

黄土丘陵沟壑区坡面尺度土地利用格局变化对径流的影响

徐海燕¹, 赵文武¹, 刘国彬², 朱恆峰³, 朱婧¹, 解纯莹¹

(1. 北京师范大学 资源学院 土地资源研究所, 北京 100875;

2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3. 北京师范大学 资源学院, 北京 100875)

摘要: 基于黄土丘陵沟壑区安塞试验站小区实验研究, 探讨了坡面尺度土地利用格局变化对径流的影响。根据 2006 年 10 次降雨的径流数据, 对全谷子 (a), 2/3 谷子—1/3 柳枝稷 (ab), 2/3 谷子—1/3 撂荒地 (ac), 2/3 谷子—1/3 苜蓿 (ad) 4 种土地利用格局进行了分析。研究结果表明, (1) 径流量的月分布特征与降雨量的月分布基本一致, 高降雨量导致高产流量; (2) 同一坡度条件下, 格局 ab, ac, ad 与格局 a 相比均有不同程度的减流效应, 减流效应的顺序为: ab> ac> ad; (3) 随着坡度从 10° 增加到 25°, 格局 a, ab, ad 的径流量逐渐增大, 格局 ac 的径流量则是呈现一个先增大后减少的趋势; (4) 由于受植被盖度、降雨以及人为干扰的复合作用, 不同月份产流量的变化特征与年产流量变化规律不尽一致。

关键词: 土地利用格局; 径流; 坡面尺度; 黄土丘陵沟壑区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2008)06-0049-04

中图分类号: F157.4

Effects of Slope Landuse Pattern Change on Runoff in the Hilly and Gully Area of the Loess Plateau

XU Haiyan¹, ZHAO Wewu¹, LIU Guobin², ZHU Hengfeng³, ZHU Jing¹, XIE Churying¹

(1. Institute of Land Resources, College of Resources Science and Technology,

Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation,

Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China;

3. College of Resources Science and Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: Based on the experimental plot research in Ansai Integrated Experimental Station on Water and Soil Conservation, the effects of landuse pattern change on runoff in slope scale were discussed. Four kinds of landuse patterns were designed in the loess area, including millet only (pattern a), two-thirds millet and one-third panicum virgatum (pattern ab), two-thirds millet and one-third abandoned land (pattern ac), and two-thirds millet and one-third alfalfa (pattern ad). Research results indicated that runoff had close relationships with high rainfall amount and changed with seasonal rainfall. Compared with pattern a, the other three landuse patterns (ab, ac, and ad) had positive effects of runoff reduction in the same degree. With the slope degree varying from 10° to 25°, runoff from the plots of patterns a, ab, and ad increased all along, but runoff from the plot of pattern ac decreased after increased. Because of the compound effects of vegetation cover, rainfall, and disturbance, monthly runoff was not consistent with annual runoff.

Keywords: landuse pattern; runoff; hilly slope scale; the hilly and gully area of the Loess Plateau

随着近年来“陡坡耕地退耕, 重建秀美山川”项目的启动, 黄土丘陵沟壑区的土地利用格局已经或即将发生显著变化^[1-2]。相关研究表明, 土地利用格局变化将对当地的土壤、水文和侵蚀特征产生显著影响^[1-3]。坡面尺度是地理过程发生发展的基础地理单元^[2], 加强坡面尺度的实验研究, 对于把握小尺度

产流效应机制具有积极意义^[4-6]。超渗产流是黄土高原的主要产流机制, 土地利用能够影响土壤物理性质和蒸散作用, 进而影响土壤的入渗率^[7], 导致土地利用可以增加或减少径流损失。因此深入研究坡面尺度土地利用变化对产流效应的影响具有积极的理论和实践意义^[1]。

收稿日期: 2008-05-28

修回日期: 2008-07-21

资助项目: 国家重点基础研究发展计划 973 计划(2007CB106806); 国家自然科学基金项目(40501002)

作者简介: 徐海燕(1982-), 女(汉族), 山东省沂源县人, 博士研究生, 主要从事土地利用与生态过程研究。E-mail: xuhy@ires.cn。

通信作者: 赵文武(1976-), 男(汉族), 山东省曹县人, 讲师, 硕士生导师, 主要从事土地利用与生态过程研究。E-mail: zhaoww@bnu.edu.cn。

