

我国南方一些土壤的钾素状况及其含钾矿物

朱永官 罗家贤

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

本文研究了我国南方一些土壤的钾素状况及其含钾矿物。结果表明,土壤含钾矿物的含量和种类因成土母质和土壤发育程度而异。花岗岩发育土壤的含钾矿物随粒径增大而增加(>50 μ 除外),沉积岩发育的土壤情况相反。土壤的非交换性钾与云母类矿物含量呈较好的相关性($r = 0.669^*$),交换性钾与土壤 CEC 呈极显著正相关($r = 0.808^{**}$)。不同粒级对土壤全钾量贡献不一,花岗岩发育土壤的全钾量主要集中于 10—50 μ 和 >50 μ 粒级中,沉积岩发育土壤的全钾量主要集中于 <2 μ 和 2—10 μ 粒级中。

关键词 含钾矿物,钾素状况,供钾能力,风化

土壤钾素状况是评定土壤供钾能力的依据。含钾矿物是土壤钾素的主要贮源。土壤非交换性钾与云母类矿物含量密切相关,这部分钾在一定的条件下可能变成交换性钾,供植物利用,此外它对土壤钾素的长期有效性也有较大的影响^[1,2,3]。土壤交换性钾是作物可以直接利用的钾素形态,这部分钾的数量常常有限,在许多情况下不能确切地反映土壤的供钾能力。

本文的目的是通过对我国南方一些土壤中钾素状况及其含钾矿物的研究,试图阐明土壤钾素状况与土壤矿物学和理化性质的关系,以及这些土壤中含钾矿物的转化规律,为评定这些土壤的供钾能力提供理论依据。

一、材料与方 法

(一) 供试土壤 采自我国南方不同生物气候带和不同母质发育的耕层(0—15 cm)土壤 12 个,其采集地点、基本性质及粘粒矿物组成见表 1。

(二) 实验方法 以液土比为 2.5:1,电位计法测定土壤酸度($pH_{(H_2O)}$ 、 $pH_{(KCl)}$)。用醋酸铵法测定土壤阳离子交换量。

土壤不同粒级组份的分离及 <2 μ 部分 X-衍射分析^[4]:称取过 20 目筛土样 40 g,用稀盐酸去碳酸盐, H₂O₂ 去有机质,超声波分散。自由沉降法提取 <2 μ 和 2—10 μ 粒级,用筛分离出 >50 μ 粒级,残留即为 10—50 μ 粒级。其中 <2 μ 悬液用 CaCl₂ 絮凝,用无水乙醇洗至无 Cl⁻ 为止,其它粒级用水洗净,红外灯烘干(60℃),磨碎过 60 目筛装瓶备用。<2 μ 部分经柠檬酸钠-碳酸氢钠-连二亚硫酸钠法除游离铁,镁离子饱和,甘油渗入晶格制成定向薄片,用 D_{max}/IIIICX- 射线衍射仪测定粘粒矿物,使用 CuK α 辐射靶。

含钾矿物测定^[5]:称取 200mg 经 100℃ 烘干样品至 30ml 铂坩埚内,加 12—15g 焦硫酸钠熔融,熔融块体用 3mol/L HCl 洗净后用 0.5mol/L NaOH 煮沸 2.5 分钟,冷却并离心,用 3mol/L HCl

