

The Influence of Different Vegetation Patterns to Subtropical Red Soil Water Content

Zhi Chen^{1,2*}, Weifeng Wang^{3#}, Yunchuan Dai⁴

¹Faculty of Environmental Science and Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan

²Team of the First Hydrogeology and Engineering Geology, Yunnan Geology and Mineral Resources Bureau, Kunming Yunnan

³A Research Institute of Ecological Function and Forest Carbon Sink, Inner Mongolia Academy of Forestry, Hohhot Inner Mongolia

⁴School of Tourism and Geographical Science, Yunnan Normal University, Kunming Yunnan

Email: # wang.wf1985@163.com

Received: Jul. 14th, 2015; accepted: Aug. 14th, 2015; published: Aug. 17th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Vegetation types have important effects on soil moisture. Vegetation and soil moisture has certain feedback mechanism. To investigate the influence of different vegetation processing method of subtropical red soil water content, through the PR2 moisture meter type profile, we measured 100 - 400 mm soil volumetric water content of four types of test samples (Bare area, *Cynodon dactylon* strip covering, *Cynodon dactylon* over covering, *Citrus* net tillage) under different weather. The results show that: 1) Under the condition of drought and rainfall, the soil moisture content at the depth of 100 mm was the highest in the region of *Cynodon dactylon* strip covering; 2) At the depth of 200 mm and 300 mm, the soil moisture content was the highest in the whole orchard, but the soil moisture content was the highest under the condition of strong and urgent rainfall in 300 mm; 3) The soil moisture content at the depth of 400 mm in each plot was higher than which of the 100 mm, 200 mm and 300 mm. It was still the highest in the whole orchard region at the same depth, which showed that the soil moisture in the shallow layer increased with the depth of soil layer; 4) Variance analysis showed that the *Cynodon dactylon* strip covering had a significant difference compared with other areas, which explained that *Cynodon dactylon* strip covering could significantly increase the soil water content. The research results could be used to provide a scientific basis for soil and water conservation in subtropical red soil.

Keywords

Subtropical Red Soil, Vegetation Pattern, Water Content

*第一作者。

#通讯作者。

不同植被模式对亚热带红壤含水量的影响

陈 志^{1,2*}, 王伟峰^{3#}, 代云川⁴

¹昆明理工大学, 环境科学与工程学院, 云南 昆明

²云南省地矿局, 第一水文地质工程地质大队, 云南 昆明

³内蒙古林业科学研究院, 生态功能与森林碳汇研究所, 内蒙古 呼和浩特

⁴云南师范大学, 旅游与地理科学学院, 云南 昆明

Email: #wang.wf1985@163.com

收稿日期: 2015年7月14日; 录用日期: 2015年8月14日; 发布日期: 2015年8月17日

摘 要

植被类型对土壤含水量有重要影响, 植被与土壤水分存在一定的反馈机制。为了探讨不同植被处理方法对亚热带红壤含水量的影响, 本文通过PR2型剖面水分仪实测四类试验样地(全园裸露、狗牙根带状覆盖、狗牙根全园覆盖, 柑橘净耕)不同天气下100~400 mm处的土壤体积含水量, 结果表明: 1) 不管是干旱还是降雨条件狗牙根带状覆盖下100 mm处土壤含水量最高; 2) 在200 mm和300 mm深度全园裸露土壤含水量最高, 但在强而急的降雨条件下300 mm处狗牙根带状覆盖土壤含水量最高; 3) 在400 mm处各小区土壤含水量均高于100 mm, 200 mm, 300 mm处, 其中仍以全园裸露含水量最高, 说明土壤水分在浅层随土层深度而递增; 4) 方差分析表明, 狗牙根带状覆盖较其它小区具有明显的差异性, 说明狗牙根带状覆盖能显著提高土壤含水量。该研究结果可为亚热带红壤区的水土保持治理提供科学依据。

