

富钾硅复合物的农业化学行为研究

郭碧花¹ 余贵芬² 魏朝富³ 车福才³ 高明³

(1 四川师范学院生物系 南充 637002; 2 中国科学院南京土壤研究所 南京 210008;

3 西南农业大学资源环境学院 重庆 400716)

摘 要 富钾硅复合物中硅、钾、钙、镁养分的可溶性含量很高,但其有效态的养分含量却相对较低,故其养分只能缓慢地释放出来。在5个月的贮存过程中,多元复合物的水分含量对其养分的有效性没有明显的影响,但其养分含量却经历了一个明显的变化过程,其中可以用 Freundlich 方程拟合钾、镁的变化规律。多元复合物中硅、钾、钙、镁4种养分元素的释放速率随时间的延长而逐渐下降。

关键词 多元复合物;有效K;有效Mg;有效Si;有效Ca

中图分类号 S13;S143

我国是世界上化肥生产和消费的大国之一,但由于富钾矿资源匮乏,绝大部分钾肥需依靠进口。随着农业生产的发展,我国土壤逐渐表现出缺钾及缺硅现象。另一方面,虽然我国富钾矿资源不足,但K₂O含量在10%左右的中低品位的钾矿资源却非常丰富。目前,只有个别国外工厂综合利用明矾石和霞石,副产少量钾肥,含钾硅酸盐矿物还没有被当作一种钾硅肥资源来利用,对它的研究也甚少^[1,2]。

本文在已有成果的基础上,对含钾硅酸盐岩石与石灰石煅烧所得产物——富钾硅复合物(即多元复合物,富含硅、钾、钙、镁4种养分元素)进行多元复合物的存施性和养分释放规律研究。

1 材料与方法

1.1 材料

绿豆岩与配料物质在一定条件下(配料比、温度、时间等)煅烧得到产物——多元复合物,其可溶性K₂O、SiO₂·CaO和MgO含量分别为50.1、219.7、345、70.6g/kg(其化学组成见表1)。可溶性钾用稀

表1 供试材料的化学组成(g/kg)

Table 1 Chemical composition of the compound

Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅	PH
9.15	429	21.7	455	199	50.9	9.05	10.5

HCl浸提——火焰光度法测定,可溶性钙镁用稀HCl浸提——原子吸收光谱法测定,可溶性硅用0.5mol/L HCl浸提——硅钼蓝比色法测定^[3]。

1.2 多元复合物的存放性

称取复合物样品1.000g若干份于三角瓶内,加

入去离子水,使其复合物的含水量为100%、50%、20%和0,在恒温30℃下培养,分次在第1、2、5、10、30、60、100、150天时取出,用1mol/L NH₄OAc浸提有效钾、有效钙和有效镁,用HOAc浸提有效硅。4种元素均用常规方法测定^[3]。

1.3 多元复合物有效养分的释放规律性

用连续浸提法进行研究。有效钾、钙和镁用1mol/L NH₄OAc连续浸提,有效硅用HOAc连续浸提,培养温度为35℃和25℃,每次培养时间为12h,共浸提9次。4种元素均用常规方法测定^[3]。

2 结果与讨论

2.1 多元复合物在存放过程中养分的变化

2.1.1 多元复合物在贮存过程中的养分变化规律

虽然多元复合物中硅、钾、钙、镁等养分的可溶性含量较高,但有效态养分的含量(包括水溶性和交换态)却相对较低。风干状态的多元复合物中,有效硅的含量占可溶性硅含量的6.7%(表2);有效性钙占可溶性钙的5.6%。有效性钾和有效性镁的含量更低,分别只占可溶性含量的1.3%和0.35%。因而,多元复合物中的养分只能缓慢地释放出来,属于缓效性肥料。从表2可见,风干状态的多元复合物,经过5个月的贮存,有效硅的含量有降低的趋势,减少约21%;有效钾、有效钙和有效镁的含量则有不同程度的增加,其中有效钙增加了35%,有效镁增加了2.2倍;当在多元复合物中加入水分,使多元复合物处于不同的水分状态,经过5个月的贮存后,其有效养分与风干状态下的养分含量没有明显的差异,即多元复合物的水分含量对其养分的有效

表 2 水分对富硅钾复合物养分有效性的影响(g/kg)

