

陕西三种土壤的有机质和粘粒 对土壤阳离子交换量的贡献

安战士 徐明岗

(西北农业大学土化系)

摘要

本文用多元回归方法确定了陕西关中和陕北的壤土、黑垆土和黄绵土中有机质和粘粒的交换量及它们对土壤总交换量的相对贡献。壤土、黑垆土和黄绵土粘粒的交换量平均值分别为 43 、 33 、 $28\text{me}/100\text{g}$ 。三类土壤有机质的交换量平均值分别为 154 、 307 、 $204\text{me}/100\text{g}$ ，它们对土壤交换量贡献平均为 24% 。粘粒对土壤交换量的贡献 3 倍于有机质，但有机质的吸收性能约为粘粒的 6 倍，因此，该三类土壤中，粘粒是交换量的主要来源物，而有机质则是交换量的主要贡献因子。若欲改善土壤的吸收性能，必须施用有机肥料，提高土壤有机质含量。

在研究土壤有机质或粘粒对土壤阳离子交换量(简称交换量)的贡献时，过去通常是根据有机质或粘粒的交换量计算而来的。但是，在测定有机质交换量时则需去除或者破坏粘粒部分；而测定粘粒的交换量时则要去除有机质部分。土壤经烧灼或 H_2O_2 处理，虽能使有机质破坏，但常氧化不完全或者引起粘粒发生变化；土壤经HF—HCl处理，虽然能去除粘粒，但会促使部分有机质发生溶解，从而导致有机质或粘粒的交换量测定值发生偏差，此外，有机—粘粒复合体的交换量常小于有机质和粘粒两个部分的交换量之和，因为土壤的有机—粘粒复合体破坏后，土壤表面暴露的交换点增多^[1]。为了克服上述缺点，Williams^[2]等人提出了多元回归方法。这种方法是把土壤交换量看成因变量，而把有机质和粘粒看成自变量，求出它们之间的多元回归方程，由方程的回归系数估测出土壤有机质和粘粒的交换量。多元回归分析不需要破坏土壤的原始结构，而分析值能较好地反映土壤中各组分交换量的真实情况，且可同时求出它们对土壤交换量的相对贡献，因而受到了人们的普遍重视。不少研究者^[3-5]已将这种方法成功地用于土壤交换量的研究中。

本文用多元回归方法确定了壤土、黑垆土、黄绵土中有机质和粘粒的交换量及它们对土壤总交换量的相对贡献，希望能为土壤改良、施肥等管理措施提供理论依据。

一、材料与方法

供试土壤采自陕西关中、陕北40多个县，计195个试样，分属壤土、黑垆土和黄绵土。其基本理化性状列于表1。

测定有机质用丘林法，测定交换量用EDTA—铵盐快速法，测定粘粒用吸管法。

多元回归依据斯蒂尔^[6]推荐的方法。计算是在大终端计算机上完成的。

表1 供试土壤基本理化性质

土类	层次	样本数	pH值 均值±方差	全氮(%) 均值±方差	全磷(%) 均值±方差	有机质(%) 均值±方差	阳离子交换量 (me/100g) 均值±方差	粘粒 均值±方差
壤土	耕层	12	8.0±0.4	0.0783±0.0181	0.193±0.126	1.35±0.24	14.52±2.23	16.22±3.44
	古耕层	38	8.1±0.3	0.0578±0.0201	0.165±0.064	0.92±0.30	14.83±2.91	18.62±4.84
	粘化层	12	8.1±0.4	0.0542±0.0124	0.181±0.158	0.96±0.14	19.90±3.59	23.88±8.94
	母质层	12	8.1±0.3	0.0408±0.0188	0.178±0.119	0.59±0.14	12.00±2.35	15.65±3.44
	小计	74	8.1±0.4	0.0578±0.0134	0.174±0.109	0.94±0.33	15.15±3.64	18.60±5.86
黑垆土	耕层	12	8.2±0.3	0.0741±0.0289	0.149±0.040	0.96±0.29	9.86±1.46	14.43±4.24
	古耕层	32	8.2±0.4	0.0643±0.0204	0.149±0.064	0.73±0.26	10.38±2.26	16.03±4.62
	垆土层	13	8.3±0.3	0.0645±0.0222	0.128±0.035	0.78±0.19	11.56±3.48	16.93±4.09
	母质层	13	8.3±0.2	0.0440±0.0172	0.137±0.030	0.44±0.12	8.81±3.40	13.47±4.52
	小计	70	8.2±0.3	0.0622±0.0250	0.143±0.048	0.72±0.28	10.22±2.74	15.45±4.52
黄绵土	耕层	19	8.2±0.5	0.0612±0.0351	0.134±0.041	1.62±1.39	12.59±4.29	14.89±5.83
	心土层	16	8.2±0.3	0.0513±0.0227	0.151±0.109	1.06±0.34	12.84±3.81	16.74±5.29
	母质层	16	8.3±0.5	0.0395±0.0158	0.140±0.090	0.82±0.41	11.70±2.95	15.89±5.54
	小计	51	8.2±0.4	0.0513±0.0302	0.143±0.081	1.19±0.94	12.39±3.72	15.78±5.52
	总计	195	8.2±0.4	0.0576±0.0405	0.154±0.092	0.93±0.66	12.66±3.90	16.73±5.87

