

宁南山区不同利用方式土壤颗粒分形特征

刘梦云, 常庆瑞*, 岳庆玲, 王 锐

(西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 在宁夏固原上黄试验区, 对灌木林地、农地、天然草地、果园和人工草地 5 种利用方式土壤的化学性质、颗粒组成与其分形特征之间的关系进行了分析和研究。结果表明: ① 土壤砂粒含量与土壤分形维数存在一定的相关性; 粘粒含量与土壤分形维数表现出极显著正相关, 即粘粒含量越高其分形维数越大; ② 灌木林地随着种植年限的增长, 粘粒含量增多, 分形维数也增加; 而果园随种植年限的增长, 粘粒含量减少, 分形维数降低; 不同利用方式土壤颗粒分形维数变化趋势为天然草地 > 农地 > 灌木林地 > 果园 > 人工草地; ③ 影响土壤颗粒分形维数的因素主要有砂粒含量、粘粒含量以及阳离子交换量等, 土壤粘粒含量、颗粒分形维数及阳离子交换量三者存在极显著相关, 土壤颗粒组成的分形维数可以作为表明土壤发育状况的一个重要指标。

关键词: 宁夏固原; 土地利用方式; 颗粒组成; 分形特征

中图分类号: S152.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2007)06-0201-06

土壤作为一种由不同颗粒组成, 具有不规则形状自相似结构的多孔介质, 是具有一定分形特征的系统^[1]。传统的土壤质地类别, 是以土壤粒级分析为基础, 结合相应的分类标准而确定的。近几年来, 运用各种分形模型计算土壤颗粒、团聚体和空隙度的分形维数来表征土壤质地和结构组成及其均匀程度, 成为定量描述土壤结构特征的新方法^[1~5]。

土地利用变化可以改变地表覆被状况并影响许多生态过程, 如增加生物多样性^[6]、多样化食物链和营养级组成, 降低地表侵蚀和改良径流^[7]、土壤环境^[8]等; 反之, 由于植被的劣变, 容易引发土地沙漠化、土壤盐渍化、草场退化、生物多样性减少、区域气候环境恶化等一系列生态环境问题^[9]。合理的土地利用可以改善土壤结构, 增强土壤对外界环境变化的抵抗力^[10], 不合理的土地利用会导致土壤质量下降^[11], 增强土壤侵蚀^[12], 降低生物多样性^[13]。有关土地利用的变化对于土壤性质演变影响的研究屡见不鲜, 但基本多集中在利用方式对土壤侵蚀、营养元素的流失影响以及不同利用方式间各种性质的差异特性等的分析, 而有关不同的利用方式对于土壤颗粒的分形特征的文章鲜见报道。本文运用 Katz^[14]、杨培岭^[1]等提出的分形模型, 对不同利用方式下土壤颗粒的分形维数变化进行研究, 分析分形维数与土壤肥力性状之间的关系, 为利用方式的转变对于土壤的影响提供新的衡量方法。

1 研究区域与研究方法

1.1 自然概况

研究区位于宁夏固原上黄, 地处 106°26'~106°30', 北纬 35°59'~36°3', 海拔 1 534.3~1 822 m, 年均气温 6.9℃, 年降雨量 420 mm, 属半干旱中温带向暖温过渡季风气候。其地形由小川河分为两部分, 东部为梁状丘陵, 地形起伏较大; 西部自东向西依次为川台地、坪地和梁地, 较为开阔。研究区土壤类型为黑垆土和黄绵土。覆被类型为灌木林地、农地、天然草地、人工草地和果园, 其中主要植物种类有: 柠条 (*Caragana korshinskii*)、山桃 (*Prunus davidiana*)、山杏 (*Prunus armeniaca* var *ansu*)、百里香 (*Thymus mongolicus*)、艾蒿 (*Artemisia argyi*)、阿尔太狗哇花 (*Heteropappus altaicus*)、长芒草 (*Stipa bungeana*)、苜蓿 (*Medicago sativa*)、小麦 (*Triticum aestivum*)、玉米 (*Zea mays*)、荞麦 (*Fagopyrum esculentum*) 等。

