

黄土丘陵沟壑区退耕地植被恢复中的 土壤水分变化研究

马祥华, 白文娟, 焦菊英, 焦峰

(中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 选择了黄土高原安塞县境内的纸坊沟、县南沟、西沟、郭阳湾等不同流域, 对黄土丘陵沟壑区退耕地植被恢复过程中的土壤水分变化规律进行了研究。研究表明, 随着退耕年限的增长, 60 cm 以下土层的土壤水分含量逐渐减少; 对于不同地形条件的土壤含水量, 阴坡 > 半阴坡 > 阳坡, 坡下 > 坡中 > 坡上, 并且随着坡度的增大, 土壤含水量减小; 不同的植被类型土壤水分含量也不同, 在选择的草地、灌木地、林地 3 种植被类型中, 以草地的土壤含水量最高, 林地最小, 灌木地介于两者之间; 从恢复方式看, 自然恢复的土壤水分含量相对较高, 人工恢复的土壤水分含量相对较低, 自然+ 人工恢复介于两者之间。另外, 对于同一种植被类型, 生物量越大, 土壤水分含量越小。

关键词: 黄土丘陵沟壑区; 退耕地; 植被恢复; 土壤含水量

文献标识码: B

文章编号: 1000—288X(2004)05—0019—05

中图分类号: S 152.75

Variation of Soil Water in Abandoned Lands During Vegetation Restoration in Hilly and Gully Regions on Loess Plateau

MA Xiang-hua, BAI Wen-juan, JIAO Ju-ying, JIAO Feng

(*Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences
and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, Shaanxi Province, China*)

Abstract: The variation of soil water in the process of vegetation restoration on abandoned lands in Zhifang-gou, Xiannangou, Xigou and Guoyangwan watersheds of the loess hilly and gully region was studied. The results show that soil water content below 60 cm depth gradually decreases with increasing time since land was left to regenerate. Results of the soil water content evaluation for different topographies suggest: the soil water content on north-facing slopes is higher than that on south-facing slopes; the soil water content at the lower slopes of hills is higher than that at upper slopes of hills; and soil water content decreases with the increasing slope gradient. The soil water content under different types of vegetation differs: soil water content under grassland is relatively high and that under woodland is relatively low. Results for soil water content for different vegetation restoration measures suggest soil water content under natural restoration is higher than that under manual restoration. In addition, it was found that the greater the biomass, the lower the soil water content.

Keywords: loess hilly and gully regions; abandoned lands; restoration of vegetation; soil water content

土壤水分是制约黄土高原地区植被恢复与重建的主要限制因子, 也是决定土壤生产力的一个重要因素^{1-2]}。随着国家西部大开发战略的提出, 以退耕还林还草为核心的生态建设在西部全面展开^{3]}, 对黄土高原退耕地的土壤水分状况研究, 对黄土高原的生态建设具有重要的指导意义。前人对黄土高原土壤水分的特性, 黄土高原不同植被类型、不同地形和不同的

土地利用结构类型对土壤水分的影响等进行了研究^[4-5]。然而, 以上的这些研究大多是基于自然荒地或种植土地进行的, 而对退耕地植被恢复过程中土壤水分变化规律研究不够系统深入。因此, 本文结合野外试验及所采集的数据对黄土丘陵沟壑区退耕地植被恢复过程中的土壤水分变化进行研究, 以为黄土高原退耕地的植被恢复提供科学依据。

收稿日期: 2004-02-24

资助项目: 国家自然科学基金(40271074)

作者简介: 马祥华(1980—), 男(汉族), 河南周口人, 在读硕士, 研究方向为水土保持以及植被恢复与环境效应评价。电话(029) 87019327,

E-mail: Jason3116@sohu.com。

1 研究区概况

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 997~1731 m。地形复杂, 梁峁连绵, 沟壑纵横, 全县水土流失面积 2832 km², 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 左右, 且分布不均匀, 降雨集中。年平均蒸发量 1000 mm, 无霜期 160~180 d 左右, 年日照时数 2352~2573 h, 10 积温 2866, 年均气温 8.9。土壤以黄绵土为主, 约占总面积的 95%。境内植被较差, 地上植被以蒿类、白草为主, 灌木以蔷薇、胡枝子等居多, 林木主要以天然次生林、人工林为主, 森林覆盖率为 17.7%^[9]。

