

湖南主要稻田土壤的钾素状态 及供钾特性的研究

何电源 胡荣桂 苏以荣 廖先苓

(中国科学院长沙农业现代化研究所)

摘 要

研究了湖南省主要稻田土壤的钾素含量、土壤各粒级的含钾量及含钾矿物,比较了3种作物对土壤钾的吸收能力。

已有的资料表明,在某些土壤上施用钾肥已成为作物正常生长的关键措施。因此,了解土壤的供钾状况及其与作物生长的关系是当前重要的研究课题之一。对于湖南省土壤的含钾矿物,罗家贤等在1981年作过一些研究^[1],以后,葛旦之等对洞庭湖平原土壤含钾矿物及其释钾能力也作了研究^[2]。我们在已有工作的基础上,对湖南省主要成土母质发育的稻田土壤中的钾素状态、含钾矿物进行了比较系统的分析研究,以下是我们的初步结果。

一、材料及方法

(一)样品采集 采集了湖南省广泛分布的第四纪红土、石灰岩、板页岩、紫色砂页岩、湖积物、河流冲积物、砂岩和花岗岩等成土母质发育的水稻土共100余个,分析其不同形态钾的含量,并选择其中7种土壤进行粘土矿物分析。

(二)土壤粘土矿物分析 1. 原状土壤经脱钙去除有机质和分散处理后,用沉降法提取粘粒($< 2 \mu\text{m}$)。2. 粘粒去除氧化铁后,制成镁饱和甘油扩张片及钾饱和片,在JDX-10P3A型X-射线衍射仪上测定(30KV,18mA, CuK α)其矿物组成,为了正确判断1.4nm矿物,还对钾饱和片在300℃和550℃加热两小时的变化作了分析。

(三)土壤含钾矿物的鉴定 1. 分析粘粒和粉粘中的全钾含量;2. 用1N HNO₃(热)连续5次提取土壤、粘粒及粉粒中的钾,其总量称为酸提取钾;3. 在X-射线分析对粘土矿物给出定性和半定量结果后,根据云母类矿物含钾百分率计算出云母的含量^[3];4. 根据不同土壤颗粒用酸提取时的释钾情况,粗略判断含钾矿物类型。

(四)钾素形态分析 土壤全钾用NaOH熔融法;缓效钾用1N HNO₃(热)提取;速效钾

表1 供盆栽试验用土壤的主要农化性质

土 壤	采样地点	成土母质	pH (H ₂ O)	阳离子交换量 (Cmol/kg)	有机质 (%)	全 钾 (%)	缓效钾 mg/100g	速效钾 mg/100g	速效氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)
红 黄 泥	长沙	第四纪红土	5.7	15.3	3.30	1.31	14.9	8.9	21.5	7.2
灰 泥 田	祁东	石 灰 岩	7.9	27.7	4.23	1.72	30.9	10.1	37.2	8.6
紫 泥 田	衡阳	紫色砂页岩	7.8	25.8	3.27	3.06	44.6	11.3	11.6	4.2
紫 潮 泥	南县	湖 积 物	8.0	21.4	4.62	2.62	36.4	7.5	52.3	6.2
扁 砂 泥	桃源	板 页 岩	5.2	14.0	2.76	2.36	17.6	4.5	23.4	1.8
麻 砂 泥	长沙	花 岗 岩	5.5	13.5	3.63	2.14	30.5	5.5	20.1	20.1

用 1 N NH_4Cl 提取。植株全钾用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{--H}_2\text{O}_2$ 消化, 待测液用 6400 型火焰光度计测定。

(五) 盆栽试验 选择含钾水平不同的 4 种水稻土(主要农化性质见表 1), 自 1984 年 11 月至 1985 年 11 月分别种植大荻、水稻和空心莲子草, 每种作物连种 3 季, 每种土壤设施钾与不施钾 2 处理, 分别测植株干重、含钾量及土壤中各种形态钾的变化。

二、结果和讨论

(一) 主要稻田土壤中钾的含量和供钾特点 我们对全省主要成土母质发育的水稻土中, 钾的状态和不同粒级中钾的含量进行了分析和统计, 其结果分别列于表 2 和表 3。从表中可以看出, 不同类型的土壤具有不同的供钾特点, 现分别讨论如下:

