

# 黄土丘陵区不同植被群落土壤水分研究

梁超, 郝文芳, 袁丁

(西北农林科技大学 生命科学学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:**在自然条件最为严酷的黄土高原半干旱丘陵沟壑区, 土壤水分是植物生长的主要限制因子, 而环境因子对土壤水分的影响是一个综合作用的过程, 不同的地理区域其相关的影响差异较大, 但就其某一具体地区而言存在着重点尺度和主控因子。对黄土丘陵区纸坊沟流域乔、灌、草植被群落的土壤水分进行了分析研究, 结果表明: 坡位、坡向、海拔是影响该区域土壤水分含量的主控因子; 而植被群落也会影响到土壤水分含量的变化, 但不能确定其为主控因子, 并且可以说明林龄不是影响该区水分含量的因素。

**关键词:**黄土丘陵区; 植被类型; 土壤水分

中图分类号: Q948.112.3

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)02-0103-04

## Study on the Soil Water of Different Vegetation Communities in the Loess Hilly-Gully Region

LIANG Chao, HAO Wen-fang, YUAN Ding

(College of Life Science, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** In the semi-arid hilly and gully area with most severe natural conditions on the loess plateau, soil moisture is the major factor limiting the growth of plants, and environmental factor influencing on soil moisture is a comprehensive process, the effects of different geographical areas are very distincted, but to the difference in a specific area of scale, the controlling factors exist emphases. The soil moisture of vegetation communities in Zhifanggou watershed of loess hilly-gully region was analyzed. It could be known that the slope positions, aspect, altitude are the main controlling factors of soil moisture content in this area. And vegetation communities will also affect the change of soil water content, but cannot be the dominant factor. And it also can tell us that the age of forest is not the factor affecting the moisture content.

**Key words:** loess hilly-gully region; vegetation type; soil moisture

黄土丘陵区地处黄河中游, 位于我国由东南湿润、半湿润气候向干旱、半干旱气候过渡的中间地带。长期以来由于自然和人为因素, 导致该区植被遭到严重破坏, 水土流失严重, 对人民的生活与生产建设造成严重的影响。恢复和重建黄土丘陵区植被一直是众多学者研究的重点。而水分是制约该区植被恢复与重建的关键性因子<sup>[1]</sup>。因此, 研究该区土壤水分显得至关重要。

关于土壤水分空间变异的研究倍受国内外学者的关注<sup>[2-5]</sup>。黄志刚等<sup>[6]</sup>指出降雨、地形和土地利用等环境因子影响到降雨的入渗、再分配以及蒸发蒸腾等水文过程, 从而使土壤水分分布不同。万素梅等<sup>[7]</sup>

认为在干旱、半干旱地区, 土壤水分的贮量和分布受土壤质地、土地覆盖、植被生长年限及气候条件的影响而不同。王延平等<sup>[4]</sup>研究表明在地形条件基本一致的情况下, 土壤水分的分布主要受大气降水、气候、植被类型和人为活动等因素决定。Famiglietti 等<sup>[8]</sup>通过研究指出土壤水分变异受到地形和土壤特性二者的综合影响, 其主要影响因子因条件的不同而出现差异, 湿润条件下孔隙度和导水率为主控因子, 干旱条件下相对海拔、坡向和黏粒含量的影响最为显著。DO dorico 等<sup>[9]</sup>研究表明土壤水分的概率密度分布曲线主要受降水、土壤和植被的综合影响。Entin 等<sup>[10]</sup>认为土壤水分的变异大尺度上主要决定于降雨

收稿日期: 2010-06-29

修回日期: 2010-09-19

资助项目: 中国科学院“西部之光”人才培养项目(2008DF02); 西北农林科技大学科研专项(07ZR031)

作者简介: 梁超(1984—), 男, 内蒙古四子王旗人, 在读硕士, 主要从事植被生态学研究。E-mail: lc090112@nwsuaf.edu.cn

通信作者: 郝文芳(1968—), 女, 陕西西乡人, 副教授, 主要从事植被生态学、植物生理方面的研究工作。E-mail: haowenfang@nwsuaf.edu.cn

