

大棚梯田侵蚀规律及其防蚀措施

张梦杰¹, 高建恩^{1,2,3}, 王显文², 李兴华², 贾立志³

(1. 西北农林科技大学 资源与环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学
水利与建筑工程学院, 陕西 杨凌 712100; 3. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 通过对陕西省安塞县马家沟流域龙泉寺的典型黄土高原丘陵沟壑区大棚梯田定位监测, 研究了大棚梯田的侵蚀规律。结果表明, 大棚梯田侵蚀与棚面面积、降雨量、产流量及梯田防护措施有关, 其中产流量起决定作用; 发生侵蚀的临界月累计降雨量为 198 mm; 大棚梯田在无相应防蚀措施情况下, 单位面积梯田上大棚面积所占比例应小于 0.5 (平均土壤侵蚀量小于 469.7 t/km²)。根据大棚梯田的侵蚀特点, 提出了相应的防护对策。

关键词: 大棚梯田; 土壤侵蚀; 黄土高原

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2014)04-0147-04

中图分类号: S157.1

DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2014.04.042

Erosion Rules and Control Measures of Greenhouses Terrace

ZHANG Meng-jie¹, GAO Jian-en^{1,2,3}, WANG Xian-wen², LI Xing-hua², JIA Li-zhi³

(1. College of Natural Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. College of Water Resources and Architectural Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Based on the located monitoring at greenhouse terrace in the typical loess plateau hilly-gully in Longquansi of Majiagou watershed in Ansai County, the erosion rules on terraces was studied. Results showed that the soil erosion of greenhouse terrace related to greenhouses area, rainfall, runoff and protective measures on terraces, and runoff played a dominant role. The critical monthly cumulative rainfall for erosion was 198 mm. The average amount of soil loss per unit area was less than 469.7 t/km² if the proportion of greenhouses area to terrace area was less than 0.5. Erosion control measures were proposed according to the erosion rules.

Keywords: greenhouses terrace; soil erosion; the Loess Plateau

黄土高原退耕还林工程于 1997—2002 年全面实施, 保障粮食安全和退耕还林协调发展成为新的问题^[1-2]。大棚梯田作为一种高效利用水土资源的新形式受到广泛推广, 大棚数量和效益不断提高。但是, 由于大棚梯田的防护措施不完善导致侵蚀加剧, 增加了流域内产流产沙量, 大棚梯田的高效生产受到威胁。

目前, 关于梯田水沙效应研究较多, 众多研究^[3-5]表明水平梯田能够有效拦蓄径流和泥沙, 年均削减暴雨径流效益在 80% 以上, 年均减沙效益在 90% 以上。次降雨条件下水平梯田蓄水效益的最大值为 97.15%, 最小值为 70.15%; 当次降雨综合参数 PI 、

汛期雨量、年产流降雨量分别小于 20.00 mm²/min, 350 mm 和 125 mm 时, 蓄水保土效益均为 100%。蓄水保土效益差异主要受次降雨量和累计降雨量的影响。不同梯田质量对梯田的蓄水拦沙效率差异较大, 徐乃民等^[6]按水平梯田质量将其分为 4 类分别为: 符合设计标准, 田坎完好, 田面平整或成反坡; 边埂部分破坏, 田面基本水平或坡度小于 2°; 埂坎破坏严重, 田面坡度在 2°~5°之间; 埂坎破坏严重, 没有地边埂, 田面坡度大于 5°。然而针对水平梯田上修建大棚后, 大棚梯田水土流失过程与蓄水减沙效益方面的研究较少。本研究选取黄土高原丘陵沟壑区陕西

收稿日期: 2013-11-08

修回日期: 2013-11-18

资助项目: 国家“十二五”科技支撑计划项目课题“黄土丘陵沟壑区水土保持与高效农业关键技术集成示范”(2011BAD31B05); 陕西省科技统筹创新项目(2013KTDZ03-03-01); 国家自然科学基金项目(41371276; 51309194); 中国科学院水利部水土保持研究所知识创新工程专项(水土保持工程)(A315021304)

作者简介: 张梦杰(1988—), 男(汉族), 陕西省安康市人, 硕士研究生, 研究方向为流域治理。E-mail: mengjiezhang7@163.com。

通信作者: 高建恩(1962—), 男(汉族), 山西省运城市人, 博士, 研究员, 博士生导师, 主要从事水土资源利用与流域治理方面的研究工作。E-mail: gaojianen@126.com。

