

# 黄土地区非代换性钾与 土壤发育的关系\*

贾恒义

(中国科学院西北水土保持研究所)

## 摘 要

黄土地区土壤类型和发育程度与土壤非代换性钾有关。本文初步研究了黄土地区主要土壤类型非代换性钾的变化。

影响土壤非代换性钾含量和释放累积量的主要因素是土壤质地和有机质。粉砂粒、粘粒和有机质与非代换性钾呈正相关,而砂粒与非代换性钾呈负相关。

土壤非代换性钾含量由北向南从 66.71—84.62 增到 117.09—129.95mg/100g 土; 释放累积量由北向南从 147.03—173.00 增到 251.18—346.08mg/100g 土。说明黄土地区土壤非代换性钾的含量和释放累积量均从北向南逐渐增加。砂绵土和黄绵土, 砂黑垆土和轻黑垆土的非代换性钾含量和释放累积量其剖面分布较均一; 而粘黑垆土和黑垆土的粘化层的非代换性钾含量和释放累积量高于耕作层和母质层, 但因地形部位不同又存有一定差异。

黄土地区土壤受成土母质、腐殖质化、粘化作用和碳酸盐的淋溶、淀积等因素的影响, 土壤地带性的分布<sup>[2,5-7]</sup> 影响其土壤非代换性钾的变化。而土壤非代换性钾含量受成土母质和风化条件的影响, 又反映了土类的特点<sup>[11]</sup>。土壤非代换性钾的状态可反映风化过程的特征, 它的淋溶和再循环, 在土壤发生学上有鉴定其形成发育的意义<sup>[13]</sup>。本文从陕西黄土地区主要土壤类型的非代换性钾含量、淋溶富集和释放量的变化, 研究土壤发生、发育程度及土壤类型的特征, 为土壤发生分类提供依据。

## 一、供试土样和方法

土样采自陕西境内黄土地区, 自北向南有黄绵土、黑垆土和黑垆土。剖面深度根据发生层次和厚度而定。土壤的理化性质见表 1。

土壤颗粒组成、有机质和碳酸钙均参照土壤理化分析法<sup>[11]</sup>。非代换性钾的释放量是取 5.0g 土, 加 1N HNO<sub>3</sub>, 50ml, 煮沸 10 分钟, 过滤, 热水洗涤 3—4 次, 并如此反复提取 7 次, 提取液中的钾用 Zeiss (三型) 火焰光度计测定。

