

紫色土的钾素形态转化

游翔¹,朱波¹,谢尚春²,彭奎¹

(1. 中国科学院成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041; 2. 四川温江农业学校, 成都 611100)

摘 要: 采用室内盆钵培养方法, 研究侏罗纪蓬莱镇组(J₃P)、沙溪庙组(J₂S)、遂宁组(J₃S)和白垩纪城墙岩群(K₁C)紫色岩层发育土壤的钾素形态转化。结果表明, 一年后, 紫色土交换性钾增加 20 mg·kg⁻¹ 以上, 非交换性钾增加 10. 58 mg·kg⁻¹, 结构钾减少了 31. 56 mg·kg⁻¹。交换性钾、非交换性钾增加顺序分别为: J₃P> J₃S> J₂S> K₁C 及 K₁C> J₃P> J₂S> J₃S; 结构钾降低的顺序为: J₃P> J₃S> K₁C> J₂S。紫色土交换性钾、非交换性钾及结构钾互为消长有利于土壤源源不断地供给作物有效态钾素, 一定程度弥补因作物带走的钾。

关键词: 紫色土; 钾素; 形态转化
中图分类号: S158 **文献标识码:** A

地处我国中亚热带的四川盆地中部丘陵地区, 紫色土分布面积 200 多万 hm², 占全省耕地面积的 30%, 历来是四川农业的主体区域^[1]。钾素是植物三营养之一。钾素在土壤中以各种形态出现, 并处于动态平衡之中^[2,3]。多年来, 土壤钾素有效性方面的问题, 受到了土壤工作者的注意。土壤钾素的形态分配特征决定其供钾能力。但迄今为止, 土壤钾素形态分配及其转化研究相当薄弱, 富钾的紫色土尤为突出。研究表明: 当季土壤钾素养分供应是否充足, 取决于交换性钾水平, 土壤非交换性钾储量及其转化速率是评定较长时期内的供钾潜力^[2]。研究紫色土钾素形态的转化特点, 弄清其交换性钾、非交

换性钾和结构钾之间的转化关系, 充分发挥紫色土钾素的潜力, 对于紫色土地区合理施用钾肥有一定的指导意义。

1 试验方法

1. 1 试验的材料与方法

试验于中国科学院盐亭紫色土农业生态试验站进行, 试验点属亚热带季风气候, 年均温 17. 3℃。供试土壤为侏罗系蓬莱镇组(J₃P)、沙溪庙组(J₂S)、遂宁组(J₃S)和白垩系城墙岩群(K₁C)紫色岩层所发育的土壤, 其理化性状见表 1。

表 1 供试土壤基本理化性状
Table 1 The basic physical and chemical properties of the tested soils

母岩类型 Rock type	样点 locality	pH 值	有机质(g·kg ⁻¹) Organic matter	全 N(g·kg ⁻¹) Total N	全 P(g·kg ⁻¹) Total P	全 K(g·kg ⁻¹) Total K	质地 Texture
K ₁ C	梓潼	7. 80	5. 000	0. 79	0. 663	15. 9	轻壤土
J ₃ P	蓬莱	7. 84	6. 244	1. 37	0. 800	19. 5	重壤土
J ₃ S	遂宁	7. 9	11. 996	1. 43	0. 898	21. 9	重壤土
J ₂ S	内江	7. 58	7. 930	0. 58	0. 372	23. 5	中壤土

1. 2 试验设计

培养方法: 采取室内盆钵培养的方法, 分别取上述四种紫色土各约 1 000 g, 风干至衡重, 置于已编

号的盆钵中, 设置三个平行试验。在室温条件下培养, 每隔一周加一次水使土壤含水量大约保持在 10 %左右。培养时间为 1998—04—07。

收稿日期: 2001—07—29.
基金项目: 国家自然科学基金(49601006)资助.
作者简介: 游翔(1975—), 男(汉族), 四川成都人, 中科院成都山地所在读研究生.

