

绿洲农田土壤粒径分布特征及其影响因素分析^①

——以策勒绿洲为例

桂东伟^{1,3}, 雷加强^{1,3}, 曾凡江^{1,3}, 穆桂金^{1,3}, 杨发相^{1,3}, 苏永亮^{1,2,3}, 潘燕芳^{1,2,3}

(1 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830001; 2 中国科学院研究生院, 北京 100049;

3 新疆策勒荒漠草地生态系统国家野外科学观测研究站, 新疆策勒 848300)

摘要: 以塔里木盆地南缘策勒绿洲为例, 重点探讨了绿洲农田土壤粒径分布特征及其主要影响因素。基于 2008 年 9 月对策勒绿洲范围内农田表层土壤粒度测定数据, 首先通过土壤粒径分布体积分形维数分析, 表明绿洲农田土壤粒径分布差异性显著, 并根据分析结果提出假设, 认为农田利用年限及空间位置的不同是土壤粒径分布产生差异性的主要因素; 其次利用排序方法对影响因素的贡献率进行定量分析, 并与分维值结果进行相互验证。研究结果表明在影响土壤粒径分布差异性方面, 利用年限为主导因素, 其相对贡献率达 67%。因此, 保证农田长期合理的耕作管理方式将有助于土壤粒径分布属性的稳定及改善。

关键词: 土壤粒径分布; 分形维数; 排序; 绿洲; 农田; 策勒

中图分类号: S152

土壤粒径分布 (particle size distribution, PSD) 作为重要的土壤物理属性, 对土壤的水力特性、土壤肥力状况以及土壤侵蚀等有着显著的影响^[1-2]。揭示土壤 PSD 变异特征是环境研究中的一项重要内容^[3]。从不同土地利用类型角度探讨土壤 PSD 特征及其之间的差异性, 是当前研究的重要思路^[4], 如王德等^[4-5]通过分形理论对黄土高原不同土地利用类型土壤 PSD 特征进行研究, 胡云锋等^[6]对内蒙古不同土地利用类型下土壤 PSD 特征进行研究等, 均表明不同土地利用类型下土壤 PSD 差异性明显, 且指出土地利用类型及土地覆被变化是 PSD 差异性产生的主要原因。

相比较而言, 在干旱区绿洲范围内同一种土地利用类型下的土壤 PSD 特征及其差异性研究还相对缺乏。绿洲土地利用类型相对简单, 其中农田是绿洲最重要的土地利用类型^[7-8]。因此以绿洲范围内农田为研究对象, 重点探讨这一土地利用类型下土壤的 PSD 特征如何, 是否存在差异性及其主要影响因素有哪些, 影响因素的贡献率多少等。这些问题的回答有助于深入了解绿洲范围内土壤粒度属性的变化规律, 同时也有助于对土壤其他相关属性的深入了解。

土壤作为一种具有自相似结构的多孔介质, 研究表明基于土壤 PSD 的分维值可以作为有效参数来表征土壤 PSD 特征^[6, 8-9]。本研究以位于塔里木盆地南

缘的策勒绿洲为典型研究区, 以绿洲范围内农田为研究对象, 首先通过绿洲农田土壤 PSD 分维值分析, 探讨其差异性并提出假设, 指出产生差异性的主要影响因素; 其次利用数量生态学中的排序方法对农田土壤的 PSD 数据进行排序分析, 以进一步了解土壤 PSD 变化特征及影响因素的相对贡献率。排序方法作为当前发展迅速的多元统计方法之一, 被广泛地应用于植被数量生态学的研究中^[10-12], 但在土壤 PSD 研究中的应用, 尚未见报道。因此基于 PSD 分形维数分析及排序分析方法, 本文重点探讨: ①绿洲范围内农田土壤 PSD 的变化特征; ②产生 PSD 差异性的主要因素及各因素的相对贡献率。