2 研究方法

本研究以野外调查观测采样与室内分析相结合的方法, 研究退耕地植被恢复过程中不同退耕年限、不同恢复方式、不同植被类型、不同地形以及不同生物量的土壤水分变化情况。在安塞县境内的纸坊沟、县南沟、西沟、郭阳湾等不同流域选择有代表性的样地, 对不同的退耕年限、不同坡度、同一坡度不同坡向、同一坡向不同坡位以及不同的植被类型等进行取土采样、植被样方调查以及地上生物量的采集, 并以坡耕地作为对照。土壤水分调查采用土钻法, 取土深度 500 cm, 每隔 20 cm 取土一次, 土壤水分的测定采用烘干法。植被样方调查主要调查植被的种类、生长状况和盖度等, 样方大小草本为 2 m × 2 m, 灌木为 5 m × 5 m, 乔木为 10 m × 10 m。

3 结果与分析

3.1 不同退耕年限的土壤水分变化

在退耕地植被恢复过程中, 随着退耕年限的不断增长, 土壤水分含量发生了相应的变化。图 1 为退耕地植被恢复过程中不同退耕年限的土壤含水量变化。可以看出, 在 0—60 cm 土层, 恢复 10 a 和 50 a 的土壤平均含水量分别为 7.48% 和 10.67%, 两者相差 3.19%, 由于随恢复年限的增长, 植被盖度增加, 并且表层的腐殖质含量较高, 故而土壤水分含量随恢复年限的增长而增加; 而恢复 2 a 的土壤水分含量介于中间可能与退耕前的耕作措施有关。在 60 cm 以下土层的土壤含水量随恢复年限的增加而不断减小, 并且随着恢复年限的增长, 深层土壤水分含量有逐步趋于稳定的趋势。造成这一趋势的主要原因是随着恢复年限的

延长, 植被的耗水量也随之增加, 特别是在干早期, 植物的强烈蒸腾导致深层储水因补充调节植物需水的作用而逐渐减小^[10]。当有降雨时, 土壤表层的水分亏缺得到补充, 但由于该地区的特殊条件所导致的小降雨量, 却不能使深层的土壤水分得到应有的补充, 进而使得土壤深层的土壤水分含量较小, 长期的干旱还可能导致土壤干层的出现。

