

黄土沟壑区砂石覆盖果园土壤剖面水分分布^{*}

张 义¹, 谢永生², 郝明德²

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)

摘 要:以黄土高原沟壑区砂石覆盖苹果园为研究对象,对 600 cm 范围内土壤剖面水分含量的时间分异和空间分布状况进行了研究。结果表明:600 cm 土层范围内,一周年内可划分为冬季增墒期和夏季失墒期两个阶段;土壤剖面水分空间分布随土壤深度的增加呈现波动性变化且稳定性不同,土壤含水量变化幅度随土层深度增加而变小,据此可将 600 cm 范围内的土壤剖面划分为速变层、相对稳定层、缓变层和稳定层;土壤水分在不同层次上的分布差异,8 月土壤剖面不同层次含水量差异最大,11 月次之,5 月再次之,1 月土壤不同层次含水量差异最小。综合看来,除土壤表层因砂石覆盖水分增加外,土壤剖面含水量随土壤深度的增加而减少且趋于稳定,水分下渗能力减弱;冬季土壤含水量多且分布均匀,夏季土壤水分减少且主要集中在上层,此时土壤不同层次水分含量差异大。

关键词:砂石覆盖;果园;土壤剖面;水分含量

中图分类号:S152.7;S606

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2009)04-0156-04

Water Content on the Soil Profile in Apple Orchard with Stone Mulch in the Highland Region of the Loess Plateau

ZHANG Yi¹, XIE Yong-sheng², HAO Ming-de²

(1. College Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, CAS & MWR, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The study on soil water content in apple orchard in the highland region of the Loess Plateau showed that within the 600 cm profile, the variation of soil water could be divided into two periods which were water increased in winter and decreased in summer. With the increase of the depth of soil profile, the water content reduced and tended to be stable. The water content in winter was not only more than that in summer, but also well distributed in the soil profile. However, in summer season the soil water mainly concentrated on the upper layer. Based on the standard deviation and variation coefficient, soil water change in the profile could be divided into four layers: quickly changing layer, relative stable changing layer, slow changing layer and less changing layer.

Key words: stone mulch; apple orchard; soil profile; water content

苹果是我国第一大水果,栽培面积和产量占我国水果总量的 20% 和 30%,在国民经济中占有重要地位。同时,我国是世界第一大苹果生产国,栽培面积和产量占世界苹果总量的 30% 以上^[1]。西北黄土高原是我国生产优质苹果的两个最适宜地区之一,栽培面积和产量均居全国第一位。黄土高原沟壑区处于我国半湿润易干旱地区,水分是影响该区果树生长发育的主要生态因素之一。土壤水分的

相对稳定对稳定树势、增加产量和提高果实品质具有极为重要的作用^[2]。因此土壤含水量的监测,是必不可少和相当重要的。砂石覆盖就是利用卵石、石砾、粗砂和细砂的混合物,在土壤表面铺设一层厚度约 5 - 15 cm 的覆盖层。该技术是改善农田小气候的重要措施之一,不仅具有明显的蓄水保墒、防止蒸发、减少径流、保持水土的功能,还有保护土壤结构、调节地温、抑制杂草等多种作用^[3]。这种覆盖技

* 收稿日期:2008-12-09

基金项目:国家科技支撑计划(2006BAD15B01-03);中国科学院农业项目(KSCX2-yw-N-46-04)

作者简介:张义(1984-),男,硕士研究生,从事土壤环境与果园生态环境调控研究。E-mail:zhangyi.zy@msn.com

通信作者:谢永生(1960-),男,研究员,从事土壤资源环境方面研究。E-mail:ysxie@ms.iswc.ac.cn

术自 400 多年前在我国黄土高原地区诞生以来,通过几百年的不断研究、改进,在我国西北地区得到了一定发展。虽然部分学者对砂石覆盖下橘园、苹果园等果园土壤水分影响作过研究,但研究的土层主要集中在表层和亚表层,缺乏对较深层次土壤水分的研究,而深层土壤水分对黄土高原地区果树生长发育及产量的形成具有重要的意义,在研究方法上大多采用静态的描述性方法,未能较好地揭示砂石覆盖条件下果园土壤水分的时空动态变化问题^[4-7]。选择陕西黄土高原苹果产区的旱地“雨养”果园,通过监测砂石覆盖条件下 2007 年 7 月至 2008 年 6 月果园的土壤水分,研究土壤水分在土壤剖面不同层次的分布及动态变化,以期改进土壤水分管理以及进一步调控果园环境提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验区自然概况