表2 主要稻田土壤中不同形态钾的含量

土 壤	成土母质(岩)	样 本 数	全钾(K%)	缓 效 性 钾		速 效 性 钾	
				钾(gm/kg)	占全钾(%)	钾(mg/kg)	占全钾(%)
红黄泥	第四纪红土	38	1.28 ± 0.20	172 ± 43.6	1.35 ± 0.024	55.4 ± 17.2	0.43 ± 0.009
灰泥田	石灰岩	18	1.37 ± 0.34	336 ± 169.5	2.52 ± 0.050	34.5 ± 49.3	0.62 ± 0.011
扁砂泥	板页岩	13	1.87 ± 0.03	135 ± 12.8	0.720 ± 0.017	35.6 ± 15.8	0.19 ± 0.020
麻砂泥	花岗岩	8	2.26 ± 0.29	936 ± 435.6	4.14 ± 0.150	42.4 ± 10.6	0.19 ± 0.004
紫泥田	紫色砂页岩	2	2.54 ± 0.73	340 ± 96.2	1.36 ± 0.013	96.0 ± 59.6	0.38 ± 0.008
紫潮泥	湖积物	2	2.71 ± 0.13	491 ± 189	1.81 ± 0.146	119.6 ± 30.3	0.44 ± 0.023
河砂泥	沅江冲积物	6	2.45 ± 0.11	—	—	55.9 ± 8.1	0.23 ± 0.007
沙泥田	砂岩砂砾岩	21	1.13 ± 0.23	186 ± 32.5	1.64 ± 0.014	46.2 ± 21.1	0.41 ± 0.009

表3 6 种水稻土壤的颗粒组成和含钾量

土 壤	土壤 全钾 (K%)	粒级组成* (%)			钾含量(K%)		占土壤全钾(%)			1 N HNO_3 五次连续提取钾			
		粘	粉	砂	粘	粉	粘	粉	砂**	粘	粒	粉	粒
		粒	粒	粒	粒	粒	粒	粒	粒	Kmg/ 100g	占土壤 全钾 (%)	Kmg/ 100g	占土壤 全钾 (%)
红黄泥	1.31	37.5	53.9	3.6	2.41	0.69	69.0	31.0	0.0	56.0	1.62	11.7	0.53
灰泥田	1.72	42.5	42.3	3.7	2.71	0.92	67.0	25.8	7.2	109.1	2.70	33.7	1.09
扁砂泥	2.36	30.5	53.2	9.3	3.06	2.29	39.5	57.4	3.1	60.5	0.86	27.0	0.63
麻砂泥	2.27	32.3	40.7	25.5	1.59	3.16	22.6	56.4	20.7	56.8	0.81	62.9	1.13
紫泥田	3.06	48.9	45.4	5.7	3.87	2.32	61.8	34.3	3.8	118.1	1.89	70.3	1.12
紫潮泥	2.62	40.2	52.5	7.9	3.26	3.52	50.0	50.5	0.0	102.0	1.57	52.3	1.05

* 粘粒 $<0.002\text{mm}$, 粉粒 $0.002\text{--}0.02\text{mm}$, 砂粒 $0.02\text{--}3\text{mm}$ 。

** 砂粒的含钾量为土壤含钾量减去粘粒和粉粒的含钾量。

1. 红黄泥 主要发育于第四纪红土母质上, 包括浅红黄泥、红黄泥等土种, 约占全省水稻土总面积的 12.6%。这类土壤中的全钾、缓效钾和速效性钾都较低(表 2), 施用钾肥一般都可获得明显的效应。土壤全钾在粘粒中高达 69%, 在粉粒中占 31%, 砂粒中钾的含量近于零。用 1 N HNO_3 连续提取 5 次, 粘粒和粉粒中的钾量分别占全钾的 1.62% 和 0.53%(表 3), 可见其缓效性钾的含量也不高, 因此, 应重视这类土壤的钾肥供应。

2. 灰泥田 主要发育于石灰岩、白云岩等灰岩类的成土母质上, 包括浅灰黄泥、浅灰泥、灰黄泥、灰泥田等各个土种, 共占全省稻田总面积的 13.7%, 这类土壤的全钾含量虽不高,

但缓效性钾和速效性钾的含量都较高, 占全钾的百分率也较大(表2)。粘粒和粉粒中的钾分别占全钾的67.0%和25.9%, 用1 N HNO₃连续提取5次的钾量也分别占全钾的2.70%和1.09%(表3), 因此, 当作物产量为常年产量水平时, 土壤有效钾当可满足要求, 但在集约耕作和高产要求下, 则需考虑钾肥的施用。

3. 扁砂泥田 主要在板、页岩及泥质页岩类的成土母质上, 包括浅黄泥、黄泥田及扁砂泥等土种, 约占全省稻田的12.7%, 这类土壤全钾含量中等, 但缓效性钾和速效性钾含量都低(表2); 粘粒中的含钾量只占全钾的39.5%, 粉粒中的却占全钾的57.4%, 用1 N HNO₃连续提取5次的钾量分别只占全钾的0.86%和0.68%(表3), 这可能与成土母质的风化程度不深有关。这是一类需要重点补充钾肥的土壤, 同时, 在土壤耕作时, 要注意翻耕晒垡, 冻融交替, 以促使粉粒中的钾风化释放。