1 研究区概况

策勒绿洲 (指广义上的策勒绿洲, 下同) 位于塔克拉玛干沙漠南缘中段、昆仑山北麓 (35°17'55" ~ 39°30'00" N, 80°03'24" ~ 82°10'34" E)。研究区属典型的大陆性干旱气候, 年均降水量 35.1 mm, 年均蒸发量 2 595.3 mm, 干燥度 20.8; 昼夜温差较大, 多年平均气温日较差在 15℃ 以上, 常年多风并以西北风为主导风向^[13]。发源于昆仑山的策勒河是当地的主要河流, 多年平均径流量为 1.27 亿 m³。绿洲的东、西部被自然植被所包围, 南部与流动沙丘和戈壁相连, 属

①基金项目: 国家自然科学基金项目 (41001171) 和国家重点基础研究发展计划项目 (2009CB421302) 资助。

作者简介: 桂东伟 (1977—), 男, 新疆乌鲁木齐人, 博士, 主要从事荒漠环境研究。E-mail: guidwei@163.com

于独特的荒漠-绿洲型生态系统, 土壤以风沙土为主^[13]。

2 研究方法

2.1 土壤取样

依托中国科学院策勒野外观测研究站, 2008 年 9 月, 首先对绿洲边缘及绿洲内部建立的两块试验田进行表层土壤取样并进行粒度分析, 其中绿洲边缘农田于 1994 年开垦, 绿洲内部农田利用年限已超过 100 年, 绿洲边缘农田自开垦后管理方式与绿洲内部农田相同。其次对绿洲范围内农田进行随机取样, 各采样点之间距离基本上不超过 2 km, 共 36 个点 (图 1), 取样同时对农田利用状况进行调查。采样点覆盖了策勒河灌溉的农田所有面积, 农田作物主要为棉花。对每个采样点进行 3 次重复取样, 各重复取样点之间距离不超过 30 m, 取样深度为 0~20 cm, 一共 114 个样品。样品带回实验室摊开阴干, 过 2 mm 筛并进行去根处理。

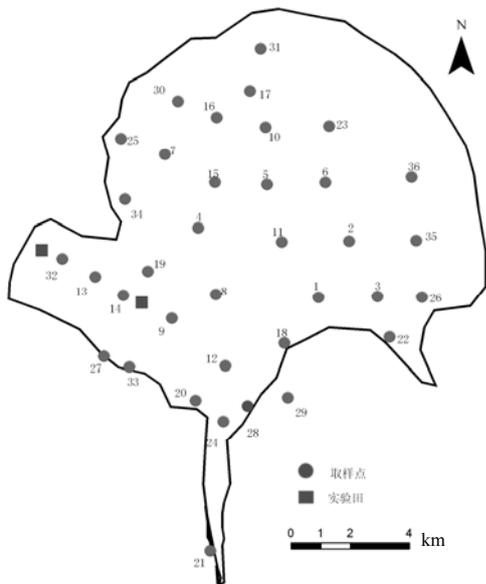


图 1 研究区及样点分布图

Fig. 1 Study area and sample sites

2.2 基于土壤粒径体积分布的分形维数计算

自 Tyler 和 Wheatcraft^[14]提出了土壤 PSD 的质量分形维数 (D_m) 计算公式以来, 便在土壤科学研究上得到了广泛应用。实际上, Tyler 和 Wheatcraft 首先提出的是 PSD 的体积分形维数 (D_v), 但由于当时分析技术很难准确地获取颗粒体积的 PSD 信息, 他们通过假设同一土壤的颗粒具有相同的密度 (这显然与土壤的实际情况不符^[15]), 通过吸管法或比重计法获取颗粒质量的 PSD 信息, 进而计算出对应的 D_m ^[14]。

由于激光衍射 (laser diffraction, LD) 技术能够获取土壤颗粒的更多级别的体积 PSD 信息, 而且分析速度快、独立于颗粒质量, 因此一些研究通过比较后认为 LD 技术在土壤学上具有很好的应用前景并被广泛地用于 PSD 研究^[2, 4-5, 16]。本研究中, PSD 分形即采用 Tyler 和 Wheatcraft^[14]的方法, 计算公式为:

$$\frac{V(r < R_i)}{V_T} = \left(\frac{R_i}{R_{\max}} \right)^{3-D} \quad (1)$$

式中, r 是粒径, R_i 表征粒径划分中第 i 级粒径, $V(r < R_i)$ 为粒径小于 R_i 的土壤颗粒体积, V_T 是土壤所有颗粒体积, R_{\max} 是土壤颗粒中最大粒径, D 为分形维数。根据上式, 通过两边取对数, 根据对数曲线的拟合斜率可求得 D 值, 每个样品均计算其 D 值。