关键词

亚热带红壤, 植被模式, 含水量

1. 引言

土壤中的水分时刻与外界发生交换, 处于一种动态平衡状态, 其储量和剖面分布是降水、植物蒸腾、土壤蒸发、地表径流、地下渗漏等多种因素综合作用的结果, 并受土壤本身特性的影响、随时间和空间而不断发生变化。地被物在保持水土、涵养水源和影响土壤的水热变化、通气状况、水文特征以及整个土壤-植被-大气连续体等方面均有着重要的作用。土壤水分是土壤侵蚀过程、作物生长和生态环境建设的关键影响因子之一, 也是土地评价的主要因素之一, 其异质性对水土流失、水-热-溶质耦合运移和土壤-植被-大气传输体(SVAT)中的物质迁移等水文学过程以及土壤形成过程均有显著的影响[1]。土壤水的能量和数量之间存在某种对应关系, 在一定的温度条件下, 这种关系仅与土壤本身的特性有关[2]。土壤水分特征曲线(SWCC)是表征土壤水势与土壤含水量之间定量关系的曲线, 对研究土壤水分的补给、贮存、蒸散以及土壤-植被-大气连续体中水流的运动等有着重要意义[3]。在人工植被恢复过程中, 应根据土壤水资源状况, 适时适量地调控植物和水的关系, 而不是等到土壤干层形成、植被衰败后再试图恢复土壤水分。植物水关系调控的理论依据, 对于成林而言, 是土壤水分植被承载力[4], 对于幼林则为土壤水资源利用限度[5]。土壤水分的变化主要受降水的影响, 又是降水、林冠截流、土壤蒸发、地表径流、地下渗漏等多种因素共同影响而达到动态平衡的结果[6][7]。植物群落和土地利用方式不同, 使土壤入渗性能存在较大差异, 从而影响了土壤水分的保留及供给植被利用[8]-[10], 土壤水分空间变异特性与

土地利用方式和地表干扰密切相关[11] [12]。余冬立[13]通过对黄土区农草混合利用坡面的土壤水分分析,研究土地利用结构对土壤水分空间变异特性的影响。而对于红壤坡地土壤水分的研究也有许多,苏以荣等[14]对不同季节一次性降雨前后,新垦蔗地不同土层的土壤水分含量进行了研究;刘士余等[15]通过土壤水分渗漏装置研究了红壤坡地百喜草及其枯落物对土壤水分动态和水量平衡的影响。红壤坡地存在水资源时空分配不均以及长期不合理的开垦利用等问题[16],其土壤水分亏缺状况影响着植物正常生长及农作物产量和质量。但是对不同地被物处理方式下,特别是果园草地等坡耕地土壤水分的动态研究较少。尤其是在亚热带红壤丘陵地区大面积种植脐橙经果林,造成严重的水土流失,到底选择什么样的种植模式既能涵养水分,又不会造成水土流失?通过对不同植被下果林水分变化规律的研究,以期为亚热带红壤区的水土保持治理提供科学依据。

2. 研究地区概况

研究区设在江西省水土保持生态科技园内(E115°42' - E115°43', N29°16' - N29°17'),属亚热带季风区,雨热同期。年均降雨量 1350.9 mm,多年平均气温 16.7℃,年日照时间 1650~2100 h,多年平均无霜期 249 d。研究区是我国红壤分布的中心区域,地形条件在红壤丘陵区具有代表性。地貌类型为浅丘岗地,土壤成土母质主要是第四纪红黏土红壤。研究小区选择在山坡的中下部,坡面土层厚度大于 1.5 m。由于长期不合理的采伐利用,原生植被不断减少,现存植被主要是处于不同逆行演替阶段的次生群落,如荒草、灌木和沙地植被,以及人工营造或自然恢复的湿地松(*Pinus elliottii*)、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)等次生林。