目前对不同土地利用产流效应的研究^[8-10]多集中在单一土地利用方式,而对坡面尺度上多种不同土地利用方式组成的不同土地利用格局的产流效应研究还较少。

本研究以黄土丘陵沟壑区实验小区观测数据为基础,探讨坡面尺度土地利用格局变化对径流的影响,以期为干旱半干旱地区坡面植被恢复格局设计及优化提供服务。

研究实验小区位于中国生态系统研究网络(CERN)安塞水土保持试验站。纬度 $36^{\circ}51'30''$,经度 $109^{\circ}19'23''$ 。海拔 $1\ 068-1\ 309\text{ m}$ 。年平均气温 $8.8\text{ }^{\circ}\text{C}$,年均降水量 500 mm ,其中 60% 集中在 $7-9$ 月份。土壤类型为黄绵土。小区水平投影面积 $4\text{ m}\times 10\text{ m}$,坡向北偏东 82° 。

1 实验方法

实验中选取黄土丘陵沟壑区 4 种典型土地利用类型,设计了 4 种土地利用格局(图 1),分别为:全农(谷子)(a), $2/3$ 谷子— $1/3$ 柳枝稷(ab), $2/3$ 谷子— $1/3$ 撂荒地(ac), $2/3$ 谷子— $1/3$ 苜蓿(ad)。每个小区代表一种土地利用格局。为探讨不同坡度和土地利用格局对径流量的综合影响,研究中针对图 1 所示的 4 种格局设置了 3 个坡度(10° , 20° , 25°)。其中 10° , 25° 坡相同土地利用格局设置了 3 个重复, 20° 坡相同土地利用格局设置 2 个重复,共 32 个小区。每个小区四周用水泥板围埂。下方连接相同规格的 2 个径流桶,其中第一个径流桶和第二个径流桶之间为 7 孔分流。

每次降雨后分别量取第 1 径流桶和分流桶中的水深(h_1 , h_2)。再根据径流桶中水深换算成径流总量。径流量(R)计算公式如(1)式。

$$R = \pi r^2 h_1 + 7\pi r^2 h_2 \quad (1)$$

式中: R ——径流量(cm^3); r ——径流桶半径(cm); h_1 , h_2 ——第 1 径流桶和分流桶中的水深(cm)。

2 结果与分析

2006 年观测到产流过程 10 次,共 320 组数据。基于观测数据,分别探讨不同降雨,不同土地利用格局条件下(a, ab, ac, ad)、不同坡度(10° , 20° , 25°)的产流效应。

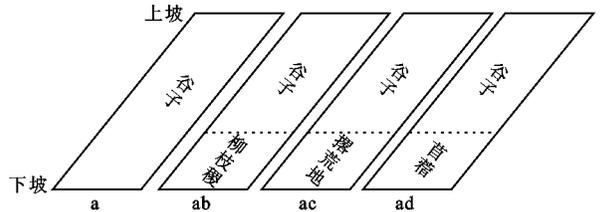


图 1 实验小区土地利用格局设计

2.1 降雨与径流量变化

2.1.1 降雨季节变化与产流特征 从全年的降雨分布可以看出,2006 年 10 次产流降雨过程集中在 $6-9$ 月,不同月份的降雨量分别占年降雨量的百分比为: 14% , 40% , 27% , 19% 。按照月份分析不同坡度,不同土地利用格局的径流量(图 2): 10° , 20° , 25° 坡各格局的产流主要集中于 $7, 8$ 月;但在 20° , 25° 度坡,格局 a 在 9 月的径流量也较高。这与降雨分布特征基本一致,表现出一定的季节性分布特征。

2.1.2 降雨等级与产流特征 降雨量多少影响各土地利用格局的产流量^[13]。按照降雨量对各次降雨进行分级,分析其径流量的差异。从分析结果可以看出, 10° , 20° , 25° 各坡度条件下,各土地利用格局的径流量均是在降雨量大于 50 mm 的降雨过程中最高,降雨量大于 20 mm ,小于 50 mm 次之,降雨量小于 20 mm 最低。因此降雨量的多少是影响产流量的主要因素。