省安塞县马家沟流域龙泉寺典型大棚梯田,对大棚梯田的侵蚀状况进行研究,为科学有效防止大棚梯田土壤侵蚀,减少流域产流产沙,保障大棚安全高效生产提供依据。

1 材料与方 法

1.1 研究区概况

安塞县地处西北内陆黄土高原腹地,属典型的黄土高原丘陵沟壑区,为中温带大陆性半干旱季风气候,海拔 1 010~1 358 m,年平均气温 8.8℃,年平均降水量 505.3 mm。安塞县发展大棚梯田已有 15 a,目前大棚梯田已具备一定的规模,质量效益逐年提高。安塞县黄土的抗冲性和抗蚀性弱^[7-8],在暴雨条件下,大量的表土在降雨径流的强烈侵蚀下汇至江河,造成黄河及其支流含沙量大,洪峰高,河道淤积严重^[9]。2013 年 7 月以来的持续强降雨对安塞县大棚梯田产生严重的侵蚀损毁,给当地人民的生命财产和经济发展造成巨大损失。

马家沟流域位于安塞县城西,属于延河一级支流,地理位置处在北纬 36°31′—37°19′,东经 108°51′—109°26′之间。龙泉寺梯田大棚所处位置为 36°89′N, 109°23′E。选取该地 9 阶大棚梯田,大棚梯田编号由下至上分别为 1—9 号,每阶大棚梯田尺寸及大棚外侧梯田的土地利用方式详见表 1。

表 1 大棚梯田概况

大棚编号	大棚外侧梯田利用方式	大棚面积/m ²	大棚外侧梯田面/m ²	大棚外侧侵蚀面积/m ²
第 1 阶	草地	277	240	24.59
第 2 阶	草地	315	486	17.47
第 3 阶	西瓜地	296	524	5.24
第 4 阶	西瓜地	229	321	3.99
第 5 阶	玉米地	387	537	25.52
第 6 阶	草地	390	486	9.96
第 8 阶	免耕地	325	500	4.25
第 9 阶	大豆地	801	970	39.49

注:测量时间为 2013 年 8 月。第 7 阶大棚已拆毁故没有该阶大棚的数据。下同。

1.2 研究方法

首先,利用 Leica(莱卡)TCRA1202+全站仪和 Unistrong(集思宝)MG838+手持 GPS 对大棚梯田在 2013 年 7 月暴雨后侵蚀地形进行量测。然后,利用南方 CASS 7.0 软件将测量的地形数据绘制成 CAD 图,利用 ArcGIS 10.1 对测量 CAD 图中大棚外侧梯田侵蚀量进行了计算。2013 年 7 月安塞县降雨

资料是在从陕西省水利厅网站雨情简报下载收集^[10]。

径流总量计算公式为:

$$W = F \cdot S \cdot \partial \quad (1)$$

式中:W——径流总量(m³);F——降雨总量(mm);S——拦截降雨面积(m²);∂——集流效率。

通过 8 组 3 个重复试验,测定土层深度为 20—30 cm 土壤容重,其值整体差异不大,土壤平均容重为 1.18 g/cm³。大棚梯田防蚀措施的直接经济效益计算中,费用参照当地目前实际价格:灌溉水费用 2.5 元/m³,人工费 200 元/d。

2 结果与讨论

2013 年进入汛期以后,受冷空气和副热带高压外围偏南湿气流影响,研究区域从 7 月 2 日开始降雨,截止 31 日持续强降雨累计达 524 mm,是该区域年平均降水量的 1.04 倍,日最大降水量高达 100 mm,属百年一遇大暴雨。大棚梯田在暴雨条件下受到强烈的侵蚀,大棚外侧梯田产生大面积侵蚀沟,侵蚀沟的平均深度为 1.15 m,最深达 3 m。降雨径流的冲刷侵蚀使大棚梯田形成了深度深且面积大的侵蚀沟,侵蚀沟贴近大棚基部,部分侵蚀沟已经进入到大棚内部,破坏了大棚的安全稳定,增加了梯田的产流产沙量,破坏了梯田保水保土效益,降低了农民的经济收益。