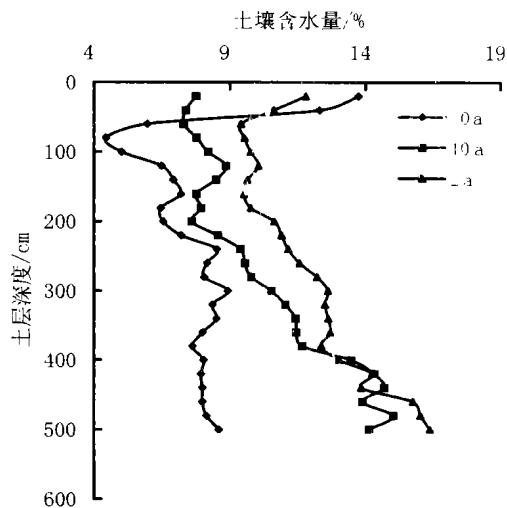


图 1 不同恢复年限的土壤水分剖面

3.2 不同植被类型的土壤水分变化

植被类型不同, 根系分布深度及密度具有很大的差异, 从而土壤的蒸发和植被的蒸腾不同, 由此引起的土壤干燥化程度和土壤水分的分布也不同。一般地, 多年生植被生育期强, 根系分布较深, 年蒸发蒸腾量大于一年生植被^[11]。图 2 显示了退耕地植被恢复过程中不同植被类型的土壤水分变化情况。可以看出, 土壤水分含量随植被类型的不同而不同。林地、灌木以及草地三者的土壤水分含量都小于对照坡耕地的土壤水分含量, 而林地、灌木地和草地三者相比较而言, 林地的土壤水分含量最小, 草地的土壤水分含量最大, 灌木地介于两者之间。三者在 0—40 cm 的土壤水分得到雨水补充后, 能够得到恢复。在 40—500 cm 土层, 林、灌、草地的平均土壤含水量分别为 3.93%, 5.80%, 7.93%。林地的土壤含水量相对较小主要是由于林地表层土壤密实, 林下缺少枯枝落叶和草被, 不利于截留降雨, 加之树木根系较深和树冠蒸腾及耗水量较大所致; 而草地的土壤含水量相对较高主要是因为草本植被与林木相比具有较浅的根系和较小的冠层, 故其蒸腾和耗水较小; 另外, 随着植被恢复的不断进行, 草被覆盖度的不断增加和大量枯枝落叶层的累积减少了地面径流和地表蒸发, 增加了土壤的入渗和保水能力。

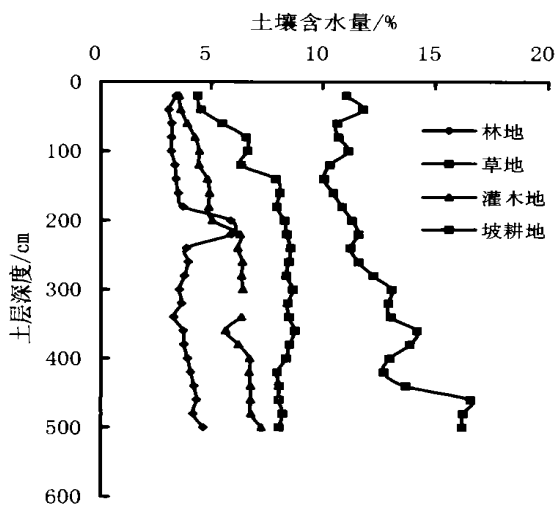


图2 不同植被类型的土壤水分剖面

3.3 同一植被类型不同生物量的土壤水分变化

从图3中可以看出,退耕地植被恢复过程中具有不同生物量的同种植被类型的土壤水分含量不同,具有较大生物量的退耕地的土壤水分含量较低。相反,具有较小生物量的退耕地土壤含水量较高。在所取3样地的生物量分别为 58.47, 168.08, 200.04 中,生物量相差 109.61 g/m^2 和 141.57 g/m^2 时, 60—260 cm 和 260—400 cm 土层的平均土壤含水量分别相差 1.69%、4.89% 和 3.09%、6.44%。从水量平衡原理看,植被生物量的不同所导致的土壤含水量不同,主要是因为植被的生物量大,消耗的土壤水分就大,土壤水分含量就低,而植被的生物量小,消耗的土壤水分也小,土壤水分含量就大。这就要求在退耕还林还草等生态建设中,应根据土壤水分状况适当调整林草的种植密度。