2.2 土地利用格局与径流量变化

不同土地利用格局,因其植被盖度、表层土壤人为扰动状况等因素的差异,径流量差异较大。为探讨不同土地利用格局的径流产生效应,对年径流量、月径流量分别进行分析。

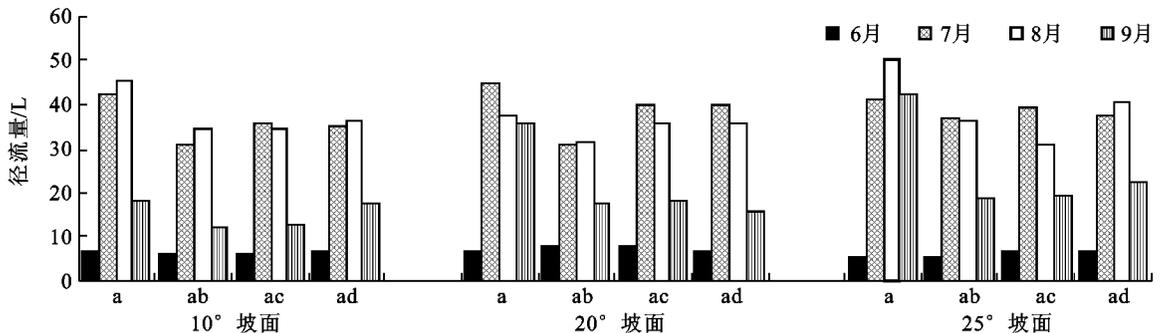


图 2 不同坡度、不同土地利用格局条件下的径流量变化

2.2.1 不同土地利用格局的年径流量分析 不同土地利用格局的年径流量如图 3 所示。从图 3 中可以看出, 格局 ab, ac, ad 与格局 a 相比径流量均有不同程度的降低, 即格局 ab, ac, ad 与格局 a 相比均有利于控制径流产生。10°, 20° 坡条件下, ab 的径流量最低, 25° 坡 ab, ac 的径流量相当。格局 ab, ac, ad 的径流量的大小顺序在不同坡度有不同的表现。为比较不同土地利用格局减流效应的差别, 将其它土地利用格局的产流量与格局 a 进行比较, 计算公式为

$$e = (R_{La} - R_{Li}) / R_{La} \times 100\% \quad (2)$$

式中: e ——减流效应; R_{Li} ——某一种土地利用格局的径流量; R_{La} ——土地利用格局 a 的径流量。 e 值越大, 表示减流效应越明显^[13]。格局 ab, ac, ad 与格局 a 相比的减流效应计算结果如图 4 所示, 10°, 20°, 25° 坡格局 ab, ac, ad 的年减流效应的大小顺序均为: $ab > ac > ad$ 。格局 ab 减流效应明显的主要原因可能是植被过滤带柳枝稷(土地利用方式 b) 植被盖度较好, 且采用条播方式种植, 从而表现出较好的拦截径流功能。

2.2.2 不同土地利用格局的月径流量分析 因不同月份的植被盖度和土壤物理性质有较大差异, 为分析不同土地利用格局的径流量在不同月份的差异, 将同一坡度, 不同土地利用格局的径流量按照 6—9 月份分别统计, 分析结果如图 5 所示。

从图 5 中可以看出, 7—9 月各土地利用格局的径流量有大致相同的规律, 即格局 ab, ac, ad 的径流量明显低于格局 a, 但其径流量的大小顺序存在差异。在 6 月份, 不同土地利用格局的径流量较小, 不同土地利用格局之间径流量的差异也相当, 格局 a 的径流量并没有表现出较高的现象。

采用公式(2), 分别计算 6, 7, 8, 9 月份不同土地利用格局的减流效应, 相应结果见图 6。从图 6 中可以看出, 在不同月份中, 土地利用格局的减流效应存在较大差异。在 6 月份, 除 10° 坡的格局 ab, ac 外, 其它尚不具有减流效应; 而在 7, 8, 9 月, 格局 ab, ac, ad 具有明显的减流效应, 但是不同土地利用格局之间的减流效应, 在不同月份之间并不相同。

