

土壤颗粒的体积分形维数及其在土地利用中的应用*

王国梁¹ 周生路¹ 赵其国²

(1 南京大学城市与资源学系, 南京 210093)

(2 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘要 土壤具有自相似特征或尺度不变特征。许多研究表明, 土壤质量(重量)分形维数是土壤内在属性之一。但是, 在计算土壤质量分形维数的推导过程中需要做一些假设, 而有些假设, 如不同粒级的土壤颗粒具有相同的密度等假设, 已受到一些学者的批评。此外, 用传统的比重法测量土壤颗粒分布不仅工作量大, 且操作结果更易受人为主观因素的影响。鉴此, 本文提出了土壤体积分形维数的概念。通过对宜兴不同土地利用方式下 178 个土壤样品的体积分形维数的测定发现: 土壤体积分形维数和土壤质量分形维数一样, 都是土壤的固有属性; 土壤颗粒体积分形维数与土壤颗粒体积百分含量具有显著的对数相关关系; 对茶园、菜地和农田土壤剖面上土壤颗粒体积分形维数的变化分析表明, 在茶园和菜地土壤剖面上, 随着土壤剖面深度的增加, 土壤粘粒体积百分含量增加, 土壤颗粒体积分形维数也随之增加; 在农田土壤剖面上, 随着深度的增加, 土壤粘粒体积百分含量和土壤体积分形维数也表现出基本保持一致的变化规律。此外, 农业管理措施对土壤颗粒的组成会产生影响, 使土壤粘粒体积百分含量发生变化, 从而使土壤颗粒体积分形维数也随之变化, 如菜地土壤体积分形维数随着种植年限的增加而出现下降趋势。

关键词 土地利用; 土粒; 体积分形维数

中图分类号 S152.32

文献标识码

A

土壤是一种由不同大小和形状的固体颗粒及孔隙构成的多孔介质, 具有自相似特征或分形特征^[1,2]。随着分形理论不断发展, 分形理论在土壤学中的应用也越来越广。Perfect 和 Kay^[3] 对分形理论在土壤学中的应用做了较为详细的分析, 并将其归为 3 类: (1) 描述土壤物理特征; (2) 建立土壤物理过程模型; (3) 定量分析土壤空间变异性。分形理论在土壤粒径分布领域的应用, 更多的是用于土壤物理特征方面的描述, 但与土壤物理过程的模型也有重要的联系。1983 年, Mandelbrot^[4] 首先建立了二维空间的颗粒大小分形特征模型。此后, Tyler^[5] 在此基础上进行了推广, 建立三维空间的体积分形模型:

$$V(r > R) = C_V [1 - (\frac{R}{\lambda_V})^{3-D}] \quad (1)$$

式中 V 是颗粒的体积, r 是测定的尺度, R 是某一特定的粒径, C_V 和 λ_V 是描述形状和尺度的常量, D 是分形维数。

受当时测量条件的限制, 无法快速而准确地测

量土壤粒径分布的体积和数量。因此, Tyler 等^[5] 和杨培岭等^[6] 分别对上述公式做了修改。由于不同粒级的土粒密度随粒级变化的函数关系尚未见报道, 他们通过假设不同的土壤粒级具有相同的密度等条件, 用土壤质量来代替土壤的体积, 从而使上述模型变成:

$$M(r > R) = \rho_p C_m [1 - (\frac{R}{\lambda_m})^{3-D}] \quad (2)$$

式中 M 是颗粒质量(重量), r 是测定的尺度, R 是某一特定的粒径, ρ_p 是土壤颗粒的密度, C_m 和 λ_m 是描述形状和尺度的常量, D 是分形维数。

由于不同粒径的土壤颗粒质量(重量)可以通过比重计法等方法测得, 使式(2)在土壤领域的应用成为可能。但是, 随着研究的深入, 该公式中的不合理假设, 尤其是关于不同粒级的颗粒具有相同的密度这一假设受到一些学者^[7] 的质疑。目前, 随着激光衍射技术的发展和运用, 土壤颗粒体积分布的大小和数量可以相对容易并精确地得到。在此, 本文首次提出土壤颗粒体积分形维数的概念。值得指出的是, 这里提出的颗粒体积分形维数和土壤团聚体的

