

基于熵权法的黄土丘陵区贺庄沟流域土壤水分分析

林 坤¹, 焦 峰^{1,2}

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

摘 要: 该研究首次将熵权法应用于分析坡度、坡向、坡位及土地利用类型对土壤水分权重的影响, 通过对黄土丘陵区贺庄沟流域土壤水分各影响因子在不同土层深度下的权重分析, 描述各影响因子对土壤水分的影响程度。结果表明: 在土壤水分速变微利用层(0–20 cm), 各因子的影响程度依次为: 坡度> 坡位> 坡向> 土地利用类型, 坡向和土地利用类型的影响相差不大; 在活跃利用层(20–60 cm), 依次为: 土地利用类型> 坡位> 坡度> 坡向; 在次活跃层(60–200 cm), 依次为: 坡位> 坡度> 土地利用类型> 坡向, 从而为小流域恢复生态建设等提供科学的理论依据。

关键词: 小流域; 熵; 熵权; 土壤水分

中图分类号: S157.9

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)03-0191-03

Analysis of Soil Moisture Based on Entropy Method in the Hezhuangou Basin on the Loess Hilly Region

LIN Kun¹, JIAO Feng^{1,2}

(1. College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and the Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The entropy method was first used to compute the ratio of effect factors on soil moisture in this research. We described the impact of the various factors on soil moisture through the weight analysis of them in different soil depths in the Hezhuangou Basin on the Loess Hilly Region. The results showed that in the fast changed and micro-used depth of soil moisture (0–20 cm), the order of weight of the various factors is: slope> slope position> aspect> land use type, the affectation of the aspect and the land use type is almost the same; In the active effective-used depth of soil moisture (20–60 cm), it is land use type> slope position> slope> aspect; In the less active depth of soil moisture (60–200 cm), it is slope position> slope> land use type> aspect. Based on this, it provided a theoretical basis for the restoration of the ecological construction in the small watershed.

Key words: small watershed; entropy; entropy weight; soil moisture

土壤水分是影响作物生长和植被恢复的重要因子。由于降水稀少, 蒸发强烈, 地表水资源极其匮乏, 而且地下水通常埋深达 40~100 m^[1], 植物很难能够利用, 所以土壤水是极为宝贵而且有限的水资源, 是决定该区生态系统结构和功能的关键因子, 对植被生长和旱作农业具有重要的意义^[2]。土壤水分状况对土壤物理性质和植被生长状况有重要影响^[3-5], 是决定土壤生产力的一个重要因素^[6]。以小流域水行为、生态效应及其优化调控为主线, 深入了解流域水文生态特征, 有助于持续、扎实地推进生态环境建设^[7]。由于小流域地形起伏, 加上土地利用条件的不

同, 形成多种多样的土壤水分再分配的微域分异。在黄土高原丘陵沟壑区, 坡向、坡位和土地利用类型是影响土壤水分时空变异最重要的 3 个因子^[8-9], 因此, 研究黄土丘陵区各因子对土壤水分的影响程度有重要意义。本研究拟通过对贺庄沟流域不同土层深度下土壤水分影响因子的权重分析, 定量描述各影响因子对土壤水分的影响程度, 从而为小流域恢复生态建设等提供科学的理论依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 流域概况

贺庄沟流域位于延河流域安塞县, 地处东经 108°

收稿日期: 2011-03-22

修回日期: 2011-05-18

资助项目: 中国科学院西部之光项目(2009y236); 国家自然科学基金项目(40871246)

作者简介: 林坤(1985–), 女, 河北省徐水县人, 硕士研究生, 从事 GIS 与水土保持研究。E-mail: linkunhebei@163.com

通信作者: 焦峰(1967–), 男, 陕西三原人, 博士, 副研究员, 主要从事 GIS 应用、水土保持与环境效应监测评价研究。E-mail: Jiaof11@126.com