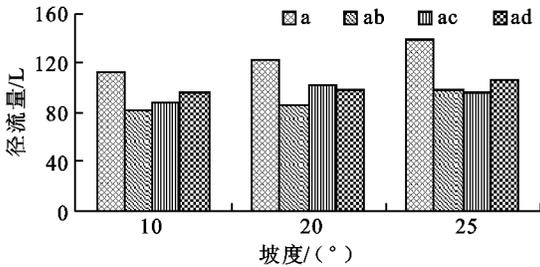


图 3 不同土地利用格局的年径流量

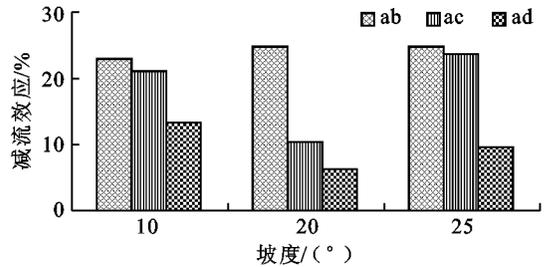


图 4 格局 ab, ac, ad 与格局 a 相比的减流效应

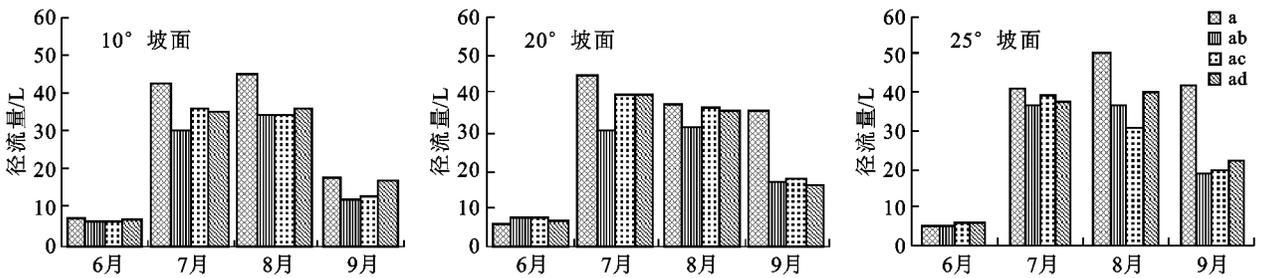


图 5 不同土地利用格局的月产流量变化

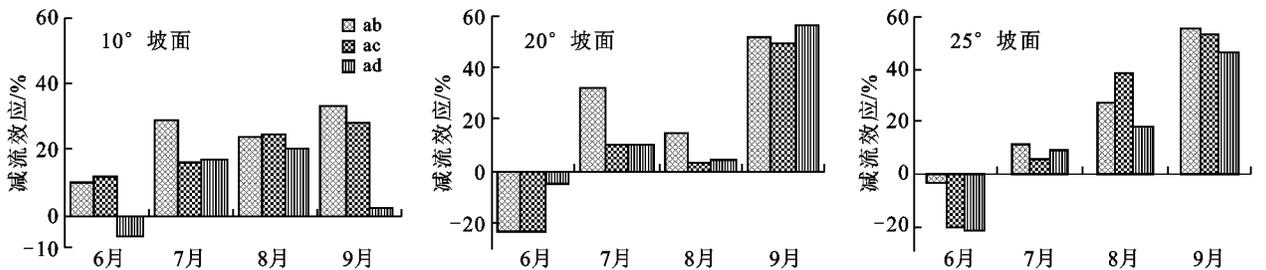


图 6 不同土地利用格局的月减流效应

2.3 坡度条件与产流特征

地面坡度是影响地表产流的主要因素,在不同的坡度条件下,产流过程及其强度会有很大的差异^[14-15]。

2.3.1 相同土地利用格局不同坡度年径流量变化
分析各土地利用格局的年径流量随坡度变化(图 7a),从图 7a 中可以看出,格局 ac 的径流量变化与其它格局不同,从 10°~25°坡,径流量不是逐渐增大,而是出现一个先增大后减少的过程,但下降后的径流量,依然大于较缓坡度的径流量。格局 a, ab, ad 的径流量是从 10°到 25°坡逐渐增大。出现这种差别的原因可能与格局 ac 的植被盖度以及其根系发达程度有关。

为比较各土地利用格局在不同坡度条件下产流量变化的差别,将不同坡度的产流量进行比较,其计算公式为

$$e' = \frac{R_{Sj} - R_{Si}}{R_{Si}} \times 100\% \quad (3)$$

式中: e' ——产流量变化率; S_{sj} ——较陡坡度上某一土地利用格局的产流量; S_{si} ——较缓坡度上某一土地利用格局的产流量,当 $e' > 0$ 时,值越大,表示产流量增加的幅度越大,当 $e' < 0$ 时,值越小,表示产流量减少的幅度越大。根据此值分析各土地利用格局随坡度变化的产流量差异(图 7b),其中 e'_1 , e'_2 , e'_3 分别为 20°坡与 10°坡相比, 25°坡与 10°坡相比, 25°坡与 20°坡相比的产流量变化率。从图 7 中可以看出:(1) 20°坡与 10°坡相比,土地利用格局 a 径流量的增加幅度小于 ac,但大于 ab, ad;(2) 25°坡与 10°坡相比,径流量增加幅度大小顺序为 a> ab> ad> ac;(3) 25°坡与 20°坡相比,除土地利用格局 ac 的径流量是减少外,其它格局径流量均是增加,且增加幅度的变化顺为 a> ab> ad。