2.3 项目测定

取土样 0.5 g, 加 30% H_2O_2 , 在 72°C 下去除有机质, 加 HCl 去除碳酸盐; 加超纯水稀释, 静置, 除上清液以除酸, 反复静置除酸直至 pH 为 6.5~7; 然后加入六偏磷酸钠 (NaHMP), 超声 30 s 后用激光粒度仪 Mastersizer 2000 测量土壤粒径的体积百分比。

激光粒度仪能对 0~20 000 μm PSD 范围进行测量, 提供的是连续的体积百分比粒径数据。但对所有样品分析过程中发现其 PSD 范围均在 0.35~1 000 μm 之间, 因此在该区间内用仪器自带软件对土壤粒径按对数间隔划分 64 级用来分形维计算^[5]。

2.4 对应分析、典范对应分析及偏典范对应分析

多元统计方法中对应分析 (correspondence analysis, CA)、典范对应分析 (canonical correspondence analysis, CCA) 及偏典范对应分析 (partial CCA) 是植被数量生态学中广泛使用的方法^[17-18]。这里用来对土壤 64 级 PSD 数据进行排序分析: 其中 CA 可以同时采样点及粒径属性进行排序; CCA 是在 CA 排序中将 PSD 的影响因素考虑进去并参与排序分析, 是基于对应分析发展而来的一种排序方法; 偏 CCA 分析主要用来分析各影响因素对土壤 PSD 特征的相对独立贡献率^[19]。为简化计算, 将每个采样点的 3 个重复的 PSD 数据取平均值参与排序分析。

2.5 数据处理

所有样品粒径体积分布数据测定后导入 Excel 进行 PSD 分形维 (D) 计算, 并采用 SPSS 软件进行统计分析; CA、CCA 及偏 CCA 分析均利用 CANOCO 软件实现。

3 结果与讨论

3.1 基于两块试验田的土壤粒径特征及分维值分析

首先对最初选取的绿洲边缘及内部农田土壤进行粒径分析，在 50 μm 以内的各粒度分布区间，土壤粒径的百分含量基本上是绿洲内部农田高于绿洲边缘农田；而在 50 μm 以上的各粒度分布区间，土壤粒径的百分含量基本上是绿洲内部农田低于边缘农田。根据黏粒（0.02 ~ 2 μm）、粉粒（2 ~ 50 μm）、砂粒（50 ~

2 000 μm）三级划分，绿洲边缘农田与内部农田相比，黏粒、粉粒的体积含量均值分别少 29% 与 16%，而砂粒含量均值则多 8%。

根据土壤 PSD 特征，利用公式（1）分别对两块农田进行分维值 D 计算并比较。其对应双对数曲线见图 2（均为第一个重复）。

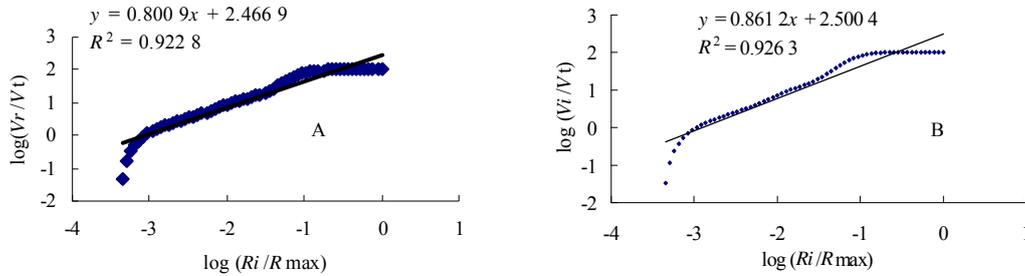


图 2 绿洲内部 (A) 及边缘 (B) 农田土壤粒径体积分布双对数点位图

Fig. 2 Log-log plots of soil particle size distribution of farmland in oasis interior (A) and oasis edge (B)