52°35′–109°04′30″, 北纬 37°02′00″–37°05′45″, 流域面积 80 km², 地形地貌复杂多样, 境内沟壑纵横、川道狭长、梁峁遍布, 山高、坡陡、沟深, 属典型的黄土丘陵区。土壤类型为黄土母质上发育而成的黄绵土, 土质疏松, 抗蚀抗冲性差, 土壤侵蚀剧烈, 水土流失严重。流域内自然植被破坏殆尽, 垦殖指数较高, 土地利用以农耕地、果园、天然草地、灌木林和乔木林为主。

表 1 贺庄沟流域立地类型划分

影响因子	乔木林	灌木林	草地	果园	农耕地
坡向	阳坡	半阳坡	半阴坡	阴坡	无坡向
坡位	135°~225°	90°~135°, 225°~270°	45°~90°, 270°~315°	0°~45°, 315°~0°	0°
坡度	0°~5°	5°~10°	10°~15°	15°~25°	>25°

1.2.2 数据采集 采用断面采样法, 样点间隔 100 m, 充分照顾立地类型。土钻法采样, 烘干法(105℃)测定^[10], 测深 2 m, 取样间隔 20 cm。采样的同时记录采样地点的经纬度、土地利用类型、高程、坡度、坡位和主要植被类型等基本信息。采样时间为 2010 年 7 月。

1.2.3 土壤水分剖面划分 根据相关文献将贺庄沟流域 0–200 cm 土壤剖面水分分布分为速变微利用层(0–20 cm)、活跃利用层(20–60 cm)、次活跃利用层(60–120 cm)、次活跃调节层(120–200 cm)^[11–12]。

1.2.4 熵权法确定权重系数 在大多数评价问题中, 权重的确定都受到主观因素的影响, 评价结果不统一, 也没有可比性。属性识别模型是以属性集理论和属性测度为基本概念, 在有序分割类和属性识别准则的基础上, 能对事物进行有效的识别和比较分析。该模型在一定程度上减小了主观因素的影响^[13–14]。运用基于熵权法进行土壤水分综合评价的基本思路: 首先分别计算样本各评价指标的属性测度及其权重系数, 利用加法原则求出样本的属性测度, 最后根据置信度准则和评分准则对样本进行分类、比较和排序。本研究运用熵值法确定各评价指标的权重系数, 对贺庄沟流域土壤水分进行多因素综合评价^[15–17]。

2 结果与分析

2.1 土壤水分不同影响因子在速变微利用层的影响

由图 1 可以看出, 0–20 cm 土层深度下, 坡度的熵权值最大, 为 0.329; 其次分别为坡位(0.265)、坡向(0.209)和土地利用类型(0.198)。这说明, 在速变微利用层, 坡度对土壤水分的影响最大, 其次为坡位、坡向, 土地利用类型的影响程度最小。在地表, 降雨对土壤表层水分的影响远远高于植被对其影响。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, 从而影响土壤水分。通常,

1.2 研究方法

1.2.1 立地类型划分 在贺庄沟流域, 水分亏缺是限制这一地区林业等发展的主要障碍因素之一。因此, 该地区在进行立地分类时, 以影响土壤水分的主导环境因子作为依据, 在此主要是指影响植被生长的坡向、坡位和坡度因子。贺庄沟流域立地类型划分见表 1。

在其他条件相同的情况下, 坡度越大, 土壤水分状况越差。坡位影响水分在坡面的蒸发、入渗、汇集等水分的再分配过程。坡向影响坡面接受太阳辐射能量的数量, 而在表层, 其影响相对降雨入渗也很小, 比土地利用类型的影响更大。