* 国家重点基础研究发展规划项目(2002CB410810)、江苏省国土生态地球化学调查项目(EG009)资助

作者简介: 王国梁(1971~), 男, 博士研究生, 主要研究方向为土壤资源。E-mail: gl.w@sohu.com

收稿日期: 2004-08-03; 收到修改稿日期: 2005-01-12

体积分形维数的概念^[8]完全不同,后者研究的是土壤团聚体的体积分形维数。因此,本研究的目的是提出土壤颗粒体积分形维数的概念,计算公式和公式中参数的物理意义;建立土壤颗粒体积分形维数和土壤粘、粉、砂含量之间的关系;将土壤体积分形维数用于土地利用中,初步研究不同土地利用中土壤颗粒体积分形维数的时空变化。

1 材料与方法

1.1 材料

采样地点设在江苏省宜兴地区,通过对宜兴地区土地利用方式的全面调查,选择农田、菜地和茶园三种不同土地利用方式为研究对象,对每一土地利用方式采用表层样为主,同时对不同类型土壤至少选择一个土壤剖面样的原则进行选点。在每一样点周围 20 m 范围内,采用多点(3~6 个点)均匀混合的方法采样,混合后的土壤样品取 1 kg 带回实验室,共采土壤样品 178 个。所采的农田土壤类型主要为水稻土土类,包括白土、黄泥土、乌泥土、灰泥土和湖白土等;菜地土壤类型为菜园黄泥土;茶园土壤类型为砂红土。

采回的样品在剔除了植物细根等杂质后风干,用六偏磷酸钠($(\text{NaPO}_3)_6$)浸泡 20 h 使土粒分散。粒度用 Malvern Mastersizer 2000 激光粒度分析仪(英国 Malvern 公司产)分析测得,该仪器的测量范围为 0.02~2 000 μm ,重复测量误差小于 2%。在粒度分析仪中加入样品后,先用超声波分散 5 min,然后再进行土壤颗粒体积百分含量曲线的测定,最后借助附带软件中的用户分级功能,得到土壤任意两粒径之间的体积百分含量。

1.2 粒度分级

根据美国土壤质地分类系统,将土壤粒径分为以下 7 个级别,0~0.002,0.002~0.05,0.05~0.1,0.1~0.25,0.25~0.5,0.5~1,1~2 mm。

1.3 模型描述

根据粒度分析仪所获的粒径体积的数据,对土壤颗粒体积分形维数的概念及其计算公式推导如下:

据式(1),土壤颗粒的总体积可表示为

$$V_T = V(r > 0) = C_V [1 - (\frac{0}{\lambda_w})^{3-D}] = C_V \quad (3)$$

从式(1)和式(3)可得到,

$$\frac{V(r > R)}{V_T} = 1 - (\frac{R}{\lambda_w})^{3-D} \quad (4)$$

对常量 λ_w 的估计,只需要取土壤粒径分级中最大的粒级值(用 R_L 表示)即可。当 $R = R_L$ 时, $V(r > R) = 0$, 故 $V(r > R)/V_T = 0$ 。此时, λ_w 在数值上等于最大的粒级值 R_L 。

将 $r > R$ 的形式转化为 $r < R$, 得到

$$\frac{V(r < R)}{V_T} = (\frac{R}{\lambda_w})^{3-D} \quad (5)$$

式(5)与 Tyler 等^[1]及杨培岭等^[6]得到的质量体积分形维数的计算公式在形式上完全相似,不同的是这里用体积代替了质量。但是,尽管体积分形维数的公式与质量分形维数的公式相似,但体积分形维数计算中不再需要做不同粒级的土壤颗粒具有相同的密度这一假设,故更具有合理性。

