

桂西北环境移民迁入区不同利用方式 坡地土壤水分动态变化

侯 娅^{1,2,3}, 陈洪松^{1,2}, 王克林^{1,2}, 张 伟^{1,2}, 杨国蓉⁴

(1. 中国科学院 亚热带农业生态研究所, 湖南 长沙 410125;

2. 中国科学院 环江喀斯特农业生态试验站, 广西 环江 547100;

3. 中国科学院 研究生院, 北京 100049; 4. 湖南省云溪区水利农机局, 湖南 长阳 414009)

摘 要: 土壤水分是土地开发利用和生态环境建设的关键性限制因子。利用 2006 年 4—9 月土壤水分定位观测数据, 研究了桂西北环境移民迁入区坡地开发后不同利用方式土壤水分的时空动态变化规律。结果表明, 不同土地利用方式间土壤储水量变化与降雨量变化基本一致; 在时间尺度上, 不同月份各利用方式土壤储水量差异显著, 0—1 m 平均储水量依次是坡耕地>园地>荒草地>灌丛>林地; 在空间尺度上, 不同利用方式土壤储水量为中等变异, 在表层(0—20 cm)荒草地和灌丛的土壤储水量较大, 在深层(60—100 cm)坡耕地和园地土壤储水量较大; 不同土地利用结构土壤水分从坡顶到坡脚呈增加趋势, 但修筑梯田的坡地较自然坡地土壤水分沿坡面变化幅度小。

关键词: 环境移民迁入区; 土地利用方式; 土壤水分

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2007)06—0025—05

中图分类号: S152.7

Effects of Landuse on Dynamic Change of Soil Moisture in Immigrant Demonstration Area of Northwest Guangxi Province

HOU Ya^{1,2,3}, CHEN Hong-song^{1,2}, WANG Ke-lin^{1,2}, ZHANG Wei^{1,2}, YANG Guo-rong⁴

(1. Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha, Hu'nan 410125, China;

2. Huanjiang Experimental Station of Karst Ecosystem, Chinese Academy of Sciences, Huanjiang,

Guangxi 547100, China; 3. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

4. Yunxi Bureau of Water Resources and Farming Machinery, Xueyang Hu'nan 414009, China)

Abstract: Soil water is a critical factor of eco-environmental construction and land exploitation. Based on the fixed observation in the immigrant demonstration area of Northwest Guangxi Province from April to September in 2006, the dynamic change of soil water on hillslope with various landuse types was analyzed. Results showed that the dynamic change of soil water storage had the similar trend with the change of rainfall. In temporal scale, soil water storage in 0—1 m layer had the significant differences among various landuse types. Landuse types rankes in the decreasing order of slope farmland, orchard land, wasteland, natural shrub land, and arbor woodland. In spatial scale, soil water storage on hillslope was in moderate variation and had some differences among various landuse types. Soil water storage of grassland and shrub land was higher in 0—20 cm layer, but it was higher on slope farmland and orchard land in 60—100 cm layer. Soil water had the increasing trend from the top down to the bottom along the hillslope with the different landuse structures. However, the range of variation for soil moisture along the hillslope with contour terrace was smaller than that of natural slope.

Keywords: immigrant demonstration area; landuse type; soil moisture

收稿日期: 2007-03-23 修回日期: 2007-05-24

资助项目: 中国科学院西部行动计划(KZCX2—XB2—08); 中国科学院知识创新工程领域前沿项目(01200220055413); 中国科学院“西部之光”人才培养计划

作者简介: 侯娅(1980—), 女(土家族), 湖北省恩施县人, 硕士生, 主要从事生态水文方面的研究。E-mail: houya04@163.com。

通讯作者: 陈洪松(1973—), 男(汉族), 湖北省通山县人, 博士, 副研究员, 从事土壤物理与水土保持方面研究。E-mail: hbchs@isa.ac.cn。

