

闽西典型红壤区降雨侵蚀力变化特征研究

高 翠^{1,2}, 查 轩^{1,2}, 黄少燕^{1,2}

(1. 福建省亚热带资源与环境重点实验室, 福州 350007; 2. 福建师范大学 地理科学学院, 福州 350007)

摘 要: 闽西典型红壤区土壤侵蚀较为严重, 尤其是长汀、宁化等县, 属国家级水土流失重点治理区。以闽西地区 1980—2009 年 10 个站点的降雨资料为基础, 计算其降雨侵蚀力 R 值, 研究了该区域降雨侵蚀力的时空分布特征。结果表明: 闽西典型红壤区 10 个站年内降雨侵蚀力分布主要集中在 3—8 月, 呈弱双峰式分布; R 值年际间变化较大, 1983 年最大达 $525.31 \text{ (MJ} \cdot \text{mm)/(hm}^2 \cdot \text{h)}$, 1991 年最小为 $155.63 \text{ (MJ} \cdot \text{mm)/(hm}^2 \cdot \text{h)}$, 最大值是最小值的 3.38 倍; 年降雨侵蚀力在 30 a 内未出现明显的突变现象; 降雨侵蚀力空间分布不均匀, 总体趋势为北部由东向西递增, 南部由东南、西南向中间递减。

关键词: 闽西地区; 降雨侵蚀力; 变异系数

中图分类号: S157

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2013)02-0033-05

Study on the Characteristics Rainfall Erosivity Changes of the Typical Red Soil Region in Western Fujian

GAO Cui^{1,2}, ZHA Xuan^{1,2}, HUANG Shao-yan^{1,2}

(1. Key Laboratory of Subtropical Resources and Environment, Fujian Province, Fuzhou 350007, China; 2. College of Geography Science, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

Abstract: The soil erosion in typical red soil region of western Fujian is serious, especially in Changting, Ninghua county, etc. This area belongs to national key soil and water loss control region. The data from 10 sites of rainfall from 1980 to 2009 in Western Fujian was used to calculate the rainfall erosivity R and the temporal and spatial distribution characteristics of the regional rainfall erosivity was studied. It turned out that rainfall erosivity distribution in 10 stations in typical red soil region of western Fujian mainly concentrated from March to August. It's a weak bimodal type distribution. The interannual change of R was large. The largest R was $525.31 \text{ (MJ} \cdot \text{mm)/(hm}^2 \cdot \text{h)}$ in 1983, the smallest R was $155.63 \text{ (MJ} \cdot \text{mm)/(hm}^2 \cdot \text{h)}$ in 1991. The largest was 3.38 times of the smallest. Annual rainfall erosivity in 30 years did not appear obvious abrupt change. The spatial distribution of rainfall erosivity was uneven. The overall trend was the increase from the east to the west in the west part, and the decrease from the southeast and southwest to the intermediate in the south part.

Key words: western Fujian; rainfall erosivity; variable coefficient

降雨侵蚀力是判断降雨引起土壤侵蚀的潜在能力, 是决定土壤侵蚀程度的重要因素之一^[1], 也是通用土壤流失方程 USLE^[2] 和 RUSLE^[3] 中的一个最基本的计算参数, 用 R 值表示, 为降雨动能总量与时段最大雨强的乘积: $\sum E \cdot I_n$, 或者是基于时段最大降雨动能与时段最大雨强的乘积 $E_n \cdot I_n$ 的降雨侵蚀力算式组合。威斯奇迈尔 (Wischmeier) 等经过研究发

现, 降雨动能 E 和最大 30 min 雨强 I_{30} 的乘积 EI_{30} 与土壤流失量的相关性最好, 确定了经验公式^[4]: $R = \sum E \cdot I_{30}$ 。降雨侵蚀力与降雨量、降雨强度、降雨动能等有关, 因而造成侵蚀程度的差异。许建金和黄和炎^[5] 通过实验研究认为降雨量不同, 土壤侵蚀量亦不同, 两者呈现正相关关系; 耿晓东等^[6] 通过研究得出, 产沙率的大小和变化与降雨强度密切相关; 周佩芳

