

# 黄土丘陵区小流域土壤特性时空动态变化研究

许明祥<sup>1</sup>, 刘国彬<sup>1</sup>, 温仲明<sup>1</sup>, 刘宝元<sup>2</sup>, 傅伯杰<sup>3</sup>

(1. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100; 2. 北京师范大学, 资源与环境科学院 北京 100875;  
3. 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100875)

**摘要:** 以安塞大南沟为例首次在流域范围内对几项土壤表面特性进行连续定位测定, 初步研究了其时空动态变化规律。结果表明, 大南沟流域内土壤随机糙度、抗剪力和团粒稳定性具有一定的空间变化规律, 不同土地利用方式间有显著差异。不同地貌类型农耕地土壤随机糙度、抗剪力无明显差异, 而团粒稳定性则差异显著。年内各测定周期土壤随机糙度、抗剪力和团粒稳定性随时间变异不显著。

**关键词:** 小流域 土壤表面特性 时空动态

文件标识码: A 文章编号: 1000-288X(2000)01-0021-03 中图分类号: S151.92

## Temporal and Spatial Variation of Soil Characters in Small Catchment of Loess Hilly Areas

XU Ming-xiang<sup>1</sup>, LIU Guo-bin<sup>1</sup>, WEN Zhong-ming<sup>1</sup>, LIU Bao-yuan<sup>2</sup>, FU Bo-jie<sup>3</sup>

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling District 712100, Shaanxi Province, PRC; 2. Beijing Normal University, Beijing 100875, PRC;  
3. Research Center for Eco-environmental Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100875, PRC)

**Abstract** Several soil surface characters in spatial and temporal variation have been measured continuously in a small catchment. The results showed that soil surface random roughness, soil cohesion and aggregate stability had significant difference among land use types. There was no significant difference among different topographic croplands for random roughness and cohesion, however, soil aggregate stability had significant spatial difference among different topographic croplands. All of those soil surface characters had no significant temporal difference in the research periods.

**Keywords** small catchment; soil surface characters; temporal and spatial variation

土壤表面特性, 尤其是地表糙度、团粒稳定性及土壤抗剪力, 与降雨填洼入渗、地表径流产生及土壤抗蚀性等密切相关<sup>[1]</sup>。研究土壤表面特性的时空变异规律是建立流域土壤侵蚀模型的基础 (D. T. Cremers, 1996)。在许多土壤侵蚀预报模型中将这几项特性作为基本建模指标。本研究通过对典型小流域内不同土地利用方式、坡向、坡度的土壤表面特性的连续定位测定, 研究其时空动态变化规律, 从而为合理利用小流域水土资源及建立小流域土壤侵蚀预报模型提供理论依据。

### 1 研究流域概况

大南沟流域地处陕北黄土丘陵沟壑区, 位于安塞县城西北约 7.5 km 处, 属延河的一级支流, 流域面积

约 3.6 km<sup>2</sup>, 海拔 1100~1327 m。流域属暖温带半干旱气候区, 年均温 9℃, 年均降雨量 549 mm<sup>[2]</sup>。流域内地形破碎, 沟壑密度达 6.9 km/km<sup>2</sup>; 地势起伏率和坡度都很大, 沟崩频繁相间, 土壤侵蚀强烈, 塑造成典型的梁状黄土丘陵地貌和复杂多样的土地类型; 流域内部地势相对开阔, 多平缓塌地, 有大面积的梯田。流域内绝大部分土壤是黄绵土, 此外还有少量二色土和红胶土。

### 2 测定项目及方法

我们在大南沟小流域, 选取了不同土地利用方式、不同地貌类型的取样点共 18 个 (见表 1), 从 1998 年 5 月 18 日开始, 每 2 个星期测定 1 次, 连续进行了 11 个周期。

收稿日期: 1999-08-14

资助项目: 中欧合作项目: (9600405)“土壤侵蚀评价模型与土地利用规划研究”, 中科院“九五”重大项目 (KZ951-A1-301) 及安塞试区“九五”攻关项目 (960040504)