1.2 研究方法

1.2.1 研究样地的选取 供试材料依据不同土地利用现状——果园、人工草地、天然草地、灌木林及农地五种类型、立地条件和植被恢复阶段的不同, 选取典型地块设置土壤剖面 14 个, 各剖面均按发生层次分层采集土壤样品。

1.2.2 土壤样品的处理与分析 分析样品采回后经风干去除根系、石块, 研磨过筛分装, 用于土壤理

收稿日期: 2007-05-21

基金项目: 国家自然科学基金 (30571527); “十一五”国家科技支撑计划林业项目 (2006BAD09B0603); 2006 年西北农林科技大学“创新团队支持计划”项目

作者简介: 刘梦云 (1973-), 女, 陕西蒲城人, 讲师, 在读博士, 从事土地资源与地理信息系统研究。

* 通讯作者: 常庆瑞, E-mail: changqr@nwuaf.edu.cn.

化性状的测定。由于土地利用方式的转变主要是对表层特征的影响,故本文只对表层和表下层土壤的颗粒分形特征进行研究,以反映各利用方式之间的差别。土壤颗粒分析用吸管法;其它已知的土壤阳离子交换量、速效氮、全氮、速效磷、有机质、pH 等数

据均采用传统方法进行测定,如有机质的测定用重铬酸钾氧化一外加热法,速效氮用扩散吸收法,速效磷用碳酸氢钠法,速效钾用火焰光度计法,全氮用凯氏法,阳离子交换量用 EDTA—铵盐快速法,pH 值则用水土比 1:1 电极法测定(数据见表 1)。

表 1 研究区不同土地利用方式土壤化学性质
Table 1 The features of soil chemical property under different land use

土地利用类型 Land usage	土样 Sample	深度 (cm) Depth	碱解氮 (mg/kg) Available N	速效磷 (mg/kg) Available P	速效钾 (mg/kg) Available K	全氮 (g/kg) Total N	有机质 (g/kg) Organic matter	CEC (cmol/kg)	pH 值
灌木林地 (柠条) bush forest land (<i>Caragana korshinskii</i>)	10 年	0~20	35.55	1.84	109.04	1.45	18.5	14.26	7.51
	Ten years	20~40	31.44	1.63	46.56	0.7	5.8	14.66	7.57
	18 年	0~20	16.46	0.7	71.51	0.55	7	10.85	7.55
	Eighteen years	20~40	18.07	1.2	55.73	0.45	9.6	11.65	7.65
	32 年	0~20	40.55	1.04	157.99	1.5	17.5	15.63	7.59
	Thirty two years	20~40	33.03	0.91	78.18	1.15	20	15.32	7.54
农地 Farmland	1	0~20	25.71	2.78	150.38	1.85	25.9	16	7.5
		20~40	33.32	1.64	61.57	1.05	12.6	14.11	7.54
	2	0~20	32.07	3.92	281.82	0.75	9.9	7.03	7.6
		20~40	23.98	1.31	169.54	0.75	9.6	7.63	7.64
	3	0~20	29.7	3.97	146.64	0.95	12.2	8.85	7.57
		20~40	24.9	1.2	87.76	1	13.3	10.92	7.57
	4	0~20	32.65	3.92	303.06	0.75	0	8.90	7.48
		20~40	18.23	2.92	258.16	0.71	7.7	8.80	7.78
天然草地 Natural meadow	1	0~20	26.07	1.81	165.49	1.65	21.2	8.68	7.52
		20~40	32.39	1.64	83.44	1.2	14.8	9.3	7.56
	2	0~20	26.64	2.59	476.71	1.1	12.1	13.08	7.63
		20~50	20.33	2.4	385.27	0.85	11.5	13.1	7.76
	3	0~20	21.44	1.36	91.62	0.8	16.5	16.6	7.57
		20~40	24.67	1.23	43.24	0.55	6.2	15.24	7.6
果园 Orchard	2 年	0~20	22.25	5.55	228.73	0.7	9.2	5.5	7.6
	Two years	20~40	20.91	1.49	134	0.55	8.4	6.73	7.71
	8 年	0~20	24.65	4.13	217.92	0.7	8.1	5.77	7.65
	Eight years	20~40	18.41	1.34	120.88	0.55	6.1	7.97	7.72
	15 年	0~20	25.74	4.93	215.74	0.75	8.9	11.07	7.6
	Fifteen years	20~40	25.96	2.1	124.82	0.7	8.5	10.47	7.69
人工草地 Artificial meadow		0~20	27.02	1.41	157.39	0.85	11.7	11.57	7.52
		20~40	18.29	0.81	57.22	0.55	8.5	10.3	7.59