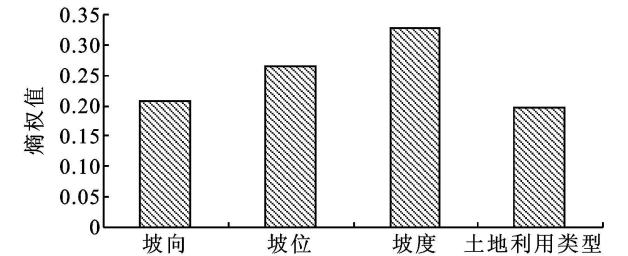


图 1 0–20 cm 土层深度土壤水分不同影响因子的熵权

2.2 土壤水分不同影响因子在活跃利用层的影响

由图 2 可以看出, 20–60 cm 土层深度下, 土地利用类型的熵权值最大, 为 0.269; 其次分别为坡位(0.255)、坡度(0.247)和坡向(0.229)。这说明, 在活跃利用层, 土地利用类型对土壤水分的影响最大, 其次为坡位、坡度, 坡向的影响程度最小。这是因为该层为植物根系主要分布的范围, 降雨从上层渗入的水分大都储存在该层, 是林木根系直接利用水分的范围^[12]。植被的根系对水分的吸收利用程度在 20–60 cm 土层差异最大, 而坡位影响降雨的汇集。降水的影响相对 0–20 cm 土层有所减弱, 所以影响接收降雨有效面积的坡度的影响也相对减小。坡向对土壤水分的影响最不明显。

2.3 土壤水分不同影响因子在次活跃利用层的影响

由图 3 可以看出, 60–120 cm 土层深度下, 坡位的熵权值最大, 为 0.305; 其次分别为坡度(0.273)、土地利用类型(0.222)、和坡向(0.199)。这说明, 在次活跃利用层, 坡位对土壤水分的影响最大, 其次为坡度、土地利用类型, 坡向的影响程度最小。这是因

为, 相对 20– 60 cm 土层, 此时植被的根系吸水对土壤水分的影响程度减弱。相反, 坡位和坡度的影响程度就相对有所提升。

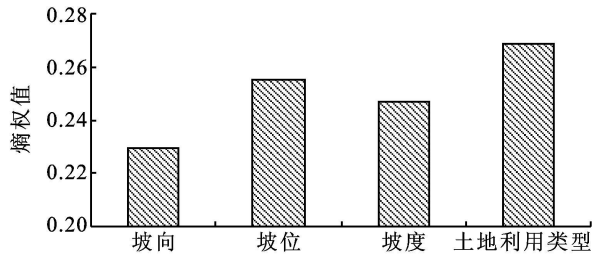


图 2 20—60 cm 土层深度土壤水分不同影响因子的熵权

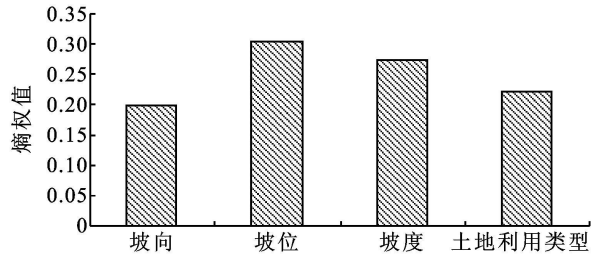


图 3 60—120 cm 土层深度土壤水分不同影响因子的熵权
2.4 土壤水分不同影响因子在次活跃调节层的影响

由图 4 可以看出, 120– 200 cm 土层深度下, 坡位的熵权值最大, 为 0.313; 其次分别为坡度 (0.273)、土地利用类型 (0.210) 和坡向 (0.204)。这说明, 在次活跃调节层, 坡位对土壤水分的影响最大, 其次为坡度、土地利用类型, 坡向的影响程度最小。这与 60– 120 cm 土层深度下各影响因子的影响一致。