利用双对数曲线散点图，通过拟合直线的斜率可求得分维值 D 。由于采用的是单重分形，其不能涵盖全部的土壤 PSD 范围^[20]，从图 2 也可以看出在整个 PSD 的标度区间，散点图两端分别向下弯曲。但由于变化的主要范围依然体现在散点图中接近直线的部分，同时直线拟合系数 R^2 均在 0.9 以上，表明拟合效果很好。绿洲内部农田土壤 D 值分别为 2.20, 2.21, 2.21；绿洲边缘农田土壤 D 值分别为 2.14, 2.16, 2.16。 D 值同土壤黏粒、粉粒含量呈强正相关 ($p = 0.05$)，同砂粒含量呈强负相关，相关系数分别为 0.99, 0.85, -0.87，反映出土壤细粒越多其 D 值也越高。

T 检验表明两块农田分维值 D 有显著差别 ($\text{sig} = 0.002$)，绿洲边缘农田显著低于绿洲内部农田。由于绿洲边缘农田自开垦以来管理方式一直同绿洲内部农田相同，故提出假设：产生土壤 PSD 特征差异性的主要原因一是利用年限差别，即耕作年限不同则土壤熟

化程度不同^[13]；其次是农田空间位置差别，不同空间位置的农田有着不同的植被盖度，同时处于常年主风向的不同影响区域，因此会对风蚀作用产生不同的响应^[6, 13]，绿洲边缘农田由于植被盖度较低，因此受风蚀影响相对严重。为证明假设是否合理，对绿洲范围内农田土壤 PSD 分维值作进一步分析。

3.2 绿洲范围内农田土壤 PSD 分维值变化特征

利用公式（1）计算土壤粒径的分维值 D ，其各采样点均值在 2.11 ~ 2.27 之间变化。将 D 值与不同粒径级内的体积含量进行相关分析，粒径在 50 μm 内的体积百分比同 D 值呈显著正相关，相关系数为 0.68；而 5、10、20 μm 粒径内的体积百分比同 D 值相关性更强，相关系数分别为 0.824、0.812、0.791；而粒径大于 50 μm 的体积百分比则同 D 值呈显著负相关，相关系数为 -0.75，所有相关分析均通过 $p < 0.01$ 的双尾检验。表明基于 PSD 体积分维值 D 能很好地反映土

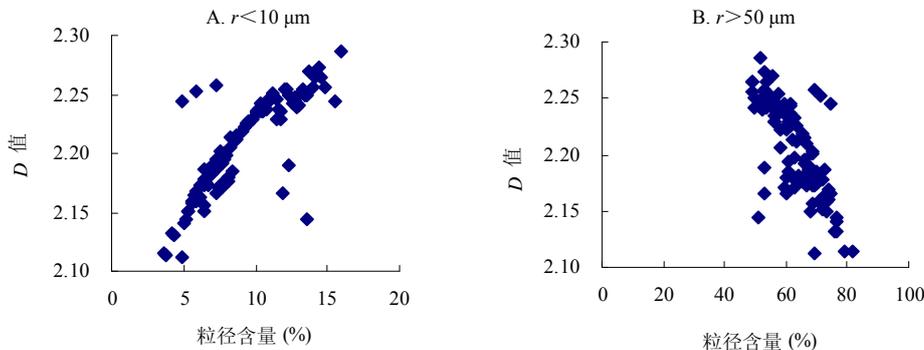


图3 D 值与土壤粒径体积含量关系

Fig. 3 Correlations between D value and soil particle volume

壤 PSD 特征, D 值越高则表明土壤细粒成分越多。图 3A、3B 分别为粒径为 $<10 \mu\text{m}$ 与 $> 50 \mu\text{m}$ 体积百分含量同 D 值变化关系。