1.2.3 土壤颗粒分形维数的计算 本项研究应用杨培岭等^[1]提出的用粒径的重量分布表征的土壤分形模型来计算土壤颗粒的分形维数。土壤颗粒的重量分布与平均粒径间的分形关系式为:

$$(R_i)/R_{\max})^{3-D} = M(r < R_i)/M_0 \tag{1}$$

式中, R_i 为表示粒级 R_i 与 $R_{\max}$ 间粒径的平均值, $R_{\max}$ 为含量中最大粒级土粒的平均直径, $M(r < R_i)$ 为小于 R_i 的累积土粒质量, M_0 为土壤各粒级质量的总和。由(1)式可知式中各土壤颗粒的粒径

及小于某一粒径土壤重量可通过土壤的机械分析确定,然后分别以 $\lg(M_i/M_0)$ 、 $\lg(R_i/R_{\max})$ 为纵、横坐标, $3-D$ 则是线性拟和方程的斜率, D 为土壤颗粒分形维数。

2 结果与分析

2.1 土壤化学性状与颗粒组成相关性分析

土地利用方式对土壤的化学性质有较大的影响;在本研究区中,由于施肥、灌溉等农事活动,农地

速效养分及全氮和有机质含量均较高; 果园重施钾肥和磷肥, 其土壤除速效钾及速效磷含量高外, 其它化学成分含量均较低; 天然草地的速效钾、全氮、有机质及 CEC 较高; 灌木林地土壤的碱解氮、全氮、有机质及 CEC 高于其它土地利用方式; 人工草地的碱解氮、全氮及 CEC 与其它利用方式相比处于中间, 其它养分含量则较低。

对土壤化学性状和颗粒组成进行相关分析, 结果表明, 土壤速效钾含量与砂粒含量呈显著负相关, 相关系数为 $-0.50425 (p=0.0062)$; 土壤速效钾含量和粉粒含量呈显著正相关, 相关系数为 $0.51808 (p=0.0047)$; $0.005\sim0.002\text{ mm}$ 粒级与阳离子交换量呈极显著正相关, 相关系数为 $0.52804 (p=0.0031)$ 。由此可以看出, 土壤化学性质与其颗粒组成有一定的相关性, 但相关性不显著。据调查, 主要是由于本研究区均为人为参与下演化的, 不同的农田管理措施对土壤化学性质的影响较大, 而对土壤颗粒组成的影响较小, 故而其化学性质与土壤颗粒组成之间相关系数不大。

2.2 土壤颗粒分形特征

土壤被认为是一种具有分形特征的分散多孔介质, 土壤分形维数是反映土壤结构几何形体的参数^[1]。由公式(1)计算出 14 个剖面的土壤颗粒的分形维数, 获得颗粒与分形维数之间达极显著相关, 具体结果见表 2。由表 2 可知, 不同利用类型的土壤分形维数变化在 $2.6228\sim2.7121$ 之间, 表现为砂粒含量尤其是 $0.25\sim0.05$ 和 $0.05\sim0.02$ 两级含量越低, 分形维数越大; 而粘粒含量越高分形维数越大。粘粒含量与土壤颗粒的分形维数之间呈正相关见图 1。该研究区域属黄土丘陵地貌, 外作用力之一为风蚀, 风蚀发生时往往伴随土壤表层细颗粒物质的损失。从这方面来说, 粘粒含量反映了细颗粒物质的损失情况, 也反映了土地荒漠化的程度。由此得出结论, 土壤颗粒的分形维数可以充分表明土壤退化或荒漠化的程度。