表 1 供试土壤的基本性质
Table 1 Basic properties of the tested soils

土壤 Soil	母质 Parent material	编号 No.	采集地点 Locality	pH(H ₂ O)	pH(KCl)	CEC [cmol(+)/kg soil]	粘粒含量 (%) Clay content	主要粘粒矿物 Dominant clay minerals
砖红壤		1	海南那大	4.73	4.20	4.94	34.23	高岭石,少量三水铝石和水云母
		2	广东韶关	4.95	4.13	12.60	40.61	高岭石,少量水云母和三水铝石
赤红壤	花岗岩	3	广东广州	4.84	4.04	5.88	29.52	高岭石,少量水云母
		4	福建光泽	5.18	4.25	11.67	39.13	高岭石,水云母
红壤	第三纪红砂岩	5	江西余江	5.67	4.43	6.26	15.44	高岭石,蛭石
		6	江西南昌	4.79	3.98	10.68	26.44	高岭石,水云母,蛭石
石灰土	石灰岩	7	广东肇庆	4.89	3.91	9.45	55.19	高岭石,过渡矿物,水云母
		8	广西桂林	5.40	4.31	14.72	59.10	高岭石,过渡矿物
紫色土	紫砂页岩	9	江西宜春	5.04	4.07	13.04	61.42	高岭石,水云母
		10	浙江杭州	5.88	4.70	19.14	51.93	高岭石,水云母
紫色土	紫砂页岩	11	江苏南京	7.78	6.31	33.32	59.73	水云母,过渡矿物,高岭石
		12	四川成都	8.38	7.29	19.01	17.91	水云母,过渡矿物,高岭石

洗三次,水洗一次后烘干得到残渣即为长石和石英。测定残渣含钾量即可计算钾长石含量。根据样品全钾量和钾长石量即可推算出云母类矿物含量,计算式如下:

$$\text{云母}\% = (\text{土样 } K_2O\% - \text{长石 } K_2O\%) \times 10$$

$$\text{钾长石}\% = \text{残渣 } K_2O\% \times \text{残渣}\% \times 6.1$$

土壤不同形态钾的测定^[7]: 用 1mol/L 中性醋酸铵提取交换性钾; 1mol/L HNO₃ 煮沸 10 分钟提取非交换性钾; 全钾量为 HF-HClO₄ 法消化。最后用火焰光度计测定提取液和消化液的钾浓度。

二、结果与讨论

(一) 土壤中含钾矿物及其转化

土壤含钾矿物的状况深受成土母质和土壤发育程度的影响。从表 2 可以看出, 花岗岩发育的土壤, 其钾长石和云母类矿物含量可分两种情况。1, 2, 3 号土壤中钾长石含量高于云母类矿物含量, 而 4, 6 号则相反。但 <50 μ 的粒级中除 1 号土外, 钾长石均低于云母类。可能是成土母质和土壤发育程度双重影响的结果。钾长石是一种较难风化的矿物, 容易保存在土壤中, 而云母较易风化, 尤其在南方的湿热生物气候条件下, 风化过程更为强烈, 所以土壤中钾长石含量高于云母类矿物含量是可以理解的, 尤其是粗粒部分。但是不同地方的花岗岩中钾长石含量各异, 4, 6 号土壤中钾长石含量低于云母类矿物含量可能与母质中本身含有较少的钾长石有关。谢建昌^[5]的研究也表明有些花岗岩发育土壤中钾长石含量低于云母类矿物含量。石灰土中的主要含钾矿物为云母类矿物, 钾长石含量很低, 有的土壤中甚至检测不出钾长石。紫色土母质自然风化过程很短, 因此形成的土壤中含有较多的云母类矿物。第三纪红砂岩发育的土壤中钾长石和云母类矿物含量均较低。

从表 2 和图 1 可以看出, 土壤不同粒级组份中含钾矿物的含量以及分配规律。云母类矿物是土壤粘粒部分的主要含钾矿物。X-衍射分析(表 1)进一步表明这些云母类矿物

表 2 土壤不同粒级中含钾矿物的含量 (g/kg 土)