取样方法: 分别于装盆后 1 天、1 周、2 周、3 周、1 月、2 月、3 月、6 月、12 月取一次样, 用来测定土壤钾素各形态(交换性钾、非交换性钾和结构钾)含量。

1.3 分析方法

全钾用氢氧化钠熔融; 交换性钾——用 1M 中性醋酸铵提取; 非交换性钾——1M 硝酸煮沸, 煮沸 10min 提取^[4]。所有上述均需过滤, 滤液用火焰光度计测定。结构钾含量由下述公式计算: 结构钾=全钾—交换性钾—非交换性钾。

2 结果与讨论

2.1 紫色土钾素形态分配特征

紫色土属典型的岩性土^[5], 土壤肥力与性质继承其母岩的特性^[1], 土壤钾素含量与成土母质关系密切^[6]。由表 1 看出, 四种紫色母岩所发育的土壤全钾含量顺序为: J₂S> J₃S> J₃P> K₁C。由表 2 看出, 在培养初期, 非交换性钾含量 J₂S 土壤最高, 其次为 J₃S 土壤, 最低的是 K₁C 土壤。而交换性钾含量则是 J₃S 土壤最高, 其次为 J₃P 土壤, 最低的是 K₁C 土壤。不管是哪种形态的钾素含量, K₁C 发育的土壤都最低, 主要由于城墙岩群母岩自身钾素含量低, 且风化较慢^[7]。从交换性钾占全钾的百分数来看, J₃S 发育的土壤的交换性钾占全钾的百分数最

高(约 0.498 %), K₁C 发育的土壤最低(约 0.319 %), 这说明遂宁组紫色母岩发育的土壤, 其钾素有效性较高, 城墙岩群的较低。

2.2 紫色土钾素形态转化

2.2.1 交换性钾的变化

在培养之前, 各土壤交换性钾都处于较高的水平。遂宁组土壤交换性钾含量最高, 为 109.10 mg°kg⁻¹, 城墙岩群土壤交换性钾含量最低, 也有 50.70 mg°kg⁻¹。分别对各紫色土在室内培养三个月、六个月、十二个月后钾素形态变化量进行分析, 结果见表 3。紫色土交换性钾的变化较大, 紫色土经过三个月的培养, 交换性钾增加约 10.24 mg°kg⁻¹, 培养半年后, 交换性钾增加约 12.45 mg°kg⁻¹, 一年后, 交换性钾增加 20 mg°kg⁻¹以上。其原因是土壤中结构钾不断释放、分解, 形成非交换性钾, 打破了土壤交换性钾非交换性钾结构钾的动态平衡, 交换性钾随之增加, 这有利于土壤钾素的有效化。室内培养一年, 交换性钾变化最大的是蓬莱镇组发育的土壤, 为 28.21 mg°kg⁻¹, 遂宁组发育的土壤次之, 为 27.15 mg°kg⁻¹, 再次为沙溪庙组土壤(14.82 mg°kg⁻¹)。城墙岩群土壤交换性钾变化稍小, 培养一年, 增加 13.71 mg°kg⁻¹。可见, J₃P 土壤交换性钾增加最快, 其当季供钾能力大, 而 K₁C 土壤的变化慢, 供钾能力较弱, 应注意及时补充钾肥。