2.2.1 不同种植年限的灌木林地和果园地颗粒组成的分形特征 由表 2 可以看出, 对于不同种植年限的灌木林地随种植年限的延长, 18 年灌木林地粘粒含量与 10 年的相比增加了 31.33%, 相反 32 年的灌木林地与 18 年的相比粘粒含量降低 13.13%; 与此相对应, 灌木林地土壤颗粒的分形维数也表现为 18 年的灌木林地表层土壤分形维数高于 10 年的, 也在 32 年的灌木林地出现降低趋势。表明一定种植年限的灌木林地对于土壤的粘粒含量增加非常有利, 而树龄的老化却不利于粘粒含量的积累。

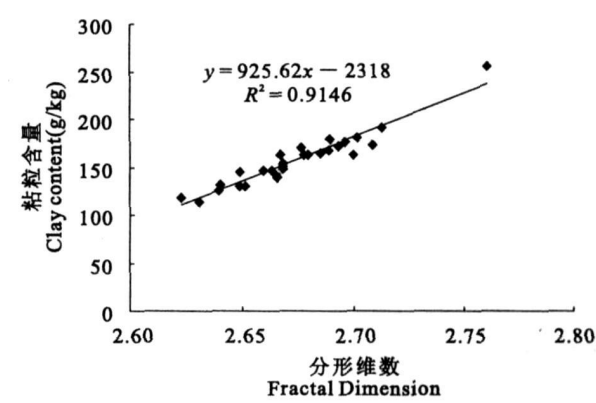


图 1 土壤颗粒分形维数与粘粒含量的关系
Fig. 1 The relationship of the composition of soil particle fractal dimension and clay content

对果园来说, 由 8 年发展到 15 年, 在一定深度范围内, 粉粒增加了近 25%, 粘粒减少了约 16%, 说明土壤颗粒向粗骨化发展^[15], 相应地其分形维数出现了逐渐降低的现象。说明果园在一定深度范围内不利于土壤粘粒的保存。

2.2.2 不同用地类型土壤分形特征 由表 2 可以看出, 不同的用地类型其分形维数也有变化, 灌木林地土壤表层分形维数变化为 $2.649\sim2.676$; 农地表层土壤分形维数的变化范围为 $2.668\sim2.693$, 农地 4 剖面出现粘粒含量突增是由于该土样采自河川地上; 天然草地表层土壤分形维数的变化范围为 $2.631\sim2.708$; 而果园变化范围为 $2.640\sim2.659$; 人工草地的分形维数为 2.623。分形维数变化趋势为天然草地 > 农地 > 灌木林地 > 果园 > 人工草地。从剖面上可以看出, 表层 ($0\sim20\text{ cm}$) 土壤的分形维数基本小于表下层 ($20\sim40\text{ cm}$) 土壤, 说明该区域存在不同程度的淋溶与淀积、风蚀过程。

已有的研究表明, 土壤颗粒组成的分形维数在作为土壤肥力诊断指标等方面具有很好的应用潜力。如宫阿都等^[16]的研究认为, 土壤粒径的分形维数能客观地反映退化土壤结构状况和退化程度, 可以作为退化土壤结构评价的一项综合性指标。本研究结果显示, 分形维数的变化很好地表征了不同土地利用方式对于土壤机械组成的影响, 是土壤发育方向的一个很好的指标。因此, 分形维数可以反映不同土地利用方式对于土壤的影响与改变。

2.3 影响土壤颗粒分形维数的因素

运用回归分析法, 可以发现不同利用方式的颗粒组成与其分形维数的相关特征, 土壤砂粒 ($1\sim0.02\text{ mm}$) 与分形维数线性拟合方程为: $y = -1188.7x + 3723.9 (P<0.001, R = -0.7207, n = 28)$, 呈线性负相关; 土壤粉粒 ($0.02\sim0.002\text{ mm}$)

与分形维数的线性拟合方程为： $y = 263.15x - 406.17$ ($P = 0.3229$, $R = 0.19391$, $n = 28$), 无相关关系; 土壤粘粒 ($< 0.002\text{ mm}$) 与分形维数的线性拟合方程为： $y = 925.62x - 2318$ ($P < 0.001$, $R = 0.95635$, $n = 28$), 呈线性正相关, 并且达到极显著水平。说明土壤颗粒组成的分形维数可以充分代表土壤细化的程度与比例。这也是土壤是否良性发育的很好凭证。