土壤水分是土壤—植物—大气连续体的一个关键因子,是侵蚀过程、植物生长和植被恢复的主要影响因素^[1]。在生态环境脆弱的喀斯特地区,环境移民是缓解人口压力和实现生态恢复的有效途径,如果不考虑土壤水分条件,在环境移民迁入区盲目地开发利用土地,将可能加剧坡地水土流失,导致生态环境恶化,把环境灾害与贫困转移到新迁入区。桂西北环境移民迁入示范区位于地形破碎、水源条件较差的红壤丘陵山区,70%左右的耕地面积为坡耕地,降雨是维持坡地植物生长的水分唯一来源,该区水、热资源丰富,但时空分布不均,季节性干旱问题突出,尤其在山区。因此对坡地土壤水分时空变化研究不仅对环境移民迁入区的农业持续发展及其脆弱的生态环境恢复也有理论指导意义。探索坡地土壤水分动态变化对发挥土壤水库效应,充分利用土壤水分资源具有重要意义。众多学者在黄土高原区^[2-4]、岩溶地区以及荒漠区研究发现^[5-7],坡地土壤水分主要受到土地利用方式及组合结构、降雨、坡向、坡度、坡位的影响;土地利用方式和强度对土壤的基本理化性质的改变具有决定性作用。环境移民迁入区作为一种特殊的区域,对其土壤水分的动态变化、剖面特征的研究却不是很多。目前相关研究主要是针对某种特定土地利用方式的水分动态变化^[8-9],大规模的移民迁入对迁入区坡地土壤水分的影响过程和影响机制目前尚不清楚。

本文就环境移民迁入区坡地不同利用方式下土壤水分动态变化进行研究,以期实现坡地有限水资源的最优调控和水土保持措施的优化配置,从而促进环境移民迁入区生态系统的良性循环,保障环境移民开发的顺利实施。

1 研究地区与研究方法

1.1 试验区概况

试验区位于广西环江县思恩镇的肯福环境移民安置示范区内(24°31'N,108°16'E),地处中亚热带南缘,属季风气候,具有温热湿润,雨热同季,无霜期长等特点;年平均气温 16.5℃~19.9℃,极端低温 -5.2℃,极端高温 38.7℃,全年无霜期 300~330 d;≥10℃积温为 5 500℃~6 530℃,太阳年平均辐射总量 414.1 kJ/cm²。年平均降雨量 1 389 mm,降水丰富但季节分布不均,4—8 月的降雨量占全年降雨量的 70%以上。2006 年降雨量为 1 160.4 mm,低于多年平均降雨量的 16.5%,属于干旱年。移民安置区内植被退化严重,代表该区自然环境的地带性植被群落已不复存在,除少数地段尚有稀疏的马尾松林和枫香为主的阔叶林外,其余均为灌木和草丛。地貌

为低山丘陵,地形破碎,以坡地为主,海拔高度在 250~350 m 之间,土壤为砂页岩及第四纪红土发育的红壤,土层厚度多在 60~150 cm 之间,有机质含量较高。自 1996 年 7 月开始建立示范区,大部分荒草坡地已被开垦为坡耕地和果园。

1.2 研究方法

在环境移民安置区共选取了 21 个典型样地(表 1),包括 5 种代表性的土地利用方式(坡耕地、园地、荒草地、灌丛和次生林)。坡耕地和园地是移民迁入后土地开发的主要利用方式,分别选取了 7 个、11 个典型样地,荒草地、灌丛、次生林地是移民迁入前的主要土地利用方式,各选了 1 个典型样地作为参照。另外,选取 4 种代表性的土地利用结构,定点观测土壤水分的动态变化并分析梯田整地方式和不同土地利用结构对土壤水分沿坡面分布的影响。从坡顶到坡底的土地利用组合及样地编号分别为:荒草地(S₁)—碰柑(S₂)—玉米(槿 S₃),槿柑(S₄)—槿柑(S₅)—槿柑(S₆),槿柑(S₇)—灌丛(S₈)—桃树(S₉),玉米(S₁₈)—玉米(S₁₉)—玉米(S₂₀)。表 2 是代表性样地表层(0—20 cm)土壤的基本理化性质。

土壤水分用烘干法(105℃,8~10 h)测定,观测时间为 2006 年 4 月至 9 月底。测定深度为 0—100 cm,每 10 cm 为一层,每层 3 个重复。每 10 d 左右 1 次。土壤容重用环刀分层(10 cm)取样测定,每层 3 个重复。土壤储水量的计算采用分层计算法。