表 2 模拟试验紫色土钾素形态变化

时间	K ₁ C 土壤 the soil of K ₁ C			J ₃ P 土壤 the soil of J3P			J ₃ S 土壤 the soil of J3S			J ₂ S 土壤 the soil of J2S		
	交换性钾	非交换性钾	结构钾	交换性钾	非交换性钾	结构钾	交换性钾	非交换性钾	结构钾	交换性钾	非交换性钾	结构钾
98/04/08	50.70	40.49	15808.81	87.29	67.78	19344.93	109.10	74.52	21716.38	75.21	82.41	23342.67
98/04/13	48.69	45.50	15805.81	84.52	71.80	19343.68	120.36	69.34	21710.30	82.68	79.12	23338.20
98/04/20	50.47	44.28	15805.25	84.42	74.50	19341.08	104.91	79.45	21715.64	81.61	80.23	23338.16
98/04/27	50.28	44.92	15804.8	85.73	75.14	19339.13	105.64	81.06	21713.30	79.48	83.64	23336.88
98/05/05	54.93	46.01	15799.06	85.95	75.45	19338.60	110.64	77.64	21711.72	87.20	80.04	23332.76
98/06/04	58.38	45.09	15796.53	93.10	68.60	19338.30	115.94	75.72	21708.34	82.03	86.44	23331.53
98/07/06	59.88	46.50	15793.62	98.92	80.67	19320.41	119.62	72.28	21707.90	84.82	85.01	23330.17
98/10/07	60.34	49.98	15789.68	101.22	80.00	19318.78	121.52	78.48	21700.00	89.01	85.48	23325.51
99/04/07	64.41	54.92	15780.68	115.50	80.01	19304.49	136.25	82.07	21681.68	90.03	90.54	23319.43

2.2.2 非交换性钾的变化

经过一年的培养, 各紫色土非交换性钾的含量均表现出增加, 从表 3 可以看出, 培养三个月后, 紫色土非交换性钾增加仅约 4.82 mg°kg⁻¹, 半年后, 增加约 7.19 mg°kg⁻¹, 培养一年, 非交换性钾增加 10.58 mg°kg⁻¹。土壤非交换性钾的增加并不与时

间呈正比例变化, 随着培养时间的无限延长, 非交换性钾的增加趋势将越来越少。经过一年的培养, 非交换性钾增加最多的是城墙岩群发育的土壤, 为 14.42 mg°kg⁻¹, 其次是蓬莱镇组土壤, 为 12.22 mg°kg⁻¹, 再次为沙溪庙组土壤(8.13 mg°kg⁻¹)。遂宁组母岩发育的紫色土, 非交换性钾的变化最缓慢, 幅度

最小, 培养一年仅增加 $7.55 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

2.2.3 结构钾的变化

土壤钾素的几种形态中, 能直接被作物利用的仅占全钾的很少一部分, 绝大部分钾(98 %以上)以结构钾的形式存在于矿物晶格中, 难以被作物直接利用。只有当结构钾慢慢释放出来, 转化为非交换态钾, 进而转化为交换态钾时, 才能被作物直接利用。因此, 结构钾的释放速度的快慢, 直接影响到该土壤的供钾水平。室内培养试验结果表明: 由表 2 看出,

经过一年的室内培养, 结构钾部分释放出来, 转化为非交换态和交换态钾。由表 3 可以看出, 培养三个月结构钾就减少 $15.05 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 室内培养半年, 紫色土的结构钾就减少 $19.63 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 培养一年后, 紫色土的结构钾减少了 $31.56 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 紫色土结构钾变化快, 有利于土壤钾素有效化。室内培养一年, 几种紫色母岩发育的土壤结构钾减少量差异不大, 减少最多的是蓬莱镇组发育的土壤, 为 $40.44 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 最少的是沙溪庙组土壤($22.95 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)。

表 3 紫色土钾素形态变化量
Table 3 forms changes ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) of potassium in purple soil

母岩类型	各形态钾的变化量(mg/kg)								
	交换性钾			非交换性钾			结构钾		
	3	6	12	3	6	12	3	6	12
月数 Month									
K ₁ C	+9.18	+9.64	+13.71	+6.01	+9.49	+14.42	-15.19	-19.13	-28.13
J ₂ P	+11.63	+13.93	+28.21	+12.89	+12.22	+12.23	-24.52	-26.15	-40.44
J ₃ S	+10.52	+12.42	+27.15	-2.24	+3.96	+7.55	-8.28	-16.38	-34.70
J ₂ S	+9.61	+13.80	+14.82	+2.60	+3.07	+8.13	-12.21	-16.87	-22.95
平均 Ave	+10.24	+12.45	+20.97	+4.82	+7.19	+10.58	-15.05	-19.63	-31.56