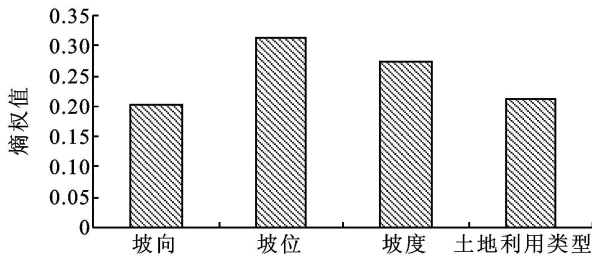


图 4 120—200 cm 土层深度土壤水分不同影响因子的熵权

3 结语

在速变微利用层, 坡度对土壤水分的影响最大, 其次为坡位、坡向, 土地利用类型的影响程度最小, 坡向和土地利用类型的影响相差不大; 在活跃利用层, 土地利用类型对土壤水分的影响最大, 其次为坡位、坡度, 坡向的影响程度最小; 在次活跃层, 坡位对土壤水分的影响最大, 其次为坡度、土地利用类型, 坡向的影响程度最小。

坡向对土壤水分的影响在 2 m 以内都较小。土地利用类型除在活跃利用层对土壤水分的影响相对较大以外, 其它都比较小, 这与黄奕龙等^[18]的研究结果一致。坡位和坡度对土壤水分的影响明显要高于

土地利用类型和坡向的影响, 这与刘世梁等^[19]的研究结果一致。而坡位对土壤水分的影响, 除阶顶和沟台地外, 坡上、坡中和坡下部分都受到坡度的影响。因此, 提高小流域土壤水分的有效措施就是调整立地的坡度。

参考文献:

- [1] 李玉山. 黄土高原森林植被对陆地水循环影响的研究[J]. 自然资源学报, 2001, 16(5): 427-432.
- [2] 卫三平. 土壤干化的水文生态效应[J]. 水土保持学报, 2007, 21(5): 123-127.
- [3] 李代琼, 姜峻, 梁一民, 等. 安塞黄土丘陵区人工草地水分有效利用研究[J]. 水土保持研究, 1996, 3(2): 66-74.
- [4] 穆兴民. 黄土高原水土保持措施对土壤水分的影响[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(4): 39-44.
- [5] 杨文治, 邵明安. 黄土高原土壤水分研究[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [6] 郎南军. 金沙江流域高原山地系统分异规律的分析研究[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(2): 31-38.
- [7] 刘文兆. 小流域水分行为、生态效应及其优化调控研究方面的若干问题[J]. 地球科学进展, 2000, 15(5): 541-544.
- [8] Western A W, Grayson R B, Blschi G, et al. Observed spatial organization of soil moisture and its relation to terrain indices[J]. Water Resources Research, 1999, 35(3): 797-810.
- [9] Famiglietti J S, Rudnicki J W, Rodell M. Variability in surface moisture content along a hill slope transect: Rattlesnake Hill, Texas[J]. Journal of Hydrology, 1998, 210(1/4): 259-281.
- [10] 张北赢. 黄土丘陵区不同土地利用方式下土壤水分分析[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(2): 96-99.
- [11] 韩仕峰, 李玉山, 张孝中, 等. 黄土高原地区土壤水分区域动态特征[J]. 水土保持研究, 1989(1): 161-167.
- [12] 李俊, 毕华兴, 李孝广, 等. 晋西黄土残塬沟壑区不同植被类型土壤水分动态研究[J]. 水土保持研究, 2006, 13(6): 65-68.
- [13] 李萍. 基于熵权法赋权的区域耕地整理潜力评价[J]. 中国农学通报, 2007, 23(6): 536-541.
- [14] 王倩. 基于熵权法的兰州市耕地整理潜力综合评价[J]. 甘肃农业大学学报, 2009, 44(6): 123-127.
- [15] 邱苑华. 管理决策与应用熵学[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [16] 王彬. 熵与信息[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 1994.
- [17] 杨芳. 基于熵权的属性识别模型在土壤重金属污染评价中的应用[J]. 环境保护科学, 2008, 34(6): 57-60.
- [18] 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(3): 334-342.
- [19] 刘世梁, 郭旭, 东连钢, 等. 黄土高原土壤养分空间变异的多尺度分析: 以横山县为例[J]. 水土保持学报, 2005, 19(5): 105-108.