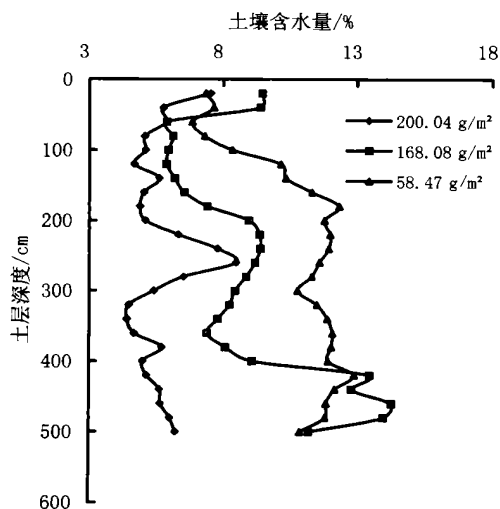


图3 同种植被类型不同生物量的土壤水分剖面

3.4 不同恢复方式的土壤水分变化

在退耕地的植被恢复过程中,由于采取不同的恢复方式对土壤的干扰力度和远度不同^[12],使得土壤水分含量也发生较大差异。图4为不同的恢复方式下,退耕地植被恢复过程中土壤水分的变化规律。可以看出,自然恢复、自然+人工恢复以及人工恢复3种不同的恢复方式,土壤水分含量不同,其中以自然的恢复方式土壤水分含量最高,人工恢复方式土壤水分含量最低,而自然+人工恢复方式介于两者之间。对于人工与自然2种恢复方式,0—400 cm 和 400—500 cm 土层的平均土壤含水量分别为 6.33%、7.33% 和 12.49%、16.29,两者分别相差 6.16% 和 8.96%,并且自然恢复的土壤含水量的垂直变幅为 7.56%,人工恢复者为 3.29%,前者比后者大 4.27%。这主要是因为纯人工恢复对土地的干扰破坏较大,从而影响了土壤的理化性质,使得土壤含水量较小;而自然+人工的恢复方式,在自然恢复的基础上,采取适当的人为干预措施对退耕地进行恢复,可以改善土壤的理化性质,提高土壤的持水性能,从而使土壤水分含量相对较高。纯自然恢复是一种理想的恢复方式,几乎没有干扰,它是靠自身的恢复去改善土壤的理化性质而提高土壤水分含量,但是这种恢复方式所需的时间较长,速度较慢。因此,这3种恢复方式相比,自然+人工恢复是退耕还林(草)中所采取的一种较为合理的恢复方式,它不但改善了土壤水分状况,还缩短了恢复时间。

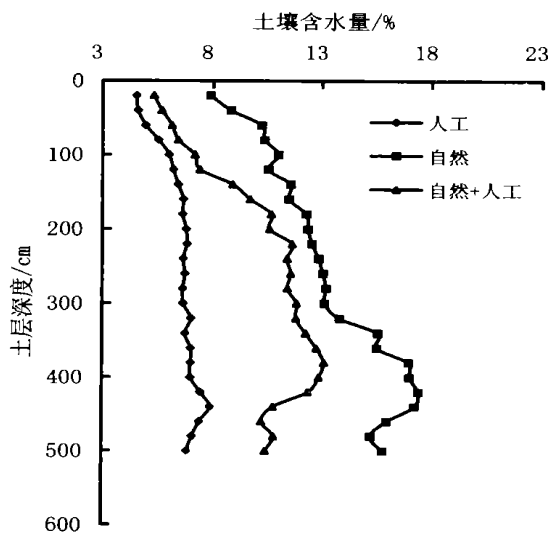


图4 不同恢复方式的土壤水分

3.5 地形对土壤水分的影响

黄土丘陵沟壑区地形因素对降水起着再分配的决定作用,从而形成了土壤水分状况不同的小生境,而这些小生境之间在土壤水分等方面的差异,可影响

到造林种草的成效^[13]。因此研究退耕地植被恢复过程中地形对土壤水分的影响,可为退耕还林还草工程的实施提供科学依据。

3.5.1 不同坡度的土壤水分变化 在退耕地的植被恢复过程中,由于坡度不同,降雨后的径流速度和径流量不同,入渗的速率不同,土壤含水量也不同^[13-14]。图 5 为不同坡度下的土壤剖面的水分变化情况。从图 5 中可以看出,随着坡度的增加,土壤含水量不断减小。这主要是因为随着坡度的增加,降雨就地入渗率减少,径流量增加,在相同的蒸发蒸腾潜力下,土壤含水量则减少。在 60—440 cm 的土层中,坡度为 8°, 20° 和 30° 的平均土壤含水量分别为 11.27%, 8.37%, 5.72%; 并且在 60—300 cm 土层,所取的 3 种坡度的土壤含水量都呈现出增加的趋势,而在 300—480 cm 土层,土壤含水量则呈现出减小的趋势,并且 480 cm 以下又有增加的趋势。