对绿洲 36 个采样点按利用年限进行顺序编号(图 1), 并对 D 值进行单因素方差分析 ($p=0.01$)。结果见表 1

表 1 不同利用年限农田土壤粒径分布分维值

Table 1 Fractal dimension values of soil PSD of farmlands in oasis

样点号	D 值	农田利用年限(年)
1	2.263 ± 0.016 a	100
2	2.257 ± 0.008 a	100
3	2.256 ± 0.026 a	100
4	2.251 ± 0.006 ab	100
5	2.247 ± 0.011 ab	100
6	2.245 ± 0.009 abc	100
7	2.243 ± 0.014 abc	100
8	2.243 ± 0.006 abc	100
9	2.240 ± 0.010 abc	100
10	2.240 ± 0.002 abc	100
11	2.237 ± 0.013 abc	100
12	2.236 ± 0.016 abc	100
13	2.235 ± 0.009 abc	100
14	2.235 ± 0.002 abc	100
15	2.232 ± 0.004 abcd	100
16	2.229 ± 0.017 abcd	100
17	2.211 ± 0.011 cdef	32
18	2.248 ± 0.003 ab	31
19	2.220 ± 0.021 bcde	30
20	2.171 ± 0.011 ghijk	20
21	2.150 ± 0.012 ijkl	20
22	2.238 ± 0.026 abc	15
23	2.180 ± 0.005 fgghi	12
24	2.183 ± 0.003 fgghi	12
25	2.175 ± 0.008 ghij	10
26	2.173 ± 0.019 ghij	10
27	2.137 ± 0.026 kl	10
28	2.199 ± 0.039 defg	9
29	2.189 ± 0.020 efgh	8
30	2.180 ± 0.010 fgghi	8
31	2.178 ± 0.005 fgghij	8
32	2.162 ± 0.008 hijkl	8
33	2.135 ± 0.022 l	6
34	2.166 ± 0.023 ghijkl	5
35	2.179 ± 0.007 fgghij	4
36	2.145 ± 0.031 jkl	3

注: 相同字母表示样点间 D 值无显著差异 ($p<0.05$)。

根据各样地土壤 PSD 分维值 D 变化状况, 耕作年限 >100 年的农田土壤 D 值无显著差异, 且总体显著程度高于其他农田 (<30 年), 表明利用年限是影响土壤 PSD 的一个重要因素。绿洲外围农田土壤 D 值总体上也无显著性, 且显著低于绿洲内部农田, 表明农田空间分布位置也是不可忽略的因素。这些结果进一步表明农田利用年限及空间位置均可能对土壤粒径产生影响。但需要注意的是, 由于绿洲发展进程, 利用年限长的这部分农田多分布于绿洲内部或近绿洲内部, 利用年限短的农田则多在绿洲外围, 因此仅通过分维值 D 很难定量分析农田利用年限及农田空间分布位置这两种影响因素对土壤 PSD 差异性的贡献率。因此, 利用排序方法进一步分析它们对土壤 PSD 差异性的相对贡献率, 并判断主要影响因素。

3.3 土壤 PSD 特征影响因素判别分析

这里将利用年限差别作为重要的人为影响因素, 而将空间位置不同作为自然因素。根据 36 个取样点的土壤 PSD 64 级划分的体积百分含量值, 建立 36×64 原始矩阵。首先在不考虑影响因素前提下对不同农田土壤 PSD 数据进行 CA 排序(图 4A), 分析其排序特征。排序是在基于土壤各粒级体积含量的比较基础上对各样点进行排序及聚类, 相对集中的点位体现出其 PSD 特征具有相似性。沿图第一轴可以看出, PSD 相似性较大即图中相对集中的农田基本上利用年限也相似, 主要分为两大部分: 利用年限 >100 年的基本分布在图中的左半部分; 利用年限相对少的 (<30 年) 的基本分布在图中的右半部分。表明在 CA 排序图中, 利用年限对土壤 PSD 排序影响较大。