$$Q = \sum 10 \cdot \theta_i \cdot d \cdot h_i$$

式中:Q——土壤水分总储量(mm); θ_i ——每层土壤质量含水量(%); d ——土壤容重(g/cm³); h_i ——分层厚度(10 cm)。

2 结果与分析

2.1 不同土地利用方式土壤水分的时间变化

土壤水分的动态变化主要受降雨(尤其是>10 mm 的有效降雨)和蒸散过程的影响^[2]。研究区不同利用方式的土壤储水量变化趋势与降水变化趋势相似,但不同月份的储水量有较明显的差异(图 1)。在整个观测时段内,0—1 m 土层平均储水量是坡耕地>园地>荒草地>灌丛>次生林。坡耕地 0—1 m 土层储水量为 259.42~402.97 mm,平均值 351.57 mm,较园地、荒草地、灌丛、次生林的平均储水量高 11.54%,27.06%,26.32%,67.03%。坡耕地和园地的土壤储水量较自然植被高,主要因为坡耕地和园地有机肥用量较大,耕作层的耕作频繁,使土壤表层结构疏松,水分下渗能力增强,从而增加了土壤储水量。

表 1 样地基本情况

样地编号	土地利用方式	植被类型	海拔/m	坡度/(°)	坡向	植被覆盖度/%	利用年限/a	整地方式
S ₁	荒草地	蕨类,铁芒箕	258	42	S-W	85	>20	自然坡地
S ₂	园地	椪柑	247	43	S-W	65	9	梯田
S ₃	坡耕地	玉米	231	42	S-W	62	9	梯田)
S ₄	园地	椪柑间种黄瓜	266	40	S-W	64	10	梯田
S ₅	园地	椪柑间种黄瓜	251	42	S-W	63	10	梯田
S ₆	园地	椪柑间种黄瓜	226	41	S-W	65	10	梯田
S ₇	园地	椪柑间种西瓜	256	39	S-W	67	10	梯田
S ₈	自然灌丛	桃金娘,木姜子	232	38	S-W	95	>20	自然坡地
S ₉	园地	桃树	224	35	S-W	62	3	梯田
S ₁₀	坡耕地	玉米	228	30	S-W	60	9	自然坡地
S ₁₁	园地	桃树	243	35	S-W	58	4	梯田
S ₁₂	园地	椪柑间种黄瓜	258	36	S-W	65	9	梯田
S ₁₃	坡耕地	甘蔗	221	37	S	70	8	梯田
S ₁₄	园地	椪柑间种黄豆	217	38	S	62	10	梯田
S ₁₅	园地	椪柑	220	40	N-W	64	10	梯田
S ₁₆	园地	椪柑间种黄瓜	218	42	N-W	61	10	梯田
S ₁₇	次生林	马尾松	225	35	N-W	78	12	自然坡地
S ₁₈	坡耕地	玉米	251	32	N-W	60	8	自然坡地
S ₁₉	坡耕地	玉米	237	30	N-W	62	8	自然坡地
S ₂₀	坡耕地	玉米	228	30	N-W	65	8	自然坡地
S ₂₁	坡耕地	甘蔗	225	34	N-W	70	8	梯田

表 2 0-20 cm 表层土壤物理性质

土地利用方式	容重/(g·cm ⁻³)	有机质/(g·kg ⁻¹)	黏粒/(% (<0.002 mm))	pH 值
坡耕地	1.34	26.89	24.31	4.77
园地	1.37	23.44	27.48	4.60
荒草地	1.28	37.22	23.40	4.45
灌丛	1.29	39.97	22.30	4.62
次生林	1.27	31.56	22.74	4.19

另外,坡耕地多位于坡度较小的坡脚和沟底,加上局部小气候的影响,土壤含水量进一步提高。坡位影响水分在坡面的蒸发、入渗、汇集等水分再分配过程。通常,坡顶风力及辐射强烈,蒸发量大,土壤水分

状况较差;坡脚、沟道能够集流,水分条件较好^[10]。

自然植被土壤储水量依次为荒草地>灌丛>次生林,这是因为荒草地和灌丛的枯枝落叶易于分解,土壤有机质含量高,改善了土壤通气状况和持水性能;而马尾松林的枯枝落叶较难分解,改良土壤的作用较差。庞敏等在延安研究区也发现^[12]:植被由低级向高级阶段演替过程土壤水分逐步降低,土壤含水量依次为草本群落>灌丛>乔木。国外在关于群落演替与土壤水平衡方面有学者认为草地植被耗水量大,对水分需求也较高,而灌木植被则相对耗水量少,且摄取水分能力和耐旱能力强,正是土壤水分的不断降低导致了草地向灌木的演替^[11]。