2.1 大棚梯田侵蚀面积和侵蚀量

各阶大棚梯田的侵蚀面积和侵蚀量的量测结果详见表 2。侵蚀面积最大的是第 9 阶大棚,侵蚀面积为 39.49 m²,侵蚀量为 24.11 m³;侵蚀面积最小的是第 4 阶大棚,面积为 3.99 m²,侵蚀量为 5.64 m³;由表 2 可以看出,侵蚀面积较小的发生在第 3,4 和 8 阶梯田大棚,分别为 5.24,3.99 和 4.25 m²,侵蚀面积分别占大棚外侧梯田面积的 1%,1.3%,0.85%。3,4,8 阶梯田大棚由于在贴近大棚基部处形成一个自然浅渠,并且大棚塑料布铺设在渠道内,所以棚面所产生的降雨径流通过渠道排走,减少流入大棚外侧空地径流量,减少侵蚀;第 3,4 阶梯田大棚外侧空地种植西瓜采用了垄状耕作,地表径流被分段拦蓄,地表径流流速及流量减小。渠道拦截排导大棚棚面径流可以减少侵蚀面积 70%以上,减少侵蚀量 57%以上。第 8 阶梯田大棚外侧空地由于没有耕作,土壤未被扰动,其抗冲和抗蚀能力强^[11],侵蚀面积和侵蚀量明显减小。第 9 阶大棚由于长度是其它大棚的 2 倍,大棚棚面产生径流量大,侵蚀面积和侵蚀量相对较大。

表 2 梯田大棚径流量及侵蚀量

大棚编号	大棚外侧 侵蚀面积/m ²	侵蚀量/ m ³	土壤平均侵蚀量/ (t·km ⁻²)	大棚棚面 径流量/m ³	占总径流 比例/%	大棚外侧空 地径流量/m ³	占总径流 比例/%
第 1 阶	24.59	12.37	207	123.97	90.7	12.58	9.3
第 2 阶	17.47	12.99	608	141.03	84.7	25.47	15.3
第 3 阶	5.24	5.24	118	132.32	76.3	41.19	23.7
第 4 阶	3.99	5.64	315	102.70	80.3	25.23	19.7
第 5 阶	25.52	11.67	160	173.14	75.5	56.28	24.5
第 6 阶	9.96	11.99	256	174.32	87.3	25.47	12.7
第 8 阶	4.25	6.80	291	145.60	78.7	39.30	21.3
第 9 阶	39.49	24.11	293	358.35	82.5	76.24	17.5

2.2 大棚梯田侵蚀与大棚面积的关系

作为集流面,塑料大棚集流效率可以达到85.4%以上^[12],产生径流量大。拟合分析结果表明,大棚梯田侵蚀量与大棚面积呈正相关关系,大棚梯田侵蚀量随大棚面积的增加而增加。

不同类型的植被和耕作方式其对降雨的集流效率和水土流失的影响存在差异^[13-14]。梯田侵蚀量在第3,4阶梯田突然变小,是由于大棚基部的渠道及梯田垄状耕作共同作用,有效的减少了梯田径流量,减少侵蚀量。当降雨强度增加时,草地径流量和产沙量增加明显,最大增加可达3倍^[15]。因此,1,2,6阶梯田侵蚀量明显高于其它梯田,平均侵蚀模数较大。大棚梯田累计径流量及棚面产生径流量详见表2。通过表2可以看出,第9阶梯田大棚由于建造长度太长,不符合国标GB/T10594—2006的要求^[16],累计434.60 m³的集雨量,其棚面在连续强降雨期间收集雨水量为358.35 m³,空地收集雨水量为76.24 m³。测量过程发现,该阶梯田所有径流均流向中部低洼处,在中部出现长21.8 m、深度为1.2 m的侵蚀沟,同时冲毁下一阶梯田的内墙壁,对大棚安全造成巨大威胁。

单位面积梯田上大棚面积所占比例决定了大棚径流量。通过图1可以看出在大棚比例小于0.5时,平均土壤侵蚀模数与大棚比例呈正相关关系,平均土壤侵蚀模数小于469.7 t/km²,属微度侵蚀。因此,大棚梯田在无相应防蚀措施情况下,大棚比例应该小于0.5。平均土壤侵蚀量最小的3座大棚由于其梯田部分采取了渠道拦截大棚径流、垄状耕作及免耕的水保措施,平均土壤侵蚀模数较小,说明大棚梯田防蚀措施能够有效地减少侵蚀。

表2可以得知,大棚拦截降雨产生径流量占大棚梯田径流总量的75%以上,大棚棚面拦截降雨量成为梯田侵蚀的主要外营力,大棚棚面所拦截产生的径流量对梯田的侵蚀量起决定性作用。梯田侵蚀量与