和蒸发格局,小尺度上主要决定于土壤、地形、植被和根系结构。邱扬等<sup>[1]</sup>认为土壤水分含量的变化是由多重尺度上多因子综合作用的结果。

从目前的研究结果可以看出环境因子对土壤水分的影响是一个复杂的过程,不同的地理区域其相关的影响差异较大。本研究针对黄土丘陵区纸坊沟流域不同植被群落土壤水分的研究,旨在确定影响该区土壤水分的重点尺度和主控因子,为区域植被恢复与重建、实现生态环境的良性循环提供科学依据。

1 研究区自然概况

研究区设在地处陕北黄土高原丘陵沟壑区的安塞县,该区位于 105°51′44″—109°26′18″E,36°22′40″—36°32′16″N。海拔 997~1 731 m。地形复杂,梁峁

连绵,沟壑纵横,全县水土流失面积 2 832 km<sup>2</sup>,占总面积的 96%,是黄河中游水土流失重点县之一,也是西北典型生态环境脆弱区。安塞县属暖温带半干旱气候区,年平均降水量 500 mm,且分布不均匀,降雨集中。年均蒸发量 1 000 mm,无霜期 160~180 d,年日照时数 2 352~2 573 h,≥10℃积温 2 866℃,年均气温 8.9℃<sup>[12]</sup>。

2 研究方法

2009 年 7—8 月在陕西省安塞县纸坊沟流域,选取有代表性的 17 块样地,对其群落特征进行调查,测定其土壤含水量,取样深度为 0—500 cm 土层,每隔 20 cm 取一个样(设 3 个重复),采用烘干法测定水分含量。已选择的 17 个样地及样地概况见表 1。

表 1 样地概况

样地号	群落名	盖度/%	坡度/(°)	坡向	坡位	经纬度	海拔高度/m
1	达乌里胡枝子	47.5	0~5	阳坡	坡上部	36°51.264'N 109°18.94'E	1257
2	铁杆蒿	50.0	31	阳坡	坡上部	36°44.978'N 109°15.317'E	1107
3	冰草	63.5	19	阳坡	坡上部	36°51.281'N 109°18.936'E	1254
4	沙打旺	63.0	20	阳坡	坡上部	36°51.265'N 109°18.863'E	1280
5	茵陈蒿	43.0	25	阳坡	坡上部	36°51.289'N 109°18.948'E	1252
6	芦苇	43.0	13	阳坡	坡上部	36°51.153'N 109°18.786'E	1298
7	20 年柠条	—	25	阳坡	坡中部	36°44.894'N 109°15.218'E	1113
8	20 年柠条	—	23	阳坡	坡中部	36°45.760'N 109°15.528'E	1189
9	20 年柠条	—	19	阳坡	坡中部	36°45.779'N 109°15.569'E	1168
10	20 年柠条	—	21	半阴坡	坡中部	36°45.763'N 109°15.536'E	1176
11	20 年柠条	—	28	阴坡	坡中部	36°51.104'N 109°18.731'E	1286
12	10 年沙棘	—	13	阳坡	坡中部	36°44.972'N 109°15.103'E	1172
13	20 年沙棘	—	17	阳坡	坡中部	36°44.963'N 109°15.091'E	1154
14	30 年沙棘	—	19	阳坡	坡中部	36°51.232'N 109°18.815'E	1292
15	10 年刺槐	—	21	半阳坡	坡中部	36°44.932'N 109°15.223'E	1128
16	10 年刺槐	—	16	半阳坡	坡脚	36°44.996'N 109°15.308'E	1105
17	10 年刺槐	—	18	半阳坡	坡上部	36°44.937'N 109°15.210'E	1134

3 结果与分析

3.1 不同林龄沙棘群落的土壤水分变化

不同林龄的植被群落由于生理生态的变化,其土壤剖面水分含量随着林龄的增长而发生相应的变化。从图 1 可以看出,在土层深度为 0—120 cm 时,土壤水分含量的大小依次为 30 年沙棘群落、20 年沙棘群落、10 年沙棘群落。但在土层深度为 140 cm 以下水分含量随着林龄的增长而减小,并且深层土壤水分含量的变化趋于稳定。这可能是因为随着林龄的增长,植被的覆盖度、腐殖质含量增加,从而使土壤的孔隙度得到了更好的改善,提高了土壤的水分入渗速率,利于降雨的截流,但降雨的入渗深度有限。郭忠升等<sup>[13]</sup>指出在黄土高原半干旱地区降雨最大入渗深度为 100~150 cm,只能补偿土壤浅层水分,而深层水分随着时间的增长,会被林地及地上其它植物更多的吸收和利用。