3. 研究方法及设备

由于亚热带红壤坡地大面积种植经果林,引起水土流失现象十分严重,狗牙根是一种常见乡土水土保持植物,很多农户认为植草会大量吸收经果林的水分和养分。对于养分而言,草本植物枯死后养分会重新返还给给地块,而水分则有可能因蒸腾作用而带走。本试验为探讨不同之植被模式下土壤水变化规律,选择 4 块地形、土壤等条件基本一致,坡度 15°左右的坡地,面积 100 m² (5 m × 20 m)的标准径流小区,以全园裸露、狗牙根(*Cynodon dactylon* L.)带状覆盖(内种柑橘,百喜草覆盖度为 50%)、狗牙根全园覆盖(内种柑橘,百喜草覆盖度 100%)和柑橘净耕四个小区为研究对象,整个柑橘林的排布一致,树形树种基本相同,对各小区内上中下各处土壤水分进行测定。使用 FDR 土壤含水量测定系统(英国 Delta-T 公司生产的 PR2 型 Profile Proes 剖面水分仪)测定 100 mm, 200 mm, 300 mm, 400 mm 深度处土壤体积含水量,每块样底设置三个观测点,分布于样地上、中、下三个坡位,呈弧形布设,竖直埋入探管,封盖好管口,作长期定位观测,测量时将感应器插入探管并旋转不同的角度,每组数据读取五个数值,取平均值,再将上中下三处各层次土壤含水量求其平均值,计入一次测量结果。如一个小区 100 mm 深度处结果为上中下三处 100 mm 处,共 15 个测量值的平均值,200 mm, 300 mm, 400 mm 深度处类此,研究不同气象条件下土壤含水量的变化规律。运用 SPSS 19.0 软件对数据进行统计分析。

3. 试验结果分析

3.1. 不同土壤覆盖类型在不同气象条件下的土壤含水量特征

3.1.1. 中历时大雨型土壤含水量特征

观测前气象描述:7月24日8点03分至7月24日13时20分降雨41.2 mm,历时317分钟。观测时间为2009年7月25日,实时天气为大雨转阴。

由图1可知:1)在各深度处,狗牙根带状覆盖土壤含水量大于狗牙根全园覆盖区和柑橘净耕区相应深度土壤含水量。原因是带状覆盖既能增加土壤水分入渗,加之其本身蒸腾作用较小,其前期土壤含水

量相对较高，两者综合作用所致；2) 柑橘净耕在 100 mm，200 mm，300 mm 处土壤含水量大于狗牙根全园覆盖区域相应深度土壤含水量，而在 400 mm 处小于狗牙根全园覆盖区域，这说明柑橘净耕对保持表土层土壤含水量方面具有一定的作用，同时由于其土壤孔隙度较小，降雨难以入渗，加之其根系在深处，蒸腾作用主要发生在较深层次所致；3) 在 100 mm 深度处，全园裸露区土壤含水量小于狗牙根带状覆盖区相应深度土壤含水量。而其它各层土壤含水量大于其它三个区相应深度土壤含水量。说明狗牙根带状能明显的阻止土壤表层径流，起到涵养水源的功能。同时，由于全园裸露区土壤结构相对致密，蒸发作用较小，基本上无蒸腾作用，所以土壤湿度相对较大。

3.1.2. 持续干旱高温型土壤含水量特征

观测前气象描述：观测时间为 2009 年 7 月 11 日，实时天气晴，持续高温。

由图 2 可知：1) 全园裸露区除在 100 mm 处土壤含水量仅小于狗牙根带状覆盖，而其它深度处土壤含水量均大于其它三小区。原因是狗牙根带状覆盖阻止了地表径流，增强了土壤入渗，土壤水分的原始积累相对较高，所以在表层水分含量最高。但是由于其根系具有一定的蒸腾作用，在 200 mm 以下，由于全园裸露区没有植物的蒸腾作用，土壤孔隙度较小，其土壤含水量最高；2) 在狗牙根带状覆盖区 0~400 mm 深度内，土壤含水量大于狗牙根全园覆盖区和柑净耕区，原因是该区地表径流较小，降雨入渗较大，加之带状覆盖区由于地上生物量相对于其它小区较小，其蒸腾作用小，土壤水分较大。在 0~400 mm 之间的相同深度处，柑橘净耕区土壤含水量也大于狗牙根全园覆盖区土壤含水量，原因是柑橘净耕区由于其根系向土壤深层发展，耕作层土壤蒸腾作用较小，而百喜草全园覆盖区其蒸腾作用主要发生在耕作层所致。