从上述分析可知,上述模型中参数 C_V 和 λ_w 分别表示土壤颗粒总体积和粒级分级中的颗粒粒级的上限值。由于体积分形维数的模型和质量分形维数模型在形式上完全一致,其计算方法和过程也基本相似。首先,在每一分级区间,选择该区间的代表性粒径,建议用该区间上下限的算术平均值来代表。第二步,根据分级区间,在图上画出大于等于各区间代表粒径的累积体积。然后将此图转化为对数-对数形式。第三步,根据第二步画的对数图,得到拟合的直线斜率,该直线斜率即等于式(5)中的 $3-D$,从而可以求出分形维数 D 值。

2 结果与讨论

2.1 三种土地利用方式下土壤体积分形维数的总体变化

在计算农田、菜地和茶园 3 种土地利用方式下每个土壤样品的体积分形维数时,用最小二乘法对土壤粒径分布的对数图中的回归曲线进行了拟合,结果见表 1。所有拟合方程的决定系数均大于或等于 0.83,方程的显著水平均达到显著、极显著水平,说明拟合效果较好。

表 1 说明,农田土壤颗粒体积分形维数的变化范围较大(从 2.18~2.90),这是因为农田土壤包括的土壤类型较多,土壤质地从粉土(如湖白土)到粘土(如黄泥土)都有,所以变化范围较大,但从变异系数来看,总体变异程度很小。菜地和茶园土壤颗粒体积分形维数的变化范围较小,变异系数也很小,可能和这 2 种利用方式下分别只测定了一种土壤类型有关。

表 1 不同土地利用方式下土壤颗粒体积分形维数及拟合方程的决定系数

Table 1 Soil volume fractal dimension of soil particles and coefficient of determination of the fitted equation in land uses

利用类型 Land use types	样品数 Sample number	土壤颗粒分形维数 Fractal dimension of soil particles					决定系数 Coefficient of determination (R^2)		
		最小值 Min	最大值 Max	均值 Mean	标准差 Std. deviation	变异系数 CV	最小值 Min	最大值 Max	均值 Mean
		农田 Crop land	133	2.18	2.90	2.389	0.197	0.082	0.84
菜地 Vegetable land	28	2.03	2.45	2.281	0.107	0.047	0.83	0.86	0.84
茶园 Tea land	17	2.36	2.87	2.572	0.207	0.080	0.84	0.92	0.86

对 3 种土地利用方式下土壤颗粒体积分形维数的总体平均数的差异显著性检验表明, 茶园土壤体积分形维数的平均数在总体上显著高于农田($p = 0.001^{**}$), 也高于菜地土壤($p = 0.001^{**}$)。但农田和菜地之间的差异不显著($p = 0.080$)。

2.2 土壤颗粒组成对土壤颗粒体积分形维数的影响

对土壤颗粒体积分形维数与土壤粘粒(0~2 μm)、粉粒(2~50 μm)和砂粒(50~2000 μm)含量之间分别做回归分析(样本数 178 个), 结果表明:

土壤颗粒体积分形维数与土壤粘粒体积百分含量有显著的相关关系, 回归方程如下:

$$y = 0.122 \ln(x) + 2.415 \quad (6)$$

其中 $R^2 = 0.889$, $p = 0.001^{**}$, y 为分形维数, x 为土壤粘粒体积百分含量(%)。

土壤颗粒体积分形维数与土壤粉粒体积百分含量的拟合方程如下:

$$y = -0.406 \ln(x) + 4.153 \quad (7)$$

其中 $R^2 = 0.075$, $p = 0.002^{**}$, y 为分形维数, x 为土壤粉粒体积百分含量(%)。

土壤颗粒体积分形维数与土壤砂粒体积百分含量的拟合方程如下:

$$y = -0.099 \ln(x) + 2.663 \quad (8)$$

其中 $R^2 = 0.223$, $p = 0.004^{**}$, y 为分形维数, x 为土壤砂粒体积百分含量(%)。

式(6)说明, 土壤颗粒体积分形维数和粘粒体积百分含量之间呈显著的对数相关关系, 且粘粒体积百分含量约在 5% 以下时, 随着粘粒含量的增加体积分形维数增加很快, 当粘粒体积百分含量超过约 5% 以后增加较缓慢(图 1)。