将各农田利用年限及空间位置(经纬度)信息^[18]构成 36×3 的影响因素矩阵, 利用 CCA(图 4B)分析土壤 PSD 在其影响下的排序状况。沿图主轴方向, 耕作年限 >100 年的农田和其他农田的土壤 PSD 在排序图中有明显的界线, 即分布相对集中, 进一步表明利用年限对土壤 PSD 的重要影响。为分析利用年限及空间位置对土壤 PSD 变异的独立影响状况, 将农田利用年限、空间位置数据构成两个新矩阵, 利用偏 CCA 进行分析。首先将利用年限作为主影响因素矩阵, 将空间位置作为协变量矩阵, 分析利用年限的相对独立影响率, 结果表明其相对贡献率为 67%; 同理将空间位置作为主影响因素矩阵, 将利用年限作为协变量矩阵, 分析空间位置的独立影响率, 结果表明其相对贡献率为 11%; 两者的交互作用相对贡献率为 22%。

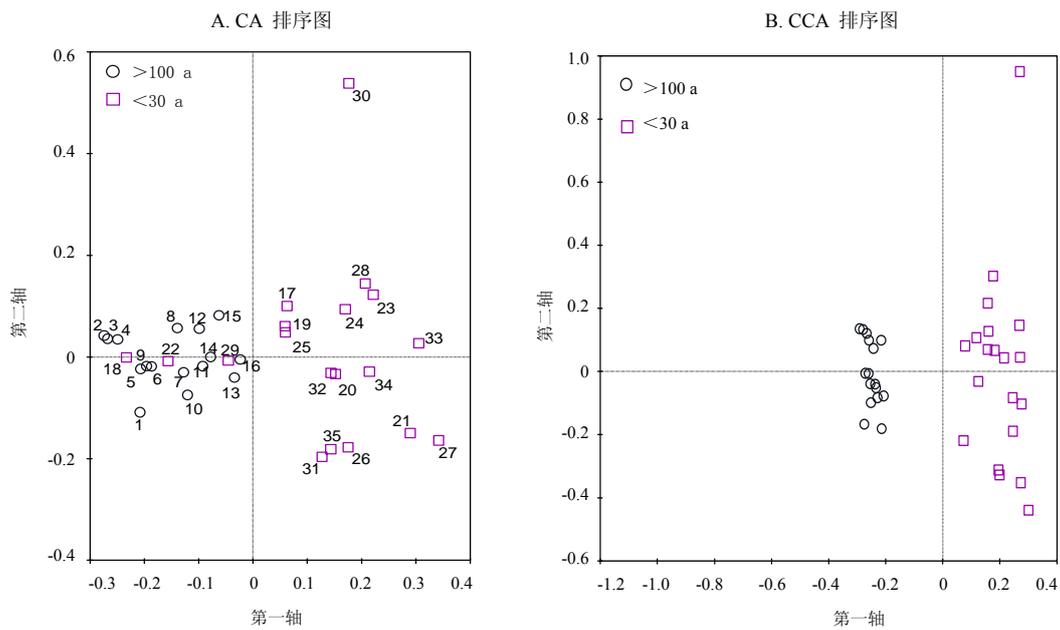


图 4 绿洲农田 36 个样点土壤粒径排序图

Fig. 4 Ordination diagrams of soil PSD of 36 sites in oasis farmlands

根据排序分析结果, 结合土壤粒度分维值变化进行验证分析。排序定量分析结果显示农田利用年限是土壤 PSD 产生差异性的主要因素, 相比之下, 农田空间位置差异性对土壤 PSD 的影响则明显要小。在分维值变化方面, 利用年限 >100 年的农田尽管分布范围较广、空间位置差异性较大 (图 1), 但各点位之间的土壤粒度分维值并无显著性差异 (表 1), 表明长期的人为耕作影响已使土壤 PSD 特征趋于相同; 而绿洲边缘不同位置农田, 分别处于常年主风向的不同影响区域, 周围植被盖度差异性也较大, 但其土壤粒度分维值 D 基本上无显著性差异, 且耕作年限均相对较短, 进一步表明农田空间位置的差异性并不是影响土壤 PSD 的主要因素。

