

塿土非代换性钾剖面分布模型 与系统分类探讨

贾恒义 雍绍萍 田积莹

(中国科学院西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)
水利部

提 要

塿土非代换性钾在剖面分析特征,拟合是一个非线性方程, $y = ae^{bx}(c + d\cos\frac{2\pi(x-e)}{f})$, 并以此可对塿土进行初步的系统分类,初拟对5个剖面可分为三个类型。图中A部位反映了塿土肥熟堆垫表层(或者塿化过程)中土壤非代换性钾的变化状态,表现为耕作层(现代)高,以下土层则逐渐降低,这和肥熟堆垫过程,栽培作物的吸收,迁移和富集等土壤生态环境有关。也表明了植物参与下塿土剖面的非代换性钾耗竭、富集与成壤过程的同步性和异空间性。

关键词: 塿土 非代换性钾 剖面分布

Inquire into the Profile Distribution Model and Toxonomic Classification of Nonexchangeable Potassium of the Tier Soil

Jia Hengyi Yong Shaoping Tian Jiyong

(Northwest Institute of Soil and Water Conservation, Academia Sinica and
Ministry of Water Conservancy, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract

The profile distribution of the tier soil nonexchangeable potassium was characterized by following nonlinear equation: $y = ae^{bx}(c + d\cos\frac{2\pi(x-e)}{f})$. Preliminarily toxonomic classification was carried out by use of the equation on which five profiles of tier soil was divided into three types.

The part labled A in figure reflected changes of nonexchangeable potassium in the fimic cumulic epipedon or tieric process of the tier soil. The content of nonexchangeable potassium is high in cultivated horizon and lower with the increase of depth in the soil profile, which is related to the fimic cumulic process, plant uptake, potassium migration and eutrophication, and the other eco-environment factors.

The results also indicated the synchronism and other space property between the exhaustion, accumulation of nonexchangeable potassium and soil formation process with the participation of plants.

Key words the tier soil nonexchangeable potassium profile distribution

塿土是在褐土上长期施用土粪,耕作和栽培作物而形成的古老的耕种土壤,它是我国人为土壤之一^[3,4]。

塿土是人为土纲,旱耕人为土亚纲土类之一^[1]。

塿土是在褐土上长期施用土粪,耕作熟化形成肥熟堆垫表层及下覆土壤构成塿土剖面^[2,3]。塿土剖面的化学元素集散规律不仅反映出肥熟堆垫过程,而且也标志着自然成土过程。土壤非代换性钾含量受成土母质和风化条件的影响,反映了土类的特点。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^[8],也在黄土高原地区主要土壤类型上得到验证和应用^[5,6]。本文从塿土非代换性钾含量,剖面分布的形态上确立塿土诊断表层及其以下层次的特征,为塿土系统分类提供科学依据。

一、供试土样和方法

(一)供试土样 土壤主要采自汾渭盆地。剖面深度据层次和厚度而定,其地点,地形和土壤理化性质见表1。

表1 塿土主要类型的性质

编号	地点	地形	深度(cm)	pH	CaCO ₃ (g/kg)	有机质 (g/kg)	土壤颗粒(mm) %	
							<0.001	<0.01
stc92-01	陕西蒲城	山前洼地	0~19	8.00	107.0	15.3	23.62	48.93
			19~24	8.23	120.0	11.7	22.82	48.70
			24~64	8.15	126.0	2.8	28.55	58.31
			64~100	8.18	123.0	7.8	29.27	54.16
			100~132	8.25	91.0	7.8	27.41	59.23
			132~173	8.59	33.0	11.4	34.08	59.94
			173~193	8.85	197.0	7.6	24.03	43.99
			193~233	8.92	214.0	4.4	18.61	36.67
			233~280	8.85	217.0	3.3	17.19	39.68
stc92-02	陕西澄城	台塬	0~14	7.95	85.0	11.0	17.58	35.59
			14~26	7.90	87.0	8.7	17.17	35.55
			26~48	8.15	76.0	5.1	15.89	31.11
			48~71	8.25	74.0	5.5	19.42	36.69
			71~107	8.22	50.0	7.3	24.33	45.87
			107~132	8.22	167.0	5.1	17.80	53.34
			132~190	8.17	171.0	3.4	14.78	31.54
			190~210	8.12	141.0	3.2	14.66	32.64
stc92-03	陕西渭南	台塬	0~14	8.10	10.0	11.3	23.79	47.40
			14~28	8.25	29.0	10.2	24.12	47.18
			28~43	8.1	27.0	9.2	23.73	47.76
			43~72	8.1	17.0	8.0	24.94	48.60
			72~103	8.1	8.0	7.3	31.69	53.30
			103~133	8.1	4.0	6.5	34.36	53.30
			133~165	8.1	15.0	5.9	23.25	47.94
			165~184	8.3	178.0	4.9	18.64	36.81
			184~240	8.0	167.0	4.7	15.77	36.84