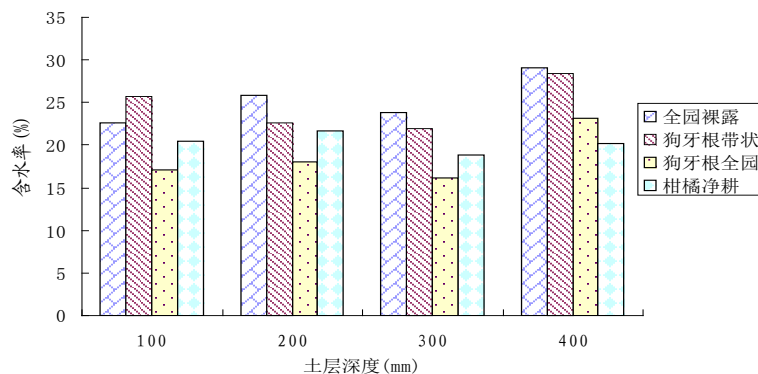


Figure 1. Characteristics of soil moisture content in heavy and middle duration rainfall type

图 1. 中历时大雨型土壤含水量特征

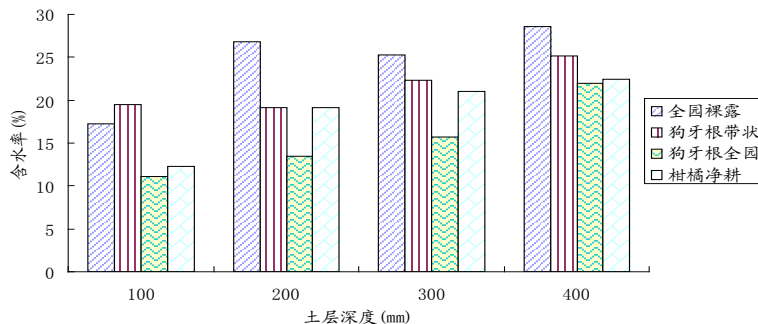


Figure 2. Characteristics of soil moisture content under the condition of persistent drought and high temperature

图 2. 持续干旱高温型土壤含水量特征

3.1.3. 长历时中雨型土壤含水量特征

观测前气象描述：6月8日11点22分至12点10分降雨0.6 mm，历时48分；6月8日22点25分至6月9日6点30分降雨35.4 mm，历时485分钟。本次降雨特征，雨量不大但是持续时间长，土壤基本入渗。观测时间为2009年6月11日，实时天气为大雨转阴。

由图3可知：1) 全园裸露在0~100 mm处，土壤含水量仅低于狗牙根带状覆盖区域相应深度含水量，而在其它各层面土壤含水量均高于其它三个小区相应深度含水量；2) 柑橘净耕在0~400 mm之间各层面土壤含水量明显大于狗牙根全园覆盖相应的深度；3) 在100 mm处，柑橘净耕区域土壤含水量明显小于狗牙根带状覆盖区域，而在300 mm和400 mm处略大于狗牙根带状区域含水量。

3.1.4. 短历时大雨型土壤含水量特征

观测前气象描述：降雨时间是8月13日14:40至15:28，历时48分钟，降雨量43.3 mm，观测时间为8月15日，中雨转阴。

从图4可知：1) 各小区400 mm处土壤含水量均高于100、200、300 mm处土，其中狗牙根带状覆盖在100 mm处土壤含水量最高，说明带状覆盖对拦蓄降水的作用很大，能在表土层很大程度上涵养水分。在400 mm处土壤含水量也是狗牙根带状覆盖区域土壤含水量最高；2) 全园裸露在0~200 mm土壤含水量逐渐升高，在200~300 mm之间减弱，而在300~400 mm处迅速升高；狗牙根带状覆盖在0~300 mm处变化不明显，在300~400 mm处略有升高；3) 狗牙根全园覆盖土壤含水量在0~400 mm之间呈递增趋势，其中300~400 mm之间最为明显。柑橘净耕试验区在0~100 mm间土壤含水量最小，在100~200 mm间骤增，而在200~400 mm间水分变化为先减后增。