试验区位于陕西省长武县,地势平坦,土层深厚,是黄土高原南部典型的高原沟壑区。平均海拔 1 200 m,属暖温带半湿润大陆性易干旱气候区。年均气温 9.1℃,无霜期 171 d,多年平均降水量 584 mm,季节性分布不均,夏季多,冬季少,10℃活动积温 3 029℃,年日照时数为 2 230 h,日照率 51%,年辐射总量为 4 837 kJ/cm²。试验区土壤为黑垆土,质地为轻壤-中壤质,垒结疏松,降水的入渗深度最大可达 300 cm^[8],田间持水量(容积含水量,下同)24%~27%,萎蔫湿度(容积含水量,下同)9%~12%。塬面苹果园主要依靠天然降水,在降水时为果园补充水分。

1.2 试验材料

试验果园建园时间为 2000 年,主栽品种为长富,株行距 3.5 m×4 m,南北走向,砂石覆盖厚度为 5 cm,无灌溉条件。果园内果树生长健壮,树势中庸,管理一般。

1.3 试验时间及方法

试验从 2007 年 7 月至 2008 年 6 月,在每月 1 日和 15 日测定,若遇雨雪天气后延。用中子仪定位测定土壤含水量:中子仪采用美国 503DR 型中子仪,选择直径 10 cm、长 6.3 m 的铝制中子管作为监测材料。分层测定:0-100 cm 区间每 10 cm 测定一次,100-600 cm 区间每 20 cm 测定一次。重复 3 次,取平均值。

1.4 数据处理

月贮水量为 0-600 cm 范围内各层贮水量之和;每层土壤含水量为一周年 12 个月土壤每月每层

含水量的算术平均值。所用软件为 Microsoft Office Excel 2007。

用 DPS 3.0 软件计算土壤含水量的变幅、标准差及变异系数。

土壤贮水量计算公式 $D_w = v \cdot h^{[9]}$, 式中:
 D_w ——土壤贮水量(mm); v ——土壤容积含水量(如不特别指出,土壤含水量即指土壤容积含水量); h ——土壤厚度(mm)。

2 结果与分析

2.1 土壤剖面水分的年变化

土壤水贮量的变化,是土壤内部水分向上蒸散、向下渗透及大气降水共同作用、动态平衡的结果^[10]。由 0-600 cm 土层土壤贮水量的年变化(图 1)可以看出,砂石覆盖在一周年内土壤水分变化和清耕对比,具有一致的变化趋势及特点。在砂石覆盖条件下,土壤贮水量的高峰期在 2007 年 12 月到 2008 年 1 月,此时 0-600 cm 土壤贮水量在 1 560~1 567 mm 之间波动;土壤贮水量的最低值在 2007 年 7-9 月,此时 0-600 cm 土壤贮水量在 1 424~1 445 mm 之间波动。由此,可将土壤水分在时间上的变异分出冬季增墒期和夏季失墒期两个阶段。0-600 cm 土层除冬季增墒期外,其他各月的土壤贮水量均小于田间贮水量(1 560 mm)。说明一年当中,土壤因持水过多引起的水分重力下渗量是有限的。

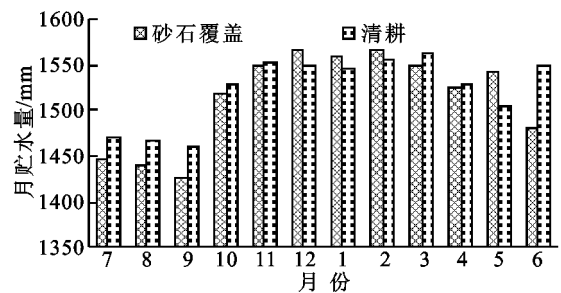


图 1 0-600 cm 土层土壤贮水量的年变化

2.2 土壤剖面水分空间分布特征

土壤水分的剖面特征受到土壤剖面特征、土壤质地、土壤表面状况、植被根系及农事活动等多种因素影响^[11-12]。大气降水是黄土高原地区土壤水分的唯一补充来源,降水量的大小决定降水的入渗深度^[13]。砂石覆盖土壤剖面水分分布图(图 2)表明,土壤剖面含水量随土壤深度的增加呈现出“增-减-增”的波动变化特点。且在每一变化阶段,土壤含水量的变化速率不同,土壤含水量变化幅度随土层深度增加而变小,这与清耕条件下果园土壤水分变化结果(图 2)一致。整个剖面土壤含水量在