二、结果与讨论

表2给出了壤土、黑垆土、黄绵土的交换量与各自的有机质和粘粒之间的相关方程。由表可见，除壤土母质层回归方程仅10%显著水平外，其它层次及三个土类的回归方程都达5%显著水平以上。说明壤土、黑垆土、黄绵土有机质与粘粒和土壤交换量之间存在着较好的线性关系，它们是赋予土壤交换量的主要组分。

(一) 有机质和粘粒的交换量

土壤有机质的交换量大小与有机质的来源、腐殖化过程及其特性有密切关系，同时，也因测定方法而异。一般认为，土壤有机质的交换量变化范围为200—500 me/100g，平均为300me/100g左右^[7]。由表2的方程可知，壤土、黑垆土、黄绵土有机质的交换量变化范围为82—638me/100g，平均为204me/100g。不同土类及不同层次有机质的交换量表现出一定的差异。

壤土有机质交换量的次序为：母质层(490me/100g)>粘化层(255me/100g)>耕层(89me/100g)。平均为154me/100g。有随有机质含量的减少而交换量增大的趋势。这与各层次有机质在性质和组成上的差异^[8]有直接关系；同时，也与有机质含量少时，暴露的交换点较多^[1]密切相关。

黑垆土有机质的交换量在剖面上的分布与壤土具有类似的规律。耕层为170me/100g，古耕层为298me/100g，垆土层为604me/100g，主要是因为不同层次有机质组成和性质差异较大^[8]所致。黑垆土有机质的交换量平均为307me/100g。

黄绵土有机质的交换量为145—151me/100g，平均为148me/100g，上下层次间差异不显著。

三个土类有机质的交换量经t检验表明，壤土和黄绵土之间差异不显著，但与黑垆土之间差异极显著，这主要由于壤土、黑垆土有机质的性质和结构差异较大^[9]。

表2 有机质、粘粒与土壤交换量的相关方程及其对土壤交换量的相对贡献

土壤及层次	样本数	回归方程 $y(\text{交换量}) = b_0 + b_1x_1(\text{有机质\%}) + b_2x_2(\text{粘粒\%})$	复相关系数 R	有机质、粘粒占土壤交换量相对%	
				有机质(x_1)	粘粒(x_2)
壤土	耕层(A)	12 $y = 6.51 + 0.89x_1 + 0.42x_2$	0.691*	15.0	85.0
	古耕层	38 $y = 6.75 + 0.82x_1 + 0.39x_2$	0.680**	9.3	90.7
	粘化层(B)	12 $y = 4.02 + 2.55x_1 + 0.56x_2$	0.667*	15.8	84.2
	母质层(C)	12 $y = 7.52 + 4.90x_1 + 0.10x_2$	0.536△	64.8	35.2
	小计	74 $y = 5.76 + 1.54x_1 + 0.43x_2$	0.720**	15.4	84.6
黑垆土	耕层(A)	12 $y = 5.16 + 1.70x_1 + 0.21x_2$	0.698*	35.4	64.6
	古耕层	32 $y = 3.83 + 2.98x_1 + 0.27x_2$	0.684**	33.1	66.9
	垆土层(B)	13 $y = -2.04 + 6.04x_1 + 0.54x_2$	0.884**	33.0	67.0
	母质层(C)	13 $y = 3.71 + 6.38x_1 + 0.17x_2$	0.722*	55.1	44.9
	小计	70 $y = 2.85 + 3.07x_1 + 8.33x_2$	0.683**	30.1	69.9
黄绵土	耕层	19 $y = 5.14 + 1.51x_1 + 0.34x_2$	0.723**	32.8	67.2
	心土层	16 $y = 7.27 + 1.47x_1 + 0.24x_2$	0.774**	28.0	72.0
	母质层	16 $y = 6.21 + 1.45x_1 + 0.27x_2$	0.761**	21.7	78.3
	小计	51 $y = 6.12 + 1.48x_1 + 0.28x_2$	0.672**	28.6	71.4
总计	195	$y = 4.90 + 2.04x_1 + 0.35x_2$	0.685**	24.4	75.6