等^[7]提出雨滴溅蚀作用是引起片蚀的主要侵蚀力;章文波^[8]认为,降雨量和降雨强度的年际变化共同决定降雨侵蚀力的年际变化规律等方面的研究均是对降雨侵蚀力的构成因素的探讨。基于此,很多学者对降雨侵蚀力进行了大量研究。王万忠^[9]确定了黄土高原的降雨侵蚀力指标是 $E_{60}I_{10}$;刘文耀^[10]确定了云南昭通盆地的侵蚀力指标为 EI_{15} ;周伏建^[11]等研究出福建省降雨侵蚀力指标为 $R = \sum EI_{60}$ 或 $R = PI_{60}$;黄炎和等^[12]推断出闽南地区的最佳降雨侵蚀力 R 指标为: $R = \sum EI_{60}$ 。在对不同区域降雨侵蚀力的研究中,降雨侵蚀力计算公式总是离不开降雨动能 E 和降雨强度 I 的参与,虽然这种算法精确度较高,但数据很难获取,因此许多学者都在致力于寻找其他算法。降雨量资料比较容易获得,目前基于降雨量的 R 值算法较多。章文波、谢云等^[13-16]利用降雨量资料对我国北方地区降雨侵蚀力进行了探讨,但对南方红壤区 R 值的研究较少。闽西地区是福建省乃至南方红壤丘陵区水土流失严重的区域,尤其是以长汀为首的县市,生态环境极其脆弱,生态修复与重建困难大、任务重,需要加强对该区降雨侵蚀力特征的研究。因此,本文利用闽西地区各气象站较完整的降雨量资料来计算降雨侵蚀力,探讨降雨侵蚀力的时空变化特征,旨为该区域水土流失预测预报及水土保持规划提供依据。

1 自然地理概况

研究区位于福建省西部,地跨三明、龙岩两个地级市,包括龙岩、漳平、永安、长汀、宁化、连城、上杭、永定、武平和清流 10 个县市,面积约 23 096.08 km² (图 1)。该区位于武夷山东南部,地势西高东低,北高南低,地形以山地、丘陵为主。地处南亚热带季风

气候区,各地的年平均降水量 1 000~2 500 mm。据各气象站的观测资料统计,降水的季节分布为:3—4 月为春雨季,平均降水量 120.9~200.8 mm;5—6 月为梅雨季,平均降水量 221.42~289.5 mm,以上两个雨季的降水占年总降水量的 27%~35%;7—9 月为台风雷阵雨季,平均降水量 199.5~245.4 mm;10 月至次年 2 月为干季,5 个月降水量为 129.7~186.4 mm,仅占年总降水量的 16%~23%。该地区花岗岩发育的土壤分布面积广,易发生水土流失。

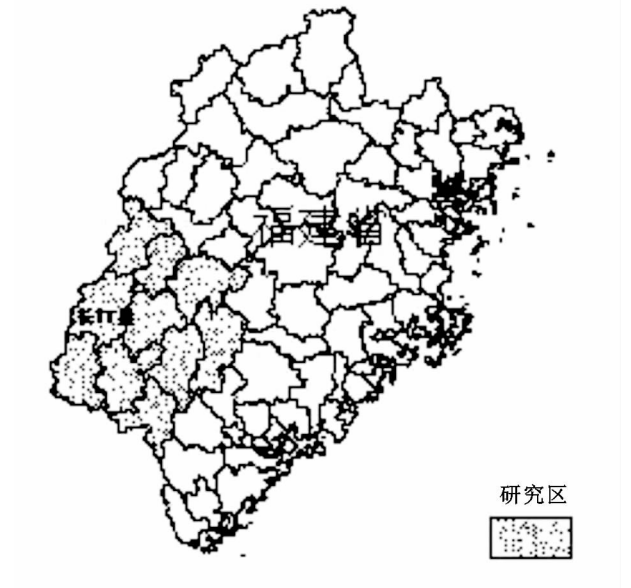


图 1 研究区地理位置

2 资料与方法

2.1 资料

本研究的降雨资料来源于福建省闽西地区各县雨量代表站中选取的 10 个典型站点 1980—2009 年 30 a 的逐日降雨序列。因清流站资料缺乏,部分值经反距离加权插值获得。各站点的基本情况见表 1。