表 2 不同土地利用方式下土壤粒级分布及其分形维数特征

Table 2 Soil particle size distribution and its fractal dimension under different land use

土地利用类型 Land usage	土样 Sample	深度 (cm) Depth	砂粒 Sand (g/kg)			粉粒 Silt (g/kg)			粘粒(g/kg) Clay	分形维数 Fractal dimension	相关系数 Correlation coefficient	土壤类型 Soil type
			1~ 0.25	0.25~ 0.05	0.05~ 0.02	0.02~ 0.01	0.01~ 0.005	0.005~ 0.002	<0.002			
灌木林地 (柠条) bush forest land(Caragana korshinskii)	10 年 Ten years	0~20	6.86	115.11	441.33	163.43	64.06	79.73	129.48	2.6488	0.939894	黄绵土 Cultivated loessal soil
		20~40	4.96	158.8	413.13	131.89	85.29	75.55	130.37	2.6512	0.946467	
	18 年 Eighteen years	0~20	2.77	131.67	465.53	124.75	66.32	38.92	170.04	2.676	0.938723	绵土 Cultivated loessal soil
		20~40	2.94	124.4	454.98	118.28	93.51	59.03	146.86	2.6632	0.94186	
	32 年 Thirty two years	0~20	5.78	117.37	454.16	131.6	67.32	76.06	147.71	2.668	0.942338	黄绵土 Cultivated loessal soil
		20~40	2.17	97.1	473.73	145.01	54.23	64.95	162.81	2.6773	0.937123	
	1	0~20	6.75	95.67	454.21	146.89	83.81	61.61	151.07	2.668	0.93687	黄绵土 Cultivated loessal soil
		20~40	5.19	131.86	433.55	124.57	84.51	78.71	141.61	2.6648	0.944193	
农地 Farmland	2	0~20	5.76	88.54	415.95	144.53	111.81	61.54	171.87	2.6926	0.936323	淡黑垆土 Weak dark loessal soil
		20~40	1.77	67.64	380.53	204.99	96.78	68.38	179.91	2.7013	0.929139	
	3	0~20	3.84	67.61	446.62	161.3	89	67	164.63	2.6845	0.933381	淡黑垆土 Weak dark loessal soil
		20~40	0.92	57.2	399.74	105.66	113.02	68.87	254.6	2.7601	0.935254	
	4	0~20	11.36	122.31	422.02	141.08	84.34	39.94	178.95	2.6888	0.940213	黄绵土 Cultivated loessal soil
		20~40	76.21	110.24	325.38	164.32	75.29	57.54	191.02	2.7121	0.951105	
	1	0~20	6.06	102.76	451.39	165.98	79.37	81.03	113.41	2.6307	0.93659	黄绵土 Cultivated loessal soil
		20~40	2.77	117.41	428.83	130.56	96.83	84.42	139.19	2.6655	0.940798	
天然草地 Natural meadow	2	0~20	9.39	80.76	371.73	144.39	121.94	98.86	172.93	2.7078	0.934077	淡黑垆土 Weak dark loessal soil
		20~50	6.39	52.37	372.35	190.8	106.35	109.54	162.21	2.6996	0.925635	
	3	0~20	4.27	88.75	436.29	172.76	49.17	81.81	166.95	2.688	0.93659	黄绵土 Cultivated loessal soil
		20~40	3.73	107.22	443.55	144.89	42.42	82.26	175.92	2.6956	0.940319	
	2 年 Two years	0~20	9.01	101.4	498.11	128.61	83.31	34.22	145.35	2.649	0.934987	黄绵土 Cultivated loessal soil
		20~40	5.54	106.87	465.17	146.79	84.56	27.79	163.28	2.6668	0.933488	
果园 Orchard	8 年 Eight years	0~20	6.4	80.56	493.55	154.12	55.73	63.36	146.29	2.6593	0.934773	淡黑垆土 Weak dark loessal soil
		20~40	2.76	97.01	455.43	157.94	77.89	54.66	154.31	2.6677	0.936162	
	15 年 Fifteen years	0~20	5.16	87.34	443.38	184.74	89.33	65.37	124.66	2.6398	0.932899	淡黑垆土 Weak dark loessal soil
		20~40	2.26	89.8	468.94	153.09	52.83	70.85	162.22	2.6789	0.936483	
人工草地 Artificial meadow		0~20	9.01	114.01	488.33	148.67	64.4	58.33	117.24	2.6228	0.938829	黄绵土 Cultivated loessal soil
		20~40	2.81	111.97	439.54	177.7	90.13	45.88	131.97	2.6402	0.934612	