注: (1)表中“+”为增加,“-”为减少;(2)表中3、6、12分别为培养时间(月)。

2.3 紫色土钾素形态转化特点及其意义

土壤中, 不同形态的钾相互间处于平衡之中, 它影响到土壤的管理和钾肥利用^[7]。紫色土在室内培养条件下, 钾素形态不断发生变化。一年后, 其钾素形态变化表明(表 2), 四种紫色土的交换性钾、非交换性钾都有所增加, 结构钾数量不断减少, 结构钾向非交换性钾和交换性钾转化, 使之有效化。交换性钾变化较快, 幅度较大; 非交换性钾变化较平缓; 结构钾减少的较快。紫色土结构钾与交换性钾、非交换性钾的消长关系有利于土壤源源不断地供给作物有效态钾素, 一定程度弥补因作物带走的钾。这是紫色土钾素形态转化一大意义。

3 结论

在室内培养条件下, 紫色土钾素形态发生较大的变化。经过一年的培养, 紫色土交换性钾增加 $20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以上, 非交换性钾增加 $10.58 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 结构钾减少了 $31.56 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

紫色土交换性钾变化较快, 幅度较大; 非交换性钾变化较平缓; 结构钾减少的较快。紫色土钾素形态的快速变化, 有利于结构钾的有效化。

四种紫色土交换性钾、非交换性钾增加顺序分别为: $J_3P > J_3S > J_2S > K_1C$; $K_1C > J_3P > J_2S > J_3S$; 结构钾降低的顺序为: $J_3P > J_3S > K_1C > J_2S$ 。

紫色土结构钾与交换性钾、非交换性钾的消长关系有利于土壤不断地供给作物有效态钾素, 一定程度弥补了因作物带走的钾。

开发紫色土资源, 充分发挥紫色土钾素的潜力, 提高土壤钾素的利用率是关键。

参考文献:

[1] 李仲明. 中国紫色土(上)[M]. 北京: 科学出版社, 1991.
[2] 沈善敏. 中国土壤肥力[M]. 北京: 中国农业出版, 1995, 288~291.
[3] R. D. 芒森. 农业中的钾[M]. 北京: 科学出版社, 1995, 164~169.
[4] 南京农业大学. 土壤农化分析[M]. 农业出版社出版, 1986 85~91.
[5] 李仲明. 论紫色岩性土的发生与分类. 土壤学报[J]. 1989 26(2): 165~172.
[6] 谢建昌, 杜承林. 土壤钾素有效性及其评价方法的研究. 土壤学报[J]. 1988(3): 269~280.
[7] 朱波、罗晓梅、廖晓勇, 等: 紫色母岩养分的风化与释放. 西南农业学报[J]. 1999 12(3): 63~68.

Studies on forms transformation of potassium in purple soil

YOU Xiang¹, ZHU Bo¹, XIE Shang-chun²

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

2. *SiChuan wenjiang Agriculture trade school, Chengdu 610041;*)

Abstract: Indoor incubation experiments were conducted to study potassium forms transformation in the soil 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 exchangeable K of the purple soil increases more than 20 mg/kg, non-exchangeable K increases about 10.58 mg/kg. But mineral K decreased 31.56 mg/kg. The exchangeable K and non-exchangeable K increase in the sequence as J3P> J3S> J2S> K1C and K1C> J3P> J2S> J3S respectively, whereas mineral K decrease in the sequence as J3P> J3S> K1C> J2S. The relationships between exchangeable, non-exchangeable and mineral K in purple soil indicate the continuous supply available K to crops, so that, to some extent, make up a loss of potassium absorbed by crops.

Key words: purple soil; potassium; forms transformation