作者简介: 许明祥, 男, 1972 年生, 硕士, 助研, 现主要从事流域生态与管理方面的研究工作。电话: (029) 7012907

表 1 各取样点地貌类型及土地利用方式

样点编号	利用方式	地貌类型
1, 15; 8	糜子;大豆 + 黄芥	坡顶平地
9, 4	糜子;大豆 + 黄芥	陡坡(阴坡)
18; 7	玉米;大豆 + 黄芥	缓坡(阳坡)
16; 13	玉米;洋芋 + 大豆	梯田(阳坡)
6, 14	刺槐林	缓坡(阳坡);缓坡(阴坡)
11, 12	柠条林	陡坡(阳坡)
5; 17	果园	陡坡(阳坡);缓坡(阴坡)
2; 3; 10	荒地	上坡;沟谷;坡顶

## 2.1 随机糙度

从水力侵蚀的角度讲,地表糙度(地表微地形)指的是地面凸凹不平的程度或起伏状况。可分随机糙度(自由糙度)和人为糙度。随机糙度(Random Roughness)是指由土块引起的地表变化,无方向性<sup>[3]</sup>。本研究用特制的针状糙度计进行测定。它由 49 根塑料针组成,针随测定地面的凸凹状况而自由升降,针上部各点相对与参照基准面的高度变化反映地面的起伏程度。用数字照相机将针的起伏状况摄下,输入计算机,用 Profile meter 程序(Wagner, 1992)处理,即可得出每根针相对于参照基准面的高度。随机糙度用各测点高度的标准差表示<sup>[4]</sup>。在每一测定点,分别测定平行于等高线和垂直于等高线方向的地面

表 2 不同利用方式地表随机糙度、剪切力和团粒稳定性

利用方式	测定项目	5月 18日	6月 15日	7月 13日	8月 10日	9月 8日	10月 6日	平均	Cr %
农地 (1, 4, 7, 8, 9, 13, 15, 16, 18)	RR	1.58	1.46	1.33	1.35	1.62	1.40	1.40	9.5
	Coh	0.08	0.08	0.09	0.07	0.10	0.09	0.08	17.3
	Agg	6.88	7.74	7.30	8.34	10.22	6.21	8.36	15.7
刺槐林 (6, 14)	RR	0.69	0.72	0.75	0.81	0.69	0.78	0.76	7.2
	Coh	0.09	0.10	0.12	0.13	0.17	0.12	0.12	18.1
	Agg	10.39	11.95	11.25	13.00	14.00	13.93	12.95	9.2
柠条林 (11, 12)	RR	0.83	0.81	1.06	1.41	0.97	0.93	0.97	17.4
	Coh	0.16	0.11	0.12	0.14	0.07	0.12	0.11	25.1
	Agg	6.78	7.50	9.25	7.98	10.80	7.35	9.05	21.2
果园 (5, 17)	RR	1.25	1.51	1.28	1.14	1.51	1.34	1.39	10.3
	Coh	0.09	0.11	0.11	0.09	0.06	0.10	0.09	20.7
	Agg	7.50	11.60	11.00	10.21	7.60	7.55	9.5	16.6
荒地 (2, 3, 10)	RR	1.16	0.96	1.09	1.20	1.17	1.31	1.10	9.2
	Coh	0.14	0.16	0.19	0.12	0.15	0.13	0.15	15.1
	Agg	6.92	8.33	9.43	7.60	8.05	6.75	8.91	16.6

注: (1) RR, Coh, Agg 分别表示随机糙度、剪切力和团粒稳定性,其单位分别为 cm, kg·cm<sup>-2</sup> 和水滴数; (2) 括号内数字为取样点编号;

(3) 平均值及变异系数均指全年 11 个周期的数值。

## 3 结果分析

### 3.1 流域土壤随机糙度时空变化

地表糙度反映了地表微地形起伏情况,是地面主要物理性状之一。除与风蚀过程中土壤颗粒的跃移和拦截密切相关外,地表糙度还与地表径流、土壤渗透性、地面热量平衡、土壤蒸发等物理性质有密切关