续表 1

编号	地点	地形	深度(cm)	pH	CaCO ₃ (g/kg)	有机质 (g/kg)	土壤颗粒(mm) %	
							<0.001	<0.01
西 A-01	陕西杨陵	头道塬	0~20	/	121.0	14.2	25.90	56.60
			20~56	/	112.0	7.8	25.90	54.60
			56~105	/	2.2	0.96	37.00	62.90
			105~130	/	2.1	0.61	32.80	55.10
			130~140	/	/	0.46	24.80	51.30
			140~190	/	24.2	0.430	25.60	51.70
78-A-01	陕西蒲城	洼地	0~25	8.4	15.7	1.56	16.10	60.80
			25~45	8.2	17.0	1.14	32.40	82.20
			45~75	8.1	9.0	1.17	21.00	62.20
			75~100	8.0	2.7	0.99	19.80	61.70
			100~140	8.1	1.6	1.20	24.00	61.90
			140~190	8.2	20.2	0.60	21.60	57.1

注:stc92-01, stc92-02, stc92-03 剖面的颗粒组成系用《土壤实验室分析项目及方法规范》(中国土壤系统分类用),中国科学院南京土壤研究所土壤系统分类课题组,1991年3月;西 A-01, 78-A-01 剖面系用《土壤常规分析方法》(比重计法)中国土壤学会土壤农化分析专业委员会编,1963年,北京:科学出版社。

(二)方法 土壤速效钾,非代换性钾测定^[2],其提取液的钾用 Zeiss(三型)火焰分光光度计测定。

二、结果与讨论

(一)非代换性钾剖面分布状态

据研究在黄土高原土壤非代换性钾与沙粒呈负相关;与粉粒和粘粒呈正相关;与有机质呈正相关^[5,9]。黑垆土非代换性钾与碳酸钙呈负相关^[6]。这些关系也可在表 1 中看出。正由于上述关系,塬土非代换性钾在剖面分布状态成“S”型(图 1)。

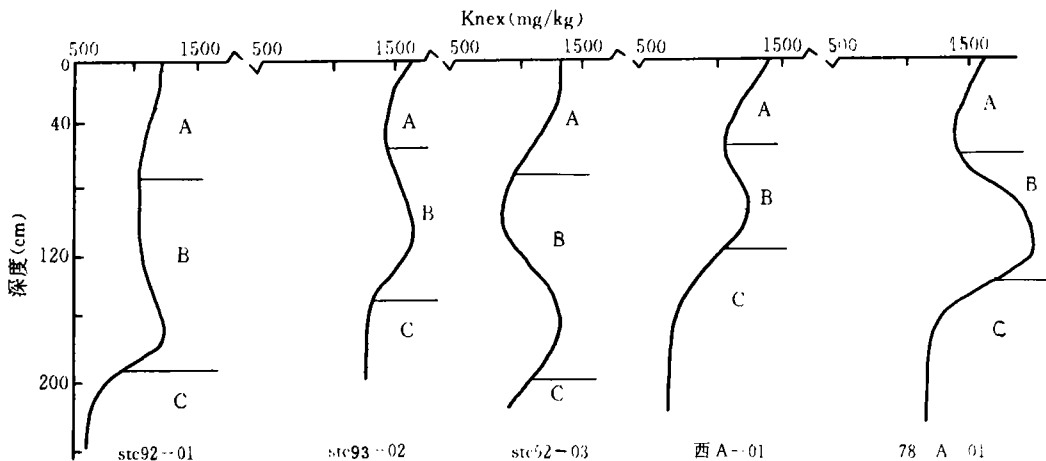


图 1 塬土 Knex 剖面分布特征

图1中的A部为肥熟堆垫表层,它受施用土粪,人工熟化和作物吸收利用,富集作用的影响而成耕作层高,下层低。各种土壤因上述各种因素的强度有所不同。B、C部主要受自然成土因素的影响。