表 1 代表站点基本情况

编号	县/市	站名	北纬	东经	海拔/m	年平均降雨量/mm
1	长汀	观音桥	25°50′	116°23′	396	1696.17
2	宁化	宁化	26°15′	116°39′	336	1812.68
3	永安	永安	25°58′	117°22′	208	1474.73
4	连城	杨家坊	25°21′	116°37′	385	1657.74
5	漳平	漳平	25°17′	117°25′	277	1520.66
6	龙岩	东兴	25°04′	117°02′	334	1689.48
7	武平	中山	25°01′	116°02′	260	1680.12
8	上杭	上杭	25°03′	116°25′	280	1613.62
9	永定	永定	24°44′	116°44′	238	1602.73
10	清流	清流	26°10′	116°49′	354	1739.49

2.2 模型与方法

黄炎和等通过回归分析得到福建省东南部基于降雨量的降雨侵蚀力算法,取得了较好的效果。所

以,本文选用黄炎和等提出的月降雨侵蚀力 R 值简便算式^[17]:

$$R_{月} = 0.0016P_i^{1.9288}$$

(1)

将年内各月降雨侵蚀力 R 值累加得年 R 值公式为:

$$R_{\text{年}} = \sum_{i=1}^{12} 0.0016 P_i^{1.9288} \tag{2}$$

式中: R ——降雨侵蚀力指标(英制单位); P ——各月降雨总量(mm)。利用上述式(1)~(2)对月、年降雨资料进行分类统计, 求出各个气象站月降雨侵蚀力和多年年平均降雨侵蚀力。

本文在计算闽西地区 R 值的基础上, 采用统计分析、M—K 突变分析和 ArcGIS 空间模块差值等方法对闽西地区降雨侵蚀力突变、时空变化特征进行分析。

3 结果与分析

3.1 降雨侵蚀力年内分布

降雨侵蚀力 R 值与降雨量(P)密不可分。由图 2 可知, 研究区 1980—2009 年月平均降雨量和降雨侵蚀力均随月份的变化呈现出弱双峰式分布。表现为 1 月份降雨侵蚀力较低, 从 2 月份开始降雨侵蚀力逐步上升, 至 6 月份达到最高值, 之后降雨侵蚀力开始逐步下降大约在 7 月下旬又上升, 8 月出现次高值后再次下降, 至 10—12 月份降雨侵蚀力又恢复低值。从月平均降雨分布来看, 具有侵蚀性的降雨主要集中在 3—8 月份, 月平均降雨量只有 7 月份均在 150 mm 以上, 占年降雨量的 75.54%。6 月份最大为 254.99 mm, 占全年的 15.53%; 从月平均降雨侵蚀力 R 值来看, 最大值也出现在 6 月份为 82.43 (MJ·mm)/(hm²·h), 占全年的 20.57%, 而在 8 月份再次出现次峰值。这些变化特征与研究区所处的地理位置及降雨特征有关, 闽西地区位于福建省, 地处我国东南, 临近海洋, 降雨主要集中在春夏季。每年春夏之交, 进入梅雨季节降雨较多, 8 月受台风影响雨水多, 其他月份降雨量小, 而且雨强低, 降雨侵蚀力较小。

