

# 土石山林区和黄土塬农区不同覆盖类型 土壤水分差异性分析

刘明辉<sup>1</sup>, 王飞<sup>1,2</sup>, 李锐<sup>1,2</sup>, 焦俏<sup>1</sup>, 穆兴民<sup>1,2</sup>

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所  
黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:** 土壤表层水分是洪水和干旱预报、土壤风蚀、农作物估产及环境灾害监测的重要指标。以子午岭北部天然次生林及洛川农区为研究对象, 分析了表层水分指数季节变化及降水条件下两地表层水分指数的变化特征。结果表明: 林区土壤表层水分指数整体明显比农区高; 受到降水影响, 农区土壤表层水分指数响应时间短, 表层土壤含水量上升快; 降水过后, 土壤表层水分指数相同的情况下, 林区最多可以比农区延迟一周到达某一相对干旱的土壤表层水分状况, 或者在 10 天左右的时间, 林区土壤水分损失最少, 只有农区土壤表层水分损失的 50% 或更少。

**关键词:** 土壤表层水分指数; 土石山林区; 黄土塬农区; 降水

中图分类号: S152.7

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)03-0187-04

## Discrepance of Surface Soil Moisture between Forestland of Earth-rock Mountain and Farmland of Loess Tableland Rural Section

LIU Ming-hui<sup>1</sup>, WANG Fei<sup>1,2</sup>, LI Rui<sup>1,2</sup>, JIAO Qiao<sup>1</sup>, MU Xing-min<sup>1,2</sup>

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;  
2. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** The surface soil moisture is very important index of flooding and drought forecasting, soil erosion, crop yield estimation and environmental disaster monitoring. With the north Ziwu ridge natural second growth and Luochuan rural section as the research area, we analyzed seasonal changes of index of the surface soil moisture and the surface soil moisture index on precipitation conditions between the two areas. The results showed that: forest surface soil moisture index overall significantly higher than rural section; by precipitation influence, response time of the rural section surface soil moisture was short, and surface soil moisture content increased more quickly. After precipitation, in the same surface soil moisture, the forest surface soil moisture can drop to a certain level later than rural section for 10 days. Or, in the 10 days, the forest surface soil moisture lost less than rural section for 50 percents.

**Key words:** surface soil moisture; soil stone mountain forest; loess tableland rural section; precipitation

土壤水分是土壤的重要组成, 是土壤系统养分循环和流动的载体, 与地球的气候系统相互作用。土壤中已经存在的土壤水将影响降水的渗透进而形成径流, 这样就会造成土壤侵蚀和洪灾, 其影响程度取决于下垫面的土壤水状况。土壤风蚀是土地沙漠化的

首要环节, 干旱的地表是导致北方土地沙漠化及沙尘暴肆虐的重要原因之一。土壤水又是洪水和干旱预报、农作物估产的重要指标<sup>[1-2]</sup>。干区土壤水分蒸发大, 使土壤缺水而干旱, 极易导致土壤盐渍化等, 进而引起植被退化、水土流失、土壤沙化等生态环境恶化

收稿日期: 2011-03-09

修回日期: 2011-03-26

资助项目: 中国科学院水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室基金项目(10502-Z12-7 和 10502-Z7-2); 中荷联合主题研究项目(中国科学院对外合作重点项目计划, GJHZ1018; Netherlands Organization for Scientific Research, NWO, OND1339291); 欧盟第六框架计划项目(EU FP6, 37046)

作者简介: 刘明辉(1985-), 男, 硕士研究生, 研究方向为 GIS 和遥感技术在水土保持中的应用。E-mail: 285480876@qq.com

通信作者: 王飞(1971-), 男, 陕西户县人, 博士, 副研究员, 从事水土保持环境效应评价、荒漠化防治和气候变化等研究。E-mail: wafe@ms.iswc.ac.cn

现象。被植物根系吸收的土壤水是农作物长势及产量估计的一个重要影响因素。土壤水分还是山洪爆发监测及洪水灾害预报的重要依据<sup>[1]</sup>。

目前国内一些关于土壤水分的研究,是传统的“点”测量方法,它的观测重点是土壤水分在垂直径深方向上的变化,而且现有利用这些土壤水分的大多数模型也是基于已有的“点”状数据进行设计的,这些模型不能反映土壤水分在空间水平方向上变化对这些模型输出的影响。由于精确测量得到的“点”状土壤水分不仅稀疏,而且只能代表某个小范围某个时间段上的土壤水分状况,大尺度、持续性的土壤水分也由于传统测量方法的费时、费力而且费用高不能得到满足<sup>[1]</sup>。