黄土高原地区的黄绵土非代换性钾在剖面中的分布是耕作层较高,犁底层较低,35cm以下又稍高,即在剖面上形成中部低谷;黑垆土则为指数回归 $y = ae^{bx}$,粘黑垆土是过渡性土壤,系“S”型分布^[5,6]。塿土非代换性钾在剖面分布为“S”型。从上述土壤非代换性钾在剖面分布形态上看,可以把黄土高原地区主要土壤类型区分开,以反映其成壤的特征。

(二) 塿土非代换性钾在剖面分布的模型

1. 塿土非代换性钾在剖面分布是一个非线性方程。塿土非代换性钾在剖面分布拟合是一个非线性方程:

$$y = ae^{bx} \left(c + d \cos \frac{2\pi(x-e)}{f} \right) \quad (1)$$

式中: y ——为 Knex 含量; x ——为土壤深度; b ——为 Knex 含量随土壤深度的指数变化率; c ——为 Knex 含量的平均值; e ——为初相位; f ——为 Knex 含量随土壤深度变化的波动周期。

对于各种土壤非代换性钾在剖面分布的模型见表2。

表2 塿土非代换性钾剖面分布数学模型

剖面编号	模 型	χ^2 检验
stc92-01	$y = 12.058 1e^{-0.00174x} (97.843 35 + 21.537 32 \cos \frac{\pi x}{76})$	$\chi^2 = 19.3 = \chi_{0.01}^2 = 18.475$
stc92-02	$y = 11.141 69e^{-0.00159x} (98.590 26 + 5.232 47 \cos \frac{\pi(x+30)}{60})$	$\chi^2 = 4.030 < \chi_{0.01}^2 = 16.812$
stc92-03	$y = 9.794 5e^{0.00019x} (110.454 32 + 22.622 49 \cos \frac{\pi(x-7)}{71})$	$\chi^2 = 2.551 < \chi_{0.01}^2 = 18.475$
西A-01	$y = 14.063 6e^{-0.00338x} (109.942 24 + 15.090 97 \cos \frac{\pi(x+15)}{51})$	$\chi^2 = 3.685 < \chi_{0.01}^2 = 18.086$
78-A-01	$y = 12.691 3e^{-0.00341x} (119.303 81 + 29.531 32 \cos \frac{\pi(x+45)}{75})$	$\chi^2 = 10.573 < \chi_{0.01}^2 = 13.227$

2. 塿土非代换性钾剖面分布模型的检验。表2的各个土壤非代换性钾剖面分布模型用卡方(χ^2)检验,基本都达到0.01水平,系显著或极显著水平(表2),故认为此模型对于塿土非代换性钾在剖面分布是适合的。各个剖面的相差值变化在-0.8—22.5至0.3—27.7之间(表3)。

表3 塿土非代换性钾含量测定与演算值

剖面编号	深度(cm)	测定值(knex mg/kg)	演算值(knex mg/kg)	相差值(knex mg/kg)	相差(±)%
stc92-01	0~19	117 1.0	139 6.0	-225.0	-192.0
	19~24	112 3.0	129 4.0	-171.0	-152.0
	24~64	108 6.0	103 3.0	530	5.0
	64~100	164 6.0	804.0	242.0	231.0
	100~132	114 4.0	981.0	163.0	143.0
	132~193	123 2.0	110 4.0	128.0	104.0
	173~193	811.0	912.0	-101.0	-125.0
	193~233	627.0	669.0	-42.0	-67.0
	233~250	583.0	630.0	-47.0	-81.0