大棚棚面径流量关系可用对数函数进行描述,拟合得到侵蚀量与棚面径流量关系式为:

$$A = 14.251 \ln Q - 60.731 \quad (R^2 = 0.7756) \quad (2)$$

式中:A——月累计侵蚀量(m³); Q——棚面月累计径流量(m³)。

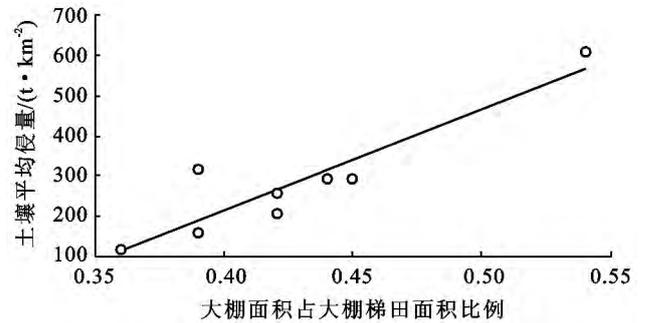


图 1 大棚面积比例与土壤平均侵蚀量关系

吴发启等^[17]研究表明,黄土高原土壤侵蚀总量主要是由20 mm/h左右的降雨引起的,可占总侵蚀量的44.3%。土壤侵蚀模数与 PI_{30} 和 PI_{45} 关系最为密切。谢云等^[18]研究表明黄土高原坡面侵蚀的侵蚀性降雨雨量标准12 mm,平均雨强标准0.04 mm/min,最大30 min雨强标准0.25 mm/min。利用拟合结果可以求得当侵蚀量为0时,月累计径流量值为70.9 m³,结合吴发启,谢云等研究结果,即在大棚梯田无防蚀措施情况下,月累计径流量小于70.9 m³时,次降雨强度小于0.04 mm/min,大棚梯田不会产生侵蚀。大棚长60 m,宽7 m,大棚比例为0.45计算,发生侵蚀临界月累计降雨临界值为198 mm,且次降雨强度小于0.04 mm/min。

2.3 梯田大棚防蚀措施

本研究结果表明,大棚面积与侵蚀量呈正相关关系。因此,合理设计大棚长度、单位面积梯田上大棚面积所占比例能够有效地控制侵蚀量。大棚梯田侵蚀的主要营力是大棚棚面拦截降雨所产生的径流,其径流量占梯田径流总量的75%以上,因此,必须对棚

面收集的雨水进行调控。同时,梯田不同土地利用方式对梯田抗蚀、抗冲性存在差异,通过科学合理的耕作方式减少土壤侵蚀。根据国标 GB/T10594—2006^[16]及大棚面积与侵蚀量关系,在没有相关大棚梯田防蚀措施情况下,建议大棚修建长度为 50~60 m,大棚所占比例应小于 0.5,根据实际地形合理选择。利用在大棚基部开挖渠道拦截收集棚面径流,渠道中铺设油毛毡进行防渗和防蚀。在梯田修筑橡塑水窖,利用水窖贮存拦截径流。设计水窖将降雨径流全部收集存贮,水窖容量的设计采用 10 年一遇的暴雨标准(十年一遇暴雨历时 50 min,降雨强度为 1.0 mm/min),使用 30 年一遇的暴雨标准进行校核。水窖窖容为 22.5 m³(根据地形设计水窖尺寸为:长 15 m,宽 1 m,深 1.5 m)。由于沟垄能够阻挡,拦蓄了部分径流,促使其下渗量增大;并且沟垄改变了微地形,增大了地表粗糙度^[19]。所以垄状耕能够分段拦截梯田径流,减小径流动能,减少侵蚀量。免耕减少对土壤扰动,提高了土壤的抗冲和抗蚀能力,可以有效地减少地表径流,减少侵蚀量^[20]。水保耕作处理作物残茬、免耕、留茬及秸秆还田等措施也能够有效减轻暴雨侵蚀^[21-23]。

2.4 大棚梯田防蚀效益分析

黄土高原干旱缺水,利用橡塑水窖收集天然降雨用于大棚作物灌溉。橡塑水窖水质较好可做饮用水和灌溉用水标准^[24]。大棚作物需水量较大,例如西红柿的实际灌溉量为 4.1~5.6 mm/d^[25]。安塞降雨主要集中在 6—9 月,占全年降雨量的 85.6%^[26],水窖可以收集全部降雨利用。按研究区年平均降水 505.3 mm 来计算,每口水窖每年平均可收集雨水 181 m³用于大棚作物灌溉,可节省灌溉费用 452.5 元。通过渠道和水窖调控棚面径流,从而减少梯田侵蚀,年均减少侵蚀 11.16 m³,可节省回填费用 400 元。