尽管式(7)和式(8)中经统计检验表明, 土壤体积分形维数和土壤中的粘粒、粉粒和砂粒含量之间的相关性均达到了极显著水平, 但由于方程决定系

数(R^2)较小, 说明土壤体积分形维数和土壤粉粒和砂粒的体积含量之间相关性很小。此外, 对土壤体积分形维数和土壤粘、粉、砂粒体积分含量的逐步回归分析(进入标准 $p = 0.05$, 剔除标准 $p = 0.10$)结果发现, 逐步回归方程中粉粒和砂粒的体积百分含量这 2 个变量被剔除, 进一步说明土壤颗粒体积分形维数与土壤粘粒体积含量相关性较好, 而与土壤粉粒和砂粒的含量相关性较差。这一结果和土壤颗粒质量分形维数的研究结果有所不同, 后者发现^[5, 9], 土壤颗粒质量分形维数和土壤粘粒、粉粒、砂粒的重量百分含量均具有显著的相关关系, 其中粘粒含量越高, 土壤质量分形维数越大; 粉粒和砂粒含量越高, 土壤质量分形维数越低(图 1~图 3)。

综上所述, 土壤体积分形维数和土壤粘粒体积含量呈显著的正相关关系, 而与粉粒和砂粒的体积含量相关性较小。

2.3 不同土地利用方式下土壤颗粒体积分形维数在土壤剖面上的变化

2.3.1 土壤颗粒体积分形维数在农田土壤剖面上的变化

万石镇 A、万石镇 B、官林镇和徐舍镇的 4 个农田土壤类型均为水稻土类, 土属依次为白土、黄泥土、乌泥土和灰黄泥土。从图 4 可以看出, 这 4 个农田土壤剖面上体积分形维数的变化不同。其中, 万石镇 A、万石镇 B 和徐舍镇的土壤体积分形维数随着土壤剖面深度的增加而增大, 与这 3 个土壤剖面上土壤粘粒的体积百分含量随剖面深度增加的变化趋势一致, 但与粉粒和砂粒含量变化趋势不一致(表 2)。官林镇土壤剖面体积分形维数的变化呈现出减少、增加、再减少的变化规律, 其变化规律和土壤剖面上粘粒体积含量的变化趋势也一致, 但和粉粒和砂粒含量变化趋势不一致(图 4, 表 2)。由此可见, 土壤粘粒体积百分含量对土壤颗粒体积分形维数有重要影响。

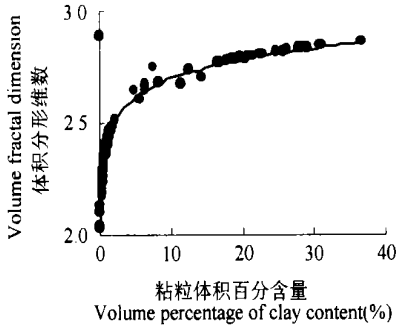


图1 粘粒含量对土壤颗粒体积分形维数的影响

Fig. 1 Effect of clay contents on soil volume fractal dimension

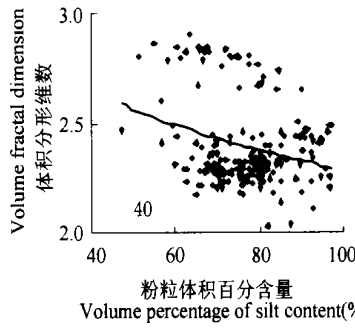


图2 粉粒含量对土壤颗粒体积分形维数的影响

Fig. 2 Effect of silt contents on soil volume fractal dimension

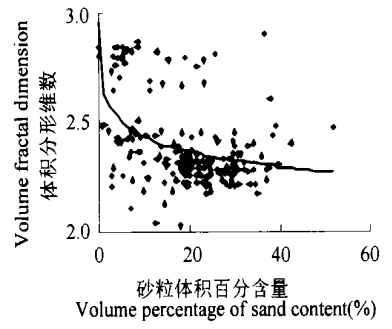


图3 砂粒含量对土壤颗粒体积分形维数的影响

Fig. 3 Effect of sand contents on soil volume fractal dimension

表2 农田土壤剖面上粘粒、粉粒和砂粒的体积百分含量的变化

Table 2 Changes in soil volume percentages of clay, silt and sand in soil profiles of cropland