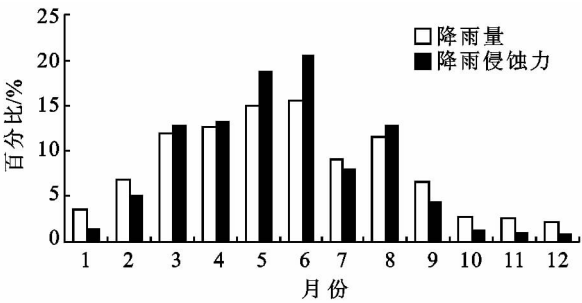


图 2 月平均降雨量和降雨侵蚀力年内分布

从季节变化来看, 研究区降雨侵蚀力随季节变化而出现类似波动。两者主要集中在春夏两季, 秋冬较小。春夏季 3—8 月连续 6 个月的降雨侵蚀力占全年高达 86.33%, 明显高于同期降雨量(75.54%)的百

分比。据此可知, 月平均降雨量越大, 月平均降雨侵蚀力也就越大。由于 R 值越大, 土壤流失量也就越大^[18], 所以研究区 3—8 月比其他月份更易发生土壤侵蚀, 尤其 6 月份是进行水土保持工作的关键时期。

3.2 降雨侵蚀力年际变化

年降雨侵蚀力与年降雨量关系密切。通过计算各年平均降雨量占 30 a 总降雨量的比值和各年平均降雨侵蚀力占 30 a 总降雨侵蚀力的比值绘制图 3, 可以看出, 研究区 30 a 来的降雨量百分比与降雨侵蚀力百分比同步波动下降, 由此可知, 降雨量与降雨侵蚀力变化趋势一致, 都表现出略微下降的趋势。从波动幅度上看, 降雨量百分比在 2.3%~4.4% 之间, 降雨侵蚀力百分比范围为 1.7%~5.8%。很明显, 降雨侵蚀力百分比变化幅度较大, 尤其是 1983 年和 2006 年, 降雨侵蚀力百分比分别为 5.8%, 5.6% 大于同期降雨量百分比 4.4%, 3.6%, 即降雨侵蚀力年际波动幅度大于降雨量, 降雨侵蚀力年际变化不够稳定, 导致土壤侵蚀存在易变性。

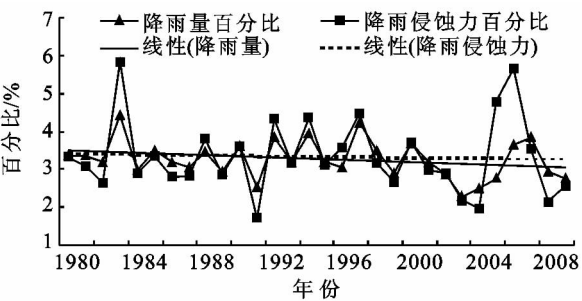


图 3 年均降雨及降雨侵蚀力百分比

研究区 30 a 来年均降雨侵蚀力变化范围为 155.62~525.31 (MJ·mm)/(hm²·h), 平均值为 301.1 (MJ·mm)/(hm²·h), 其中 1983 年降雨侵蚀力最大, 1991 年最小, 极值比为 3.38。降雨侵蚀力 5 a 滑动距平均呈现出极微弱下降趋势(图 4), 倾向率仅为 -0.04 (MJ·mm)/(hm²·h)。总体表现为: 1990 年之前呈下降趋势, 之后波动上升至 1996 年再次下降, 在 2001 年出现极端低值, 接着又逐渐上升。

变异系数 C_v 是用来反映特性参数的变异程度, 而在年降雨侵蚀力 R 值中可以用来说明多年降雨侵蚀力 R 值之间的离散变化程度。一般认为, $C_v < 0.1$ 为弱变异性, $0.1 \leq C_v \leq 1$ 为中等变异性, $C_v > 1$ 为高度变异性。经计算得出研究区各站点多年降雨侵蚀力变异系数 C_v 值的变化范围在 0.2~0.6 之间, 属中等变异。从空间上看(图 5), 研究区存在东南部偏高, 中部低的特征。南部地区一般为 0.3~0.6, 中部地区为 0.3 左右, 北部地区不超过 0.4。10 个站点中 C_v 值最小的是观音桥站, 为 0.27, 最大的为永定站,