4. 麻砂泥 主要发育在花岗岩风化物上, 包括浅麻砂泥、麻砂泥、青麻砂泥等土种, 约占全省稻田的5%, 这种土壤的全钾量中等偏上、缓效性钾含量高, 速效性钾含量低, 粘粒含钾量只占全钾的22.6%, 粉粒中则占56.4%, 砂粒中占全钾的20.7%(表2、3)。这与成土母质的组成及风化程度都有密切的关系, 除供应必须的钾肥外, 应重点促进土壤钾的释放。

5. 紫泥田 主要发育于钙质紫色砂、页岩风化物上, 包括浅紫泥、紫泥田等土种, 约占全省稻田的3%左右, 这类土壤的全钾、缓效性钾和速效钾含量都较高, 粘粒和粉粒的含钾量分别占全钾的61.8%和34.3%, 两者的酸提取钾量占全钾量的3%左右(表2、3), 是湖南省供钾比较丰富的土壤。但酸性紫色砂岩和紫色砂砾岩风化物发育的土壤含钾量则较低, 是需要供应钾肥的土壤之一。

6. 紫潮泥 主要发育于长江冲积—洞庭湖沉积物上, 包括暗紫潮泥、紫潮泥、紫潮沙泥、和青隔紫潮泥等7个土种, 约占全省水稻土的5.9%, 由于受长江上游大面积钙质紫色冲蚀物的深刻影响, 这种土壤的全钾、缓效钾和速效钾含量都相当高, 粘粒和粉粒的钾各占全钾的50%, 酸提取钾量高, 说明缓效钾的给源也较高, 是湖南省供钾丰富的水稻土。

7. 河沙泥 主要发育于江河冲积物上, 约占全省水稻土的11%, 由于江河上中游的成土母质不同, 因此土壤中各种形态的钾的含量也有较大差异, 我们采样分析的沅江冲积物上发育的河沙泥, 全钾含量虽属中等偏上, 但速效性钾含量相当低, 故在高产栽培时应注意钾肥的施用。

8. 沙泥田 主要发育于砂岩、砂砾岩等风化物上, 包括浅黄砂泥、黄沙泥、灰红黄泥、青隔灰黄泥等土种, 占全省水稻土的6.3%, 土壤中各形态含钾量都很低, 是湖南省的主要缺钾土壤。

(二)不同土壤的粘土矿物和含钾矿物 在所分析的土壤中除麻砂泥有20.7%的钾含在砂粒中, 麻砂泥和扁砂泥有56.4—57.4%的钾含在粉粒中外, 其余土壤都有50%的钾存在于粘粒中, 因此, 我们重点研究了粘粒的矿物种类及含钾矿物。

由于X—射线图谱中1.0nm是云母和伊利石共有的衍射峰, 为区分两者的含量, 根据蒋梅茵^[3]所提供的方法, 对粘粒部分的云母和伊利石进行了计算, 结果列入表4。相关分析表明, 云母的含量与X—射线衍射1.0nm峰的强度有极显著的相关($r = 0.9266^{**}$)。而伊利石的相关性则小些, 这可能与云母含量较高, 在衍射峰强度中所占比例较大有关。据前人的研究^[3], 黑云母和白云母的释钾特性有明显的差异。我们用1 N HNO₃对6种代表性土壤及其粘粒和粉粒的钾连续提取5次, 根据各次提取的量可大体判断出紫泥田、紫潮泥田和灰泥田的含钾矿物中, 黑云母的含量较高, 而红黄泥田、扁砂泥田和麻砂泥田中则白云母占的比例较大。

表 4

3 种作物对土壤钾的吸收能力的比较

(mg/100g $\pm$)

作物	土壤	第 1 次收获	第 2 次收获	第 3 次收获	总吸钾量	总吸钾中来自缓效钾	缓效钾占总吸钾量%
空心莲子草	红黄泥	7.76	3.68	1.45	12.9	6.31	48.9
	灰泥田	11.5	11.0	3.56	26.1	21.0	80.5
	紫泥田	13.4	10.0	4.18	27.5	21.4	77.8
	紫潮泥	12.3	10.9	5.70	28.6	26.2	90.7
大麦	红黄泥	3.51	2.99	1.03	7.53	1.96	26.0
	灰泥田	5.95	2.87	5.33	14.2	9.48	66.8
	紫泥田	4.56	4.28	4.98	13.8	7.24	52.5
	紫潮泥	3.89	3.85	4.84	12.6	9.32	74.0
水稻	红黄泥	8.29	3.40	2.30	14.0	7.31	52.2
	灰泥田	8.69	5.66	7.88	22.2	18.9	85.1
	紫泥田	14.7	11.9	12.3	38.9	32.0	82.3
	紫潮泥	9.09	7.68	8.28	25.1	22.9	91.2