同时,运用 SAS 的相关分析得出不同土地利用类型土壤颗粒分形维数与其化学性质相关特征(见表 3),可以发现,阳离子交换量与速效氮、速效磷、pH 呈显著相关,全氮、有机质与 pH 呈显著相关,全氮与有机质、阳离子交换量分别与有机质和全氮、速效氮与 pH 呈极显著相关。但从表 3 可以看出,其相关性均表现不明显。这与人前研究结果不符,说明该研究区受人为因素如农田管理措施影响较大,

不能够说明土壤化学性质与土壤颗粒的分形维数之间没有关系或关系不明显。本人通过分析人为干扰较小的土壤如灌木林地和天然草地的相关分析可以发现, 土壤颗粒组成的分形维数与粘粒含量、阳离子

交换量均呈极显著正相关, 说明土壤粘粒含量越高, 其颗粒组成的分形维数也越大, 其阳离子交换量也较高。

表 3 不同土地利用类型土壤颗粒分形维数与化学性质相关分析

Table 3 The correlation analysis between fractal dimension of soil particle and soil chemical properties under different land use									
项 目 Item		分形维数 Fractal dimension	速效氮 Rapidly available nitrogen	速效磷 Rapidly available phosphorus	速效钾 Rapidly available potassium	全氮 Total nitrogen	有机质 Organic matter	CEC	pH
分形维数 Fractal dimension	相关系数 Correlation coefficient	1	-0.1023	-0.072	0.2497	-0.0767	-0.1218	-0.2068	0.2975
	概率 Probability		0.6044	0.7158	0.2001	0.6982	0.537	0.291	0.1241
速效氮 Rapidly available nitrogen	相关系数 Correlation coefficient		1	0.0735	-0.0024	0.2371	0.3233	0.4652	-0.538
	概率 Probability			0.7102	0.9902	0.2244	0.0933	0.0126	0.0031
速效磷 Rapidly available phosphorus	相关系数 Correlation coefficient			1	0.5613	0.0801	-0.2015	-0.409	0.0397
	概率 Probability				0.0019	0.6854	0.3037	0.0307	0.841
速效钾 Rapidly available potassium	相关系数 Correlation coefficient				1	0.0722	-0.1252	-0.1612	0.3004
	概率 Probability					0.7151	0.5255	0.4126	0.1204
全氮 Total nitrogen	相关系数 Correlation coefficient					1	0.6991	0.5266	-0.4713
	概率 Probability						<0.0001	0.004	0.0144
有机质 Organic matter	相关系数 Correlation coefficient						1	0.6453	-0.3717
	概率 Probability							0.0002	0.0482
CEC	相关系数 Correlation coefficient							1	-0.423
	概率 Probability								0.0249

3 小 结

1) 土壤沙漠化的演变实质在于土壤的粗骨化和养分的贫瘠化演变。土壤颗粒的分形维数可以定量地表征不同用地类型的土壤之间颗粒组成的变化特征和细粒化规律, 分形维数越高, 沙漠化程度越低; 分形维数越低, 沙漠化程度越高。

2) 由不同土地利用方式颗粒组成的分形特征可以发现, 灌木林地随着种植年限的增长, 粘粒含量增多, 分形维数也增加; 而果园随种植年限的增长,

粘粒含量减少, 分形维数降低; 不同利用方式土壤颗粒分形维数变化趋势为天然草地>农地>灌木林地>果园>人工草地。

3) 土壤颗粒分形维数与其砂粒含量呈负线性相关, 砂粒含量越高, 分形维数越低; 土壤颗粒分形维数与其粘粒含量呈正线性相关; 阳离子交换量与其颗粒分形维数呈显著相关, 说明影响土壤颗粒分形维数的主要因素为砂粒含量、粘粒含量和阳离子交换量。土壤颗粒分形维数与其他理化性质的关系还有待于进一步研究。

参 考 文 献:

[1] 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[J].科学通报,1993,38(20):1896—1899.