\* 本文曾蒙朱显谟先生审阅, 韩仕峰同志提供有关资料, 特此致谢。

表 1 供试土样的理化性质

Table 1 Some physical and chemical properties of soils studied

地点 Locality	地形 Topography	土壤, 编号 Soil, No.	深度 (cm) Depth	碳酸钙 (%) CaCO <sub>3</sub>	有机质 (%) O. M.	砂粒 (%) Sand	粉砂粒 (%) Silt	粘粒 (%) Clay
靖边大路沟	梁峁顶部	砂绵土 (82-14)	0-13	11.3	0.41	44.8	46.1	8.9
			13-25	11.9	0.28	49.6	41.5	8.7
			25-95	11.6	0.26	38.1	54.7	7.1
			95-150	10.6	0.23	43.6	49.3	7.0
志丹杏河	梁峁顶部	黄绵土 (82-02)	0-13	13.2	0.81	26.4	63.6	9.8
			13-27	13.1	0.29	23.1	67.7	8.9
			27-63	14.0	0.30	32.6	60.7	7.2
			63-150	13.2	0.26	27.0	65.9	6.9
安塞沿河湾	梁峁顶部	黄绵土 (80-A-02)	0-14	12.4	0.86	20.5	69.5	9.8
			14-35	13.7	0.29	24.5	65.9	9.6
			35-100	13.2	0.23	19.3	70.8	9.9
			100-150	12.9	0.25	13.4	74.7	11.9
靖边五里湾	梁峁顶部	砂黑垆土 (82-11)	0-13	7.7	1.65	37.1	52.6	10.2
			13-56	8.1	1.36	34.0	53.0	13.0
			56-90	8.1	1.12	29.0	59.0	11.9
			145-165	7.6	0.86	35.0	54.3	10.6
			165-220	7.5	0.88	28.5	63.1	11.1
			220-250	10.2	0.54	26.5	64.4	8.9
志丹杏河	残塬	轻黑垆土 (82-01)	0-13	3.4	1.18	26.3	62.6	11.0
			13-23	32.4	1.14	25.8	61.1	12.0
			70-90	10.6	0.63	23.7	61.5	14.8
			90-102	13.5	0.44	24.5	61.4	13.0
			102-150	12.7	0.40	26.5	61.9	11.4
洛川京兆	塬面	粘黑垆土 (83-01)	0-25	6.5	1.13	16.5	73.5	9.7
			25-37	8.4	0.68	17.3	71.3	10.7
			37-52	4.3	0.68	8.3	77.1	14.3
			52-105	2.4	0.85	13.6	67.7	18.7
			105-145	13.4	0.69	5.8	74.0	20.2
			145-210	21.9	0.49	9.1	73.0	17.7
蒲城孙镇	塬面	黑垆土 (78-A-03)	0-20	9.0	1.01	15.1	72.6	11.8
			20-40	7.1	0.63	12.6	75.9	11.3
			70-80	4.0	0.73	9.9	68.8	21.3
			125-147	13.2	0.72	14.0	66.2	20.2
			167-200	15.8	0.32	10.9	73.0	15.0
蒲城城关	塬面的碟形洼地	黑垆土 (78-A-01)	0-25	15.6	1.56	6.4	76.6	16.1
			25-45	17.1	1.14	3.6	63.6	32.4
			60-70	9.1	1.17	4.4	74.2	21.0
			90-100	2.7	0.99	5.7	74.4	19.8
			110-120	1.6	1.20	6.7	69.2	24.0
			170-180	20.2	0.60	4.1	74.1	21.6

## 二、结果与讨论

### (一) 土壤质地与非代换性钾的关系

黄土地区土壤质地从北向南由粗变细<sup>[4]</sup>, 例如以耕作层的质地而言, 从北向南, 砂粒由 44.8% 减少到 6.4—15.1%; 粉砂粒从 46.1% 增加到 72.6—76.6%; 粘粒也从 8.9% 增加到 11.8—16.1% (表 1)。这种质地的变化明显影响其土壤非代换性钾的变化。由图 1 可示: 非代换性钾与砂粒呈负相关 ( $r = -0.6223^{**}$ ), 与粉砂粒和粘粒呈正相关 ( $r = 0.4407^{**}$ ,  $r = 0.6593^{**}$ ), 即砂粒含量高, 非代换性钾含量低; 粉砂粒和粘粒则相反。此结果又和印度 Haryana 东、西部不同农业气候区, 土壤非代换性钾与土壤质地的关系相类似<sup>[14,15]</sup>。

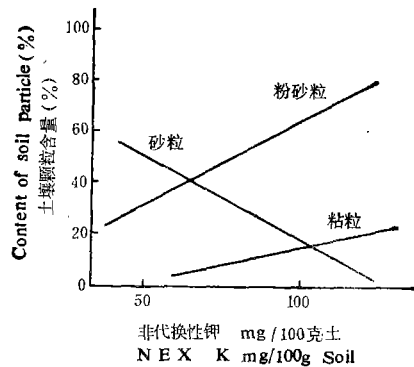


图 1 土壤颗粒与非代换性钾的关系

Fig. 1 The relationship between nonexchangeable potassium and soil particle

### (二) 土壤有机质与非代换性钾的关系

土壤有机质的变化是受自然和人为因素综合影响。农业土壤, 则人为因素是主导因素。土壤有机质含量的变化影响着非代换性钾的变化。施用有机肥培肥土壤定位试验研究表明, 施用有机肥, 非代换性钾是逐渐增加的<sup>[9]</sup>。由图 2 所示, 有机质与非代换性钾呈正相关 ( $r = 0.531$ )。

