

文章编号: 1008—2786(2003)04—0482—05

紫色母岩不同粒级风化物钾素形态分配特征

游翔^{1, 2}, 朱波¹

(1. 中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041;
2 四川省水土保持生态环境监测总站, 四川 成都 610041)

摘 要:通过自然风化分析研究了侏罗系蓬莱镇组(J_{3p})、沙溪庙组(J_{2s})、遂宁组(J_{3s})和白垩系城墙岩群(K_{1c})紫色母岩不同粒级风化物钾素形态, 结果表明: 其全钾随风化物粒级的增加而增大, > 0.5 mm 的粒级, 平均比< 0.5 mm粒级多 0.4~8.95 g/kg; 水溶态钾平均含量均较高, 变化在 20.61~37.87 mg/kg 之间。且有随粒级增大而减小的趋势; 遂宁组母岩交换性钾平均含量最高, 为 123.91 mg/kg。城墙岩群母岩平均含量最低, 仅 60.07 mg/kg, 其钾素有效性最低。> 2 mm 粒级风化物, 其交换性钾含量较高; 同一种母岩, 非交换性钾含量高的集中在 0.05~1 mm 粒级中, 最低集中在 2~10 mm 粒级中; 粒级越大, 其结构钾含量越高, 紫色母岩风化过程中, 结构钾也在不断释放, 风化程度越高, 其结构钾释放越多。

关键词:不同粒级; 钾素形态; 紫色母岩风化物

中图分类号: S158.3 文献标识码: A

四川紫色母岩分布面积广, 约 160 000 km², 其中沙溪庙组、蓬莱镇组、遂宁组和城墙岩群紫色母岩面积约为 120 000 km², 且钾素储备丰富^[1, 2](表 1)。其风化成土快, 母质经一年裸露风化, 约 43% 变成细颗粒, 21% 成土^[3], 风化与养分释放同步。紫色母岩养分释放方面已有报道, 其风化过程钾素形态分配问题, 很少报道。不同粒级风化物代表其风化的不同阶段, 研究其钾素分配规律, 可以研究紫色母岩风化过程中钾素释放规律。本文的目的是通过对紫色母岩不同粒级风化物钾素形态分配研究, 试图阐明土壤钾素状况与土壤粒级的关系, 为正确评价紫色土供钾能力提供理论依据, 同时为四川紫色土区钾肥的使用和管理提供数据基础。

1 材料与方法

1.1 实验设计

采用自然风化法, 采集不同地质时期岩层(K_{1c}、J_{2s}、J_{3s}、J_{3p})的新鲜典型紫色母岩 100 kg 于

野外风化场任其风化, 定期过筛称重。风化池为 1m × 1m。

表 1 四川盆地各紫色母岩面积与含钾量
Table 1 Potassium reserves and purple rock area in the Sichuan Basin

母岩 rocks	面积 area(km ²)	钾素储量 reserve K ₂ O(kg)
城墙岩群 K _{1c}	21808.9	8.017×10 ¹¹
蓬莱镇组 J _{3p}	28897.9	1.33×10 ¹²
遂宁组 J _{3s}	17916.9	9.228×10 ¹¹
沙溪庙组 J _{2s}	49224.2	2.395×10 ¹²

1.2 供试样品

取不同粒级(包括 10~5mm、5~2mm、2~1mm、1~0.5mm、0.5~0.2mm、0.2~0.1mm、0.1~0.05mm、0.05~0.03mm 和<0.03mm)紫色母岩风化物, 测定其钾素含量。

1.3 实验方法

钾素形态分析方法——火焰光度法测定各形态

收稿日期(Received date): 2002—05—16; 改回日期(Accepted): 2003—03—27。
基金项目(Foundation item): 中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX2—413)和四川省青年科技基金资助。[this work was supported by the Knowledge Innovation Program of CAS(KZCX2—413)and youth scientific foundation of sichuan province].
作者简介(Biography): 游翔(1975—), 男, 汉族, 四川成都人, 四川省水土保持生态环境监测总站。[YOU Xiang (1974—), Sichuan soil and water conservation and ecological environment monitoring station. Tel: ((028)82914437)]
©1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