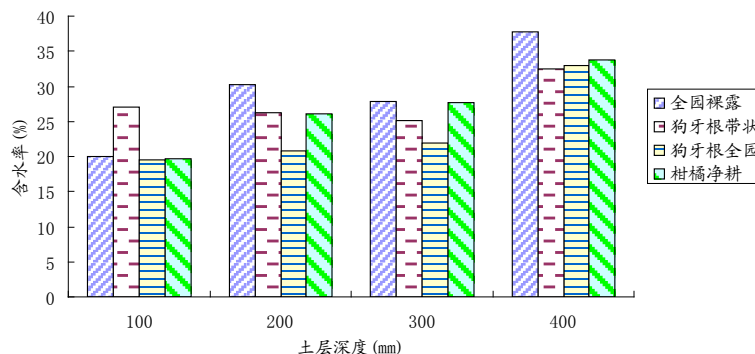


Figure 3. Soil moisture characteristics after long duration and moderate rainfall rain type

图3. 长历时中雨型土壤含水量特征

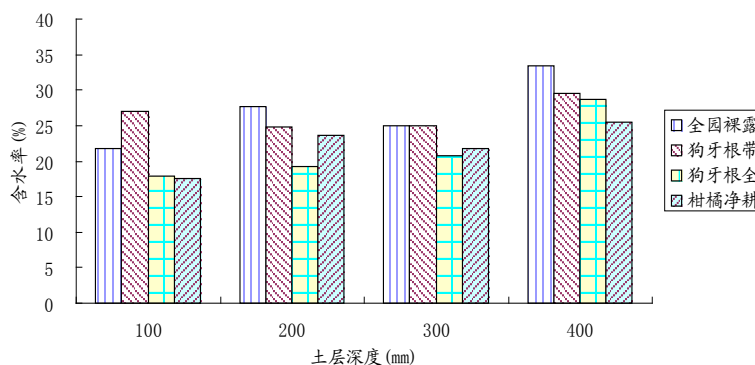


Figure 4. Characteristics of soil moisture content in short duration heavy rain

图4. 短历时大雨型土壤含水量特征

3.2. 区组内和区组间差异显著性分析

综合不同天气下, 不同处理土壤各剖面平均土壤含水率进行显著性分析, 结果如下:

由表 1 可知: 在 100 mm 处, 狗牙根带状覆盖区和狗牙根全园覆盖及柑橘净耕区均具有极显著的差异; 在 200 mm 处, 全园裸露区和狗牙根全园覆盖区具有极显著差异, 柑橘净耕和狗牙根全园覆盖及全园裸露有显著性差异, 狗牙根带状覆盖和狗牙根全园覆盖小区也有显著性差异; 在 300 mm 处, 全园裸露区和狗牙根全园覆盖区有极显著差异, 狗牙根全园覆盖和狗牙根带状覆盖区有显著性差异; 在 400 mm 处, 各小区之间均没有明显差异。

由表 2 可知: 在全园裸露区中, 100 mm 和 200 mm 处及 400 mm 处之间有极显著差异, 和 300 mm 处有显差异, 200 mm 和 300 mm 处之间无明显差异但和 400 mm 处有显著差异, 300 mm 和 400 mm 处有

Table 1. Comparison of different regions at the same depth

表 1. 不同区域同一深度的比较

LSD 比较	植被模式	土壤深度			
		100 mm	200 mm	300 mm	400 mm
全园裸露	狗牙根带状	0.089	0.047*	0.344	0.339
	狗牙根全园	0.124	0.000**	0.004**	0.124
	柑橘净耕	0.254	0.029*	0.128	0.066
狗牙根带状	全园裸露	0.089	0.047*	0.344	0.339
	狗牙根全园	0.004**	0.021*	0.024*	0.524
	柑橘净耕	0.010**	0.792	0.527	0.326
狗牙根全园	全园裸露	0.124	0.000**	0.004**	0.124
	狗牙根带状	0.004**	0.021*	0.024*	0.524
	柑橘净耕	0.655	0.034*	0.077	0.719
柑橘净耕	全园裸露	0.254	0.029*	0.128	0.066
	狗牙根带状	0.010**	0.792	0.527	0.326
	狗牙根全园	0.655	0.034*	0.077	0.719