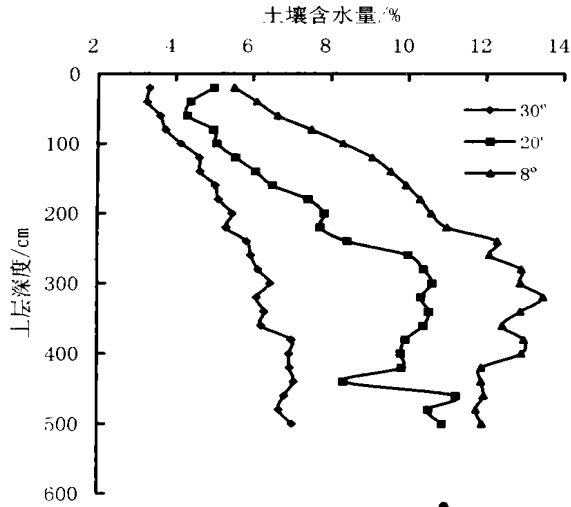


图 5 不同坡度的土壤水分剖面

3.5.2 同一坡度不同坡向的土壤水分变化 不同坡向坡面由于接收太阳辐射能力不同,造成地温不同,因而土壤蒸发和植被的蒸腾水分的量也就不同,造成了土壤含水量的不同^[14-15]。图 6 是退耕地植被恢复过程中同一坡度不同坡向的土壤水分变化,可以看出,在选取的 3 种坡向中,以阴坡的水分含量最高,而阳坡的水分含量最低,半阴坡介于两者之间。在 0—500 cm 土层中,阴坡平均土壤含水量比半阴坡高 2.69%,比阳坡高 3.97%,而在 60—300 cm 的土层中,阴坡平均土壤含水量比阳坡高 3.34%; 并且在 300—500 cm 土层,阴坡土壤平均含水量为 13.98%,阳坡的平均含水量为 8.13%,两者相差 5.85%。这就要求在植树造林的过程中,要根据物种对水分的需求选择适合种植位置。

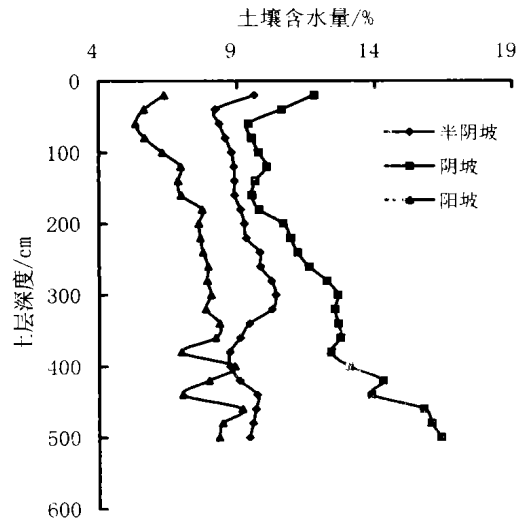


图 6 同一坡度不同坡向的土壤水分剖面

3.5.3 同一坡向不同坡位的土壤水分变化 黄土高原丘陵沟壑区同一坡向不同坡位,由于梁峁部位拦截降雨量的不同及热量分布不均,使得土壤含水量有一定的差异。图 7 为退耕地植被恢复过程中同一坡向不同坡位的土壤水分变化,从中可以看出,所选取的 3 个部位中,土壤水分含量大小总的趋势是:下部 > 中部 > 上部。这主要是因为,在梁峁上部的风力大,太阳辐射多,因而土壤不仅物理蒸发大,而且主要以降水补充为主,径流补充相对较少,造成土壤水分含量相对较低;相反,在梁峁下部其风力小,太阳辐射较小,所以不仅土壤的物理蒸发少,而且除降水补充外还能获得上坡的径流补充,造成土壤水分相对较高^[16-17]。

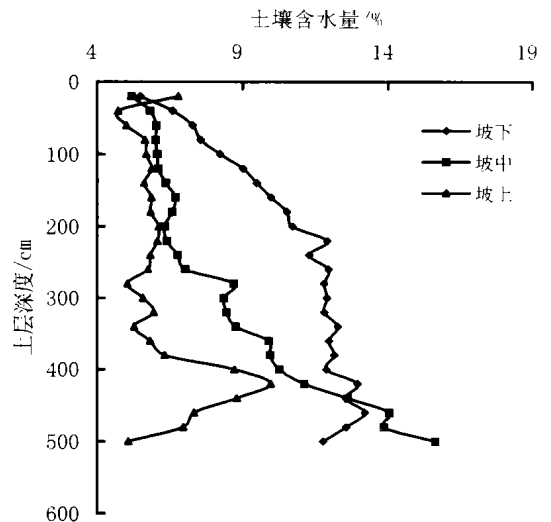


图 7 同一坡向不同坡位的土壤水分剖面

在0—40 cm土层中上部土壤水分含量大于下部,这可能是由于地表植被以及微地形的影响所致;在40—440 cm土层中,上部、中部和下部的平均土壤含水量分别为6.24%,7.92%和10.86%,上、下部位相差4.62%;而在440—500 cm土层中,上部和下部的土壤水分含量开始减少,并且上部减小的幅度大于下部,而中部的土壤水分含量却一直增加,这是因为发生的降水在还没有进行深层渗透时就在重力作用下流向中部,又由于较小的降雨量,所以又不能将中部的深层水分向下部深层土壤传递。