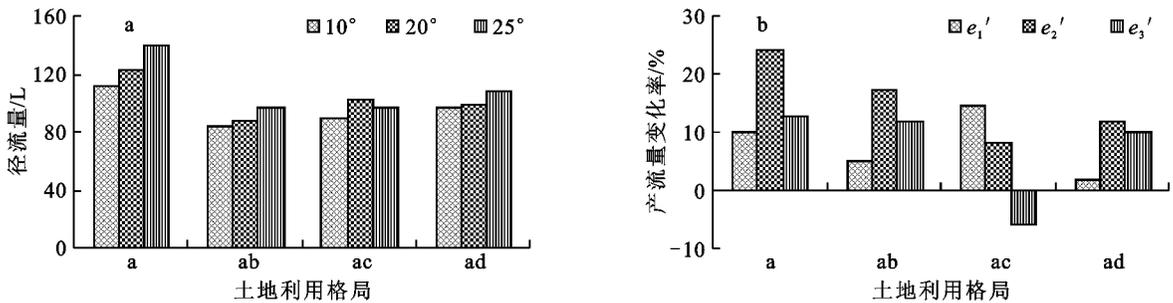


图 7 不同坡度的年径流量变化

2.3.2 相同土地利用格局不同坡度月径流量变化
分析各土地利用格局的月径流量随坡度变化情况可以看出,不同月份各土地利用格局的径流量随坡度变化的情况有很大差异,不存在随坡度变化的相同变化规律,这可能是受不同月份地表植被盖度、植被根系以及耕作管理措施等众多因素综合影响的结果。

3 结论

依据布设于安塞实验小区的径流实验数据进行分析,总结了不同降雨,不同土地利用格局,不同坡度的产流效应。虽然存在数据时间序列偏短的问题,经过分析可以初步得出以下结论。(1) 径流量的分布规律与降雨量的月份分布基本一致,高降雨量导致高产流量。(2) 同一坡度条件下,格局 ab, ac, ad 与格局 a 相比均有不同程度的减流效应,减流效应的大小顺序为: ab> ac> ad。(3) 随着坡度从 10°增加到 25°,格局 a, ab, ad 的径流量逐渐增大,格局 ac 的径流量则是呈现一个先增大后减少的趋势。(4) 由于受植被盖度、降雨以及人为干扰的复合作用,各月份产流量的变化特征与年产流量变化规律不尽一致。

径流量受多种因素复合作用的影响,随着时间的演变,不同土地利用格局的减流效应也会发生变化。在进一步的研究中,有待于加强长时间序列、多种土地利用格局的小区实验研究,以期更好地为揭示土地利用格局的径流效应服务。

[参 考 文 献]

- [1] 傅伯杰,邱扬,王军,等.黄土丘陵小流域土地利用变化对水土流失的影响[J].地理学报,2002,57(6):717-722.
- [2] Fu B J, Chen L D. Agricultural landscape spatial pattern analysis in the semi arid hilly area of the Loess Plateau, China [J]. Journal of Arid Environments, 2000, 44(3): 291-303.
- [3] 邱扬,傅伯杰,王军,等.黄土丘陵小流域土地利用的时空分布及其与地形因子的关系[J].自然资源学报,2002,17(5):20-25.
- [4] Fu B J, Chen L D, Ma K M, et al. The relationships between land use and soil conditions in the hilly area of the Loess Plateau in Northern Shannxi, China[J]. Catena, 2000, 39(1): 69-78.

(下转第 72 页)

的系统改造,尤其对主机,采集软件的重新更新,可以直接在 Windows 界面下工作,满足了以每小时测量蒸散量的工作要求,使数据采集更加便捷,数据采集更加稳定,达到了对作物生长过程中对土壤水分动态变化研究的工作要求。

[参 考 文 献]