Table 2. Comparison of the same area in different depths

表 2. 同一区域不同深度的比较

LSD 比较	深度	不同植被处理方式			
		全园裸露	狗牙根带状	狗牙根全园	柑橘净耕
100 mm	200 mm	0.003**	0.445	0.606	0.114
	300 mm	0.023*	0.565	0.440	0.135
	400 mm	0.000**	0.074	0.003**	0.021*
200 mm	100 mm	0.003**	0.445	0.606	0.114
	300 mm	0.298	0.847	0.792	0.920
	400 mm	0.036*	0.018*	0.007**	0.362
300 mm	100 mm	0.023*	0.565	0.440	0.135
	200 mm	0.298	0.847	0.792	0.920
	400 mm	0.005**	0.025*	0.011*	0.315
400 mm	100 mm	0.000**	0.074	0.003**	0.021*
	200 mm	0.036*	0.018*	0.007**	0.362
	300 mm	0.005**	0.025*	0.011*	0.315

极显著差异。在狗牙根带状覆区, 100 mm 深度和其它深度处无明显差异; 200 mm 同 300 mm 深度处无明显差异, 但与 400 mm 有显著差异; 300 mm 与 400 mm 处也有显著差异。狗牙根全园覆盖区, 100 mm、200 mm 同 400 mm 处有极显著差异与其它深度处无显著差异, 300 mm 和 400 mm 深度处有显著差异。柑橘净耕区, 仅 100 mm 和 400 mm 深度处存在显著性差异, 其它各小区之间均无显著差异。

4. 结论与讨论

4.1. 结论

1) 全园裸露小区, 在强降水时, 土壤表层蓄水不如狗牙根带状覆盖, 但是在 100~400 mm 之间, 因其表层无植被, 土壤无植物的蒸腾作用和根系的吸收不管是雨后还是久晴高温状况下, 其土壤含水量均较同期其它小区高, 除 200 mm 和 300 mm 之间外, 其它各层之间具有显著性差异。但在骤雨时, 会引起大量的水土流失, 不能起到拦截地表径流的作用。

2) 狗牙根带状覆盖具有很强的保水效果, 且其各层间水分变化相对缓和, 在拦蓄短而急的暴雨时, 其土壤涵养水分的能力得到充分体现, 表层土土壤含水量最高, 加之表层植被带状, 蒸发量较全园覆盖弱, 水分很大程度上沿根系进入土壤, 同时泥沙又被植物拦截, 不会造成水土流失。

3) 狗牙根全园覆盖区由于表层茂密的草丛和土壤内具发达的根系, 骤雨时水分不能立即迅速下渗, 而是均匀的浸润, 所以在 0~300 mm 之间, 各层水分变化有显著差异, 但 0~300 mm 各层间与 300~400 mm 土层具有显著性差异, 其原因可能是下雨时的拦蓄功能, 使水分渗入土壤较深层次, 加之土壤深层植物根系相对较少, 受蒸腾作用的影响不大所致。这与各不同处理区组间在 400 mm 处土壤水分无显著性差异相一致。

4) 柑橘净耕区在区组间仅 100 mm 和 400 mm 土层间具显著性差异, 在区组间 100 mm 处仅同狗牙根带状覆盖有极显著差异, 进一步说明狗牙根带状覆盖区对表土层水分的重要影响, 在 200 mm 处和狗牙根全园覆盖和全园裸露有显著性差异, 而其它各层差异不明显, 区组内仅 100 mm 和 400 mm 处存在显著差异, 主要是因降雨对表层土壤水分的干扰作用, 水分未能及时下渗多数以径流形式流失, 同时在晴天由于地表裸露面积较大, 表土水分蒸发, 而深层受蒸发作用影响不大形成的差异所致。