### (三) 黄土地区土壤非代换性钾的变化

1. 土壤非代换性钾含量有明显的地带性特点: 水土流失严重的丘陵沟壑区, 黄绵土 (以耕作层为例) 非代换性钾在 66.71—84.62mg/100 克土之间; 在梁峁顶部或残塬上砂黑垆土、轻黑垆土为 92.13—107.67mg/100 克土; 洛川塬的黑垆土为 105.75—125.52mg/100 克土; 关中的塬土变化在 117.09—129.95mg/100 克土之间。表明黄土地区土壤非代换性钾是随着土壤质地由北向南的变细而逐渐增加, 即非代换性钾由低到高的变化和质地从北向南由粗变细的规律是基本相吻合。

2. 土壤非代换性钾在剖面内的分布变化: 黄绵土是黑垆土被完全剥蚀掉后在黄土母质上重新发育的幼年土壤。由于水土流失和熟化作用相互进行, 往往是水土流失大于熟化作用, 故成土过程基本上停留于母质阶段。其中砂绵土亚类 (82-14) 砂粒含量约占土

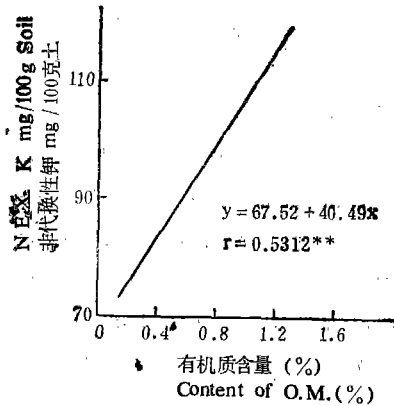


图2 土壤有机质与非代换性钾的关系

Fig. 2 The relationship between nonexchangeable potassium and organic matter of soil

壤颗粒组成的一半,为 38.1—49.6%, 它的非代换性钾为 64.45—68.60mg/100 克土; 而黄绵土亚类 (82-02), 砂粒为 13.4—32.6%, 粉砂粒为 60.7—74.4%, 粘粒为 6.9—11.9%。砂粒减少,粉砂粒增加。它的非代换性钾为 59.00—85.40mg/100 克土。由图 3 所示它们的非代换性钾在剖面中的分布是: 耕作层较高;犁底层较低; 35 厘米以下又稍高,在剖面上形成低谷。总的来说黄绵土非代换性钾在剖面中分布较均一。这是黄土母质上发育的幼年土壤的特征之一。

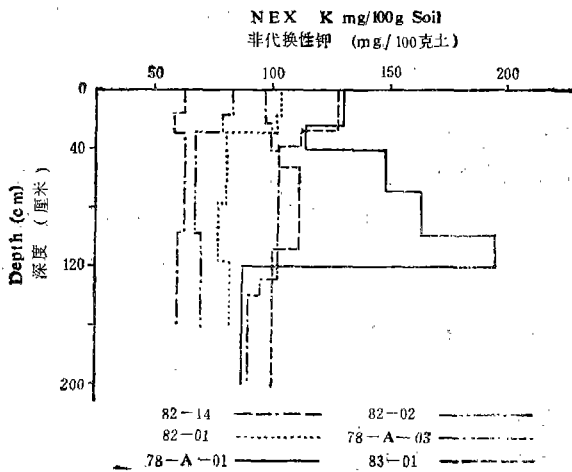


图3 非代换性钾的土壤剖面的分布

Fig. 3 Distribution of nonexchangeable potassium in soil profile

黑垆土是黄土地区主要的地带性土壤,分布面广,但因成土的质地、腐殖化和风化条件的不同而类型之间又有一定差异。例如砂黑垆土 (82-11) 和轻黑垆土 (82-01) 它们的颗粒组成为砂粒 23.7—37.1%, 粉砂粒 52.6—64.4%, 粘粒在 8.9—14.8%。虽有深厚有机质层,但在剖面中下部非代换性钾形成宽低谷分布。据杏子河流域砂、轻黑垆土非代