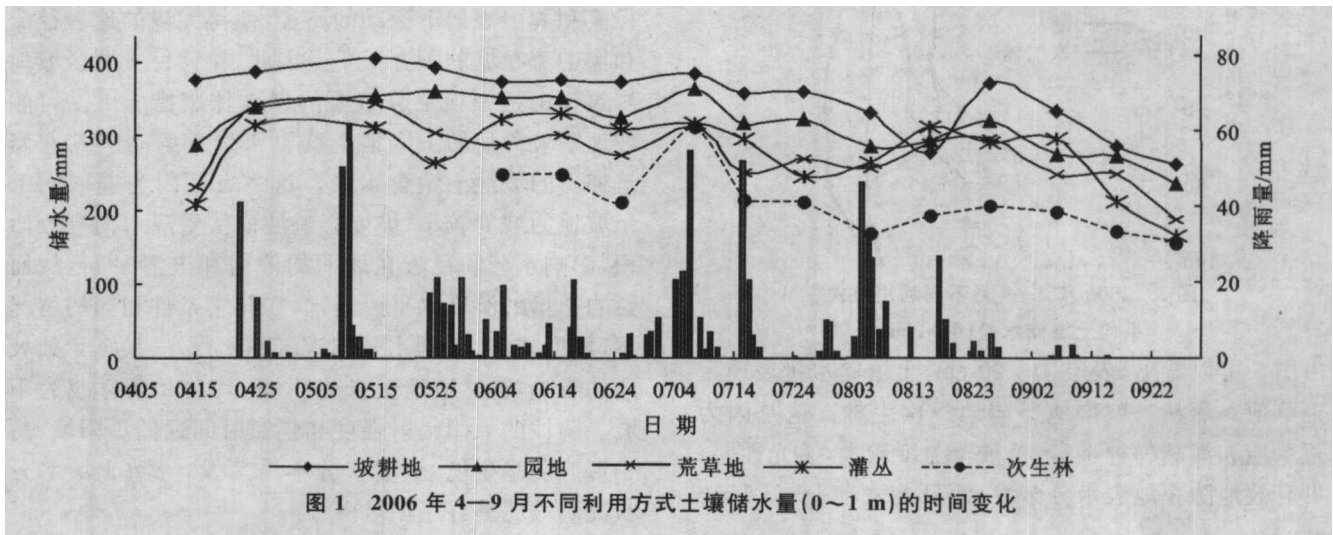


图 1 2006 年 4-9 月不同利用方式土壤储水量(0~1 m)的时间变化

2.2 不同土地利用方式土壤剖面水分垂直变化特征

土壤含水量变化是气候、立地条件和植物根系吸水等综合作用的结果^[12-13]。在气候条件和立地类型相似的情况下,土地利用方式和覆被对土壤水分的影响起主要作用^[14]。环境移民迁入区不同利用方式下,剖面土壤水分为中等变异且变异系数随土层深度的增加而降低(图 2)。这一方面是降雨入渗、土壤水分再分布与土壤水分向上蒸发综合作用的结果;另一方面是因为不同植被类型对土壤剖面水分利用深度和利用能力不同。荒草地、灌丛表层(0—20 cm)土壤水分变异系数低于坡耕地和园地,主要是因为荒草地和灌丛表层受人类干扰较少,而坡耕地和园地由于农垦活动(翻地、耙地和施肥等)受干扰较大,地表蒸发强烈。因此,环境移民迁入区在农作物和经济林果栽种早期应注意采取一定的蓄水保墒措施。