黄河流域水土流失严重,而黄土高原是黄河泥沙的主要来源,土壤表层水分对产流产沙有一定影响,所以研究林区和农区土壤表层水分差异,对于黄河流域特别是黄土高原水土保持有一定的参考价值。

本研究使用 ERS-1/2 卫星的风散射计数据反演得到的土壤水分,研究林区、农区在降水条件下的土壤表层水分变化特征。

## 1 研究区概况及数据资料

### 1.1 研究区概况

研究区位于陕甘交界处的子午岭北部林区及陕西省的洛川县周边黄土塬区,地理坐标范围居于北纬 35.5°-36°,东经 108.5°-109°,地貌类型属黄土丘陵沟壑。子午岭北部是洛河和泾河的分水岭,海拔 1 200~1 600 m,林区植被主要为天然次生林,自 1866 年当地人口外迁后,在弃耕地的基础上恢复生长起来的,林区具有完整的植被演替序列。林区主要森林群系为油松林、辽东栎林、山杨林和白桦林及辽东栎林与白桦、山杨、油松等的混交林。

洛川县周边黄土塬区,平均海拔 1 072 m,是黄土高原面积最大,土层最厚的塬区,也是目前世界上保存最完好的古原地貌之一。塬面平坦,土地宽广,质地优良,日照充足,昼夜温差大。雨热同季,自然条件优越,发展农业具有得天独厚的优势,素有“陕北粮仓”和“苹果之乡”的誉称,先后被确定为全国苹果外销基地县和陕西省苹果生产甲级基地县、粮油生产基地县、烤烟生产基地县。洛川县是世界最佳苹果优生区和中国苹果优生区的核心地带,迄今已有 50 多年的苹果栽培历史。

### 1.2 数据资料

ERS 风散射计是为了测量海洋表面风速和风向而设计的非成像雷达系统。ERS 风散射计近年来被

广泛应用于地表参数反演等。虽然星载散射计数据的空间分辨率很低(几十公里),但由于其高重复覆盖率,使得该数据在诸如水文、气候等大尺度模型中具有重要的应用价值。

研究数据是通过维也纳工业大学摄影测量与遥感学院的变化监测方法,把不同时段不同入射角的 ERS 散射计后向散射系数归一化为入射角为 40° 的后向散射系数  $\theta_b(40, t)$ ,然后选取研究区的全年内土壤最干和最湿两个时间段的后向散射系数  $[\sigma_{dry}^0(40, t), \sigma_{wet}^0(40, t)]$  为参考值计算土壤水分参数,见公式(1)。该方法得到的是一个介于 0~1 的土壤水分饱和度指标,其中“0”表示土壤最干旱,而“1”表示土壤水分达到饱和。所用的数据是土壤表层 5 cm 水分数据。土壤水分样点是全球格网离散点,离散点间距为 12.5 km<sup>[3-6]</sup>。主要包含了样点坐标、时间及相对应的土壤水分。该数据能较好反映土壤表层水分的空间分布状况。

降水资料则是选取的洛川站 1992-2000 年旬降水量数据。

$$m_s(t) = \frac{\sigma_{wet}^0(40, t) - \sigma_{dry}^0(40, t)}{\sigma_{wet}^0(40, t) - \sigma_{dry}^0(40, t)} \quad (1)$$

## 2 结果与分析

### 2.1 林区、农区土壤表层水分指数在降水条件下的变化分析

图 1-3 是 1992-2000 年林区、农区土壤表层水分指数及降水变化。整体上来看,土壤表层水分指数变化与降水量变化基本一致,说明降水是土壤表层水分指数变化的主要因素。1月、12月,林区、农区土壤表层水分指数全年最低,两地区土壤表层水分指数基本相同且变化很小。其余时期,林区高于农区。特别是 1995 年,年降水量仅 296 mm,土壤表层水分指数也比其它年份低。以降水量为标准,分别选择降水量在小于 30 mm, 30~60 mm, 大于 60 mm 三种不同情况下具有代表性的时间段用以说明降水过后林区农区的土壤表层水分指数的变化差异。