换性钾剖面分布的统计符合于指数回归  $y = ae^{-\frac{b}{x}}$  [3], 即耕作层高, 以下层次其含量逐渐下降的, 在一定深度范围内变化是很小的。这也是黄土地区砂、轻黑垆土发育的特征之一。而粘黑垆土 (83-01) 剖面的粉砂粒一般在 70.0% 以上, 粘粒变化在 9.7—20.2% 之间, 在剖面中有较明显的粘化层。其耕作层非代换性钾 125.52mg/100 克土, 52—105 厘米的粘化层为 117.20mg/100 克土, 以下层次在 83.60—98.42mg/100 克土之间, 即呈现出在耕作层高, 中间一层有一个低谷, 下到粘化层又高, 再往下层又较低分布 (图 3)。总述在黑垆土地带, 北部的黑垆土受成土因素的影响虽有深厚的有机质层, 但剖面中颗粒粗而均一, 无粘化现象, 非代换性钾在剖面分布符合指数回归。南部黑垆土有粘化作用发生, 非代换性钾在剖面分布呈“S”形。因此不同类型的黑垆土, 其非代换性钾的分布有明显的差异 (图 3)。

塋土、黑塋土亚类 (78-A-01, 78-A-03) 分布在黄土地区南部, 是本区主要的地带性土壤之一。朱显谟曾指出, 粘化作用是塋土的主要成土过程 [8], 格拉西莫夫也指出: “褐土最明显的外部特征就是它们剖面的整个碳酸盐部分以上, 有明显的粘化, 它表现在机械组成的变化较粘重于母岩”, “土体的粘化, 特别是中部和下部, 表现为粘粒含量的升高” [10]。尤其黑塋土剖面有明显的粘化层, 78-A-01 处于塋面上的碟形洼地, 粘化层粘粒在 19.8—24.4% 之间, 非代换性钾为 147.12—189.05mg/100 克土; 而 78-A-03 处于塋面上, 粘化层粘粒变化于 20.2—21.3% 之间, 非代换性钾为 90.65—106.00mg/100 克土。二者非代换性钾在剖面分布都呈“弓”形 (图 3), 但 78-A-01 大于 78-A-03 剖面。所以土壤非代换性钾剖面分布不仅受地带性成土因素的影响, 而且微地形的变化也有极重要的影响。

#### (四) 土壤主要发生层非代换性钾的释放

以 1N HNO<sub>3</sub> 连续提取 7 次所得的钾, 以表示非代换性钾的释放过程。非代换性钾的释放容量和强度, 可反映出土壤供钾能力, 也可反映出土壤地带性质和发育特征。

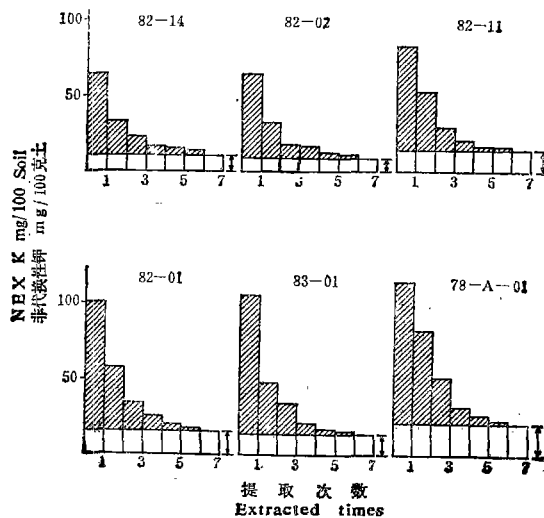


图 4 耕作层钾的释放 (□ 代表稳定量)

Fig. 4 Potassium release of cultivated horizon

表 2 不同土壤中主要发生层次的钾释放累积量 (NEX Kmg/100g 土)  
 Table 2 Accumulative amount of potassium released from the main horizons  
 in different soils (NEX Kmg/100g Soil)