4 结 论

以上分析表明,在黄土丘陵沟壑区退耕地植被恢复过程中,不同的恢复年限、不同的植被类型、不同的地形条件以及不同的恢复方式等都对土壤水分含量产生了深刻的影响。

(1) 一般地,随着植被恢复年限的不断增长,60 cm以下土层土壤水分含量不断减小;并且随着恢复年限的增长,深层土壤水分有趋于稳定的趋势。

(2) 对于不同地形的土壤水分含量,阴坡>半阴坡>阳坡,坡下部>坡中部>坡上部,并且随着坡度的不断增大,土壤水分含量不断减小。

(3) 对于不同植被类型的土壤水分含量,草地>灌木地>林地,并且在同一种植被类型中,土壤水分含量随其生物量的增加而减少。

(4) 对于不同恢复方式的土壤水分含量,自然恢复>自然+人工恢复>人工恢复。

因此,在黄土高原的生态环境建设中,要充分考虑不同地形、不同植被类型、不同恢复方式等对土壤水分的影响,因地制宜,合理布局,选择适宜的树草种和密度,以充分利用黄土高原有限的水资源,从而有效地实施黄土高原的退耕还林还草工程。

[参 考 文 献]

- [1] 胡良军,邵明安.黄土高原植被恢复的水分生态环境研究[J].应用生态学报,2002,13(8):1045—1048.
- [2] 傅伯杰,王军,王克明.黄土丘陵区土地利用对土壤水分的影响[J].中国科学基金,1999(4):225—227.
- [3] 许育彬,周桂莲.西部大开发中耕作制度的发展对策[J].西北农业学报,2003,12(2):44—47.
- [4] 王志强,刘宝元,海春兴,等.晋西北黄土丘陵区不同植被类型土壤水分分析[J].干旱区资源与环境,2002,16(4):53—57.
- [5] 赵世伟,周印东,吴金水.子午岭北部不同植被类型土壤水分特征研究[J].水土保持学报,2002,16(4):119—122.
- [6] 刘梅,蒋定生,黄国俊,等.不同坡面位置土壤水分差异规律分析[J].水土保持通报,1990,10(2):16—20.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 高旺盛,董孝斌.黄土高原丘陵沟壑区脆弱农业生态系统服务评价——以安塞县为例[J].自然资源学报,2003,18(2):182—188.
- [10] 黄明斌,杨新民,李玉山.黄土高原生物利用型土壤干层的水文生态效应研究[J].中国生态农业学报,2003,11(3):113—116.
- [11] 何福红,黄明斌,党廷辉.黄土高原沟壑区小流域土壤水分空间分布特征[J].水土保持通报,2002,22(4):6—9.
- [12] 张伟华,关世英,李跃进,等.不同恢复措施对退化草地土壤水分和养分的影响[J].内蒙古农业大学学报,2000,21(4):31—35.
- [13] 田均良,梁一民,刘普灵.黄土高原丘陵区中尺度生态农业建设探索[M].郑州:黄河水利出版社,2003.147—185.
- [14] 韩蕊莲,侯庆春.延安试区刺槐林地不同立地条件下土壤水分变化规律[J].西北林学院学报,2003,18(1):74—76.
- [15] 徐学文,刘文兆,高鹏,等.黄土丘陵区土壤水分空间差异性探讨[J].生态环境,2003,12(1):52—55.
- [16] 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.
- [17] 邱扬,傅伯杰,王军,等.黄土丘陵小流域土壤水分的空间异质性及其影响因子[J].应用生态学报,2001,12(5):715—720.