4.2. 讨论

鉴于狗牙根带状覆盖具有极强的水土保持效果, 又不至于因草的生物量过大而影响果园的肥效, 其蒸发量较全园覆盖较少, 在距离植物根部一定距离条带状植草又不会和果树对水分形成竞争, 拦截水分的效果和狗牙根全园覆盖几乎相当。因此, 在兼顾保水保土保肥方面, 四种模式中狗牙根带状覆盖是一种最理想的选择。考虑到研究区周边大量发展柑橘、脐橙等果业, 其地貌主要以丘陵为主, 容易造成水土流失形成林下流, 该模式具有重要的意义。建议在南方红壤侵蚀强烈区或者在西北干旱区(适当配以竹节沟或鱼鳞坑)继续研究示范推广此种模式, 使其发挥良好的景观生态效果。

参考文献 (References)

- [1] 邵明安, 王全九, 黄明斌 (2006) 土壤物理学. 高等教育出版, 北京.
- [2] 孙迪, 夏静芳, 关新德, 等 (2010) 长白山阔叶红松林不同深度土壤水分特征曲线. *应用生态学报*, **6**, 1405-1409.
- [3] Guo, Z.S. and Shao, M.A. (2013) Impact of afforestation density on soil and water conservation of the semiarid Loess Plateau, China. *Journal of Soil and Water Conservation*, **68**, 401-410. <http://dx.doi.org/10.2489/jswc.68.5.401>
- [4] 郭忠升 (2010) 黄土丘陵半干旱区土壤水资源利用限度. *应用生态学报*, **12**, 3029-3035.
- [5] 蔡进军, 张源润, 火勇, 等 (2005) 宁南山区梯田土壤水分及养分特征时空变异性研究. *干旱地区农业研究*, **5**, 83-87.

- [6] 贾小旭, 邵明安, 魏孝荣, 等 (2010) 黄土高原北部草地表层土壤水分状态空间模拟. *中文科技期刊数据库*, **10**, 38-44.
- [7] 程立平, 刘文兆 (2011) 黄土塬区土壤水分分布特征及其对不同土地利用方式的响应. *农业工程学报*, **9**, 203-207.
- [8] 王国梁, 刘国彬 (2009) 黄土丘陵区长芒草群落对土壤水分入渗的影响. *水土保持学报*, **3**, 227-231.
- [9] 杨永辉, 武继承, 赵世伟, 等 (2009) 黄土丘陵沟壑区草地土壤持水、供水性能比较. *土壤通报*, **5**, 1010-1013.
- [10] Gerd, D., Jozef, D., Gerard, G., et al. (2003) Spatial variability in soil properties on slow forming terraces in the Andes region of Ecuador. *Soil and Tillage Research*, **72**, 31-41. [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-1987\(03\)00049-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-1987(03)00049-7)
- [11] 张瑞, 曹华, 王云强 (2012) 黄土丘陵沟壑区小流域土壤水分空间变异性及其影响因素. *水土保持研究*, **5**, 52-58.
- [12] She, D.L., Shao, M.A., Timm, L.C., Sentí, I.P., Reichardt, S.K. and Yu, S.E. (2010) Impacts of Land-Use Pattern on Soil Water-Content Variability on the Loess Plateau of China. *Acta Agriculturae Scandinavica B: Soil & Plant Science*, **60**, 369-380.
- [13] 苏以荣, 黄宇, 王克林 (2003) 新垦红壤坡地土壤水分有效性研究. *应用生态学报*, **4**, 507-511.
- [14] 刘士余, 左长清, 朱金兆 (2007) 地被物对土壤水分动态和水量平衡的影响研究. *自然资源学报*, **3**, 424-433.
- [15] 水利部, 中国科学院, 中国工程院 (2010) 中国水土流失防治与生态安全(南方红壤区卷). 科学出版社, 北京.
- [16] 余冬立, 邵明安, 俞双恩 (2010) 黄土区农草混合利用坡面土壤水分空间变异性. *农业机械学报*, **7**, 57-63.