钾的含量。常规分析方法提取紫色母岩中的钾^[4]：全钾——用 Na₂CO₃ 半熔法；水溶态钾——去离子水震荡 1 h 提取；交换性钾——1M 醋酸铵震荡 0.5 h 提取；非交换性钾——1M 硝酸煮沸 10 分钟提取；结构钾——全钾—非交换钾—交换性钾—水溶性钾。

2 结果与讨论

2 1 紫色母岩不同粒级风化物全钾和各形态钾素含量

2 1. 1 不同粒级风化物全钾含量及其原因

全钾在不同粒级中含量变化规律见表 2, 全钾

含量高的集中在> 0.5 mm 的粒级, 其含量随粒级的增大而增加的趋势。> 0.5 mm 的粒级, 平均比< 0.5 mm 粒级 0.4~8.95 g/kg, 其中遂宁组变化最明显, 增加 8.95 g/kg, 城墙岩最小, 仅为 0.4 g/kg。这是由于颗粒大, 其风化程度不高, 含有较多长石、云母等原生含钾矿物, 随着风化的不断进行, 含钾矿物也随着风化, 含钾原生矿物含量不断减少所致。城墙岩群母岩风化物可能由于本身所含的含钾矿物不易风化, 风化的进行, 对全钾含量的影响不大。从< 10 mm 风化物全钾平均含量来看, 城墙岩群全钾含量最少, 仅为 17.69 g/kg。这可能与其本身含钾原生矿物含量少且含钾量低有关。

表 2 紫色母岩不同粒级风化物全钾含量(g/kg)

Table 2 Total K in different class of weathered particles of purple rock(g/kg)

岩石 rocks	< 0.03 mm	0.03~0.05 mm	0.05~0.1 mm	0.1~0.2 mm	0.2~0.5 mm	0.5~1 mm	1~2 mm	2~5 mm	5~10 mm	平均 average
J ₂ s	18.55	17.73	16.82	17.51	20.36	21.90	23.89	23.95	22.49	20.36
J ₃ s	16.44	14.98	15.75	21.56	15.21	25.83	24.80	26.86	25.44	20.76
K ₁ C	16.20	15.79	20.39	17.07	18.12	17.22	19.60	18.08	16.75	17.69
J ₃ p	21.80	19.85	20.27	19.12	20.77	21.16	20.79	21.13	21.37	20.70

2 2 不同粒级风化物水溶态钾含量

水溶态钾常被认为是土壤供钾能力的强度因子, 其含量很低(占全钾的 0.05%~0.15%^[4]), 存在于土壤溶液中, 可被植物直接吸收利用, 在植物钾素营养上具有重要意义。从表 3 可以看出, 四种紫色母岩风化物水溶态钾平均含量均较高, 变化在 20.61~37.87 mg/kg 之间。这说明紫色土有较高的钾素有效性。四种紫色母岩不同粒级风化物水溶态钾的含量随粒级增大而减小的趋势, 粒级越小, 其水溶态钾含量越高。这与紫色母岩风化程度和含钾矿物的种类和含量有关。

2 3 不同粒级风化物交换态钾含量

交换态钾作为土壤供钾的容量因子, 它位于土壤胶体表面和云母矿物边缘上楔形区域内, 可被 H⁺和 NH₄⁺交换的钾。易被植物吸收利用。四种紫色母岩不同粒级风化物交换性钾与其水溶态钾变化趋势相一致(表 4 和图 1, 2)。这说明交换性钾高的土壤, 其水溶态钾含量也较高, 供钾能力较强。遂宁组交换性钾平均含量最高, 为 123.91 mg/kg, 沙溪庙组次之, 为 98.38 mg/kg。城墙岩群平均含量最低, 仅 60.07 mg/kg, 其钾素有效性最低。土壤钾素有效性^[5]((速效钾+缓效钾)÷全钾), 沙溪庙组

表 3 不同粒级风化物水溶态钾含量(mg/kg)