土 壤 Soil	编 号 No.	深度(cm) Depth	提 取 次 数 Extractet times							总 计 Amount
			1	2	3	4	5	6	7	
砂 绵 土	82-14	0—13	61.16	30.60	20.70	16.60	16.25	13.75	13.80	172.86
		25—95	59.75	31.30	20.30	17.80	16.30	14.70	14.10	174.25
黄 绵 土	82-02	0—13	63.01	29.06	16.88	11.88	8.75	8.75	8.75	147.08
		27—63	59.63	32.50	21.25	16.88	15.63	13.75	13.13	172.77
轻 黑 垆 土	82-01	0—13	102.50	56.88	35.00	27.50	20.03	18.13	15.63	275.67
		70—90	62.75	36.88	23.13	19.38	17.25	15.63	13.13	188.15
		102—150	61.70	40.63	23.75	20.63	16.25	15.00	13.13	191.09
粘 黑 垆 土	83-01	0—25	105.75	46.88	27.50	20.00	16.25	13.75	12.50	242.63
		52—105	116.00	56.88	37.50	29.06	26.25	20.63	19.38	305.70
		105—145	99.13	56.25	32.50	26.25	22.50	18.75	18.13	273.51
黑 垆 土	78-A-03	0—20	89.95	53.75	30.63	25.00	20.63	16.22	15.00	251.18
		20—40	100.00	64.38	41.57	31.88	27.19	22.51	18.44	305.97
		70—80	130.13	74.38	52.82	41.88	35.94	30.31	25.31	390.77
		100—110	83.38	62.19	38.75	29.69	24.38	20.94	17.19	276.52
	78-A-01	0—25	114.45	82.81	50.00	30.39	25.00	22.81	20.63	346.09
		90—100	164.00	100.63	66.88	51.88	45.63	36.88	34.38	482.28
		110—120	177.25	93.13	65.63	54.38	46.25	36.88	35.00	508.52
		170—180	54.63	43.63	34.38	23.75	19.38	15.63	12.50	200.09

1. 耕作层非代换性钾的释放: 图 4 具体表示了非代换性钾的释放过程, 它与谢建昌等<sup>[11]</sup>用红壤、砖红壤、水稻土和潮土等土壤所做的试验取得的结果相一致。

耕作层非代换性钾释放累积量由北向南是逐渐增加的(表 2)。黄绵土、黑垆土和黑垆土分别是 147.08—172.86, 242.63—275.67 和 251.18—346.09mg/100 克土。

耕作层非代换性钾稳定量(即第 7 次提取的钾量), 其变化趋势也是从北向南逐渐递增的(图 4, 表 2)黄绵土在 8.75—13.80mg/100 克土之间, 黑垆土为 12.50—15.63mg/100 克土, 黑垆土为 15.00—20.63mg/100 克土, 不同土壤类型耕作层稳定量是不相同的, 从稳定量的变化也反映了土壤地带性的特点。

耕作层非代换性钾释放容量和累积量一样是由北向南逐渐增加, 而释放强度则相反。

由北向南逐渐减低,如黄绵土、黑垆土和黑垆土的相对强度(即 $\frac{\text{第一次提取量}}{\text{总提取量}} \times 100$ )分别为 35.4—42.8%, 37.2—43.6%, 33.1—35.8%。说明黄土地区北部的土壤供钾速度快而容量小,南部土壤则相反。

2. 粘化层非代换性钾释放: 黄土地区土壤剖面的粘化层是土壤发育程度和土壤分类的重要指标之一。

黑垆土(包括砂、轻黑垆土)有深厚的有机质层,但由于剖面质地为砂壤或轻壤,且无粘化层。所以如轻黑垆土(82-01)整个剖面层次中以耕作层的非代换性钾释放累积量为高,下面的土层均低于耕作层(表 2)。而粘黑垆土(83-01),剖面中有粘化层出现,土壤非代换性钾释放累积量其粘化层明显高于耕作层(表 2)。

黑垆土剖面有明显的粘化层,粘化层非代换性钾释放累积量的变化在 305.97—508.12mg/100 克土之间(表 2),但地形部位不同,钾释放累积量有一定差异,78-A-03 位于平坦塬面上,降水分流再分配,粘化层钾释放累积量为 390.77mg/100 克土;而 78-A-01 位于塬面上碟形洼地,降水汇流集中,其粘化层释放累积量高,为 482.28—508.12mg/100 克土。