Table 2 Effect of water content on nutrient availability

养分	水分%	时 间 (天)							
		1	2	5	10	30	60	100	150
Si	100	13.85	16.55	16.40	18.95	20.45	14.13	13.39	12.01
	50	13.93	14.69	16.47	20.42	20.77	33.20	18.63	11.70
	20	13.75	12.65	18.12	20.85	20.53	14.32	13.56	12.01
	0	14.66	-	-	-	-	-	-	11.48
K	100	0.646	0.625	0.657	0.625	0.772	0.793	0.825	0.800
	50	0.625	0.615	0.645	0.625	0.751	0.793	1.000	0.731
	20	0.646	0.626	0.657	0.615	0.793	0.793	0.713	0.738
	0	0.646	-	-	-	-	-	-	0.775
Ca	100	20.03	20.79	22.22	21.80	22.34	22.34	23.71	22.91
	50	21.21	25.50	24.07	22.30	19.77	19.77	22.70	23.47
	20	18.52	25.16	22.82	18.52	20.71	20.71	19.42	24.65
	0	19.36	-	-	-	-	-	-	26.11
Mg	100	0.260	0.296	0.285	0.303	0.715	0.715	0.667	0.528
	50	0.251	0.265	0.316	0.243	0.741	0.741	0.668	0.542
	20	0.209	0.241	0.316	0.190	0.788	0.788	0.649	0.470
	0	0.246	-	-	-	-	-	-	0.537

性没有明显的影响。但是,在 5 个月的贮存期间,多元复合物中的养分含量经历了一个明显的变化过程。有效硅的含量均经历了一个由低到高,再由高到低的过程,其中含水量为 100% 的多元复合物在第 30 天达到最高值,有效硅含量为 20.45g/kg,比初始风干状态时的有效硅含量高约 40%,随后有效硅含量下降,至 60 天时接近于初始风干状态时的多元复合物有效硅含量,以后呈缓慢下降;含水量为 20% 的多元复合物在 10~30 天间达到高峰值,其变化趋势与含水量为 100% 的多元复合物大致相同;而含水量为 50% 的多元复合物是在第 60 天达到高峰值,其峰值明显比含水量为 100% 和 20% 的多元复合物高,是初始风干状态时的多元复合物有效硅含量的 2.3 倍,但到 150 天时,有效硅含量与风干状态时的多元复合物和含水量为 100% 和 20% 的多元复合物没有明显的差异。在贮存期间多元复合物中有效钾和有效钙含量的变化相对较小。有效钾的含量变化在 0.615~1.00g/kg 间,随着时间的变化呈缓慢的上升。而有效钙的含量则保持在 19.08~25.50 g/kg 间,其间没有明显的变化规律性。有效镁含量的变化与有效硅含量的变化相似,呈抛物线形状,3 种水分处理间没有显著的差别。

2.1.2 多元复合物在贮存过程中的养分变化动力学 分别用抛物线扩散方程、Elovich 方程、Freundlich 方程及一级动力学方程对多元复合物在

贮存过程中硅、钾、钙、镁的有效性含量与时间的变化关系进行动力学模型拟合,结果表明:4 个动力学方程均不能用以描述贮存中硅含量的变化规律。钾含量的变化规律(表 3)可用前 3 个方程来描述,而一级动力学方程对它的拟合度极差,只有在含水量为 100% 的情况下相关系数达显著水平;相比之下, Freundlich 方程对钾含量的变化规律拟合度最高, Elovich 方程次之,前者的相关系数均值及其标准差都比后者好(前者为 $0.8075^* \pm 0.068$, 后者为 $0.7942^* \pm 0.078$);从不同水分含量来看,4 个方程对钾含量变化规律的拟合度均有一个相同的趋势,即 $100\% > 50\% > 20\%$,在 100% 含水量时除一级动力学方程拟合达显著水平外,其他 3 个方程均达极显著性水平。一级动力学方程对贮存中镁含量变化规律(表 3)的拟合度很差,无一达显著性水平;抛物线扩散方程的拟合也较差,仅在 100% 及 50% 含水量情况下对镁含量变化规律的拟合度达显著性水平;而 Elovich 方程及 Freundlich 方程的拟合度都达到了显著性或极显著性水平,仍以 Freundlich 方程对镁含量变化规律的拟合度最高。因此,在本实验条件下, Freundlich 方程适合描述多元复合物中钾和镁两种养分含量在贮存中的变化规律。4 个动力学方程对 100% 含水量的多元复合物在贮存中钙含量变化规律的拟合度均达到极显著性或显著性水平,但对另外两种水分含量条件下的钙含量变化规律拟合度极差。