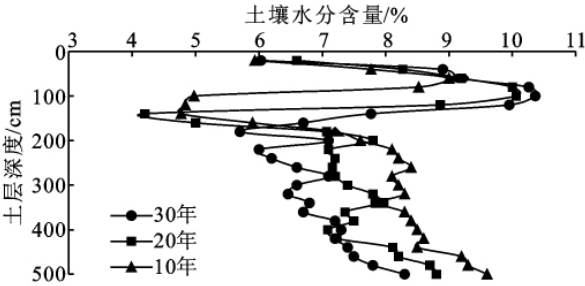


图 1 不同林龄沙棘群落土壤水分变化

对不同林龄沙棘群落的土壤水分含量进行方差分析显示:林龄的变化对土壤水分含量没有显著影响 ( $P>0.05$ ),所以从整体上来说林龄不是影响该区沙棘群落土壤水分含量的因素。

3.2 不同植被群落土壤水分变化

植被对土壤水分的变化具有适应性和反作用的特征,不同植被群落的土壤—植被—大气系统水分传输特征不同,必然造就不同的土壤水分环境<sup>[14]</sup>。植被群落不同,根系分布深度及密度具有很大的差异,导致土壤的蒸发和植被的蒸腾不同,所造成的土壤干燥化程度和土壤水分的分布也不同<sup>[6]</sup>。

图 2 为不同植被群落的土壤水分变化,这些群落位于阳坡且都处在坡上部。从图 2 中可以看出,不同植被群落其土壤水分含量随着植被群落的不同而变化。在土层深度为 0—120 cm 时,表现为芦苇群落土壤水分含量相对较高,而达乌里胡枝子群落水分含量相对较低。主要原因是达乌里胡枝子群落盖度小,植被单一,缺少枯枝落叶和草被的覆盖,并且群落地表层土壤紧实,不利于降雨入渗。而芦苇群落植被复杂,地表层土壤松软,更容易截流降雨。张扬等<sup>[15]</sup>指

出植被恢复过程中通过根系的穿插作用和对土壤性质的改善,从而提高雨水入渗速率,而土壤浅层水分主要依靠降雨的补偿。

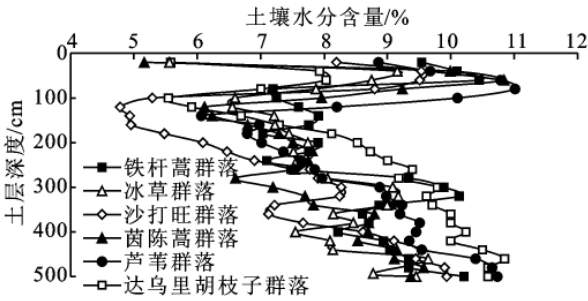


图 2 不同植被群落土壤水分变化

随着土层深度的增加,不同植被群落土壤水分含量变化较为复杂,达乌里胡枝子群落和冰草群落土壤水分含量较高;而沙打旺群落水分含量较低。因为达乌里胡枝子和冰草地上生物量小,植被蒸腾量也小,土壤水分的消耗量少;而沙打旺群落盖度较大,其较大的地上生物量以及较深的根系分布使得植被蒸腾量也大。程积民等<sup>[16]</sup>研究表明在黄土丘陵区沙打旺根系分布较深且土壤水分的消耗深度与根系的分布相一致。

对不同植被群落土壤水分含量进行方差分析,结果显示植被群落对土壤水分含量存在极显著影响 ( $P<0.01$ )。并且达乌里胡枝子群落和芦苇群落土壤水分含量与冰草群落、沙打旺群落的土壤水分含量有极显著差异 ( $P<0.01$ )。综上所述,可以说说明植被群落是影响该区土壤水分含量的一个因素,但不能确定其为主控因子。因为其对水分含量的影响受植被特征和生境状况的综合作用。