20.85 % ~ 30.52 % 之间波动,含水量相对较高,没有明显的土壤干燥化现象。在 0 - 30 cm 土层范围内,土壤含水量随土壤深度的增加而提高,且增幅明显,这个过程主要体现土壤表层的蓄水能力,这表明砂石覆盖具有良好的蓄水保墒能力。在 30 - 280 cm 范围内,土壤含水量随土壤深度的增加而降低。其中,在 30 - 60 cm 范围内水分减少速率比 60 - 280 cm 范围内水分减少速率显著。土壤水分含量降低的过程,也是体现果园土壤保水能力的过程^[14]。在 280 - 600 cm 范围内,土壤含水量随土层深度的增加又表现为不断提高的趋势,但增幅较为平缓,表现出较为稳定的水分变化过程。该结果反映了大气降水、蒸发蒸腾和苹果根系分布状况以及相应的水分消耗区域对不同深度土壤剖面水分含量的影响。

土壤水分的相对稳定对稳定树势、增加产量和提高提高果实的品质具有极为重要的作用。表 1 为砂石覆盖下各层土壤水分储量的分布特征。可以看

出,随深度增加,土壤水分标准差和变异系数显著降低,说明随深度的增加土壤水分含量更加趋于稳定。据此可将土壤剖面划分为:0 - 60 cm 为速变层,说明表层土壤水分受大气降水和蒸发蒸腾的影响较大;60 - 100 cm 为相对稳定层;100 - 240 cm 为缓变层;240 cm 以下为稳定层,该层土壤水分受外界变化的影响很小,变异程度明显降低。

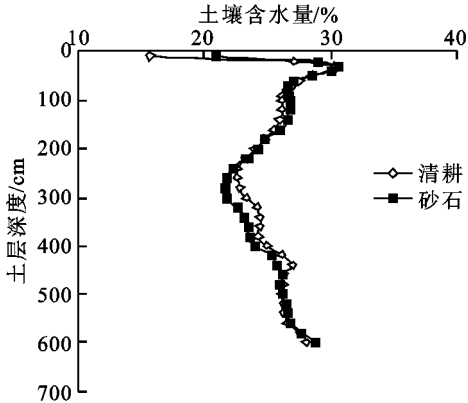


图 2 砂石覆盖土壤剖面水分分布

表 1 不同深度土壤水分特征值

土层深度/cm	年平均含水量/%	变幅/%	标准差/%	变异系数/%	土壤层次
0 - 60	27.63	21.51	4.54	16.45	速变层
60 - 100	26.61	9.59	2.56	9.63	相对稳定层
100 - 240	24.81	12.10	3.37	13.59	缓变层
240 - 600	24.84	2.40	0.75	3.11	稳定层

2.3 土壤水分在土壤剖面各层的年变化

对土壤剖面上 4 个层次土壤含水量随时间的变化,进行逐层逐月的土壤含水量分析(图 3),速变层(0 - 60 cm)受大气降水,蒸发蒸腾和人为活动的共同影响,含水量浮动较大,水分含量最大值出现在 10 月,为 32.02 %,最低值出现在 5 月,为 22.50 %,两者相差 9.52 %。虽然该层水分含量变化幅度较大,但在年周期内该层土壤水分含量都维持在田间持水量(27 %) ^[15] 上下,说明砂石覆盖能够提高土壤表层的蓄水保墒能力。与清耕相比,砂石覆盖条件下,土壤含水量高于清耕 3.87 %,说明砂石覆盖比清耕能够更好的保蓄土壤水分,并且在夏季失墒期作用更为明显,这使得砂石覆盖能够在降水量较大的情况下,比清耕贮存更多的水分,以供果树后续利用。同时,砂石覆盖土壤水分变异系数比清耕降低了 25.37 %,说明砂石覆盖能够稳定土壤水分,对稳定树势,增加产量及改善品质具有积极作用。

相对稳定层(60 - 100 cm)最高含水量在 10 月,为 30.99 %,最低含水量在 7 月,为 21.86 %,两者相差 9.13 %。该层受大气降水和人为活动影响减轻,受果树根系活动影响增强,月较差与速变层和缓变