续表 3

剖面编号	深度(cm)	测定值(knex mg/kg)	演算值(knex mg/kg)	相差值(knex mg/kg)	相差(±)%
stc92-02	0~14	107 4.0	109 2.0	-18.0	-17.0
	14~26	102 5.0	104 8.0	-15.0	-15.0
	26~48	956.0	100 8.0	-42.0	-43.0
	48~71	104 0.0	102 2.0	18.0	17.0
	71~107	120 5.0	102 9.0	176.0	146.0
	107~132	887.0	932.0	-45.0	-50.0
	132~190	769.0	833.0	-64.0	-76.0
	190~230	869.0	849.0	20.0	23.0
stc92-03	0~14	128 0.0	130 5.0	-25.0	-20.0
	14~28	127 0.0	126 7.0	-3.0	2.3×10^{-2}
	28~43	122 9.0	115 7.0	65.0	53.0
	43~72	966.0	955.0	-11.0	-11.0
	72~103	803.0	894.0	-91.0	-113.0
	103~133	125 7.0	115 1.0	108.0	84.0
	133~165	128 8.0	134 8.0	-52.0	-40.0
	165~184	122 6.0	121 6.0	4.0	3.2×10^{-2}
	184~240	918.0	909.0	11.0	12.0
西 A-01	0~20	147 6.0	150 1.0	-250.0	-16.0
	20~56	116 7.0	117 5.0	-8.0	-6.8×10^{-2}
	56~105	134 5.0	132 6.0	19.0	14.0
	105~130	114 1.0	996.0	145.0	127.0
	130~140	797.0	847.0	-50.0	-62.0
	140~190	800.0	896.0	-96.0	120.0
	190~240	780.0	744.0	36.0	46.0
78-A-01	0~25	107 9.0	118 4.0	-105.0	-97.0
	25~45	972.0	101 8.0	-46.0	-47.0
	45~70	122 1.0	111 9.0	102.0	83.0
	70~100	138 4.0	132 0.0	64.0	46.0
	100~120	156 9.0	129 2.0	277.0	176.0
	120~180	700.0	838.0	-138.0	197.0

3. 瘠土非代换性钾含量极值。

对模型 $y = ae^{bx}(c + d \cos \frac{2\pi(x-e)}{f})$ 求极值, 得极值点座标, 即 Knex 达极大或极小时对应的土壤深度为:

$$X = \frac{f}{2\pi} \left[\frac{2\pi e}{f} + \arcsin \left(\frac{bd}{\sqrt{(bd)^2 + (2\pi d/f)^2}} \right) + n\pi(-1)^n \arcsin \left(\frac{bc}{\sqrt{(bd)^2 + (2\pi d/f)^2}} \right) \right] \quad (2)$$

式中: arcsin 指反正弦

由此确定的各个土壤 Knex 含量, 极大、极小值及对应的土壤深度情况见表 4、表 5。

瘠土 Knex 极大、极小值及对应的深度从土壤钾素营养角度来说, 指标明确的深度范围, 也可以指示肥熟堆垫表层厚度的范围。

表 4 塍土各剖面 Knex 含量极大值及对应的深度

剖面	x	深度 (cm)	y	Knex 极大值
stc92-01	x	146.33	298.33	450.33
	y	111.04	852.3	654.30
stc92-02	x	77.79	197.79	317.79
	y	1037.0	856.90	708.0
stc92-03	x	75.7	149.57	291.57
	y	1 305.2	1 340.9	1 377.5
西 A-01	x	79.44	181.44	283.44
	y	1 327.1	940.1	665.9
78-A-01	x	95.08	245.09	395.08
	y	1 342.7	815.1	480.7

(三) 以塍土非代换性钾含量垂直分布特征, 进行系统分类

表 5 塍土各剖面 knex 含量极小值及对应深度

对 5 个模型的参数加以综合, 可得表 6 中的结果, 在 6 个参数中, 对 a、b、c 中的任意一个参数, 其值愈大, 则同一深度的 Knex 含量愈高; d 值愈大, 则 Knex 含量波幅相对愈大, 故可选择这 6 个参数作为聚类指标, 由它们可确定 Knex 含量剖面分布特征的相似性大小。

剖面	x	深度 (cm)	y	Knex 含量
stc92-01	x	79.63	231.63	383.63
	y	803.6	616.8	473.5
stc92-02	x	41.05	161.05	281.05
	y	100.76	832.6	688.0
stc92-03	x	77.63	219.63	361.62
	y	873.1	897.0	921.5
西 A-01	x	41.77	143.78	245.77
	y	1169.8	828.7	587.0
78-A-01	x	36.03	186.03	336.03
	y	1018.1	610.4	366.0

运用相似系数法聚类分析对表 6 中 5 个样本进行 vinex 含量剖面分布特征相似性的分类。

表 6 塍土 Knex 含量剖面分布特征相似性分类

样品 (剖面号)	指 标					
	a	b	c	d	e	f
stc92-01	2.0581		98.843 35	21.537 32	0	152
stc92-02	1.4169	-0.001 74	98.590 26	5.232 47	-30	120
stc92-03	9.7945	-0.001 59	110.454 32	22.622 49	7	142
西 A-01	4.0636	-0.000 19	109.942 24	15.090 97	-15	102
78-A-01	2.6913	-0.00341	119.303 81	29.531 32	-45	150