- [1] 陈建耀,刘昌明,吴凯.利用大型蒸渗仪模拟土壤—植物—大气连续体水分蒸散[J].应用生态学报,1999,10(1):45—48.
- [2] 张增圻,徐振辞.近年来国外蒸渗器的发展情况[J].灌溉排水,1987(1):1—8.
- [3] Howell T A, Schneider A D, Jensen M E. History of lysimeter design and use for evapotranspiration measurements [C]// Proceedings of the International Symposium on Lysimeters for Evapotranspiration and Environmental Measurements ASAE, 1991: 1—9.
- [4] Young M H, Wierenga P J, Mancino C F. Monitoring near surface soil water storage in Turfgrass using time domain reflectometry and weighing lysimetry [J]. Soil Sci. Soc. Am. J., 1997, 61: 1138—1146.
- [5] Prueger J H, Hatfield J L, Aase J K, et al. Bower ratio comparisons with lysimeter evapotranspiration [J]. Agron. J., 1997, 89: 730—736.
- [6] 杨建锋,李宝庆,李运生,等.浅地下水埋深区潜水对 SPAC 系统作用的初步研究[J].水利学报,1999(7): 27—32.
- [7] 熊运章,林性粹,董家伦,等.γ法在土壤水分动态中的应用及改进[J].西北农学院学报,1981(1):23—34.
- [8] 土壤水分测定方法编写组.土壤水分测定方法[M].北京:水利水电出版社,1986:41—120.
- [9] 沈晋,王文焰,沈冰,等.动力水文实验研究[M].西安:陕西科技出版社,1991:25—113.
- [10] 中国科学院原子能研究所编.放射性同位素应用知识[M].北京:科学出版社,1961:11—79.
- [11] 王文焰,张建丰.田间土壤入渗试验装置的研究[J].水土保持学报,1991,5(4):38—44.
- [12] 唐登银,杨立福,程维新,等.原状土自动称重蒸发器[M].农田水分与能量试验研究.北京:科学出版社,1990:67—74.
- [13] Khan B R, ainuddin M M, et al. Design, construction and testing of a lysimeter for a study of evapotranspiration of different crops[J]. Agricultural Water Management, 1993(23):183—197.
- [14] Vellidis G, Smajstrla A G, Zazueta F S. Soil water redistribution and extraction patterns of drip irrigated tomatoes above a shallow water table[J]. Transof the ASAE, 1990, 33: 1525—1530.
- [15] 杨新民,沈冰,张建丰,等.大型高精度土壤蒸渗仪的计算机测控[J].农业工程学报,1996,12(3):72—76.
- [16] 刘士平,杨建锋,李宝庆,等.新型蒸渗仪及其在农田水文过程研究中的应用[J].水利学报,2000(3):29—36.
- (上接第 52 页)
- [5] Qiu Y, Fu B J, Wang J, et al. Soil moisture variation in relation to topography and land use in a hillslope catchment of the Loess Plateau, China[J]. Journal of Hydrology, 2001, 240(3/4): 243—263.
- [6] 邱扬,傅伯杰,王军,等.黄土丘陵小流域土壤物理性质的空间变异[J].地理学报,2002,57(5):578—594.
- [7] 傅伯杰,陈利顶,邱扬,等.黄土丘陵沟壑区土地利用结构与生态过程[M].北京:商务出版社,2002:1—12.
- [8] 徐宪立,马克明,傅伯杰,等.植被与水土流失关系研究进展[J].生态学报,2006,26(9):3138—3143.
- [9] 孟庆华,傅伯杰,邱扬.黄土丘陵沟壑区不同土地利用方式的径流及磷流失研究[J].自然科学进展,2002,12(4):393—397.
- [10] 周佩华,刘炳武,王占礼,等.黄土高原土壤侵蚀特点与植被对土壤侵蚀影响的研究[J].水土保持通报,1991,11(5):26—31.
- [11] Fullen M A. Effects of grass ley set aside on runoff, erosion and soil organic matter levels in sandy soils in east Shropshire, UK [J]. Soil & Tillage Research, 1998, 46 (1/2): 41—49.
- [12] Imenson A C, Prinsen H A M. Vegetation patterns as biological indicators for identifying runoff and sediment source and sink areas for semi arid landscapes in Spain [J]. Agriculture Ecosystem & Environment, 2004, 104(2): 333—340.
- [13] 彭文英,张科利,江忠善,等.黄土高原坡耕地退耕还草的水沙变化特征[J].地理科学,2002,22(4):379—402.
- [14] 黄志霖,陈利顶,傅伯杰.半干旱黄土丘陵沟壑区不同植被类型减蚀效应及其时间变化[J].中国水利,2004,20:38—40.
- [15] 李鹏,李占斌,郑良勇.黄土坡面径流侵蚀产沙动力过程模拟与研究[J].水科学进展,2006,17(4):38—40.