度因素联系起来, 衡量土壤维持其钾位不变的能力, 属容量指标^[5,6]。其平均值花岗岩地区水稻土和玄武岩地区水稻土相近 (分别为 25.76 和 25.97), 而冲积物地区水稻土则接近它们的两倍 (50.12)。说明冲积物地区水稻土其钾位缓冲能力最强,

有较大的供钾能力,但钾肥效果较差,这与生产上的反应是相符的。水稻盆栽试验结果也表明这点,无钾处理对施钾处理的谷粒百分产量花岗岩地区水稻土第1季为51.4—93.3%,第2季即下降至38.5—57.9%;玄武岩地区水稻土第1季为48.5—77.3%,第2季即下降至24.4—45.1%;而冲积物地区水稻土第4季仍达60.9—101.7%。冲积物地区水稻土的阳离子代换量平均值最大,而且三类水稻土的 PBC^K 值与阳离子代换量都有显著的正相关关系,说明土壤钾位缓冲容量随阳离子代换量增大而增大。

pH 值与 Q/I 曲线关系不明显。

(二) 热力学参数与作物反应参比项之间的相关性

第1季盆栽水稻试验结果和连续4季盆栽水稻无钾处理谷粒总重量及植株总吸钾量列于表3。

现以表3所列各项作物反应结果为参比项,用表2所列各热力学参数与之作相关分析。结果表明, $pK - \frac{1}{2} P(Ca + Mg)$ 只与花岗岩地区水稻土第1季盆栽各参比项显著相关,而与4季谷粒总重量和总吸钾量无显著相关。说明这个强度指标只适宜作这种水稻土当季的需钾诊断,但不适宜于作较长期的需钾诊断,因土壤钾位的变化较快。 $-\Delta K^0$ 与各参比项的相关关系与钾位的相似。显然,这与成土母质有关。从盆栽土壤的分析测定结果来看,三类水稻土中,花岗岩地区水稻土的平均阳离子代换量最小,而平均钾饱和度最大,其非代换性钾第1季的平均释放率只有7.0%。

AR_0^K 与盆栽试验结果无显著相关。

PBC^K 不但与三类水稻土第1季绝大部分参比项呈显著正相关,而且与4季总谷粒重和总吸钾量亦有极显著正相关,说明 PBC^K 这个热力学参数不但适宜作三类水稻土当季的需钾诊断,而且能很好地反映这三类水稻土较长期的供钾能力。

从三类水稻土28个样品共28个钾位测定计算值来看, $\frac{1}{2} P(Ca + Mg)$ 值为1.12—1.17, $\frac{1}{2} P(Ca + Mg)$ 基本上是常数,实质上只有 pK 的变动(即 a_K 的变动)影响钾位值。所以,在作土壤需钾诊断时,可以用 $-RT \ln a_K$ 值代表钾位值。从三类水稻土28个样品共112个活度比 AR^K 测定计算值来看, $\sqrt{a_{Ca} + a_{Mg}}$ 值为0.068—0.076,变化范围很小,主要是 a_K 的变动影响着 AR^K 值。同理,可以用 a_K 值代表 AR^K 值,并可得到相应的 Q/I 曲线。平衡活度以 a_{K0} 表示, ΔK^0 值不变,钾位缓冲容量以 PBC^K [即 $\frac{\Delta(\Delta K)}{\Delta a_K}$] 表示,所得各热力学参数列于表4。以表4所列各热力学参数与表3所列各参比项作相关分析,所得结论与以上的相同。

另外,以表1所列钾饱和度和中性 $1N NH_4OAc$ 法测定值与表3所列各参比项作相关分析表明,钾饱和度只与花岗岩地区水稻土第1季盆栽各参比项有一定的相关性。中性 $1N NH_4OAc$ 法除不适宜作花岗岩地区水稻土连续4季水稻的需钾诊断外,对于三类水稻土都是适宜的。但总的来说, PBC^K 的适宜性比中性 $1N NH_4OAc$ 法为好。