Table 2 Contents of K-bearing minerals in different fractions of soil particles

土壤 Soil	编号 No	<2 μ		2—10 μ		10—50 μ		>50 μ		全土 Whole soil	
		钾长石 K-feldspar	云母 Mica								
砖红壤	1	nd	63.8	335.8	83.1	401.1	92.8	72.5	nd	105.6	38.6
赤红壤	2	nd	34.9	118.9	178.3	183.5	281.9	220.9	nd	119.4	60.7
赤红壤	3	nd	120.5	84.4	302.4	234.0	37.4	116.2	21.5	91.6	83.2
红壤	4	nd	56.6	33.0	225.3	111.5	136.1	200.9	17.6	80.6	86.2
红壤	5	nd	95.2	3.8	30.1	nd	nd	nd	nd	0.3	17.1
红壤	6	nd	116.9	50.0	367.4	12.2	344.5	30.7	10.9	21.6	141.9
石灰土	7	nd	250.6	nd	351.8	nd	73.5	nd	nd	nd	188.9
石灰土	8	nd	50.6	nd	26.5	nd	57.8	nd	60.6	nd	47.2
石灰土	9	nd	32.8	42.2	22.9	2.1	14.5	nd	nd	8.3	27.2
石灰土	10	nd	157.8	13.1	47.0	17.7	3.6	nd	nd	6.4	91.0
石灰土	11	nd	238.5	34.5	60.2	35.3	nd	nd	nd	16.1	150.4
紫色土	12	nd	326.5	12.7	273.5	32.2	120.5	13.9	nd	20.9	179.9

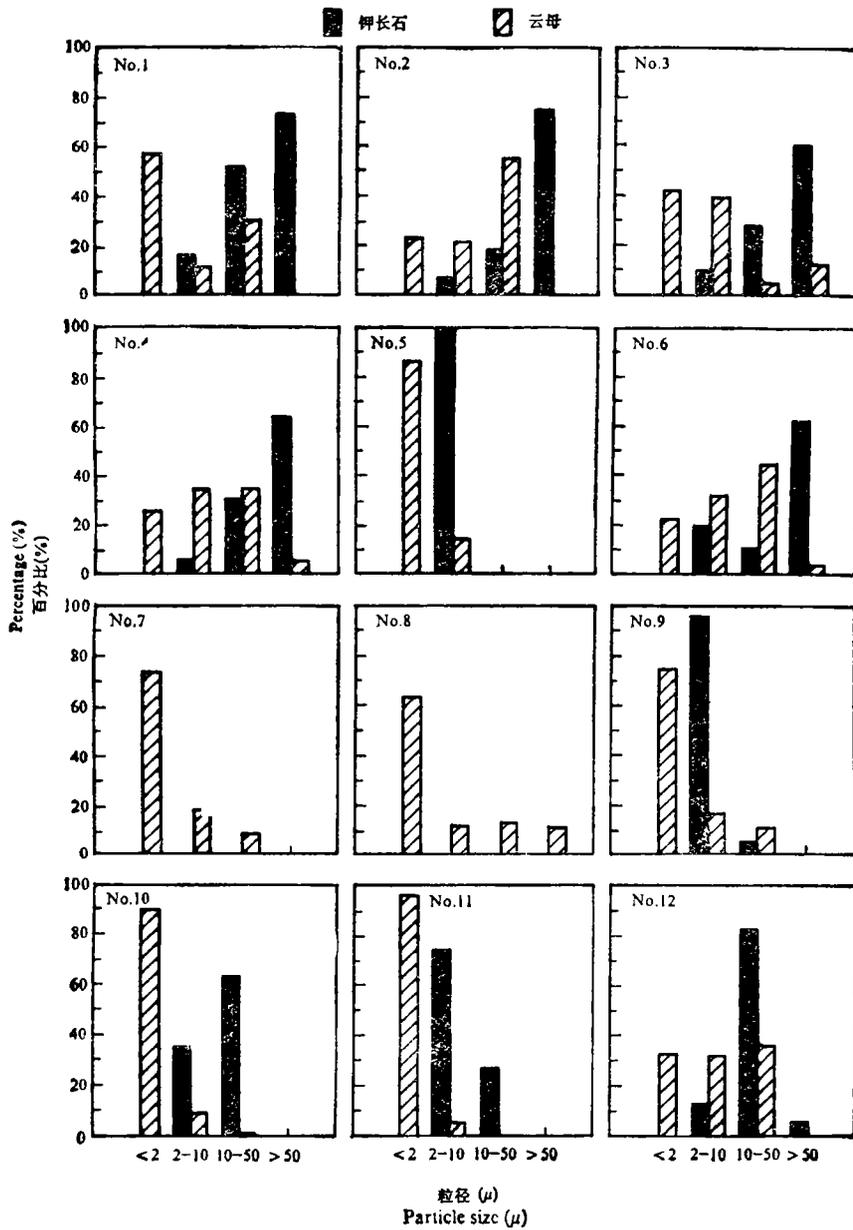


图 1 含钾矿物在不同粒径中的分配

Fig. 1 Distribution of K-bearing minerals in different fractions of soil particles