Table 3 Water soluble K in different class of weathered particles of purple rock (mg/kg)

岩石 rocks	< 0.03 mm	0.03~0.05 mm	0.05~0.1 mm	0.1~0.2 mm	0.2~0.5 mm	0.5~1 mm	1~2 mm	2~5 mm	5~10 mm	平均 average
J ₂ s	40.58	38.18	34.78	24.42	28.26	27.89	25.65	20.43	16.47	28.52
J ₃ s	49.32	46.06	40.07	44.32	45.66	31.65	38.04	24.88	20.86	37.87
K ₁ C	26.05	22.57	17.67	24.41	19.23	19.64	20.00	18.40	17.54	20.61
J ₃ p	29.32	26.88	22.43	24.05	24.29	24.67	23.18	21.19	16.46	23.61

最高, 平均为 1.91%, 蓬莱镇组和遂宁组次之, 城墙岩群最低, 仅为 0.90%, 同样充分说明其钾素有效性最低。从表 4 可以看出, $> 2\text{ mm}$ 以上粒级风化物, 其交换性钾含量较高。有的学者^[3, 6]认为这是紫色土母质肥力的表现, 在紫色丘陵区, 随处看见在

新开垦的紫色土种植红苕、花生, 同样有好的收成, 这正是原因之一。紫色土成土时间很短, 土壤继承母岩特性, 其风化到一定阶段, 就具有了土壤肥力。唐时嘉^[9]等用紫色泥岩母质为材料, 研究其肥力与母质特性的关系, 也说明了紫色母质肥力的特性。

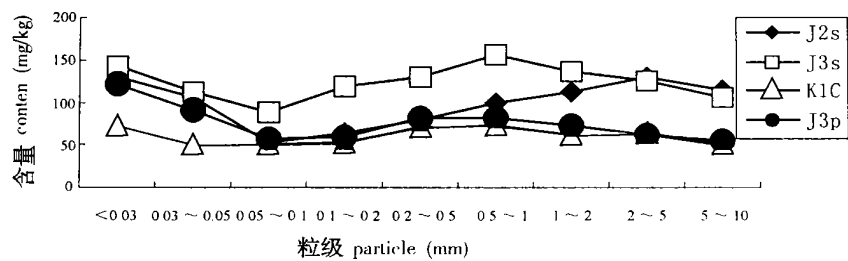


图 1 交换性钾分配
Fig. 1 Distribution of exchangeable K

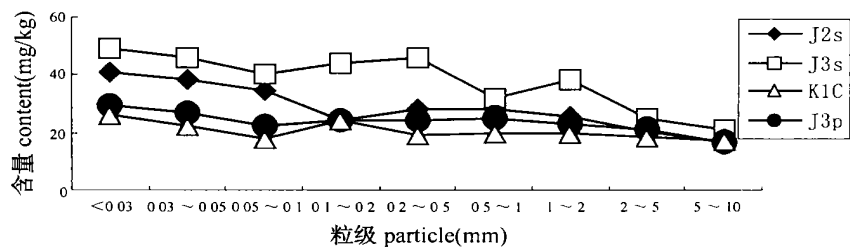


图 2 水溶性钾分配
Fig. 2 Distribution of water soluble K

表 4 不同粒级风化物交换性钾含量(mg/kg)

Table 4 Exchangeable K in different class of weathered particles of purple rock(mg/kg)

岩石 rocks	< 0.03 mm	0.03~0.05 mm	0.05~0.1 mm	0.1~0.2 mm	0.2~0.5 mm	0.5~1 mm	1~2 mm	2~5 mm	5~10 mm	平均 average
J ₂ s	129.74	105.98	52.26	64.47	79.71	99.05	111.89	128.74	113.54	98.38
J ₃ s	143.14	112.62	87.74	118.91	129.69	155.34	136.94	125.47	106.30	123.91
K ₁ C	73.24	49.77	49.53	52.46	69.55	71.49	61.48	63.05	50.05	60.07
J ₃ p	121.37	90.12	57.95	59.37	81.95	81.23	71.93	62.54	55.48	75.77