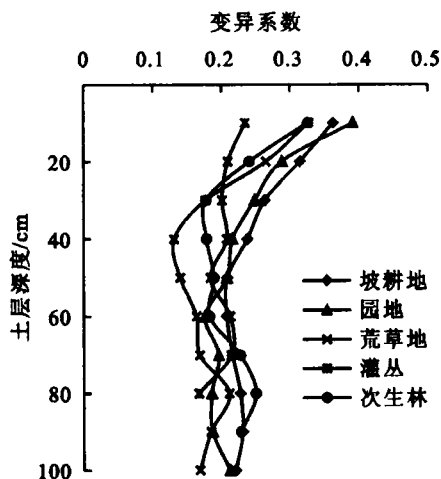


图 2 2006 年 4—9 月不同利用方式土壤水分的变异系数

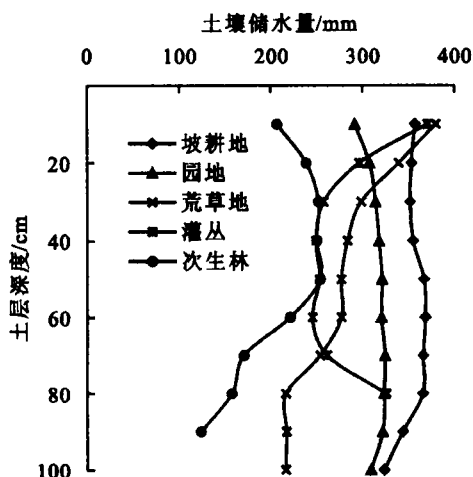


图 3 2006 年 4—9 月不同利用方式平均土壤储水量(0~1 m)

由图 3 可以看出,表层(0—20 cm)土壤储水量表现为荒草地>灌丛>坡耕地>园地>次生林。这是因为荒草地和灌丛物种丰富,植被覆盖度较大,透光性差,可有效地防止地表水分蒸发,而且地表有 1~1.5 cm

的枯枝落叶层和腐殖质层,具有良好的渗透性和较强的保水性能,因此二者的表层储水量最高。

在较深层次(60—100 cm)上,不同土地利用方式土壤储水量依次为坡耕地>园地>灌丛>草地>次生林,坡耕地种植的玉米和甘蔗为浅根作物,较少利用到深层次的土壤水分,此外耕作过程中对土地的耕翻增强了土壤水分下渗能力,提高了深层土壤的储水能力,因此坡耕地深层含水量最高。灌丛和园地种植的椴柑根系分布相对较深,可以利用较深层次的土壤水分,次生林的根系分布最深,能充分利用深层水分,深层土壤储水量最低。

2.3 坡地不同土地利用结构与土壤水分的关系

4 种土地利用结构 0—1 m 土壤含水量沿坡面的变化情况见表 3。在自然坡地玉米—玉米—玉米的单一利用结构中,土壤水分从坡顶到坡底呈稳定上升趋势,土壤平均含水量下坡位较上坡位增加了 22.62%,且差异显著($P < 0.05$)。这可能是由于坡面径流的沿程入渗、大气蒸发力沿坡向下递减以及侧向水流等的综合作用,水分沿坡面向下逐渐增加^[5]。由于玉米顺坡耕作,播种前和收获后整个坡面植被覆盖率低,突遇暴雨,极易造成水土流失。在椴柑—椴柑—椴柑和椴柑—灌丛—桃树的结构中,土壤水分从坡顶到坡底有所增加,下坡较上坡位分别增加了 9.32%和 7.91%,但差异不显著。在荒草—椴柑—玉米的结构中,土壤平均含水量下坡位较上坡位降低了 1.9%,上坡位荒草的土壤含水量为 21.85%,较相同坡位的椴柑土壤含水量高。椴柑和玉米的需水量较大,分布在中下坡,有利于作物生长。该种土地利用结构较好,有较好的保水性能。

在 4 种不同土地利用组合中,土壤平均含水量总体呈现上坡<中坡<下坡的变化规律,与自然坡面的这种坡位土壤水分差异相比,修筑梯田的坡位土壤水分差异明显较小。这是因为自然坡面更易形成地表径流和壤中流向下运动的路径,使得大量的地表径流和壤中流在坡的下方汇集。因此,在移民安置区坡地修筑梯田是一项十分重要的保水保肥措施^[9]。自然坡地顺坡种植的玉米地土壤含水量普遍高于其它修筑梯田的坡地土壤含水量。这一方面因为选取的玉米坡地的坡度较小,坡度影响坡面接受降水的有效面积,影响水分和径流在坡面的停留和入渗时间,从而影响土壤的湿度水平。通常,在其它条件相同的情况下,坡度越小,土壤水分状况越好。另一方面受到坡向的影响,自然坡地玉米为阴坡,其它 3 条样线为阳坡。阴坡的太阳辐射强度和辐照时间远低于阳坡,易于形成阴暗生境,土壤水分不易蒸发,导致土壤水分状况阴坡明显好于阳坡^[15]。