总述黄土地区非代换性钾释放累积量从粘黑垆土到黑垆土逐渐增加,故非代换性钾释放累积量的变化进一步反映了土壤的地带性的特点,同时也反映出土壤发生发育的特征。

#### (五) 土壤粘土矿物与非代换性钾释放的关系

黄土地区各种类型土壤由于水、热等条件的差异,土壤发育程度不一,其粘土矿物组成也是不相同的。黄绵土以水云母为主;黑垆土虽以水云母为主,但并含有石英、蒙脱和高岭,在电子显微镜下还可见到蛭石;垆土下伏褐土以水云母与蛭石为主<sup>[2]</sup>。一般来说水云母其晶格间的钾属于非代换性钾;蛭石则固定  $K^+$ 、 $NH_4^+$  离子的本领特别强<sup>[12]</sup>。这种粘土矿物不一的特征,必将影响其非代换性钾的释放程度,这又进一步说明了本区土壤非代换性钾与土壤类型和土壤发育程度有密切关系。

### 参 考 文 献

- [1] 中国科学院南京土壤研究所, 1978: 土壤理化分析。上海科技出版社。
- [2] 中国科学院南京土壤研究所, 1978: 中国土壤。573—585 页, 科学出版社。
- [3] 中国科学院西北水土保持研究所, 1986: 黄土高原杏子河流域自然资源与水土保持。154—178 页, 陕西省科学技术出版社。
- [4] 刘东生, 1964: 黄河中游黄土。180—186 页, 科学出版社。
- [5] 朱显谟, 1957: 黄土地区土壤分布规律。科学通报, 第 15 期, 477—478 页。
- [6] 朱显谟, 1959: 暂拟陕西土壤分类系统。土壤通报, 第 1 期, 17—22 页。
- [7] 朱显谟, 1959: 对于陕西省农民土壤分类系统的初步总结。土壤通报, 第 5 期, 17—22 页。
- [8] 朱显谟, 1964: 垆土。10 页, 农业出版社。
- [9] 姚源喜, 1985: 有机肥与无机氮肥单施及配合定位施肥对培肥瘠薄土壤效果的研究。莱阳农学院学报, 第 1 期, 56—70 页。
- [10] 徐礼煜、俞震豫, 1985: 关于褐土研究的回顾与展望。国外农学——土壤肥料, 第 3—4 期, 7—11, 39—43 页, 福建农学院出版。
- [11] 谢建昌, 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。66—77。农业出版社。
- [12] 熊毅等, 1983: 土壤胶体。第一册, 土壤胶体的物质基础。61 页, 科学出版社。

- [13] Kovar J. A. and Riecken, F. F., 1976: Relation of nonexchangeable potassium and magnesium to development in some Midwestern. *J. Soil Sci. Soc Amer.*, 40: 547—552.
- [14] Singh, B. P., Mahendra Singh and Shukla, U. C., 1983: Forms of potassium in some soils of different agricultural regions of eastern Haryana. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 31(1): 31—37.
- [15] Singh, Y. P., Mahendra Singh and Rajendra Singh, 1985: Forms of potassium in western part of Haryana. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 33(2): 284—291.

## NONEXCHANGEABLE POTASSIUM IN RELATION TO THE DEVELOPMENT OF SOILS IN LOESS REGION

Jia Hengyi

*(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation Academia Sinica)*

### Summary

The type and development of soil are related nonexchangeable potassium in soils of the loess region. The present paper deals with the regime of nonexchangeable potassium in major soil types of the loess region. The results obtained are summarized as follows:

(1) The primary factors affecting nonexchangeable potassium content and potassium release were the soil texture and the organic matter. The nonexchangeable potassium content were positively correlated with the contents of silt, clay and organic matter, but negative correlated with content of sand in soil.

(2) The content of nonexchangeable potassium and accumulative amount of potassium released were getting increased from north to south in loess region. The distribution of nonexchangeable potassium and the accumulative amount of potassium released in young soils (sandy yellow cultivated loessial soil and yellow cultivated loessial soil), sandy dark loessial soil and light dark loessial soil was comparatively uniform in profile. However, in argillic horizons of clayey dark loessial soil and dark loessial soil, the content of nonexchangeable potassium and released potassium was higher than in cultivated horizon and parent material horizon, and it changed with topographic conditions of the soils.