值为 0.53。说明该区域东南部降雨侵蚀力年际变化最大,中部地区变化较小。

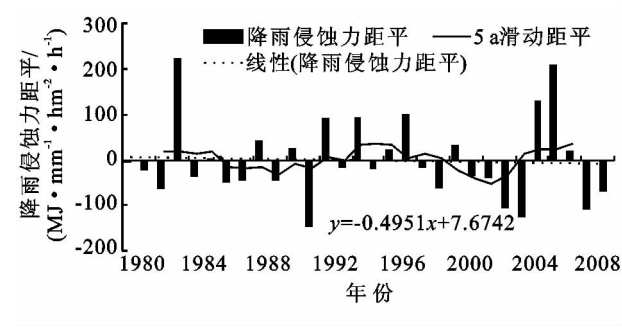


图 4 30 a 降雨侵蚀力逐年变化

向中间递减。降雨侵蚀力最高值出现在西北部,宁化 R 值最大为 487.91 (MJ·mm)/(hm²·h);东北部最低,永安最小为 313.22 (MJ·mm)/(hm²·h),相差达 174.69 (MJ·mm)/(hm²·h)。

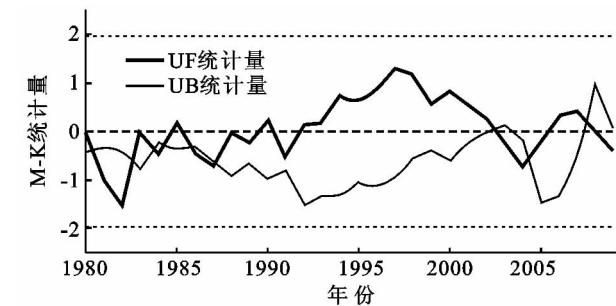


图 6 研究区降雨侵蚀力 M-K 曲线

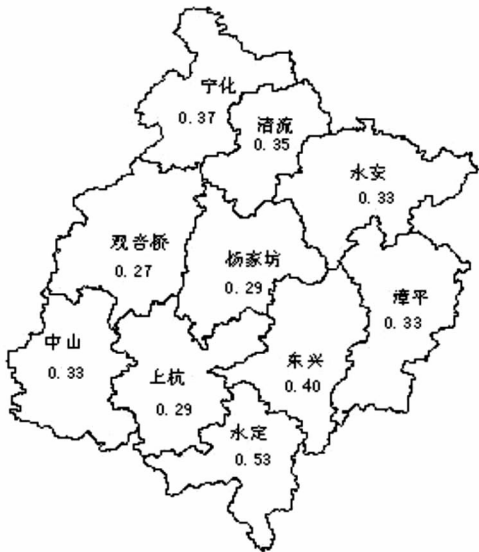


图 5 年降雨侵蚀力 R 值的变异系数分布

3.3 年降雨侵蚀力突变分析

运用 Mann—Kendall 法分析研究区 1980—2009 年年降雨侵蚀力突变特征,结果如图 6 所示,正向序列曲线(UF)表明,1990 年之前处于一个相对低值期,1982 年、2004 年后 2~3 a 内出现短暂的上升期,1991 年后 7~8 a 内降雨侵蚀力出现了一个较长的上升期。根据两条曲线在置信区间临界值±1.96(α=0.05)内交点的位置来判断突变情况,两条曲线在 1981 年、1983 年、1984 年、1985 年、1986 年、2002 年、2004 年和 2007 年左右存在交点,9 个交点中仅有 3 个点距均值较远,总体上各交点前后的均值差异不显著,据此判定闽西地区 30 a 来降雨侵蚀力不存在明显突变现象。

3.4 降雨侵蚀力空间分布

运用 ArcGIS 软件的空间分析模块,得到闽西地区多年年均降雨侵蚀力空间分布等值线图(图 7)。由于地形和气候条件的影响,南部和北部山区的 R 值的集中程度相对明显,而东北部则相对较弱。从降雨等值线图分析得出,闽西地区 30 a 来年均降雨侵蚀力总体趋势是北部由东向西递增,南部由东南、西南