(三) 热力学参数的临界值

根据 Cate^[9] 确定临界值的简易方法,绘出三类水稻土 PBC^K 值与第1季盆栽谷粒

表 3 水稻盆栽试验结果

Table 3 Results of pot experiments of rice

水稻土母质 Parent material of paddy soils	土壤编号 Sample No.	第 1 季无钾 处理谷粒产量 (g/pot) First crop grain yield of unfertilized soil	第 1 季 谷粒百分产量 (%) First crop yield of grain	第 1 季无钾 处理植株 吸钾量 (mgk/pot) First crop K uptake from unfertilized soil	第 1 季 植株吸钾量 (%) First crop K uptake	1-4 季无钾 处理谷粒总 产量 (g/pot) Four crops total grain yield of unfertilized soil	1-4 季无钾 处理植株总 吸钾量 (mg K/pot) Four crops total K uptake from unfertilized soil
花岗岩 Granite	1	17.85	51.42	253.8	27.41	64.05	752.4
	2	25.39	83.81	732.8	45.40	98.76	1564.8
	3	27.17	93.29	838.5	62.56	71.36	1435.1
	4	19.92	91.62	362.1	28.29	61.59	829.3
	5	21.71	75.88	629.7	50.19	89.85	1312.1
	6	12.24	61.51	234.6	24.64	56.77	661.1
	7	13.85	64.11	234.5	27.71	61.55	683.8
	8	20.14	86.32	367.9	33.04	69.43	864.6
玄武岩 Basalt	9	16.86	54.37	83.7	12.88	47.11	379.1
	10	17.25	78.52	78.1	11.92	47.64	347.2
	11	15.32	48.50	134.5	10.33	45.00	452.8
	12	15.32	59.82	201.6	24.24	46.81	552.6
	13	25.07	70.52	202.4	15.65	61.19	579.8
	14	29.67	77.33	419.9	29.73	77.60	922.5
	15	22.53	57.28	201.0	16.99	52.66	529.5
	16	19.76	52.89	163.9	15.21	57.46	573.3
冲积物 Alluvion	17	26.00	72.56	298.2	48.38	88.06	890.6
	18	19.31	56.28	166.9	25.37	76.17	660.2
	19	29.79	97.29	486.8	56.67	98.04	1283.4
	20	26.80	84.62	368.0	48.31	92.56	1174.2
	21	24.66	81.28	294.4	37.83	80.53	950.5
	22	20.38	50.36	188.6	23.41	68.18	731.3
	23	19.17	53.86	149.4	23.45	68.47	641.5
	24	27.18	78.17	253.5	31.17	80.92	838.2
	25	28.08	75.36	242.9	33.89	79.75	802.7
	26	28.09	82.74	280.2	36.84	90.47	1018.5
	27	24.38	91.14	399.4	69.57	106.79	1296.1
	28	25.52	58.19	210.9	22.98	92.06	859.2

百分产量的相关点阵图, 图解求出 PBC^K 对于水稻的临界指标均为 46 (毫克当量/100 克土)/(克分子/升)^{1/2}。用相同的方法, 求出 $PBC^{K'}$ 对于水稻的临界指标约为 640 (毫克当量/100 克土)/(克分子/升), 花岗岩地区水稻土 $pK - \frac{1}{2} P(Ca + Mg)$, $-RT \ln a_K$ 和 $-\Delta K^\circ$ 对于水稻的临界指标分别为 2.84, 5400 卡/克分子和 0.08 毫克当量/100 克土。小于这些 PBC^K , $PBC^{K'}$ 和 $-\Delta K^\circ$ 临界值或大于这些 $pK - \frac{1}{2} P(Ca + Mg)$ 和 $-RT \ln a_K$ 值, 施钾肥获得增产的概率高。

表 4 土壤钾素热力学参数值 (II)

Table 4 The values of potassium thermodynamic parameters (II)