(1) 降水量大于 60 mm 的条件下两地土壤表层水分指数变化情况。1996 年 8 月上旬降水 85 mm,林区、农区土壤表层水分指数分别为 87.3%、91.5%,中旬无降水的情况下,分别降至 59.2%、50.1%,也就是分别减少 28.1%、41.4%。1997 年 9 月中旬降水 68 mm,土壤表层水分指数分别为 86.4%、90.1%,下旬降水仅 8 mm,土壤表层水分指数分别减少了 29.2%、42.9%。

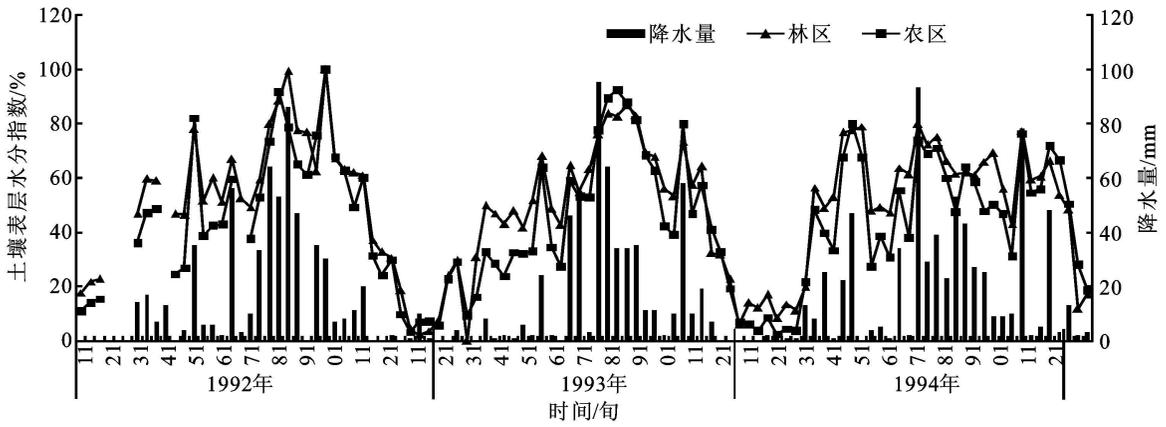


图 1 1992—1994 年林区、农区土壤表层水分指数与降水量变化

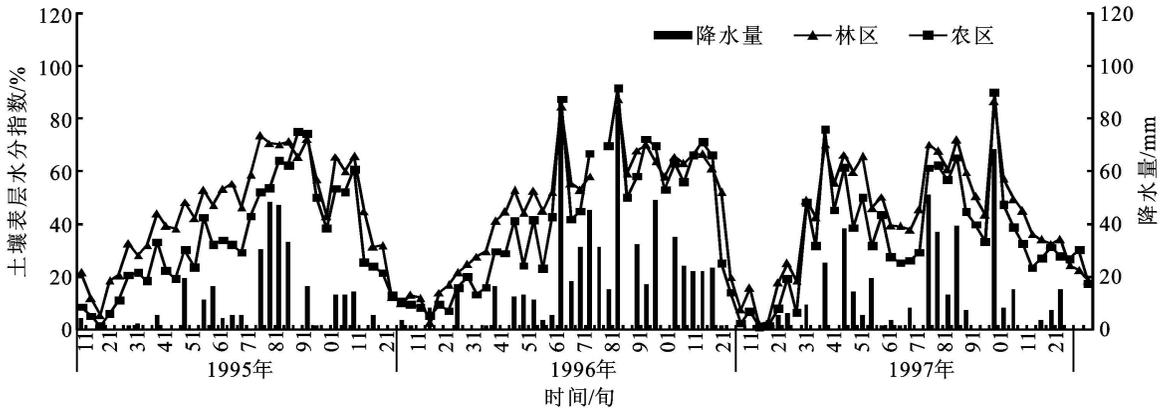


图 2 1995—1997 年林区、农区土壤表层水分指数与降水量变化

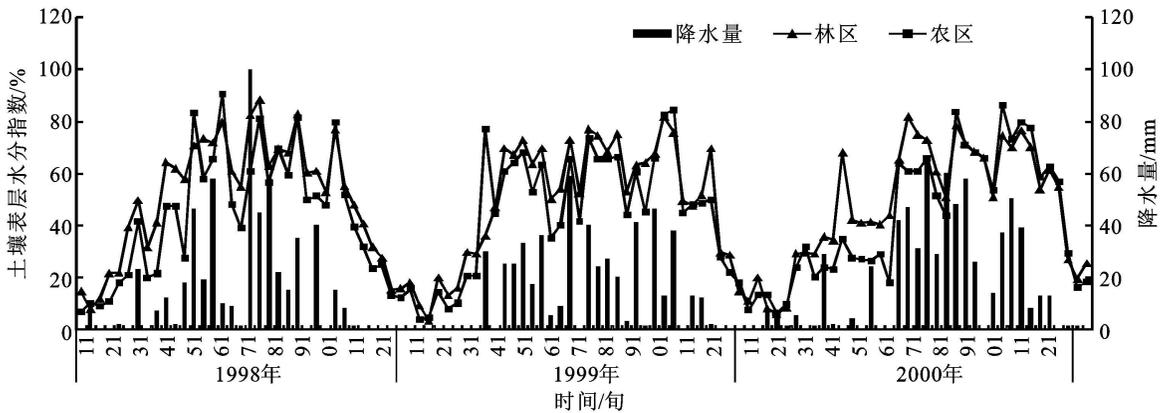


图 3 1998—2000 年林区、农区土壤表层水分指数与降水量变化

(2) 降水量大于 30 mm, 小于 60 mm 情况下两地土壤表层水分的变化情况。1996 年 9 月中旬, 土壤表层水分指数分别为 63.8%、69.6%, 到下甸分别减少 6%、16.6%。1997 年 8 月上旬降水 39 mm, 林区、农区土壤表层水分指数分别为 72.0%、65.1%, 中旬降水仅为 7 mm, 而土壤表层水分指数则分别减少了 12.4%、20.6%。1998 年 8 月下旬降水 35 mm, 土壤表层水分指数分别为 82.8%、81.3%, 到下甸分别减少了 22.5%、31.5%。