土层深度 Soil depth (cm)	万石镇 A Wanshi town A			万石镇 B Wanshi town B			官林镇 Guanlin town			徐舍镇 Xushe town		
	粘粒 Clay (%)	粉粒 Silt (%)	砂粒 Sand (%)	粘粒 Clay (%)	粉粒 Silt (%)	砂粒 Sand (%)	粘粒 Clay (%)	粉粒 Silt (%)	砂粒 Sand (%)	粘粒 Clay (%)	粉粒 Silt (%)	砂粒 Sand (%)
0~ 10	0.20	80.12	19.68	0.45	75.57	23.98	0.37	81.31	18.32	0.409	59.89	39.71
10~ 20	0.56	81.05	18.39	0.55	86.37	13.08	0.27	88.70	11.03	0.762	66.23	33.01
20~ 40	0.62	79.99	19.39	0.64	82.45	16.91	0.67	92.35	6.98	0.799	69.18	30.02
40~ 60	0.83	85.31	13.96	1.03	94.96	4.01	0.56	68.09	31.35	1.198	92.27	6.53

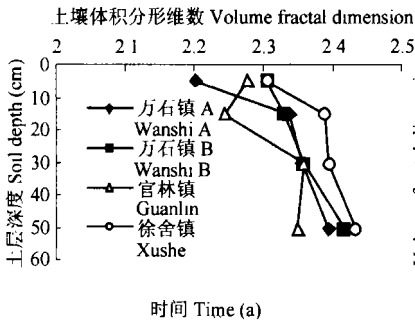


图4 农田土壤剖面体积分形维数的变化

Fig. 4 Spatial changes in soil volume fractal dimension in soil profiles of cropland

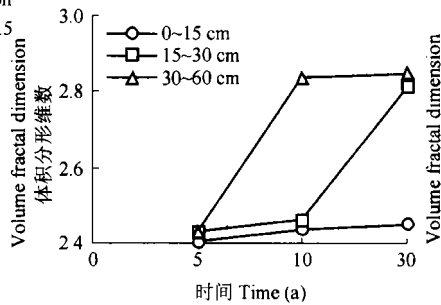


图5 茶园土壤体积分形维数的时空变化

Fig. 5 Spatial and temporal changes in soil volume fractal dimension in soil profiles of tea land

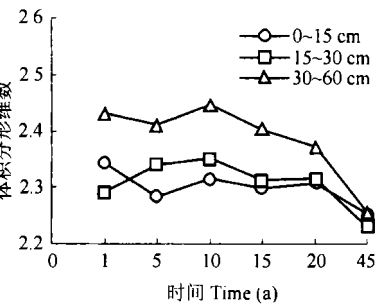


图6 菜地土壤体积分形维数的时空变化

Fig. 6 Spatial and temporal changes in soil volume fractal dimension in soil profiles of tea land

2.3.2 土壤颗粒体积分形维数在茶园土壤剖面上的变化 从图5可以看出, 5 a、10 a和30 a茶园土壤剖面上土壤颗粒体积分形维数都随着土壤深度的增加而增加。这是因为茶园土壤类型为砂红土, 土壤质地从表层向下质地由粉壤土向粘壤土转变(表3), 15 cm以下还有铁锰结核出现。由于土壤中

粘粒含量的增加, 土壤体积分形维数也随之增加。由于0~ 10 cm、10~ 20 cm、20~ 40 cm和40~ 60 cm土壤剖面上分形维数均由5 a、10 a和30 a的数据组成, 两两可以组成配对样本。配对样本的T检验表明, 0~ 10 cm和40~ 60 cm土壤剖面体积分形维数有显著差异($p < 0.001^{**}$), 其余各层间之间差异不