粗糙度 6 次,取其平均值(单位: cm)。

### 2.2 土壤抗剪力

土壤抗剪力指的是当土壤足够湿润时,单位体积的土壤抵御外力扭剪的能力<sup>[5]</sup>。测定时,先将土壤充分湿润,把剪力计的叶轮插入土壤,然后扭动。此时,叶轮即抗剪土壤。用力较小时,土壤不转动。当用力达到一定程度时,土壤就开始转动。这个可使土壤转动的力被记录在扭柄的刻度盘上,即为土壤抗剪力<sup>[6,7]</sup>。每一样点重复测定 10 次,取其平均值(单位: kg·cm<sup>-2</sup>)。

### 2.3 团粒稳定性

为模拟降雨对团粒稳定性的影响,本研究用水滴法测定团粒体的水稳性<sup>[8,9]</sup>。即将粒径 4~5 mm 的团粒体用水饱和 24 h 后,取一粒置于孔径 3 mm 的筛子上,让水滴从固定在 1 m 高处的水瓶中以 60 滴/min 的频率滴打团粒体,直到土粒通过 3 mm 筛孔为止。记录所滴的水滴数,用以表示团粒稳定性。在每一测定点,取一定量的表土,过 4~5 mm 筛,测定其中 22 粒团粒体的稳定性,去极值后,取其平均值。

地表随机糙度、土壤剪切力和团粒稳定性的部分测定结果见表 2。

系<sup>[1]</sup>。从水土保持的角度分析,较大的地表糙度利于拦蓄地表径流,增加入渗<sup>[4]</sup>。地表糙度主要受耕作、植被、土壤类型和降雨量的影响<sup>[1,4]</sup>。本研究测定结果表明,该流域内地表随机糙度因土地利用方式不同而有显著差异(除果园和农地间差异不显著外,其余各利用方式间随机糙度差异均达 95% 显著水平),多年生

林地的较小, 而果园及农地的随机糙度较大。

刺槐林、柠条林、荒地、果园和农地的随机糙度平均为 0.76, 0.97, 1.10, 1.39, 1.40 cm。随着时间的推移, 流域内土壤随机糙度年内差异不显著, 变化范围平均在 1.02~1.24 cm 间, 以果园及农地的随机糙度变化较大, 这可能与农事活动对地表微地形的影响有关。由于受耕作、施肥及除草等农事活动的影响, 农地的随机糙度在 5 月份明显高于其它利用方式; 随着时间的推移, 随机糙度逐渐下降, 于 6 月中旬与果园基本持平, 7 月中旬达最低值, 然后开始缓慢回升, 至 9 月中旬作物收获时达第 2 次峰值。果园的随机糙度在年内也存在 2 个峰值, 分别在 6 月中旬和 9 月末, 这也与施肥、疏花、采收果实等农事活动有关。由于地表硬实及受人为活动干扰相对较少, 多年生林地及荒地的随机糙度较小且年内变化不大。柠条林地随机糙度在年内变异最大, 其原因有待进一步研究。

就不同地貌类型农耕地而言, 随机糙度在年内有较大变化(山顶、陡坡、缓坡、梯田的随机糙度年内变异系数分别为 11.34%, 8.69%, 7.74% 和 10.82%), 但不同地貌类型农耕地间随机糙度差异不显著。

### 3.2 不同土地利用方式及地貌类型土壤抗剪力

土壤抗剪力是土壤抗御外力破坏的能力, 是土壤抗性的量度指标。一般而言, 水土流失与土壤抗剪力成负相关关系<sup>[5]</sup>。土壤抗剪力与土壤类型、有机质含量等有关<sup>[6]</sup>。由试验结果可知, 农地、荒地的土壤抗剪力年内变化幅度比较小, 而林地、果园和灌木则有较大的变幅, 但各测定周期间土壤抗剪力差异不显著。不同利用方式的土壤抗剪力差异显著, 以荒地最大, 刺槐林、柠条林次之, 果园、农地最小, 其平均水平分别为 0.15, 0.12, 0.11, 0.09, 0.08 kg·cm<sup>-2</sup>。