层相比相对稳定,变异系数分别降低了 6.21 %, 15.65 %,但比稳定层变化幅度增大 77.80 %。该层土壤含水量超过田间持水量的月数与速变层相比减少 5 个月,反映出土壤水下渗能力减弱的趋势。与清耕相比,砂石覆盖仅能够提高土壤含水量 0.75 %,说明砂石对该层水分的保蓄能力明显减弱。但是,砂石覆盖土壤水分变异系数比清耕降低 5.76 %,表明砂石覆盖在该层起到稳定土壤水分的作用。

缓变层(100 - 240 cm)最高含水量为 27.61 % (12 月),最低含水量为 20.20 % (8 月),两者相差 7.41 %。该层水分含量受季节影响幅度减小,在时间上极值出现较浅层有延迟时间。该层的土壤水分含量只有冬季增墒期时能够达到田间持水量,产生下渗。与清耕对比,该层砂石覆盖处理能够使土壤含水量比清耕提高 0.89 %,变异系数降低 1.72 %,砂石覆盖的作用进一步减弱。

稳定层(240 - 600 cm)含水量最高值为 25.71 % (5 月),最低值为 23.91 % (9 月),两者相差 1.8 %。该层土壤水分变化缓慢,且受季节影响变化幅度很小,土壤含水量年周期内较为稳定,均小于 27 % 的田间持水量,但土壤水分极值出现时间较浅层明显