主要为水云母。粘粒中基本不含钾长石。对于花岗岩发育的土壤而言,除了>50μ外,不同粒径中含钾矿物的含量基本上有随粒径的增大而增加的趋势,这反映了含钾矿物在成土过程中被不断风化。>50μ部分由于含有较多的石英砂粒而使含钾矿物相对含量降低。钾长石较难风化,从图1可以看出,钾长石主要集中在10—50μ和>50μ两个粒径中,其含钾量占全土钾长石的80%以上;云母类矿物在<50μ粒径中的含量占全土云母类矿物

含量的 80% 以上,而 $>50\mu$ 部分中云母类矿物含量很低,甚至很难检测。沉积岩发育土壤的情况与花岗岩发育的土壤有所不同。其含钾矿物以云母类矿物为主,钾长石含量甚微。云母类矿物含量有随粒径的增大而减少的趋势,粘粒中云母类矿物含量占全土云母类矿物含量的 60% 以上(图 1)。

(二) 土壤钾素状况及其与土壤矿物学性质的关系

土壤钾素水平决定于含钾原生矿物和粘粒矿物的种类和数量。表 3 列出了供试土壤不同形态钾的含量,花岗岩发育的土壤由于含有较多的钾长石和一定量的云母类矿物,土壤的含钾量很高。从表 3 可以看出,无论是砖红壤、赤红壤或红壤,其全钾量(K_2O)均在 $20g/kg$ 土以上,属于我国南方地区含钾量较高的土壤。紫色土由于母质中富含云母和水云母,且自然风化过程的时间不太长,因此土壤全钾量(K_2O)达 $23.25g/kg$ 土,也属于含钾量较高的土壤。石灰岩发育的土壤很少含有钾长石,但常常含有一定量的云母类矿物,且主要集中在粘粒部分,这些土壤的含钾量(K_2O)较低,一般在 $10g/kg$ 土左右,第三纪红砂岩发育的土壤全钾量(K_2O)最低,仅为 $2.53g/kg$ 土,因为这类土壤中的钾长石和云母类矿物含量均很低。

表 3 土壤中不同形态钾的含量

Table 3 Contents of different forms of potassium in the soils

土壤 Soil	母质 Parent material	地点 Locality	钾素形态 (K, mg/kg)		全钾量 Total K content ($K_2O, g/kg$)	供钾潜力等级 K-supplying power
			交换性钾 Exchangeable K	非交换性钾 Nonexchangeable K		
砖红壤	花岗岩	海南那大	46.7	163.3	21.68	低
赤红壤	花岗岩	广东韶关	66.9	245.2	26.62	中下
赤红壤	花岗岩	广东广州	39.9	1124.7	26.86	高
红壤	花岗岩	福建光泽	47.3	73.5	22.41	低
红壤	第三纪红砂岩	江西余江	55.1	22.5	2.53	极低
红壤	花岗岩	江西南昌	51.7	1132.4	21.80	高
石灰土	石灰岩	广东肇庆	37.8	2.5	18.67	极低
石灰土	石灰岩	广西桂林	25.4	10.7	5.18	极低
石灰土	石灰岩	江西宜春	69.7	122.9	16.26	低
石灰土	石灰岩	浙江杭州	137.6	231.0	11.81	中下
石灰土	石灰岩	江苏南京	155.9	812.9	15.54	高
紫色土	紫砂页岩	四川成都	153.6	576.1	23.25	中上