排序结果表明农田空间位置尽管不是主导因素, 但仍然有 11% 的贡献率。同样结合各农田点位的粒度分维值状况 (图 1, 表 1), 绿洲上部与戈壁区域相邻的农田, 在常年主导风向下风向的土壤粒度分维值明显高于同等利用年限的其他位置农田: 如同为利用年限超过 100 年的农田, 第 1 点位 D 值处于最高水平; 第 18 点位耕作年限为 31 年, 但其 D 值显著高于同等利用年限的第 17 点位; 第 22 点位耕作年限为 15 年, 但其 D 值也显著高于相近利用年限的其他点位农田; 第 24, 28, 29 点位也体现出相似特征, 在同相近利用年限的农田比较中, 尽管差异性不是很显著, 但 D 值仍然相对处于高位水平。在 CA 排序

图中, 也显示出第 18, 22, 29 点位的 PSD 特征同耕作 100 年的农田土壤粒径特征相似 (图 4)。而同样与戈壁区域相邻的农田, 在常年主导风向上风向的土壤粒度分维值却明显处于低位水平。表明该区域农田空间位置差异性对土壤粒度 D 值影响较大。因此, 结合分维值变化状况, 进一步验证了排序分析的合理性。

4 结论

土壤 PSD 特征作为重要的土壤物理属性, 对其分析描述多从不同土地利用类型出发探讨其差异性。而基于极端干旱区背景下农田土地利用类型 PSD 变异状况及影响因素的研究相对很少, 探讨其规律有助于深入了解干旱区土壤属性变化状况。

本研究通过对策勒绿洲范围内农田土壤 PSD 体积分维值分析, 绿洲范围内农田土壤 PSD 存在显著性差异。土壤 PSD 分维数变化特征表明农田利用年限及空间位置差异性为土壤 PSD 变化的重要因素。尤其利用年限长的农田, 其土壤分维值明显处于高位水平, 反映出其土壤细粒成分相对较多, 但仅通过分维值很难对影响因素进行定量分析。而以土壤 PSD 数据构成数据矩阵, 利用排序统计方法对土壤 PSD 特征进行排序分析, 能全面地对各粒级的体积含量进行对比分析, 并与影响因素进行多元分析进而得到定量分析结果。同时将排序分析结果与分维值结合起来,

能很好地相互验证并对土壤 PSD 变化特征进行较全面的解释,进而获取全面的 PSD 信息。

综合而言,干旱区绿洲农田土壤 PSD 差异显著。农田利用年限这一人为因素是土壤 PSD 差异性产生的主要因素,因此保证农田长期合理的耕作管理方式将有助于土壤 PSD 属性的稳定及改善。同时将排序统计方法应用到土壤 PSD 研究中,不但能与分形分析结果相互验证,同时能获得统计意义上的定量分析结果,表明排序方法可以有效地应用于土壤 PSD 的研究中。

参考文献:

- [1] Huang GH, Zhang RD. Evaluation of soil water retention curve with the pore-solid fractal model. *Geoderma*, 2005, 127: 52-61
- [2] Montero E. Rényi dimensions analysis of soil particle-size distributions. *Ecological Modelling*, 2005, 182: 305-315
- [3] Kravchenko AN, Boast CW, Bullock DG. Multifractal analysis of soil spatial variability. *Agronomy Journal*, 1999, 91: 1 033-1 041
- [4] 王德, 傅伯杰, 陈力顶, 赵文武, 汪亚峰. 不同土地利用类型下土壤粒径分形分析——以黄土丘陵沟壑区为例. *生态学报*, 2007, 27(7): 3 081-3 089
- [5] Wang D, Fu BJ, Zhao WW, Hu HF, Wang YF. Multifractal characteristics of soil particle size distribution under different land-use types on the Loess Plateau, China. *Catena*, 2008, 72: 29-36
- [6] 胡云锋, 刘纪远, 庄大方, 曹红霞, 闫慧敏. 不同土地利用/土地覆盖下土壤粒径分布的分维特征. *土壤学报*, 2005, 42(2): 336-339
- [7] Gui DW, Lei JQ, Mu GJ, Zeng FJ, Yang FX. Effects of different management intensities on soil quality of farmland during oasis development in southern Tarim Basin, Xinjiang, China. *Int. J. Sust. Dev. Word.*, 2009, 16: 295-391
- [8] 淮态, 庞奖励, 文青, 宋艳. 不同土地利用方式下土壤粒径分布的分维特征. *生态与农村环境学报*, 2008, 24(2): 41-44
- [9] 陈小红, 段争虎, 何洪泽. 荒漠-绿洲边缘区生态过渡带的土壤颗粒分形特征. *土壤*, 2009, 41(1): 97-101
- [10] Zhang YM, Chen YN, Pan BR. Distribution and floristics of desert plant communities in the lower reaches of Tarim River, southern Xinjiang, People's Republic of China. *J. Arid Environ.*, 2005, 63: 772-784
- [11] 李素清, 张金屯. 山西云顶山亚高山草甸群落生态分析. *地理研究*, 2007, 26(1): 83-90
- [12] Zuo XA, Zhao XY, Zhao HL, Zhao TH, Guo YR, Li YQ, Huang YX. Spatial heterogeneity of soil properties and vegetation-soil relationships following vegetation restoration of mobile dunes in Horqin Sandy Land, Northern China. *Plant and Soil*, 2009, 318: 153-167
- [13] 桂东伟, 雷加强, 穆桂金, 曾凡江, 王辉. 干旱区农田不同利用强度下土壤质量评价. *应用生态学报*, 2009, 20(4): 894-900
- [14] Tyler SW, Wheatcraft SW. Fractal scaling of soil particle size distributions: analysis and limitations. *Soil Science Society of America Journal*, 1992, 56: 362-369
- [15] Clifton J, McDonald P, Plater A, Oldfield F. An investigation into the efficiency of particle size separation using Stokes' law. *Earth Surface Processes and Landforms*, 1999, 24: 725-730
- [16] 杨金玲, 李德成, 张甘霖, 赵玉国, 赵文君, 唐先干. 土壤颗粒粒径分布质量分形维数和体积分形维数的对比. *土壤学报*, 2008, 45(3): 413-419
- [17] Zhang JT, Dong YR, Xi YX. A comparison of SOFM ordination with DCA and PCA in gradient analysis of plant communities in the midst of Taihang Mountains, China. *Ecological Informatics*, 2008, 3: 367-374
- [18] 李国庆, 王孝安, 郭华, 朱志红. 陕西子午岭生态因素对植物群落的影响. *生态学报*, 2008, 28(6): 2 463-2 471
- [19] Leps L, Šmilauer P. *Multivariate Analysis of Ecological Data Using CANOCO*. New York: Cambridge University Press, 2003: 202-210
- [20] Kozak E, Sokoowska Z, Stepniewski W, Pachepsky YA. A modified number-based method for estimating fragmentation fractal dimensions of soils. *Soil Science Society of America Journal*, 1996, 60: 1 291-1 297

Characterizing Soil Particle-size Distribution and Its Variation in Farmland of Oasis

——A Case Study of Cele Oasis

GUI Dong-wei^{1,3}, LEI Jia-qiang^{1,3}, ZENG Fan-jiang^{1,3}, MU Gui-jin^{1,3}, YANG Fa-xiang^{1,3}, SU Yong-liang^{1,2,3}, PAN Yan-fang^{1,2,3}

(1 *Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830001, China;*

2 *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;*

3 *Cele National Station of Observation & Research for Desert-Grassland Ecosystem in Xinjiang, Cele, Xinjiang 848300, China)*

Abstract: In this paper, the Cele oasis, which located at the southern margin of Tarim Basin, was selected as a study area in order to analyze the farmland soil particle size distribution (PSD) and its variation characteristics, and then to identify the main factors that influence soil PSD. Based on soil samples collected from farmlands of whole oasis in September 2008 and the PSD data obtained by laser diffraction technique, the volume fractal dimension (D) values of soil PSD were determined. The results of D value indicated that there was significant difference in PSD between farmlands, and the hypothesis that the location and utilization year of farmlands are the main reasons that result in variation of PSD was established. The ordination methods were used to quantitatively analyze the contribution rate of each factor. Our results indicated the utilization year is the dominated factor, its relative contribution is 67%. These results indicated that long-term and effective tillage management for farmlands will be beneficial to keep and improve states of soil PSD.

Key words: Soil particle size distribution, Fractal dimension, Ordination, Oasis, Farmland, Cele