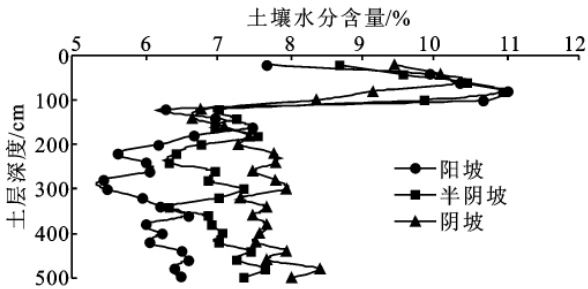


图 3 不同坡向柠条群落土壤水分变化

3.3 不同立地条件土壤水分的变化

3.3.1 不同坡向的柠条群落土壤水分变化 由于不同坡向太阳辐射强度不同,从而使得地表土壤蒸发和植物蒸腾的不同,导致土壤水分状况的差异。从图 3 中可以看出,都处于坡中部且位于不同坡向的 20 年柠条群落土壤水分状况为:阴坡>半阴坡>阳坡。这与许喜明等<sup>[1]</sup>、易亮等<sup>[17]</sup>研究结果相一致。马非等<sup>[18]</sup>指出在半干旱黄土高原丘陵区蒸散是土壤水分的主要输出变量。由于蒸腾的强度不同,所以随着土壤深度的增加,土壤水分变化表现为:阴坡>半阴坡>阳坡。

通过方差分析,结果显示坡向对土壤水分含量存在极显著影响( $P<0.01$ ),并且不同坡向的土壤水分含量有极显著差异( $P<0.01$ )。可以确定坡向是影响该区柠条群落土壤水分含量的主控因子。

3.3.2 不同坡位的刺槐群落土壤水分变化 从图 4 中可以看出,位于同一坡向但处于不同坡位的 10 年刺槐群落土壤水分变化情况。在土层深度为 0~160 cm 时,水分含量为坡脚>坡上部>坡中部。这主要是与降水下渗和地表蒸发有关。在该区降雨是土壤水分补给的主要方式,坡脚一方面可缓解径流加大降水下渗速率,另一方面风力较小,可降低地表蒸发,所以土壤水分含量较高。在影响坡位水分含量的这两个因素中,降水的入渗起主要作用,而坡中部坡度较大更容易形成径流,不利于降水的下渗,故水分含量低于坡度较小的坡上部。

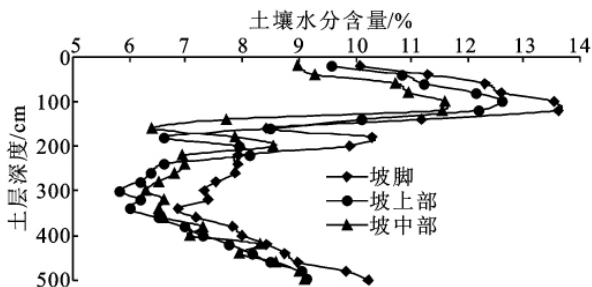


图 4 不同坡位刺槐群落土壤水分变化

在 160 cm 以下,水分含量表现为坡脚>坡中部>坡上部。造成的原因主要是土壤中的水分往低处运移。陈云明等<sup>[13]</sup>对黄土丘陵半干旱区人工沙棘林研究表明降水到达林地后,一部分入渗到土壤形成土壤水,另一部分则形成地表径流,向坡下部流动,就同一坡面而言,坡下部接受的降水相对较多。

方差分析结果显示坡位对土壤水分含量存在极显著影响( $P<0.01$ ),并且坡脚土壤水分含量与坡中部、坡上部相比存在极显著差异( $P<0.01$ ),而坡上部与坡中部土壤水分含量差异不显著( $P>0.05$ )。故坡位是影响该区刺槐群落土壤水分含量的主要因子或主控因子。

3.3.3 不同海拔高度的柠条群落土壤水分变化 图 5 为位于同一坡向相同坡位而海拔高度不同的 20 年柠条群落土壤水分含量变化情况。可以看出表层土壤水分含量的变化,并没有随着海拔高度的增加而表现出相应的变化规律。主要是因为表层更容易受到太阳辐射、地表蒸发等气候条件的影响。但随着土壤深度的增加,水分含量的变化与海拔高度之间有着明显的趋势,在土壤深度为 180 cm 以下,随着海拔高度的增加,水分含量的变化呈现减小趋势。这可能与高海拔土壤水分下渗损失大,而较低海拔土壤可获得其