已有研究表明^[2],土壤非交换性钾与云母类矿物含量是正相关,而与钾长石含量不显相关性。这是因为云母类矿物属 2:1 型的层状硅酸盐矿物,钾离子位于层间复三角网孔中,易被 1 mol/L HNO_3 提取,长石属架状结构,钾离子被包围在结构的内部,不易为 1 mol/L HNO_3 提取出来。供试土壤(除 7 号土外)的非交换性钾量与 $<50\mu$ 粒级部分和全土的云母类矿物含量是显著正相关(r 分别为 0.638* 和 0.669*)。当然土壤非交换性钾含量不仅决定于云母类矿物的数量,而且还受其种类的影响。Huang 等^[9]研究指出,在 $\text{pH} < 2$ 时,白云母和黑云母中钾素释放至 1 mol/L HNO_3 的能力相差很大,因此他们认为,在解释强酸提取的土壤非交换性钾结果时应加小心。从供试土壤的情况来看,广东肇庆和广西桂林的石灰土尽管含有较多的云母类矿物,但其非交换性钾含量很低,这可能

与这两种土壤含有较多的难风化二八面体白云母有关，而且石灰岩母质中所含的云母类矿物是经历过长期的搬运和堆积后而残余下来的，属抗风化强的云母类矿物。

谢建昌等^[3]曾根据 1mol/L HNO₃ 煮沸 10 分钟提取的非交换性钾拟定了我国主要土壤的供钾潜力等级。对照该等级表可以确定供试的几种土壤的供钾潜力如表 3 所示。从表上可以清楚地看出，花岗岩发育的砖红壤、赤红壤和红壤的供钾潜力高低不一，主要受土壤云母类矿物含量和种类的影响；紫色土的供钾潜力中等以上；石灰土的供钾潜力从南到北递增，这与土壤风化强弱以及由此而引起的土壤云母类矿物的含量和种类的分异

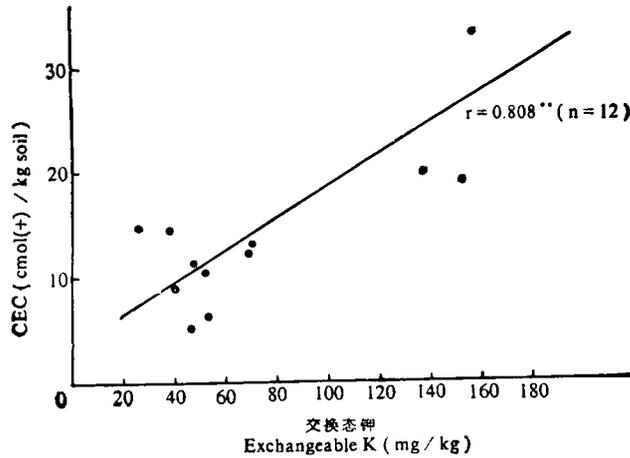


图 2 交换态钾与阳离子交换量关系

Fig. 2 The relationship between exchangeable K and CEC

表 4 土壤不同粒级中钾的含量 (g K₂O/kg 土)

Table 4 K contents of different particle fractions in the soils (g K₂O/kg soil)

土壤 Soil	母质 Parent material	地点 Locality	<2 μ	2—10 μ	10—50 μ	>50 μ ¹⁾
砖红壤	花岗岩	海南那大	6.38	61.68	75.05	11.88
赤红壤	花岗岩	广东韶关	3.49	37.34	58.30	45.66
赤红壤	花岗岩	广东广州	12.05	44.09	69.51	21.16
红壤	花岗岩	福建光泽	5.66	27.95	31.92	34.65
红壤	第三纪红砂岩	江西余江	9.52	3.61	nd	nd
红壤	花岗岩	江西南昌	11.68	44.93	36.50	14.03
石灰土	石灰岩	广东肇庆	25.06	35.17	7.35	nd
石灰土	石灰岩	广西桂林	5.06	2.65	5.78	1.33
石灰土	石灰岩	江西宜春	19.27	9.16	3.61	nd
石灰土	石灰岩	浙江杭州	15.78	6.87	3.25	nd
石灰土	石灰岩	江苏南京	23.85	11.68	3.13	nd
紫色土	紫砂页岩	四川成都	32.64	29.39	17.35	22.47