[2] 刘金福,洪伟,吴承祯.中亚热带几种珍贵树种林分土壤团粒结构的分维特征[J].生态学报,2002,22(2):197—205.

[3] 李德成,张桃林.中国土壤颗粒组成的分形特征研究[J].土壤与环境,2000,9(4):263—265.

[4] 张世熔,邓良基,周倩,等.耕层土壤颗粒表面的分形维数及其与主要土壤特性的关系[J].土壤学报,2002,39(2):221—226.

[5] 吴承祯,洪伟.不同经营模式土壤团粒结构的分形特征研究[J].土壤学报,1999,36(2):163—167.

[6] Wilson E O. Biodiversity[M]. Washington, D. C.: National Academy Press,1988.

[7] Fu B J, Gulinck H, Masum M Z. Loess erosion in relation to land use changes in Ganspoel catchment, central Belgium[J]. Land Degradation & Rehabilitation, 1994,5(4):261—270.

[8] Fu B J, Ma K M, Zou H F, et al. The effect of land use structure on the distribution of soil nutrients in the hilly area of the Loess

Plaeau, China[J]. Chinese Science Bulletin, 1999,44(8):732—736.

[9] 刘湘南,黄方.土地利用变化驱动下的区域生态环境退化机制分析[J].东北师大学报自然科学版,2002,34(1):1—6.

[10] 傅伯杰,陈利顶,马克明.黄土丘陵区小流域土地利用变化对生态环境的影响[J].地理学报,1999,54(3):241—246.

[11] Lal R, Mokma D, Lowery B. Relation between soil quality and erosion[A]. Rattan Lal, Soil Quality and Soil Erosion [C]. Washington D. C.: CRC Press,1999.237—258.

[12] Warkentin B P. The changing concept of soil quality. J[J]. Soil Water Cons, 1995,50:226—228.

[13] Crist P J, Thomas W Kohley, John Oakleaf. Assessing landuse impacts on biodiversity using an expert system tool[J]. Landscape Ecology, 2000,15:47—62.

[14] Katz A J, Thompson A H. Fractal sandstone pores: implication for conductivity and pore formation[J]. Phys. Rev. Lett, 1985,54(12):1325—1328.

[15] 查小春,唐克丽.黄土丘陵区林地土壤侵蚀与土壤性质变化[J].地理学报,2003,58(3):464—469.

[16] 宫阿都,何毓蓉.金沙江干热河谷退化土壤结构的分形特征研究[J].水土保持学报,2001,15(3):112—115.

The fractal features of soil particle size distribution under different land use in mountainous areas of south Ningxia

LIU Meng-yun, CHANG Qing-rui*, YUE Qing-ling, WANG Rui

(College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi, 712100, China)

Abstract: In Shanghuang experimental region of Guyuan, Ningxia, the fractal features of soil particle size distribution of bush forest land, farmland, natural meadow, orchard and artificial meadow have been studied. And the relationships between fractal dimension of soil particle distribution and selected soil properties have been discussed. The results show that: ① there is some relationship between soil sand content and its fractal dimension; contrary to the former, there is remarkable quantitative relationship between soil clay content and its fractal dimension, that is to say that the more the contents of clay, the more fractal dimension and the higher degree of evolution of soil; ② with the longer of bush forest land its clay content and fractal dimension becomes more, while orchard is different at all; soil fractal dimension under different land use tends to natural meadow>farmland>bush forest land>orchard>artificial meadow; ③ there exists remarkable quantitative relationship among soil clay content, its fractal dimension and CEC, that is to say that soil fractal dimension can be used as a comprehensively quantitative index to evaluate the evolution of soil properties; soil fractal dimension can mainly be affected by soil sand content, soil clay content and CEC.

Keywords: Guyuan, Ningxia; the mode of land use; the components of soil particle; fractal dimension