较高海拔土壤下渗水分的补充有关。

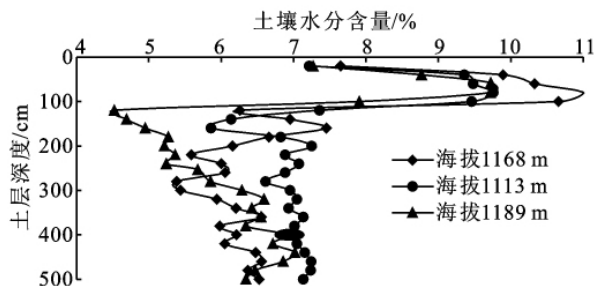


图 5 不同海拔柠条群落土壤水分变化

其方差分析结果显示海拔对土壤水分含量存在极显著影响( $P<0.01$ ),并且海拔为 1168 m 的群落土壤水分含量与海拔为 1113 m、海拔为 1189 m 的群落相比存在显著差异( $P<0.05$ ),而海拔为 1113 m 与海拔为 1189 m 的群落土壤水分含量差异达到了极显著( $P<0.01$ )。可以说明海拔高度也是影响该区柠条群落土壤水分含量的主要因子。

## 4 结论

(1)林龄不是影响该区沙棘群落土壤水分含量的因素;而植被群落是影响该区土壤水分含量的一个因素,但不能确定其为主控因子。

(2)处于同一坡位不同坡向的柠条群落土壤水分状况为:阴坡>半阴坡>阳坡,可以确定坡向是影响该区柠条群落土壤水分含量的主控因子;处于同一坡向不同坡位的刺槐群落,位于坡脚的群落土壤水分含量高与其它坡位群落,故坡位是影响该区刺槐群落土壤水分含量的主要因子或主控因子。

(3)随着海拔高度的增加,柠条群落深层土壤水分含量的变化呈现减小趋势。可以说明海拔高度是影响该区柠条群落深层土壤水分含量的主要因子。

### 参考文献:

- [1] 许喜明,陈海滨,原焕英,等.黄土高原半干旱区人工林地土壤水分环境的研究[J].西北林学院学报,2006,21(5):60-64.
- [2] 胡相明,赵艳云,程积民,等.云雾山自然保护区环境因素对土壤水分空间分布的影响[J].生态学报,2008,28(7):2964-2971.
- [3] 王俊,刘文兆,胡梦琚.黄土丘陵区小流域土壤水分时空变异[J].应用生态学报,2008,19(6):1241-1247.
- [4] 王延平,邵明安,张兴昌.陕北黄土区陡坡地人工植被的土壤水分生态环境[J].生态学报,2008,28(8):3769-3778.
- [5] 邱扬,傅伯杰,王军,等.黄土丘陵小流域土壤水分时空分异与环境关系的数量分析[J].生态学报,2000,20(5):741-747.

致谢:对宁夏贺兰山自然保护区管理局的工作人员和宁夏大学西北退化生态系统恢复与重建研究中心的璩向宁和刘秉儒老师在野外工作中的帮助表示衷心感谢!

参考文献:

[1] 苏志尧,陈北光,古炎坤,等. 广州白云山风景名胜区几种森林群落枯枝落叶层的持水能力[J]. 华南农业大学学报,2002,23(2):84-85.

[2] 薛立,何跃君,屈明,等. 华南典型人工林凋落物的持水特性[J]. 植物生态学报,2005,29(3):415-421.

[3] 申卫军,彭少麟,周国逸,等. 马占相思与湿地松人工林枯落物层的水文生态功能[J]. 生态学报,2001,12(5):846-850.

[4] 庞学勇,包维楷,张咏梅. 岷江上游中山区低效林改造对枯落物水文作用的影响[J]. 水土保持学报,2005,20(4):119-122,155.

[5] 程金花,张洪江,史玉虎,等. 三峡库区几种林下枯落物的水文作用[J]. 北京林业大学学报,2003,25(2):8-13.

[6] 王佑民. 中国林地枯落物持水保土作用研究概况[J]. 水土保持学报,2000,15(4):108-113.

[7] 何亚平,费世民,蒋俊明,等. 四川长宁竹林凋落物的蓄水功能研究[J]. 北京林业大学学报,2006,26(5):35-40.

[8] 高人,周广柱. 辽宁东部山区几种主要森林植被类型枯落物层持水性能研究[J]. 沈阳农业大学学报,2002,33(2):115-118.