6 个指标下的分类相似系数阵为:

stc92-01	1				
stc92-02	-0.1360	1			
stc92-03	0.3020	-0.2048	1		
西 A-01	-0.4912	0.0930	-0.7043	1	
78-A-01	-0.3730	-0.5896	-0.3530	0.0277	1

stc92-01 stc92-02 stc92-03 西 A-01 78-A-01

注:相似系数阵中各值为相似系数,理论值在-1与1之间;愈大,则愈相似;愈小,则愈不相似;在上述矩阵中,0.302最大,故 stc92-03-5, stc92-01 最相似,应先并为一类,其次, stc92-02 与西 A-01 相似系数为 0.093,并为一类,由此类推)

由图 2 可见,在 5 个剖面样本中,就 堔土 Knex 含量剖面分布特征而言, stc92-01 与 stc92-03 最为相似;其次为 stc92-02 与西 A-01 相似;78-A-01 与 stc92-02 和西 A-01 较为相似。若分为两类则 stc92-01 与 stc92-03 为一类, stc92-02, 西 A-01 及 78-A-01 为另一类;若分为三类,则为 stc92-01 与 stc92-03; stc92-02 与西 A-01; 78-A-01。按 5 个剖面样本, Knex 含量剖面分布特征相似聚类分为三类,与各个类型的土壤生态环境比较,剖面特征是较吻合的,但仍是初步的。

在上述 6 个指标中,任取若干指标,对 5 个剖面样本进行分类,结果是用 b, e, f 三个指标分类的结果与上述聚类图是一致的,这表明参数的土壤学含义明显,则作为分类指标的价值就大,因此,在 堔土系统分类中应多选取土壤学含义明确的,尤其是对总体特征有决定意义的指标。

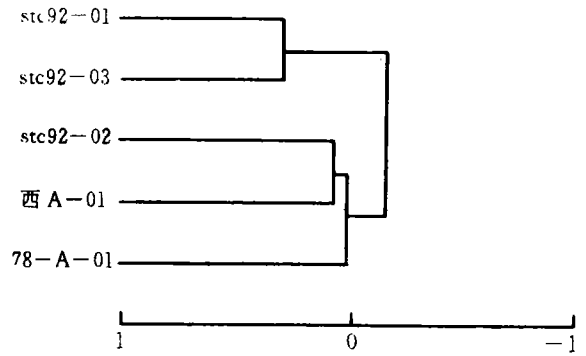


图 2 各剖面 Knex 含量分布特征相似性聚类

三、小 结

通过上述讨论,可以得到如下的初步认识:

1. 堔土非代换性钾在剖面分布,拟合一个非线性方程 $y = ae^{bx}(c + d\cos\frac{2\pi(x-e)}{f})$, 初步将 堔土分为三类。

2. 图 1 中 A 部反映了 堔土肥熟堆垫表层(堔化过程)中土壤非代换性钾的变化状态,此状态与肥熟堆积过程的栽培作物,钾素迁移富集等土壤生态环境有关。

3. 此方程反映了 堔土剖面的非代换性钾耗竭、富集的层段。在植物参与下非代换性钾耗竭、富集与成壤过程的同步性与异空间性。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院南京土壤研究所系统分类课题组. 中国土壤系统分类(首次方案). 北京:科学出版社,1991 年
- [2] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海:科学出版社,1978 年
- [3] 朱显谟. 堔土. 北京:农业出版社,1964 年
- [4] 朱显谟. 黄土高原土壤与农业. 北京:农业出版社,1989 年
- [5] 贾恒义. 黄土区土壤非代换性钾与土壤发育的关系.《土壤学报》,1988 年,第 4 期
- [6] 贾恒义. 黑垆土土壤非代换钾剖面分析特征的研究.《水土保持通报》,1990 年,第 3 期
- [7] 龚子同. 具有人为特性的土壤.《中国土壤系统分类探讨》,北京:科学出版社,1992 年
- [8] Kovar, J. A and Riecken, F. F. Relation of nonexchangeable potassium and magnesium to development in some Midwestern. J. soil Sci. socAmer. 1976, 40:547-552.
- [9] Singh, B. P., Mahendra Singh and Shukla, U. C., Forms of potassium in some soil of different agroclimatic regions of eastern Haryana. J. Indian soc. Soil Sci. 1983, 31(1)31-37