1) >50 μ 部分的含钾量 = 土壤全钾 - 土壤交换性钾 - <2 μ 、2—10 μ 和 10—50 μ 部分中的全钾量

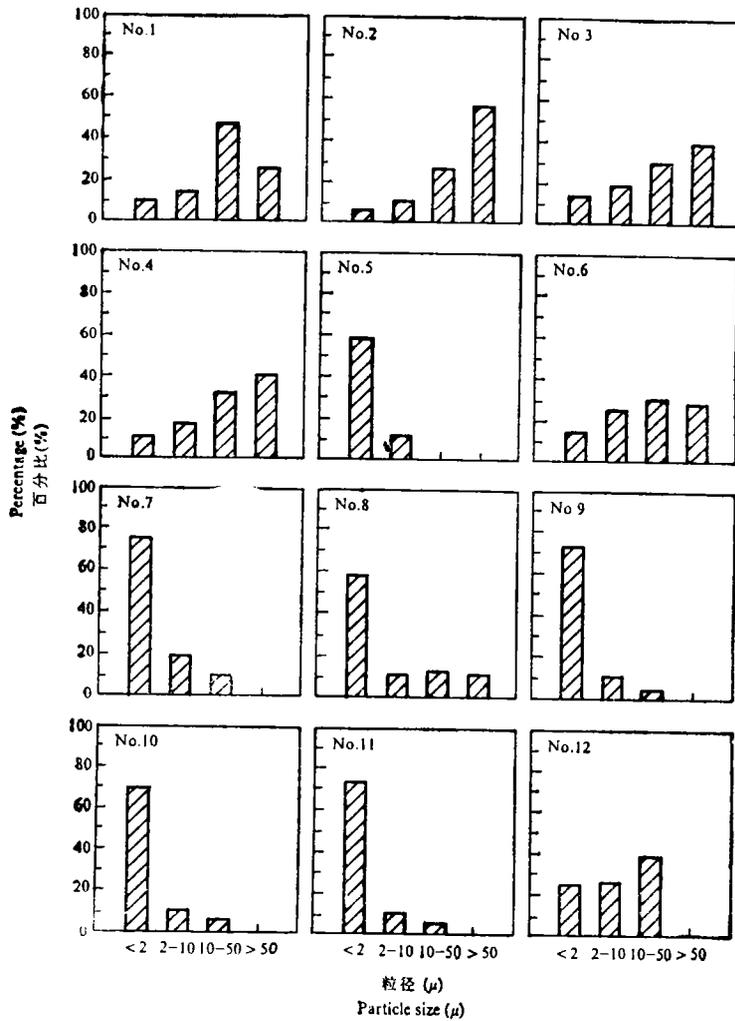


图3 钾素在不同粒级中的分配

Fig. 3 Distribution of K in different particle size

有关。第三纪红砂岩发育的红壤的供钾潜力极低。

土壤交换性钾是指吸持在土壤胶体表面的钾离子,易被植物吸收利用,在植物钾素营养上具有重要意义。供试土壤的交换性钾量与土壤阳离子交换量呈极显著正相关 ($r = 0.808^{**}$ 如图2所示)。Sharpley^[10] 的研究结果也支持了这一论点。

(三) 钾素在土壤不同粒级中的分配

表4和图3显示了土壤不同粒级中的全钾量以及分配情况。从图和表可以看出,除 $>50\mu$ 外,花岗岩发育的土壤不同粒级中的含钾量随粒径的增大而增加,全钾量主要集中在 $10-50\mu$ 和 $>50\mu$ 两个粒级中;石灰岩、紫砂页岩和第三纪红砂岩等沉积岩发育的土壤,其含钾量有随粒径的增大而减少的趋势,全钾量主要集中于 $<2\mu$ 和 $2-10\mu$ 两个粒级中。土壤不同粒级中钾素的分配规律与土壤含钾矿物的分配是一致的。花岗岩发育的土壤

的 $10-50\mu$ 和 $>50\mu$ 两个粒级中含有较多的钾长石及云母, 从而使其钾素含量较高; 沉积岩发育的土壤在 $<2\mu$ 和 $2-10\mu$ 粒级中含有较多的含钾矿物而使土壤钾素大部分集中在这两个组份中。