表 3 茶园土壤剖面上粘粒、粉粒和砂粒的体积百分含量的变化

Table 3 Changes in soil volume percentages of clay, silt and sand in soil profiles of tea land

土层深度 Soil depth (cm)	粘粒体积百分含量 Volume percentage of clay (%)			粉粒体积百分含量 Volume percentage of silt (%)			砂粒体积百分含量 Volume percentage of sand (%)		
	5 a	10 a	30 a	5 a	10 a	30 a	5 a	10 a	30 a
0~ 15	0.66	0.93	1.27	69.88	64.71	86.22	29.45	34.37	12.51
15~ 30	21.69	22.53	23.12	52.39	67.38	67.38	25.92	10.09	9.50
30~ 60	27.92	28.84	29.91	65.91	65.91	65.91	6.17	5.25	4.19

显著($p > 0.05$)。说明土壤体积分形维数随着土壤剖面深度的增加,至 40~ 60 cm 时表层和下层的差异达到显著水平。

2.3.3 土壤颗粒体积分形维数在菜地土壤剖面上的变化 从图 6 可以看出,在六个时间序列的菜地土壤剖面上,随着土层深度的增加,土壤体积分形维数有增大趋势。配对 T 检验表明,0~ 15 cm 和 15~ 30 cm 无显著差别($p = 0.629$),但 0~ 15 cm 和 30~ 60 cm 差异显著($p = 0.006^{**}$),15~ 30 cm 和 30~ 60 cm 差异显著($p = 0.004^{**}$)。这是因为,在 0~ 60 cm 剖面上,菜园黄泥土从表层向下土壤粘粒体积百分含量增加(表 4),其中 0~ 15 cm 和 15~ 30 cm 土壤粘粒体积百分含量无显著差别($p = 0.102$),但 0~ 15 cm 和 30~ 60 cm 差异显著($p = 0.008^{**}$),15~ 30 cm 和 30~ 60 cm 差异显著($p =$

0.006^{**})。可以看出,土壤颗粒体积分形维数在反映土壤粘粒在空间的变化上具有一定的参考价值。

2.4 不同土地利用方式下土壤颗粒体积分形维数随时间的变化

2.4.1 茶园土壤体积分形维数随时间的变化 随着茶园种植年限的增加,土壤体积分形维数在整个剖面上有增加的趋势,但不同层次上变化不同(图 5)。其中 0~ 15 cm 土层在 0~ 30 a 里变化较小,15~ 30 cm 土层在 10~ 30 a 里却突然升高,而 30~ 60 cm 在 5~ 10 a 突然升高,10~ 30 a 基本没有变化。而土壤粘粒体积百分含量的变化和土壤颗粒体积分含量的变化基本一致(表 4)。由于采用空间替代时间的方法,这种不同年限的差异可能主要由空间采样的变异引起,而不完全由管理引起,这一现象有待进一步研究。

表 4 菜地土壤剖面上粘粒体积百分含量的变化

Table 4 Changes in soil volume percentages of clay in soil profiles of vegetable land

土层深度 Soil depth (cm)	粘粒体积百分含量 Volume percentage of clay (%)					
	1 a	5 a	10 a	15 a	20 a	45 a
0~ 15	0.59	0.38	0.50	0.39	0.46	0.28
15~ 30	0.37	0.58	0.60	0.47	0.48	0.24
30~ 60	1.17	1.01	1.19	0.90	0.71	0.30

2.4.2 菜地土壤体积分形维数随时间的变化 从表 4 和图 6 可以看出,随着菜地管理年限的增加,土壤剖面上体积分形维数和粘粒体积百分含量在总体上呈减小趋势,但粉粒和砂粒的含量变化趋势与之不一致。这可能因为,菜园黄泥土质地较粘重,在菜地种植过程中,由于有机肥等农业物质投入较高,对土壤质地的改善有一定作用,从而使土壤颗粒体积分形维数在总体上呈现下降的趋势;另一方面,由于有机肥等农业物质的投入具有一定的随机性,从而使土壤质地的变化也具有随机性,结果导致土壤体积分形维数和土壤粘粒含量的变化具有波动现象。