2 4 不同粒级风化物非交换性钾含量

非交换性钾是指靠库仑引力固持在次生矿物层间的钾, 是土壤潜在的钾源, 是土壤高度耗竭条件下作物钾的主要来源^[7, 8]。不同粒级紫色母岩风化物非交换性钾的含量由表 5 可以看出: 沙溪庙组风化物平均非交换性钾含量最高, 为 562.18 mg/kg; 遂宁组次之, 为 430.84 mg/kg, 再次为蓬莱镇组, 为 353.82 mg/kg; 城墙岩群最低, 为 128.65 mg/kg。说明沙溪庙组风化物潜在供钾能力最强, 城墙岩群

潜在供钾能力最弱。从同一种母岩来看, 非交换性钾含量高的集中在 0.05~1 mm 粒级中, 最低集中在 2~10 mm 粒级中。

2.5 紫色母岩不同粒级风化物结构钾含量特点
结构钾是共价结合在矿物晶格或深受结构束缚的钾^[8], 四种紫色母岩风化物(见表 6), 对同一种母岩来说, 粒级越大, 其结构钾含量越高, 这说明紫色母岩风化过程中, 结构钾也在不断释放, 风化程度越高, 其结构钾释放越多。

表 5 紫色母岩不同粒级风化物非交换性钾含量(mg/kg)

Table 5 Non-exchangeable K in different class of weathered particles of purple rock (mg/kg)

岩石 rocks	< 0. 03 mm	0. 03~0. 05 mm	0. 05~0. 1 mm	0. 1~0. 2 mm	0. 2~0. 5 mm	0. 5~1 mm	1~2 mm	2~5 mm	5~10 mm	平均 average
J _{2s}	560. 93	581. 52	634. 59	650. 89	605. 31	581. 75	557. 15	471. 80	415. 72	562. 18
J _{3s}	413. 73	422. 75	435. 22	449. 58	480. 37	432. 15	442. 19	398. 46	403. 08	430. 84
K ₁ C	126. 03	128. 21	142. 65	150. 65	129. 85	92. 91	145. 04	130. 03	112. 49	128. 65
J _{3p}	303. 15	334. 10	353. 92	372. 64	418. 12	364. 94	374. 66	357. 20	305. 63	353. 82

表 6 紫色母岩不同粒级风化物结构钾含量(mg/kg)

Table 6 Structural K in different class of weathered particles of purple rock(mg/kg)

岩石 rocks	< 0. 03 mm	0. 03~0. 05 mm	0. 05~0. 1 mm	0. 1~0. 2 mm	0. 2~0. 5 mm	0. 5~1 mm	1~2 mm	2~5 mm	5~10 mm
J _{2s}	18118. 8	17304. 3	16398. 4	17070. 2	19946. 7	21471. 3	23495. 3	23629. 0	22244. 3
J _{3s}	15813. 8	14998. 6	15486. 9	21247. 2	14864. 3	25510. 9	24482. 8	26601. 2	25210. 8
K ₁ C	16024. 7	15639. 5	20210. 2	16892. 4	17951. 4	17085. 9	19423. 5	17918. 5	16619. 9
J _{3p}	21496. 2	19528. 9	19975. 7	18813. 9	19925. 7	20839. 2	19460. 2	20839. 1	21132. 4

3 结论

1 紫色母岩粒级越大, 全钾含量越高; 紫色母岩粒级越小, 水溶性钾和交换性钾越高; 结构钾含量越低。

2 紫色母岩从> 10 mm 风化到< 0. 3 mm 粒级的整个风化过程中, 结构钾逐渐向非交换性钾、交换性钾、水溶性钾方向转化。

3 可见, 紫色母岩风化过程是钾素释放过程, 也是钾素有效化过程, 结构钾不断风化释放转化为非交换性钾, 进而风化形成交换性钾和水溶性钾, 钾素从无效态转化为有效态, 供植物吸收。

参考文献(References):

[1] SHI Cheng-chang. The mend of the stratum distribution in SiChuan Basin. *Journal of Soil Agricultural Chemistry*. 1998, **13**(2): 3~4. [石承苍. 关于四川盆地地层分布统计的补正[J]. 土壤农化通报, 1998, **13**(2): 3~4]

[2] LI Zhong-ming. Purple Soil in China. Beijing: Science Press. 1991. [李仲明. 中国紫色土(上)[M]. 北京: 科学出版社, 1991.]