水稻土母质 Parent material of paddy soils	土壤编号 Sample No.	$-RT \ln a_K$ cal/mol.	a_{K_0} moles/liter	PBC^{K^+} $\frac{meq/100g}{moles/liter}$
花岗岩 Granite	1	5.66×10^3	2.62×10^{-4}	229
	2	5.33×10^3	2.01×10^{-4}	547
	3	4.82×10^3	6.46×10^{-4}	495
	4	5.20×10^3	3.97×10^{-4}	428
	5	5.28×10^3	3.22×10^{-4}	435
	6	5.54×10^3	5.27×10^{-4}	114
	7	5.62×10^3	2.50×10^{-4}	280
	8	5.62×10^3	2.08×10^{-4}	385
玄武岩 Basalt	9	5.82×10^3	2.73×10^{-4}	183
	10	6.36×10^3	9.16×10^{-5}	218
	11	5.96×10^3	1.84×10^{-4}	217
	12	5.96×10^3	8.59×10^{-5}	349
	13	5.96×10^3	8.76×10^{-5}	457
	14	5.76×10^3	1.32×10^{-4}	606
	15	5.50×10^3	2.12×10^{-4}	425
	16	5.54×10^3	1.77×10^{-4}	452
冲积物 Alluvion	17	5.71×10^3	1.18×10^{-4}	678
	18	6.36×10^3	4.78×10^{-5}	628
	19	5.39×10^3	8.51×10^{-5}	1058
	20	5.58×10^3	8.43×10^{-5}	949
	21	6.12×10^3	5.20×10^{-5}	1154
	22	5.50×10^3	2.66×10^{-4}	338
	23	5.73×10^3	1.52×10^{-4}	395
	24	5.38×10^3	2.40×10^{-4}	583
	25	5.50×10^3	2.50×10^{-4}	360
	26	5.57×10^3	1.67×10^{-4}	659
	27	5.32×10^3	2.26×10^{-4}	841
	28	4.77×10^3	1.76×10^{-4}	568

参 考 文 献

- [1] 中国科学院南京土壤研究所, 1978: 土壤理化分析. 上海科学技术出版社.
- [2] 中国科学院南京土壤研究所, 1978: 中国土壤. 392—396 页, 科学出版社.
- [3] 周鸣铮, 1979: 土壤钾有效度测定方法研究的进展(下). 土壤学进展, 第 5 期, 46—56 页.
- [4] 谢建昌, 1981: 土壤钾素研究的现状和展望. 土壤学进展, 第 1 期, 1—16 页.
- [5] Glasstone, S. (贾立德等译, 1958), 1947: 电化学概论. 第 172 页, 科学出版社.
- [6] Beckett, P. H. T., 1964: Studies on soil potassium II. The 'immediate' Q/I relations of labile potassium in the soil. J. Soil Sci., 15: 9—23.
- [7] Beckett, P. H. T. et al., 1966: Studies in soil potassium V. The stability of Q/I relations. Plant and soil, 25: 435—455.
- [8] Cate, R. B., Jr. and Nelson, L. A., 1965: A rapid method for correlation of soil test analysis with plant response data. North Carolina Agric. Stn., International Soil Testing Series Tech. Bull. No. 1

- [9] Sparks, D. L. and Liebhardt, W. C., 1981: Effect of long-term lime and potassium applications on quantity-intensity (Q/I) relationships in sandy soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45: 786—790.

APPLICATION OF THERMODYNAMIC PARAMETERS IN DIAGNOSING POTASSIUM REQUIREMENT OF PADDY SOILS

Lin Zhongyan

(Department of Soil and Agricultural Chemistry, South China Agricultural University)

Summary

Paddy soils in the granitic area, basaltic area and the Pearl River Delta of South China were used in pot experiments, their potassium potential $pK - 1/2p(Ca + Mg)$, equilibrium potassium activity ratio AR_0^k , labile or exchangeable potassium $-\Delta K^0$ and potential buffering capacity PBC^k were determined according to Beckett's method.

Correlation analysis was made between the data obtained and the grain yield and potassium uptake of rice of the first crop and the continuous four crops. Results showed that $pK - 1/2p(Ca + Mg)$ of the paddy soil in the granitic area was the smallest, AR_0^k and $-\Delta K^0$ were the greatest while those of the paddy soils in the basaltic area were opposite. PBC^k of the paddy soils in the alluvial area was the greatest. $pK - 1/2p(Ca + Mg)$ and $-\Delta K^0$ of the paddy soils in the granitic area were significantly correlated with the parameters of the first crop. PBC^k of three type paddy soils was significantly correlated with both of the first crop and the continuous four crops, while AR_0^k was opposite. In this study, $a_{Ca} + a_{Mg}$ was constant. The critical values of $pK - 1/2p(Ca + Mg)$, $-RT \ln a_K$ and $-\Delta K^0$ of the paddy soils in the granitic area for the experiment were about 2.84, 5400 (cal/mol) and 0.08 (meq/100g) respectively. PBC^k of three paddy soils was about 46 (meq/100g)/(moles/litea)^{1/2}.