表3 多元复合物贮存中钾、镁含量变化的动力学参数

Table 3 Kinetics equation parameters of K and Mg's release during the course of five-month storing

养分	水分 %	抛物线扩散方程			Elovich 方程			Freundlich 方程			一级动力学方程		
		$q_t = a + bt^{1/2}$			$q_t = a + blnt$			$\ln q_t = \ln a + 1/b \ln t$			$\ln q_t = \ln a + bt$		
		r	a	b	r	a	b	r	a	b	r	a	b
钾	100	0.9073**	-26.1	43.9	0.9041**	-11.1	19.3	0.9008**	7.36	0.073	0.8224*	170.4	371.8
	50	0.7341*	-11.7	23.6	0.7484*	-4.97	10.6	0.7837*	5.64	0.115	0.6662	118.5	218.8
	20	0.6621	-21.6	28.7	0.7301*	-10.4	18.8	0.7379*	7.59	0.075	0.5575	153.7	298.9
镁	100	0.7329*	-1.56	14.8	0.8212*	-0.73	7.29	0.8617**	5.65	0.29	0.6444	109.8	77.6
	50	0.7349*	-1.16	14.1	0.8144*	-0.49	6.88	0.8429**	5.45	0.32	0.6525	107.4	72.2
	20	0.6449	0.394	11.2	0.7474*	0.15	5.74	0.7874*	5.11	0.39	0.5764	96.7	54.9

注：(1) q_t —累积释放量(g/kg), t —时间(天)；(2) $r_{0.05}=0.707$, $r_{0.01}=0.834$, $n=8$

2.2 多元复合物中有效养分硅、钾、钙、镁的释放

多元复合物中硅、钾、钙、镁 4 种养分元素本身只能缓慢地释放出来，但复合物与土壤混合后，则与土壤颗粒发生物理及化学作用而成为土壤的一部分。因而可通过培养试验用弱酸或某些浸提剂模拟以测定复合物中养分元素的释放规律。

图 1 就是用 pH4.0 HOAc-NaOAc 缓冲液浸提多元复合物中的硅、钾、钙、镁以描述其释放的规律。对硅而言，一定范围内较高的温度会抑制硅的释放；

从图中看出，两条曲线有相似的变化趋势，即多元复合物中硅的释放速率是随时间的延长而逐渐下降的。而一定范围内的温度升高能促进多元复合物中钾的释放；随着时间的延长，两种温度下钾的释放速率均有下降的趋势。在最初的 12h 内钙的释放速率 35℃ 下比 25℃ 下的低，但在 12h 以后的 96h 内则相反。两种不同温度对镁的释放影响较小；而在大约第 70h 时，两种温度下镁的释放量相等，出现交叉点。