[3] ZHU Bo LUO Xiao-mei and Liao Xiao-yong *et al.* Nutrient Release of Purple Rock. *Journal of South-West Agriculture*. 1999,

12: 63~68. [朱波, 罗晓梅. 等. 紫色母岩养分的风化释放[J], 西南农业学报, 1999, **12**: 63~68.]

[4] BeiJing Agriculture University. Pandect of Agricultural Chemistry. BeiJing: Agriculture Press. 1991. 152~153. [北京农业大学主编. 农业化学总论[M]. 北京: 农业出版社, 1991. 152~153]

[5] Zhang Lian-jia, Pan Jin-lin *et al.* Studies on the Technique of the swing of the pendulum and control of Soil Potassium of the red soil paddlyfield. *ZheJiang Agriculture Science*. 1996, (3): 101~105. [张连佳, 潘金林, 等. 红壤稻田土壤钾素消长与调控技术研究[J]. 浙江农业科学, 1996, (3): 101~105]

[6] Tang Shi-jia, Sun De-jiang *et al.* The Fertility of Purple Soil in relation to the Characteristics of Parent Material in SiChuan Basin. *Journal of Soil*. 1984, **21**(2): 123~133. [唐时嘉, 孙德江等. 四川盆地紫色土肥力与母质特性的关系[J]. 土壤学报 1984, **21**(2): 123~133.]

[7] Xie Jian-chang, Luo Jia-xian, Ma Mao-tong *et al.* Studies on Potassium Supplies of Main Soil in China. In: Soil Nutrient, Vegetable Nutrition and Applying Potassium——Meeting Corpus of Agricultural Chemistry Specialty of Soil Academy in China. BeiJing: Agriculture Press. 1983. 66~67. [谢建昌, 罗家贤, 马茂桐, 等. 我国主要土壤供钾潜力的初步研究[A]. 土壤养分、植物营养与施钾——中国土壤学会农业化学专业会议文集[C]. 北京: 农业出版社, 1983. 66~67.]

[8] Xie Jian-chang. Actuality and vistas of Soil Potassium Research. *Development of Soil Scienæ*. 1981, (1): 1~16. [谢建昌. 土壤钾素研究的现状与展望[J]. 土壤学进展, 1981, (1): 1~16.]

Distribution of Potassium Form in Different Class of Weathered Particles of Purple Rocks

YOU Xiang^{1, 2} and ZHU Bo¹

(1. *Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041 China;*

2. *Sichuan Soil and Water Conservation and Ecological Environment Monitoring Station, Chengdu 610041 China*)

Abstract: Natural weathering experiments and chemical analysis were conducted to study the distribution of potassium forms in the different class of weathered particles developed from the purplish rocks formed in the Jurassic (group penglaizhen-J₃P, group shaximiao-J₂S, and group suining-J₃S) and Cretaceous (group chengqiangyan-K₁C) period. Results showed, total K increases along with the particle size, in which these in particles of > 0.05 mm were 0.4 ~ 8.95 g/kg more than in particles of < 0.05 mm. Water soluble K of weathered matters was as high as 20.61 ~ 37.87 mg/kg, which decreases along with particle size. Exchangeable potassium of J₃S is 123.91 mg/kg, highest in the four weathered matters, however that of K₁C is 60.07 mg/kg, lowest. Exchangeable K of > 2 mm weathered particles is relatively high. Meanwhile, non-exchangeable K is higher in the 0.05 ~ 1 mm particles and lower in the 2 ~ 10 mm particle. And the bigger particle is, the higher structural K there will be. The structural K released during the weathered course of purple rock. And the more extensive the purplish rock weathers, the more structural K releases.

Key words: different particle; potassium form; weathered materials of purple rock