由于土壤抗剪力是土壤抗蚀能力的反映, 从以上分析可知, 林地、荒地的抗蚀能力较强而农地的抗蚀能力较差。这一结果与前人有关土壤侵蚀的研究结论相一致。

不同地貌类型的土壤抗剪力差异不显著, 且在整个测定期内呈大致一致的较小的波动。陡坡地、梯田、缓坡地及山顶平地的土壤抗剪力平均分别为 0.09, 0.09, 0.08, 0.08 kg·cm<sup>-2</sup>。说明就相同类型的农耕地而言, 抗剪力与地貌类型关系不大。

### 3.3 流域土壤团粒稳定性的时空动态

土壤团粒稳定性大小反映了土壤的抗冲性能。本研究各测定周期间流域土壤团粒稳定性差异不显著。就不同土地利用方式而言, 农地、荒地、果园和柠条林的土壤团粒稳定性差异不显著, 但均与刺槐林地有显

著差异。农耕地的土壤团粒稳定性较小, 荒地和柠条林次之, 果园和刺槐林的较大, 分别为 8.36, 8.91, 9.05, 9.56, 12.95。通常, 团粒稳定性与有机质含量密切相关, 刺槐林中枯枝落叶及根系腐烂分解, 土壤有机质含量较高, 因培肥措施差异(如有机肥施用量)使果园较农地土壤有机质含量高, 荒地既无大量根系又无有机肥投入, 有机质含量最低, 因此土壤团粒稳定性有以上变化规律。

不同地貌类型的土壤团粒稳定性也表现出一定的差异, 陡坡较小(8.14), 山顶次之(8.34), 梯田较大(9.46), 以缓坡最大(12.47), 且与陡坡、山顶、梯田差异显著。这可能仍与土壤有机质含量有关。陡坡地和山顶平地距村庄较远, 有机肥投入少, 且陡坡地土壤侵蚀严重, 土壤有机质含量很低; 而梯田和缓坡地地势平缓, 距村庄较近, 有机肥投入多, 土壤有机质含量相对较高, 利于改善土壤结构, 因而不同地貌类型的土壤团粒稳定性有以上变化规律。随时间的后延, 各地貌类型土壤团粒稳定性在年内变化不大。

### 参 考 文 献

- [1] 吕悦来, 李广毅. 地表粗糙度与土壤风蚀 [J]. 土壤学进展, 1992, 20(6): 38-42.
- [2] 焦锋, 张晓萍, 李锐. GPS 相对测量技术在水土保持中的应用 [J]. 水土保持通报, 1998, 18(5): 32-34.
- [3] Ali, Saleh. 用链条法测定地表糙度 [J]. 水土保持科技情报, 1995(1): 14-16.
- [4] Cremers N. H. D. T., Dijk van P. M., Roo de A. P. J., Verzaandvoort M. A. Spatial and temporal variability of soil surface roughness and the application in hydrological and soil erosion modeling [J]. Hydrological Process, 1996, 10: 1035-1047.
- [5] 潘剑君, Bergsma Ir. E. 利用土壤入渗率和土壤抗剪力确定土壤侵蚀等级 [J]. 水土保持学报, 1995, 9(2): 93-96.
- [6] Brunori F., Penzo M. C., Torri D., Firenze. Soil shear strength: its measurement and soil detachability. Catena, 1989.
- [7] Zimbone S. M., Vekkers A., Morgan R. P. C., Vella P. Field investigations of different techniques for measuring surface soil shear strength [J]. Soil Technology, 1996, 9: 101-111.
- [8] Bissonnals Y. L. E. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: Theory and methodology. European Journal of Science, 1996, 47: 425-437.
- [9] Low A. J. The study of soil structure in the field and the laboratory [J]. Journal of Soil Science, 1954, 5.