(3) 降水量小于 30 mm 的条件下两地土壤表层水分变化情况。1992 年 4 月下旬, 林区、农区土壤表

层水分指数分别为 46.4%、26.8%, 5 月上旬降水 29 mm, 两地土壤表层水分指数迅速升至相似的水平, 分别达到 77.8%、81.8%。到 5 月中旬, 林区、农区土壤表层水分指数分别降至 51.5%、38.8%, 农区土壤表层水分指数上升幅度和回落幅度远高于林区。1992 年 11 月上旬降水 20 mm, 林区、农区水分指数基本相同, 11 月中旬至下旬研究区没有降水, 农区水分指数在中甸降至 31.4%, 而林区至下旬才降至 32.7%。1993 年 5 月中旬降水量 24 mm, 林区、农区土壤表层水分指数分别为 68.1%、63.8%, 林区比农区高 4.3%, 降水之后一个月, 几乎很少的降水, 6

月上旬,林区土壤表层水分指数降至 42.6%,仍比 5 月下旬农区水分 34.4% 高出 8.2%。

## 2.2 林区、农区土壤表层水分指数的不同变化特征

由图 1-3 可看出,1992-2000 年中,1997 年具有双波峰变化曲线,而 1998 年是比较常见的单波峰变化,所以选取了 1997 年和 1998 年研究土壤表层水分指数季节变化曲线。