[9] 饶良懿,朱金兆,毕华兴. 重庆四面山森林枯落物和土壤

水文效应[J]. 北京林业大学学报,2005,27(1):33-37.

[10] 常雅军,曹靖,马建伟,等. 秦岭西部山地针叶林凋落物持水特性[J]. 应用生态学报,2008(11):2346-2351.

[11] 曹鹤,薛立,梁丽丽,等. 3 种生态公益林凋落物的持水特性[J]. 土壤通报,2009,40(1):54-57.

[12] 赵鸿杰,谭家得,张学平,等. 南亚热带 3 种人工松林的凋落物水文效应研究[J]. 西北林学院学报,2009,24(5):54-57,139.

[13] 刘尚华,冯朝阳,吕世海,等. 京西百花山区 6 种植物群落凋落物持水性能研究[J]. 水土保持学报,2007,22(6):179-182.

[14] Valachovic Y S, Caldwell B A, Cromack K, et al. Leaf litter chemistry controls on decomposition of Pacific Northwest trees and woody shrubs[J]. Canadian Journal of Forest Research, 2004,34:2131-2147.

[15] Moore T R, Trofymow J A, Prescott C E, et al. Patterns of carbon, nitrogen and phosphorus dynamics in decomposing foliar litter in Canadian forests[J]. Ecosystems, 2006,8:1-18.

[16] Parton W, Silver W L, Burke I C, et al. Global-scale similarities in N release patterns during long-term decomposition[J]. Science, 2007,315:361-364.

[17] 任向荣,薛立,曹鹤,等. 3 种人工林凋落物的持水特性[J]. 华南农业大学学报,2008,29(3):47-51.

[18] 李倩茹,许中旗,许晴,等. 燕山西部山地灌木群落凋落物积累量及其持水性能研究[J]. 水土保持学报,2009,24(2):75-78.

(上接第 106 页)

[6] 黄志刚,欧阳志云,李锋瑞,等. 南方丘陵区不同坡地利用方式土壤水分动态[J]. 生态学报,2009,29(6):3136-3146.

[7] 万素梅,贾志宽,韩清芳,等. 黄土高原半湿润区苜蓿草地土壤干层形成及水分恢复[J]. 生态学报,2008,28(3):1045-1051.

[8] Famiglietti J S, Rudnicki J W, Rodell M. Variability in surface moisture content along a hillslope transect: Rattle-snake Hill Texas[J]. Journal of Hydrology, 1998, 210:259-281.

[9] DO dorico P, Ridolfi L, Porporato A, et al. Preferential states of seasonal soilmoisture: The impact of climate fluctuations[J]. Water Resource Research, 2000, 36: 2209-2219.

[10] Entin J K, Robock A, Vinnikov K Y, et al. Temporal and spatial scales of observed soilmoisture variations in the ex-tropics[J]. Journal of Geophysical Research, 2000, 105:11865-11877.

[11] 邱扬,傅伯杰,王军,等. 土壤水分时空变异及其与环境

因子的关系[J]. 生态学杂志,2007,26(1):101-107.

[12] 马祥华,白文娟,焦菊英,等. 黄土丘陵沟壑区退耕地植被恢复中的土壤水分变化研究[J]. 水土保持通报, 2004,24(5):19-23.

[13] 郭忠升,邵明安. 半干旱区人工林草地土壤旱化与土壤水分植被承载力[J]. 生态学报,2003,23(8):1640-1647.

[14] 王力,卫三平,吴发启,等. 黄土丘陵沟壑区土壤水分环境及植被生长响应[J]. 生态学报,2009,29(3):1543-1553.

[15] 张扬,赵世伟,梁向锋,等. 黄土高原土壤水库及其影响因素研究评述[J]. 水土保持研究,2009,19(2):147-151.

[16] 程积民,万惠娥,王静,等. 黄土丘陵区沙打旺草地土壤水分过耗与恢复[J]. 生态学报,2004,24(12):2979-2983.

[17] 易亮,李凯荣,张冠华,等. 黄土高原人工林地土壤水分亏缺研究[J]. 西北林学院学报,2009,24(5):5-9.

[18] 马非,张亚红,谢应忠. 半干旱黄土高原丘陵区不同植被条件下土壤水分研究进展[J]. 农业科学研究,2007, 28(1):76-79.