3 结 论

土壤体积分形维数和土壤质量分形维数一样,是土壤的固有属性。但在公式的计算上,土壤体积分形维数不需要做“不同粒径的土壤颗粒具有相同的密度”等假设,因此更具合理性。

土壤颗粒体积分形维数与土壤颗粒体积分含量具有显著的对数相关关系。对茶园、菜地和农田土壤剖面上土壤颗粒体积分形维数的变化表明,在茶园和菜地土壤剖面上,随着土壤剖面深度的增加,

土壤粘粒体积百分含量增加, 土壤颗粒体积分形维数也随之增加; 在农田土壤剖面上, 随着深度的增加, 土壤粘粒体积百分含量和土壤体积分形维数表现出基本一致的变化规律。

农业管理措施对土壤颗粒的组成会产生影响, 使土壤中粘粒体积百分含量发生变化, 从而使土壤颗粒体积分形维数也随之变化, 如菜地土壤体积分形维数随着种植年限的增加而出现下降趋势。

参考文献

- [1] Tyler S W, Wheatcraft S W. Application of fractal mathematics to soil water retention estimation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1989, 53: 987~996
- [2] Neuman S P. Universal scaling of hydraulic conductivities and dispersivities in geologic media. *Water Resour. Res.*, 1990, 26: 1 749~1 758
- [3] Perfect E, Kay B D. Application of fractal in soil and tillage research: A review. *Soil and Tillage Research*, 1995, 36: 1~ 20

- [4] Mandelbrot B B. *The fractal geometry of nature*. San Francisco: W. H. Freeman, 1983. 488
- [5] Tyler S W, Wheatcraft S W. Fractal scaling of soil particle-size distribution: Analysis and limitations. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1992, 56: 362~ 369
- [6] 杨培岭, 罗远培, 石元春. 用粒径的重量分布表征的土壤分形特征. *科学通报*, 1993, 38: 1 896~ 1 899. Yang P L, Luo Y P, Shi Y C. Soil fractal characteristics measured by mass of particle-size distribution (In Chinese). *Chinese Science Bulletin*, 1993, 38: 1 896~ 1 899
- [7] Mart n M A, Montero E. Laser diffraction and multifractal analysis for the characterization of dry soil volume-size distributions. *Soil and Tillage Research*, 2002, 64: 113~ 123
- [8] Crawford J W, Naohiro M. Heterogeneity of the pore and solid volume of soil: Distinguishing a fractal space from its non-fractal complement. *Geoderma*, 1996, 73: 183~ 195
- [9] 黄冠华, 詹卫华. 土壤颗粒的分形特征及其应用. *土壤学报*, 2002, 39(4): 490~ 497. Huang G H, Zhan W H. Fractal property of soil particle size distribution and its application (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2002, 39 (4): 490~ 497

VOLUME FRACTAL DIMENSION OF SOIL PARTICLES AND ITS APPLICATIONS TO LAND USE

Wang Guoliang¹ Zhou Shenglu¹ Zhao Qiguo²

(1 *Department of Urban and Resource Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China*)

(2 *Institute of Soil Sciences, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China*)

Abstract Mass fractal dimension of soil particles is one of the inherent properties of soil. However, some assumptions, such as uniform density, have been questioned in calculating soil mass fractal dimension. Additionally, traditional methods to obtain particle-size distribution (PSD) are laborious. For this reason, the concept of the volume fractal dimension of soil particles is developed and a formula to calculate soil volume fractal dimension is introduced in this paper. Based on the conception of volume fractal dimension and the analysis of 178 soil samples from different land uses, some conclusions could be drawn as follows: the volume fractal dimension of soil particles was significant correlated with the volume percentage of soil clay contents; in soil profile of vegetable and tea land, both the volume fractal dimension and the volume percentage increased with the soil depth; and in soil profile of cropland, both showed the same tendency of increasing with the soil depth, but not monotonously. Soil management had some influence on volume percentage of soil clay and volume fractal dimension. For example, both of them decreased with the rising years of cultivation

Key words Volume fractal dimension; Soil particles; Land uses