三、结 论

1. 花岗岩发育的土壤, 其含钾矿物的含量分两种情况, 1, 2, 3 号土壤的钾长石含量高于云母类矿物, 而 4, 6 号土壤则相反。这与土壤成土过程及成土母质的差异有关。沉积岩发育的土壤的含钾矿物主要为云母类矿物, 很少甚至不含钾长石。

2. 花岗岩发育土壤由于含有较多的钾长石和云母类矿物, 土壤钾素含量较高; 紫色土由于含有较多的云母和水云母, 土壤含钾量也较高, 石灰土和第三纪红砂岩发育的红壤含钾矿物含量较低, 所以土壤钾素含量不高。土壤非交换性钾与土壤云母类矿物含量呈显著正相关, 云母类矿物的种类对非交换性钾含量也有影响。土壤交换性钾与土壤阳离子交换量呈极显著正相关。

3. 花岗岩发育土壤的全钾量主要集中在 $10-50\mu$ 和 $>50\mu$ 粒级中, 沉积岩发育土壤的全钾量则主要集中在 $<2\mu$ 和 $2-10\mu$ 粒级中。

参 考 文 献

1. 蒋梅茵、罗家贤, 1979: 土壤中含钾矿物的研究, I. 含钾矿物中钾的形态及其释放。土壤学报, 第 16 卷 4 期, 414—421 页。
2. 罗家贤、蒋梅茵, 1981: 土壤中含钾矿物的研究, II. 湖南省一些土壤的含钾矿物含量及其与缓效钾的关系。土壤学报, 第 18 卷 1 期, 87—96 页。
3. 谢建昌等, 1983: 我国主要土壤供钾潜力的初步研究, 《土壤养分, 植物营养与合理施肥》(孙曦主编)。66—77 页, 农业出版社。
4. 熊毅等著, 1985: 土壤胶体。第二册, 科学出版社。
5. 谢建昌, 1985: 红壤地区土壤的钾素含量, 钾肥施用, 《中国红壤》(李庆逵主编), 科学出版社, 159—170 页。
6. 李庆逵等, 1961: 我国红壤地区某些主要土类钾的含量状态以及含钾矿物的转化规律。土壤学报, 第 9 卷 1—2 期, 22—35 页。
7. 南京土壤研究所编, 1985: 土壤理化分析。上海科技出版社。
8. Kiely, P. V. and M. L. Jackson, 1965: Quartz, feldspar, and mica determination for soils by sodium pyrosulfate fusion. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 29:159—162.
9. Huang, P. M. et al, 1968: Chemical dynamics of K-release from potassium minerals common in soils. Trans. Int. Congr. Soil Sci. 9th, 2:705—712.
10. Sharpley, A. N., 1989: Relationship between soil potassium forms and mineralogy. Soil Sci. Soc. Am. J. 52:1023—1028.

POTASSIUM STATUS AND CONTENTS OF K-BEARING MINERALS OF SOME SOILS IN SOUTHERN CHINA

Zhu Yongguan and Luo Jiaxian

(*Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing, 210008*)

Summary

This paper deals with the potassium status and K-bearing minerals in the soils in South of China. Results show that the contents and types of soil K-bearing minerals were influenced by parent materials and soil development, the K-bearing minerals in the soils developed from granite increased with the particle size (with the exception of $> 50\mu$ fractions), but a contrary result was found for the soil derived from sediment rock. Soil nonexchangeable was well correlated with the contents of micaceous minerals ($r = 0.669^*$), and exchangeable K was significantly correlated with soil CEC ($r = 0.808^{**}$). Different particle size fractions made different contribution to the total potassium in the soil. Total potassium was mainly concentrated in the fractions of $10-50\mu$ and $> 50\mu$ for the soils derived from granite, and in the fractions of $< 2\mu$ and $2-10\mu$ for those derived from sediment rock.

Key words K bearing mineral, Potassium status, Weathering, Nonexchangeable potassium