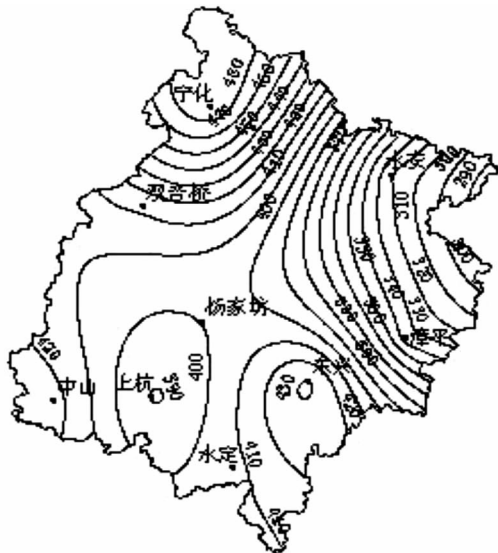


图 7 年均降雨侵蚀力空间分布

4 结论

(1) 闽西地区年内降雨侵蚀力主要集中在 3—8 月份,月平均降雨量和降雨侵蚀力均随月份的变化呈弱双峰式分布。6 月份最高,8 月份次高。降雨侵蚀力随季节降雨变化而出现类似波动,春夏季 3—8 月连续 6 个月的降雨侵蚀力占全年总量的 86.33%。

(2) 闽西地区各站点降雨侵蚀力在 1980—2009 年间波动幅度较大。变化范围为 155.62~525.31 (MJ·mm)/(hm²·h),平均值为 301.1 (MJ·mm)/(hm²·h),极值比为 3.38。降雨侵蚀力 5 a 滑动距平均呈现极微弱下降趋势,但 30 a 来降雨侵蚀力不存在明显突变现象。研究区多年降雨侵蚀力变异系数 Cv 值变化范围在 0.2~0.6 之间,属中等变异。

(3) 闽西地区降雨侵蚀力(R 值)在空间上大致呈北部由东向西递增,南部由东南、西南向中间递减。西北部最高,宁化 R 值最大为 487.91 (MJ·mm)/(hm²·h);东北部最低,永安最小为 313.22 (MJ·mm)/(hm²·h)。

参考文献:

- [1] 蔡丽君,王国栋.风矢量对坡面降雨动能分布的影响[J].中国农业大学学报,2003,8(6):15-17.
- [2] Wischmeier W H, Smith D. Rainfall energy and its relationship to soil loss[J]. Transactions of the American Geophysical Union, 1958,39:285-291.
- [3] Renard G R, Foster G R, Weesies G A, et al. RUSLE revised universal soil loss equation[J]. Journal of Soil and Water Conservation,1991,46(1):30-33.
- [4] Wischmeier W H, Smith D. Predicting Rainfall Erosion Losses:A Guide to Conservation Planning[M]. Agriculture Handbank. US Department of Agriculture, Wsahington D C,1978, NO. 537.
- [5] 许建金,黄和炎.论降雨与土壤侵蚀[J].福建水土保持,1991,4(15):48-52.
- [6] 耿晓东,郑粉莉,刘力.降雨强度和坡度双因子对紫色坡面侵蚀产沙的影响[J].泥沙研究,2010,12(6):48-53.
- [7] 周佩芳,斗葆璋,孙清芳,等.降雨能量的试验研究初报[J].水土保持通报,1981(1):51-60.
- [8] 章文波.北方农牧交错带降雨侵蚀力的时空分布[J].自然科学进展,2003,13(6):651-654.
- [9] 王万忠.中国降雨侵蚀力 R 值的计算与分布[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1996(3):29-39.
- [10] 刘文耀.云南昭通盆地降雨侵蚀性与土壤可蚀性的初步研究[J].云南地理环境研究,1999,11(2):76-82.
- [11] 周伏建,陈明华,林福兴,等.福建省降雨侵蚀力指标的初步探讨[J].福建水土保持,1989(2):58-60.
- [12] 黄炎和,卢程隆,郑添发,等.闽东南降雨侵蚀力指标 R 值的研究[J].水土保持学报,1992,6(4):1-5.
- [13] 章文波,谢云,刘元宝.利用日雨量计算降雨侵蚀力的方法研究[J].地理科学,2002,22(6):705-711.
- [14] 谢云,章文波,刘宝元.用日雨量和雨强计算降雨侵蚀力[J].水土保持通报,2001,21(6):53-57.
- [15] 赵文武,朱婧,郭雯雯.基于降雨量和降雨时间的月降雨侵蚀力简易算法:以陕北黄土丘陵沟壑区为例[J].中国水土保持科学,2007,5(6):8-14.
- [16] 吴秋菊,吴发启,翟艳斌,等.陕北黄土高原降雨侵蚀力简易计算模型的比较研究[J].灌溉排水学报,2011,30(6):138-140.
- [17] 黄炎和,朱鹤健,郑贤达.闽南地区的土壤侵蚀与治理[M].北京:中国农业出版社,2002.
- [18] 于东升,史学正.红壤生态试验站的降雨侵蚀力及其特征[C]//何圆球,杨艳生.红壤生态系统研究(第五集).北京:中国农业出版社,1998:57-62.
- (上接第32页)
- [5] Wang J, Fu B J, Qiu Y, et al. Geostatistical analysis of soil moisture variability on Danangou catchment of the Loess Plateau,China[J]. Environment Geology,2001,41(1/2):113-120.
- [6] 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.
- [7] 陈洪松,邵明安,王克林.黄土荒草地和裸地土壤水分的循环特征[J].应用生态学报,2005,16(10):1853-1857.
- [8] 张思祖,李凯荣,易亮,等.黄土高原沟壑区杏树林地土壤水分时空动态变化及适宜性研究[J].水土保持研究,2010,17(5):21-25.
- [9] 贾志清.晋西北黄土丘陵沟壑区典型灌草植被土壤水分动态变化规律研究[J].水土保持通报,2006,26(1):10-15.
- [10] 赵传燕,冯兆东,南忠仁.黄土高原西部土壤水分时空变化模拟研究:以安家坡流域为例[J].冰川冻土,2007,29(5):785-794.
- [11] 张建军,张岩,张波.晋西黄土区水土保持林地的土壤水分[J].林业科学,2009,45(11):63-69.
- [12] 梁超,郝文芳,袁丁.黄土丘陵区不同植被群落土壤水分研究[J].水土保持研究,2011,18(2):103-111.
- [13] 刘志鹏,邵明安.黄土高原小流域土壤水分及全氮的垂直变异[J].农业工程学报,2010,26(5):71-77.
- [14] 贺康宁,张光灿,田阳,等.黄土半干旱区集水造林条件下林木生长适宜的土壤水分环境[J].林业科学,2003,39(1):10-16.
- [15] 王晶,朱清科,刘中奇,等.黄土丘陵区不同林地土壤水分动态变化[J].水土保持研究,2011,18(1):220-223.
- [16] 朱乐天,焦峰,刘源鑫,等.黄土丘陵区不同土地利用类型土壤水分时空变异特征[J].水土保持研究,2011,18(6):115-118.
- [17] 马雯静,毕华兴,云雷,等.晋西黄土区林草复合界面土壤水分、养分分布规律研究[J].水土保持研究,2009,16(5):78-82.
- [18] 王德利.关于生态场的几点评述[J].应用生态学报,2000,11(3):472-476.
- [19] 王德利.植物生态场导论[M].长春:吉林科学技术出版社,1994.
- [20] 孟平,张劲松.梨麦间作系统水分效应与土地利用效应的研究[J].林业科学研究,2004,17(2):167-171.