注：△, *, **显著性水平依次为10%，5%和1%。

粘粒的交换量，与粘粒自身性质即矿物组成密切相关^[3,10]，也随细颗粒组成而异^[4,7]。表2的方程表明，黄土母质上发育的壤土、黑垆土、黄绵土的粘粒(<0.001mm)交换量为10—56me/100g，平均为35me/100g。三个土类粘粒交换量平均值分别为43、33和28me/100g，它们之间差异主要是因为不同土壤中粘粒部分的各级矿物分布不同^[8]；此外，也可能与其矿物组成的微小差异有一定的关系。

各土壤不同层次中粘粒的交换量的变化具有一定的规律性。壤土和黑垆土粘粒的交换量都以B层为最高(百克毫克当量为56和54)，次为耕层，母质层最低(百克毫克当量为10和17)。由于B层中长期进行粘化作用，细粒矿物(<0.2μ)含量较高，故而交换量较高^[4]。在母质层中，矿物风化作用弱，粘粒中细粒矿物含量少，故交换量低。黄绵土不同层次粘粒的交换量分别为：耕层34，心土层24，母质层27me/100g，其上下层次间差异不显著。反映了黄绵土发育弱，层次分化不明显的特性。

(二) 有机质和粘粒对土壤交换量的相对贡献

表2结果表明：(1) 壤土粘粒对土壤交换量的贡献占35.2—90.7%，平均为84.6%；有机质的贡献占64.8—9.3%，平均为15.4%，前者是后者的5倍多。有机质贡献以母质层为最高，这是因为该层粘粒交换量较低且粘粒含量相对较少。(2) 黑垆土耕层、古耕层、垆土层有机质贡献均占34%左右，粘粒贡献占64.6—67.0%，表明黑垆土的有机质和粘粒对土壤交换量的重要性在这三层是基本相同的。而耕层有机质的贡献稍高一点，这主要是长期耕种施肥提高土壤有机质含量的结果。(3) 黄绵土有机质对交换量的贡献在耕层占32.8%，到母质层则占21.7%；相反，粘粒的贡献则从耕层的67.2%上升到母质层的78.3%，说明人类耕种，对提高黄绵土有机质含量和改善土壤吸收性能有重要作用。

总的来看，这三类土壤粘粒对交换量的贡献平均为75.6%，有机质贡献为24.4%，后者仅为前者的三分之一。可见，粘粒是此三种土壤交换量的主要物质源，而有机质乃是土壤交

换量的主要贡献因子。其吸收性能约是前者的6倍。

三、结语

1. 陕北、关中195个土样的交换量与各土样的有机质和粘粒之间的相关方程表明，壤土、黑垆土、黄绵土粘粒($<0.001\text{mm}$)的交换量分别为10—56(平均值为43)、17—54(平均值为33)、24—34(平均值为28) $\text{me}/100\text{g}$ ，其平均值为35 $\text{me}/100\text{g}$ 。

2. 三类土壤有机质的交换量分别为82—490(平均为154)、170—638(平均为307)、145—151(平均为148) $\text{me}/100\text{g}$ ，平均值为204 $\text{me}/100\text{g}$ ，它们对土壤交换量贡献为9.3—64.8%，平均为24.4%。

3. 从相对贡献上讲，粘粒对土壤交换量的贡献3倍于有机质，但从吸收能力上看，有机质的吸收性能约为粘粒的6倍，所以，对这三类土壤而言，粘粒是交换量的主要来源物，而有机质则是交换量的主要贡献因子。若欲迅速改善土壤的吸收性能，就必须从大量施用有机肥，提高土壤有机质入手。

参考文献

- [1] Calcinai, M. and Sequi, P.: Contribution of organic matter to cation exchange capacity of soils. P. 63—68, Soil organic matter studies, Vol. II. International Atomic Energy Agency, Vienna, 1977.
- [2] Williams, R.: J. Agr. Sci., 22: 845—851, 1932.
- [3] Yuan, T. L.; Gammon, N. and Leighty, R.G.: Soil Sci., 104 (2): 123—128, 1967.
- [4] Wilding, L.P. and Rutledge, E. M.: Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 30: 782—785, 1966.
- [5] Sahrawat, K. L.: Comm. Soil Sci. Plant Anal., 14 (9): 803—809, 1983.
- [6] R.G.D. 斯蒂尔著，杨纪河等译：数理统计的方法和原理，科学出版社。339—370页，1979。
- [7] 朱祖祥主编，土壤学(上册)，30—56页，农业出版社，1983。
- [8] 陕西农业勘察设计院主编：陕西农业土壤。23—98页，陕西科技出版社，1982。
- [9] 罗贤安：黄土区土壤腐殖质的化学性质及其与成土条件的关系。土壤学报，第18卷4期，353—359页，1981。
- [10] 谢萍若等：辽西褐土的细粒矿物组成。土壤学报，第20卷2期，176—185页，1983。