滞后。与清耕作对照,砂石覆盖对该层土壤水分的

影响已不起作用。

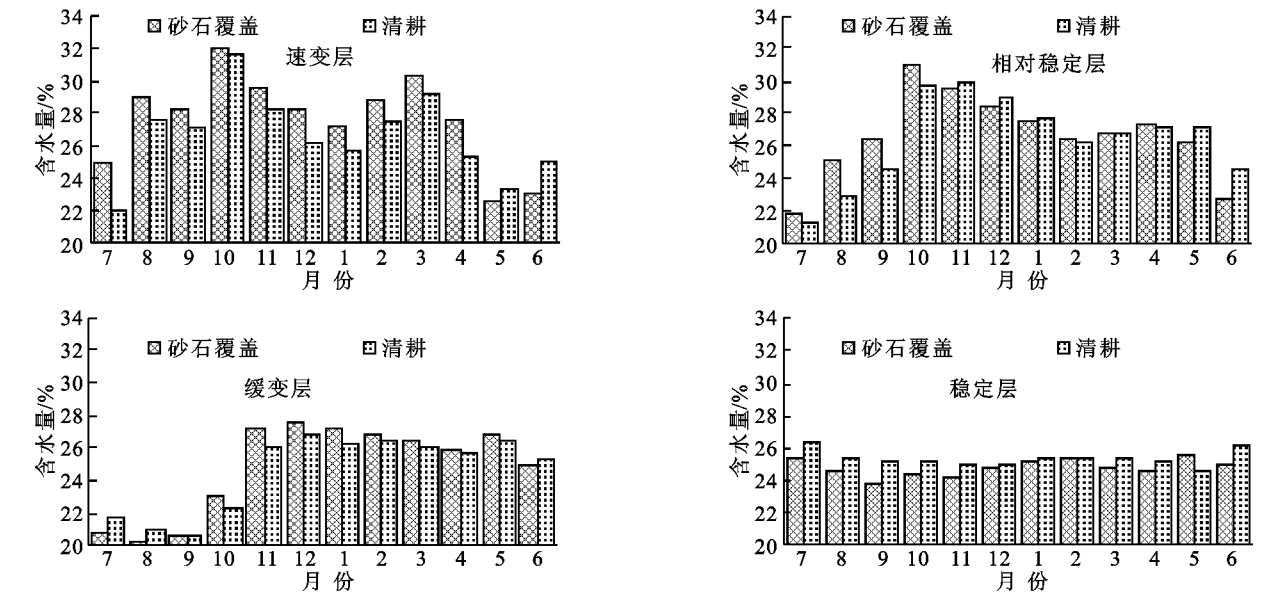


图 3 土壤剖面各层含水量的年变化

2.4 不同时间土壤水分在土壤剖面各层的分布

由不同时间土壤水分在土壤剖面上的分布(图 4)可以看出,8 月由于降水量大,土壤水分主要集中在剖面的速变层,而缓变层由于土壤水分下渗的滞后性和植物根系的吸收利用,该层水分在该时间段内含量最少。该时段内,土壤剖面的不同层次含水量最大差异为 8.83 %,变异系数为 14.61 %。11 月大气降水明显减少(仅为 1.7 mm),且随着上层水分的不断下渗,土壤剖面水分含量差异减小,不同层次含水量最大差异为 5.38 %,变异系数为 9.22 %。2008 年 1 月试验区内没有降水,且果树处于休眠期吸收水分减少,所以土壤剖面水分进一步平衡,最大含水量差异为 2.36 %,变异系数为 4.05 %。5 月由于经历了一个少雨期,导致土壤表层含水量减少,同时,由于前段时间是果树的休眠期,根系吸收土壤中水分的量也大为减少,导致该段时间内,土壤水分主要集中在剖面的中下层,稳定层的含水量达到了一年中的最大值。该时段不同层次间含水量最大差异为 4.41 %,变异系数为 7.71 %。

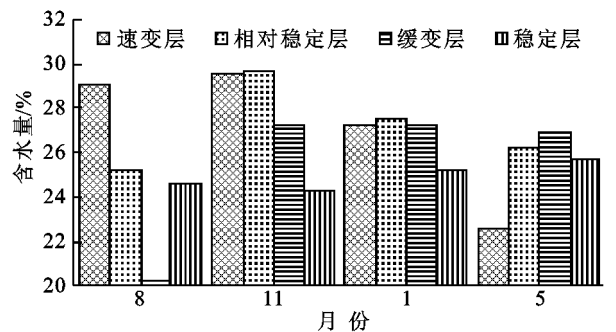


图 4 不同时间土壤水分在土壤剖面上的分布

通过以上分析,并结合表 2 得出,8 月土壤剖面

不同层次含水量差异最大,11 月次之,5 月再次之,1 月土壤不同层次含水量差异最小。

表 2 不同时间土壤水分在不同层次的变异特性

时间	最大变幅/ %	变异系数/ %
8 月	8.83	14.61
11 月	5.38	9.22
1 月	2.36	4.05
5 月	4.41	7.71

4 结 论

(1) 600 cm 土层范围内 7 月至次年 6 月的土壤贮水量年呈“减 - 增 - 减”的波动性变化。冬季土壤贮水量达到一年中的最大量,此段时间可称为冬季增墒期;夏季土壤贮水量为一年当中的最小贮量,称之为夏季失墒期。一年中,除冬季增墒期外,贮水量的变化主要受植物利用及土面蒸发制约。而在裸地上覆盖砂石能够有效的减少土面蒸发,有利于保蓄上层水分,稳定土壤水分含量。

(2) 土壤剖面水分空间分布随土壤深度的增加呈现出“增 - 减 - 增”的波动变化特点。且在每一变化阶段,土壤含水量的变化速率不同,土壤含水量变化幅度随土层深度增加而变小。该结果反映了大气降水、蒸发蒸腾和苹果根系分布状况以及相应的水分消耗区域对不同深度土壤剖面水分含量的影响。

(3) 根据土壤水分在土壤剖面上的变异程度,将 0 - 600 cm 范围内的土壤剖面分为速变层(0 - 60 cm)、相对稳定层(60 - 100 cm)、缓变层(100 - 240 cm)及稳定层(240 - 600 cm)。

(下转第 164)

地面积最大,因此其涵养水源总量最大,占 66%。总体来看,湟水河流域水源涵养林中云杉和青杨涵养水分能力最好。

4.2 建议

(1) 与湟水河流域现阶段的缺水量 3.94 亿 t 相比较,水源涵养林涵养水量远远不能满足该区域用水的需要。为增加该流域水资源总量、改善水质、保证工农业和城镇生活用水,必须加大水源涵养林建设工程,增加云杉、青杨的乔木林种植面积,在一定区域内恢复与重建森林生态系统,不断增强森林植被在水资源保护和配置中的作用。

(2) 加强现有天然林的保护,通过人工造林、封山育林、低效林分改造等措施,扩大森林面积,提高森林质量和生态功能,建设完善的水源涵养林管理体系。

(3) 进一步利用国家的生态补偿调节机制,调整生态环境保护和建设相关各方之间的利益关系,实现湟水河流域森林生态系统的可持续发展战略。

参考文献:

- [1] 王佑民. 我国林冠降水再分配研究综述[J]. 西北林学院学报, 2000, 15(3): 1-7.
- [2] 青海省林业局. 青海湟水河流域生态建设与保护发展

战略研究[Z]. 2006.