这些结果进一步解释了前 3 种土壤速效钾含量较高,而后 3 种土壤速效钾含量低的原因。现将各种土壤的粘土矿物和含钾矿物的状况,结合其钾的供应特点讨论如下:

1. 红黄泥 粘土矿物以高岭石为主,其次为云母(伊利石)和蛭石,在云母中白云母占的比例大。这种土壤的缓效钾和速效钾都低,且占全钾的比例小,这可能与云母类矿物量稍高,尤其是黑云母比例较大有关。

2. 灰泥田 粘土矿物为高岭石、蛭石、云母(伊利石)及少量 1.4nm 过渡矿物,土壤中各种形态的钾都高于红黄泥,这可能与云母类矿物量稍高,尤其是黑云母比例较大有关。

3. 扁砂泥田 粘土矿物有云母(伊利石)、高岭石、蛭石及少量 1.4nm 过渡矿物,虽然全钾含量较上述两种土壤高,但缓效钾和速效钾含量都较低。这可能与白云母在云母类矿物中的比例较大有关,也与粉粒中的钾占全钾的比例高达 57.4% 有关。

4. 麻砂泥 粘土矿物有高岭石、蛭石和云母,土壤速效钾和缓效钾含量高、且变幅大,这可能与粘粒中的云母类矿物含量低,也与粉粒中钾占全钾的 56.7% 和砂粒中占 20.7% 有关,而且与这些钾素大都贮存在长石及白云母类矿物中有关。

5. 紫泥田 粘土矿物以云母(伊利石)为主,其次为蛭石、蒙脱石、高岭石及少量其它矿物。土壤中各种形态的钾含量都比较高,可能与成土母质风化程度较浅、含钾矿物的含量较高,且黑云母的比例较大有关。

6. 紫潮泥田 粘土矿物以云母(伊利石)、蛭石、高岭石为主,并有少量蒙皂石,土壤中各种形态钾的含量都较高,这与粘土矿物中含钾矿物较高、且黑云母的比例较大有关。

7. 潮砂泥田 粘土矿物中伊利石>高岭石>蛭石等 1.4nm 矿物,土壤全钾量虽然较高,但速效钾含量却低。

(三)不同作物对土壤钾的吸收利用 空心莲子草是一种含钾量高的野生植物,可作生物钾肥的肥源,将空心莲子草、大麦和水稻分别用红黄泥、灰泥田、紫泥田和紫潮泥田进行盆栽试验。在试验前后都测定土壤缓效性钾和速效性钾含量,在收获时测定植物的生物产量并分析植株的含钾量,每种土壤连续种植 3 次,其结果列于表 4。可以看出,大麦对土壤钾的吸收量比较低,从缓效钾中吸收的钾只占总吸收量的 26—74%;水稻和空心莲子草对土壤钾的吸收利用能力较强,从缓效钾中吸收的钾占总吸钾量的 50—90%。

4 种土壤的供钾能力也有明显的区别, 根据三种作物从土壤中吸收的缓效钾占总吸收量的百分率来看, 都表现出相似的趋势, 其顺序是紫潮泥>灰泥田>紫泥田>红黄泥。这个顺序既反应了缓效钾的数量, 同时也说明了含钾矿物不同, 以及钾离子在矿物中所处的位置不同。

参 考 文 献

- [1] 罗家贤等, 土壤中含钾矿物研究 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, 18(1): 87—96, 1981。
- [2] 葛旦之等, 洞庭湖平原土壤含钾矿物及其释钾能力的研究, 湖南农学院学报(1), 1985。
- [3] 蒋梅茵等, 中国土壤胶体研究Ⅲ. 五种主要土壤的粘粒矿物组成, 土壤学报, 19(1): 62—70, 1982。
- [4] 何电源等, 潜育性水稻土的养分供应状况与施氮磷钾肥效应, 湖南土壤科技(2), 16—23, 1984。
- [5] 湖南农业厅编, 湖南土壤, 3—37页, 197—244页, 农业出版社, 1989。
- [6] He Dian Yuan et al., Current progress in soil research in People's Republic of China, p. 354—364, Jiansu Science and Technology Publishing House, 1986。

新书出版消息

《中国土壤地理》已出版

由中国科学院南京土壤研究所张俊民、蔡凤歧和何同康编著的《中国土壤地理》已由江苏科学技术出版社出版。

该书系《中国地理丛书》之一。对我国辽阔的国土, 丰富的土壤资源及土壤形成、分类和分布作了详细的阐述; 并以较多的篇幅对我国11个土纲, 49个土类的形成、分布、特性及利用状况作了介绍。

该书内容丰富, 文字通俗易懂, 图文并茂, 适合具有中等以上文化水平的读者阅读。