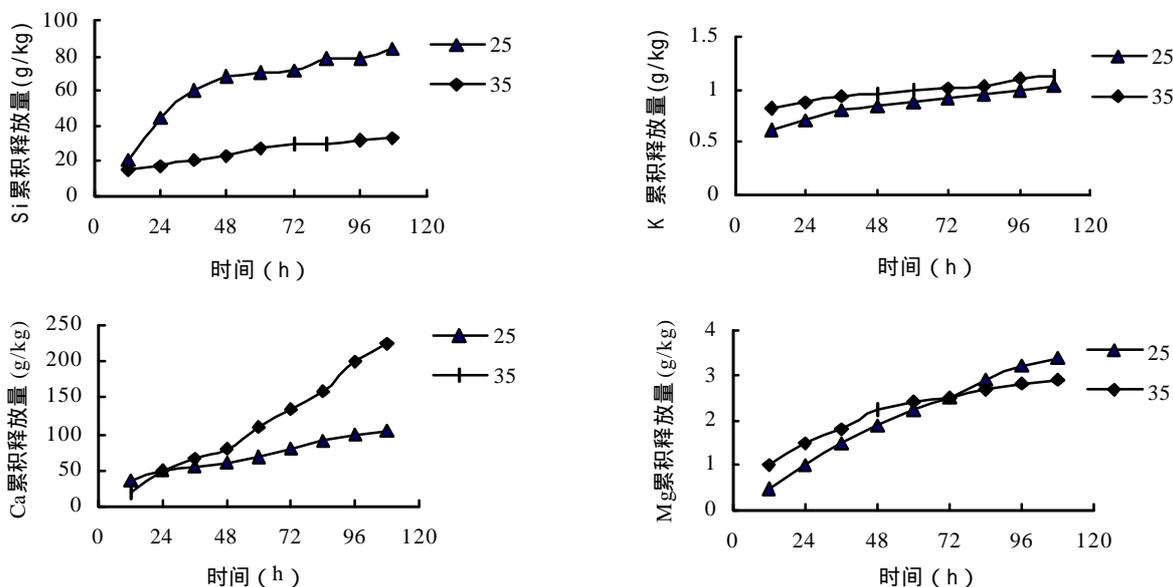


图 1 多元复合物中硅、钾、钙、镁的累积释放量与时间的关系

Fig. 1 Relation of Si, K, Ca and Mg released amount with time

参考文献

- 1 刘国怀. 化肥生产及应用. 济南: 山东科学技术出版社, 1980
- 2 徐邦梁. 农肥矿产. 北京: 科学出版社, 1980
- 3 南京农学院. 土壤农化分析. 北京: 农业出版社, 1987
- 4 Sposito, G., Soil Sci. Soc. Am. J. 1982 (46): 1147~115
- 5 Barrow, N. J. J., Soil Sci. 1978, 29: 447~46

AGROCHEMICAL BEHAVIOR OF K-AND-SI-RICH COMPOUNDS

Guo Bihua¹ Yu Guifen² Wei Chaofu³ Che Fucai³ Gao Ming³

(1 Biology Department, Sichuan Normal College, Nanchong 637002; 2 Institute of soil science, Chinese Academy of Sciences;

Nanjing 210008 ; 3 College of Resource and Environment, Southwest Agri. Univ., Changqing 400716)

Abstract In spite of its high content of citric acid soluble nutrient ingredients, the K-and-Si-rich compound is low in available nutrient. Its high content of nutrients will only be released slowly. During its five-month storage, its moisture content did not seem to affect availability of its nutrients, but its nutrient content changed significantly. Kinetics of the change in K and Mg could be simulated with Freundlich equation. Among the multi-elements of the compound, Si, K, Ca and Mg gradually decreased in releasing rate with the time passing by.

Key words Multiple nutrient fertilizer, Available Mg, Available Si, Available Ca, Available K, Release

(上接第 57 页)

瘠薄，速效氮、磷分别为 11μm/g 和 0.7μm/g，作物产量 750kg/hm²。

参考文献

1 中国科学院南京土壤研究所. 中国土壤系统分类(首次方案). 北京: 科学出版社, 1991

2 中国科学院南京土壤研究所. 中国土壤系统分类(修订方案). 北京: 中国农业科技出版社, 1995

3 龚子同. 中国土壤系统分类——理论·方法·实践. 北京: 科学出版社, 1999

4 新疆维吾尔自治区农业厅. 新疆土壤. 北京: 科学出版社, 1996

5 新疆维吾尔自治区农业厅. 新疆土种志. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1993

6 张甘霖, 龚子同. 中国土壤系统分类中的基层分类与制图表达. 土壤, 1999, 31 (2): 64 ~ 69

SUBSTRATE CLASSIFICATION OF IRRIGATED BROWN DESERT SOIL IN SOUTH XINJIANG

Guan Xin¹ Zhang Fengrong² Li Qiaoyun¹ Zhong Junping¹

(1 Xinjiang Agriculture Universit, Urumq 830052; 2 China Agricultural University, Beijing 100094)

Abstract Soil forming conditions of the irrigated brown desert soil in Shache and Hami Counties South Xinjiang are analyzed for classification, in particular substrate classification, in line with soil taxonomy. Based on the actual conditions and 11 profiles of the soil, bases and indexes for classifying the soil into soil families and soil series are discussed and production properties of each soil series described.

Key words South Xinjiang, Irrigated brown desert soil, Chinese soil taxonomy, Soil family, Soil series