表3 坡地不同土地利用结构土壤含水量(0~1 m)沿坡面的变化

%

土地利用结构	整地方式	坡向	上坡	中坡	下坡
玉米—玉米—玉米	自然坡地	N—W	25.60b	27.93ab	31.39a
椪柑—椪柑—椪柑	梯田	S—W	21.03a	22.45a	22.99a
椪柑—灌丛(自然坡地)—桃树	梯田	S—W	20.99a	21.74a	22.65a
荒草(自然坡地)—椪柑—玉米	梯田	S—W	21.85a	21.30a	21.43a

注:字母不同表示差异显著($P < 0.05$, LSD)。

3 结论

(1) 在时间尺度上,研究区不同利用方式的土壤储水量变化趋势与降水变化趋势相似,不同月份的储水量有明显的差异,在整个观测时段0—1 m土层平均储水量大小变化为,坡耕地>园地>荒草地>灌丛>次生林。

(2) 在空间尺度上,不同利用方式下剖面土壤水分分为中等变异且变异系数随土层深度的增加而降低。表层(0—20 cm)土壤含水量大小依次为草地>灌丛>坡耕地>园地>次生林,且坡耕地和园地变异系数较大,易受外界条件干扰;深层(60—100 cm)不同土地利用方式土壤储水量依次为坡耕地>园地>灌丛>草地>次生林。

(3) 不同土地利用结构土壤水分从坡顶到坡脚具有增长的趋势,单一土地利用结构的自然坡地土壤含水量沿坡面增长幅度较大,梯田整地和合理的土地利用结构可以改善土壤水分在坡面的分布情况,土壤水分沿坡面差异不显著,表明梯田具有较好的保水性能,在移民安置区需加大研究和推广。荒草—椪柑—玉米的结构能较好保持土壤水分,山顶宜种植抗逆性较强的牧草或灌木,需水较多的农作物或果树宜配置在坡的中下部。

[参 考 文 献]

- [1] 陈洪松,邵明安.黄土区坡地土壤水分运动与转化机理研究进展[J].水科学进展,2003,14(4):513—520.
- [2] 陈洪松,邵明安,王克林.黄土区荒草地和裸地土壤水分的循环特征[J].应用生态学报,2005,16(10):1853—1857.
- [3] 王军,傅伯杰.黄土丘陵小流域土地利用结构对土壤水分时空分布的影响[J].地理学报,2000,55(1):84—91.
- [4] 黄奕龙,陈利顶,傅伯杰,等.黄土丘陵小流域地形和土地利用对土壤水分时空格局的影响[J].第四纪研究,2003,23(3):334—342.
- [5] 陈洪松,傅伟,王克林,等.桂西北岩溶山区峰丛洼地土壤水分动态变化初探[J].水土保持学报,2006,20(3):136—139.
- [6] 刘海隆,蒋太明,刘洪斌,等.不同土地利用方式对岩溶山区旱坡地土壤水分时空分异的影响[J].土壤学报,2005,42(3):428—433.
- [7] 李红丽,董智,王林和.浑善达克沙地流沙与四种主要植物群落土壤水分时空变化的研究[J].干旱区资源与环境,2006,20(3):169—174.
- [8] 苏以荣,黄宇,王克林,等.桂西北环境移民安置区新垦蔗地土壤水分动态研究[J].水土保持通报,2001,21(1):49—52.
- [9] 何铁光,石雪晖,肖润林,等.西南喀斯特环境移民示范区柑橘园水土流失及土壤水分变化[J].农村生态环境,2004,20(2):38—40.
- [10] 杨文治.黄土高原的土壤水资源和造林问题[J].自然资源学报,2001,16(5):433—438.
- [11] Sala O E, Golluseio R A, W K Lauenroth, et al. Resource partitioning between shrubs and grasses in the Patagonian steppe[J]. Oecologia, 1989, 49: 101—110.
- [12] 庞敏,侯庆春,薛智德,等.延安研究区主要自然植被类型土壤水分特征初探[J].水土保持学报,2005,19(12):138—141.
- [13] Ridolfi L, D'Odorico P, Porporato A, et al. Stochastic soil moisture dynamics along a hillslope [J]. Journal of Hydrology, 2003, 272: 264—275.
- [14] 赵姚阳,刘文兆,濮励杰.黄土丘陵沟壑区苜蓿地土壤水分环境效应[J].自然资源学报,2005,20(1):85—91.
- [15] 严代碧,岳永杰,郑绍伟,等.岷江上游干旱河谷区土壤水分含量及其动态[J].南京林业大学学报(自然科学版),2006,30(4):64—68.