- [3] 赵串串, 董旭, 辛文荣, 等. 青海湟水河流域水土流失原因及防治措施分析[J]. 水土保持研究, 2008, 15(6): 200-203.
- [4] 青海省林业局. 青海省森林资源二类调查报告[R]. 2005.
- [5] 姜东涛. 森林生态效益估测与评价方法的研究[J]. 华东森林经理, 2000, 4(4): 14-19.
- [6] 李银霞. 祁连山自然保护区森林生物多样性经济价值评估[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2002.
- [7] 常宗强, 王金叶, 常学向, 等. 祁连山水源涵养林枯枝落叶层水文生态功能[J]. 西北林学院学报, 2001, 16(S): 8-13.
- [8] 刘硕. 青海省大通县主要造林树种枯落物水文效应研究[J]. 水土保持研究, 2008, 15(6): 105-107.
- [9] 张永涛. 黄前流域不同配置经济林防护林水源涵养功能与价值评估[D]. 泰安: 山东农业大学, 2005.
- [10] 张静, 常庆瑞. 渭北黄土高原不同林型植被对土壤肥力的影响[J]. 水土保持通报, 2006, 26(3): 26-28, 62.
- [11] 牛贇, 敬文茂. 祁连山北坡主要植被下土壤异质性研究[J]. 水土保持研究, 2008, 15(4): 258-260, 263.
- [12] 青海省统计局. 2006 青海统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2007.
- [13] 张向辉, 王清春, 李瀚, 等. 青海东峡林区森林生态系统服务功能及经济价值评估[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(4): 85-87.

(上接第 159 页)

(4) 与清耕相比,砂石覆盖能提高土壤水分含量及稳定性,但随土层深度的加深,作用逐渐减弱。

(5) 在年周期内,土壤水分在不同层次上分布差异,8 月土壤剖面不同层次含水量差异最大,11 月次之,5 月再次之,1 月土壤不同层次含水量差异最小。

参考文献:

- [1] 杨振锋, 丛佩华, 聂继云, 等. 我国苹果产业现状、存在问题及建议[J]. 北方果树, 2006(5): 34-36.
- [2] 郝淑英, 刘蝴蝶, 牛俊玲, 等. 黄土高原区果园生草覆盖对土壤物理性状、水分及产量的影响[J]. 土壤肥料, 2003(1): 25-27.
- [3] 平全荣. 旱地农业覆盖栽培技术研究应用进展与展望[J]. 山西农业科学, 2007, 36(2): 63-66.
- [4] 李会科, 赵政阳, 张广军. 种植不同牧草对渭北苹果园肥力的影响[J]. 西北林学院学报, 2004, 19(2): 31-34.
- [5] 兰彦平, 曹慧, 解自典, 等. 无芒雀麦对石灰岩旱地果园的保水效应[J]. 落叶果树, 2000(6): 15-16.
- [6] 徐明岗, 文石林, 高菊生. 红壤丘陵区不同种草模式的水土保持效果与生态环境效应[J]. 水土保持学报,

2001, 15(1): 77-80.

- [7] 赵政阳, 李会科. 黄土高原旱地苹果园生草对土壤水分的影响[J]. 园艺学报, 2006, 33(3): 481-484.
- [8] 郝明德. 黄土高原沟壑区农业生态经济系统研究[C]// 郝明德, 梁银丽. 长武农业生态系统结构、功能及调控原理与技术. 北京: 气象出版社, 1998: 3-14.
- [9] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 102.
- [10] 蒲金涌, 姚小英, 贾海源. 甘肃陇西黄土高原旱作区土壤水分变化规律及有效利用程度研究[J]. 土壤通报, 2005, 36(4): 483-486.
- [11] Smith A. J. Bryophyte Ecology [M]. London: Chapman, 1982: 59-104.
- [12] Michael J. Singer & Donald N. Munns. Soils: an introduction [M]. New Jersey: Upper Saddle River, 5th edition, 2002: 51-54.
- [13] 李洪建, 王孟本, 柴宝峰. 黄土高原土壤水分变化的时空特征分析[J]. 应用生态学报, 2003, 14(4): 515-519.
- [14] 冉伟. 渭北旱塬果园生态系统演变研究[D]. 杨陵: 西北农林科技大学, 2008: 27.
- [15] 王锐, 刘文兆, 李志. 黄土塬区 10 m 深剖面土壤物理性质研究[J]. 土壤学报, 2008, 45(3): 550-554.