如图 4 所示,以土壤表层水分指数为纵坐标,以时间为横坐标,可以得到林区和农区的土壤表层水分指数动态图。纵坐标为土壤表层水分指数,横坐标以

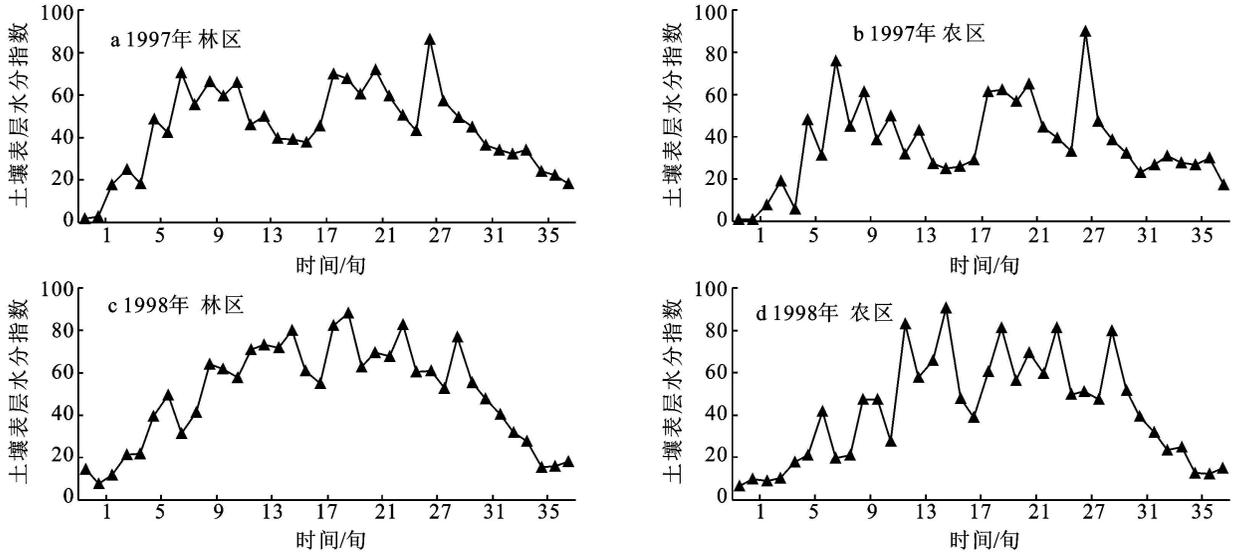


图 4 土壤表层水分指数季节变化

## 3 结论

(1) 林区土壤表层根系较少,覆盖度高,相对减少了地表蒸腾作用和由于土壤表层根系吸水造成的植物蒸腾作用散失的水分,林区土壤表层水分指数整体明显比农区高。

(2) 受到降水影响,农区土壤表层水分指数响应时间短,表层土壤水分含量上升快。降水过后,土壤表层水分指数相同的情况下,林区地表空气流通性小,地表蒸腾作用小,以及地表覆盖物对降水的截流,使得林区最多可以比农区延迟一旬到达某一相对干旱的土壤表层水分状况,或者,在 10 d 左右的时间,林区土壤水分损失最少,只有农区土壤表层水分损失的 50%,或更少。

### 参考文献:

[1] 王建国. 基于 ERS 散射计数据的青藏高原土壤水分估算

旬为单位的时间序列,全年共 36 旬。从图 4(a, b) 可以看出,1997 年土壤表层水分 3-4 月出现一个波峰,5-6 月降低,7-9 月出现第二个波峰。将 1997 年按照土壤表层水分变化划分为三个时期:3-4 月,5-6 月,7-9 月。与 1998 年同时期相比:3-4 月,1997 年同期降水 82 mm,1998 年同期降水 62 mm;5-6 月,1997 年降水 32 mm,1998 年降水 143 mm;7-9 月,1997 年降水 223 mm,1998 年降水 315 mm。由此可看出,1997 年土壤水分变化曲线出现两个波峰,主要原因是 5-6 月降水过少,土壤表层水分含量降低。

方法研究[D]. 北京:中国科学院遥感应应用研究所,2005.

- [2] 刘增灿. 微波散射测量及土壤水分反演研究[D]. 成都:电子科技大学,2009.
- [3] Wagner W. Soil Moisture Retrieval from ERS Scatterometer Data[D]. Austria: Vienna University of Technology, 1998.
- [4] Wagner W, Lemoine G, Rott H. A method for estimating soil moisture from ERS scatterometer and soil data[J]. Remote Sensing of Environment, 1999, 70: 191-207.
- [5] Wagner W, Scipal K, Pathe C, et al. Evaluation of the agreement between the first global remotely sensed soil moisture data with model and precipitation data[J]. Journal of Geophysical Research- Atmospheres, 2003, 108 (19): 4611.
- [6] Ceballos A, Scipal K, Wagner W, et al. Validation and downscaling of ERS Scatterometer derived soil moisture data over the central part of the Duero Basin, Spain[J]. Hydrological Processes, 2005, 19: 1549-1566.