3 结论

(1) 黄土高原丘陵沟壑区大棚梯田侵蚀严重,在无防护条件下,梯田侵蚀量与大棚面积呈正相关关系。大棚拦截降雨产生的径流是梯田侵蚀的主要营力,梯田侵蚀量与大棚产生的径流量成对数关系。无防蚀措施条件下,梯田临界侵蚀月累计径流流量为 70.9 m³,即降雨量为 198 mm。

(2) 在不采取大棚梯田防蚀措施条件下,建议大棚修建长度为 50~60 m,大棚面积所占比例应小于 0.5。该条件下大棚梯田单位面积侵蚀量小于 469.7 t/km²,属于微度侵蚀。

(3) 需改进梯田大棚设计,利用大棚基部修筑渠

道拦截棚面径流,通过垄状耕作及免耕等水土保持耕作措施可以有效控制大棚梯田地表径流量,减少侵蚀量。利用水窖将拦截径流全部收集存贮,并用于大棚作物灌溉。最终实现黄土高原丘陵沟壑区水沙调控和降雨径流高效利用的目的,解决干旱与水土流失并存的矛盾。

[参 考 文 献]

- [1] 唐克丽. 退耕还林还牧与保障食物安全的协调发展问题[J]. 中国水土保持, 2000(8): 35-37.
- [2] 秦建明, 陈程. 我国退耕还林还草历史发展阶段及其政策演变[J]. 农业技术经济, 2005(1): 58-63.
- [3] 吴发启, 张玉斌, 王健. 黄土高原水平梯田的蓄水保土效益分析[J]. 中国水土保持科学, 2004, 2(1): 34-37.
- [4] 徐乃民, 张金慧. 水平梯田蓄水减沙效益计算探讨[J]. 中国水土保持, 1993(3): 32-34.
- [5] 赵文礼. 黄河流域的梯田[J]. 中国水土保持, 1983(2): 36-40.
- [6] 徐乃民, 张金慧. 水平梯田蓄水减沙效益计算探讨[J]. 中国水土保持, 1993(3): 32-34.
- [7] 朱显谟. 黄土高原水蚀的主要类型及其有关因素[J]. 水土保持通报, 1982, 2(1): 25-30.
- [8] 王佑民, 郭培才, 高维森. 黄土高原土壤抗蚀性研究[J]. 水土保持学报, 1994, 8(4): 11-16.
- [9] 吴普特, 高建恩. 黄土高原水土保持与雨水资源化[J]. 中国水土保持科学, 2008, 6(1): 107-111.
- [10] 陕西省水利厅. 雨晴简报[OL]. (2013-12-02)[2014-05-05]. <http://www.sxmw.gov.cn/fw-zxfw-yqjb-1-155-60>.
- [11] 郭贤仕, 杨如萍, 马一凡, 等. 保护性耕作对坡耕地土壤水分特性和水土流失的影响[J]. 水土保持通报, 2010, 30(4): 1-5.
- [12] 魏兴琥, 谢忠奎, 李小雁, 等. 温室集雨与集雨水高效利用研究[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(1): 11-16.
- [13] 马海龙, 金晓琴, 刘国彬, 等. 黄土丘陵区不同农田类型土壤抗蚀性分异研究[J]. 水土保持研究, 2013, 20(2): 5-8.
- [14] 孙飞达, 王立, 龙瑞军, 等. 黄土丘陵区不同降雨强度对农地土壤侵蚀的影响[J]. 水土保持研究, 2007, 14(2): 16-18.
- [15] 田栋, 高建恩, 吴普特, 等. 林草措施调控坡面降雨径流输沙效应的初步研究[J]. 灌溉排水学报, 2007, 26(3): 19-22.
- [16] 中国机械工业联合会. GB/T10594—2006 日光温室和塑料大棚结构与性能要求[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [17] 吴发启, 赵晓光, 刘秉正, 等. 黄土高原南部缓坡耕地降雨与侵蚀的关系[J]. 水土保持研究, 1999, 6(2): 53-60.

(下转第 154 页)

4 结论

(1) 建立了研究区农村居民点整理产能潜力测算模型,在耕地产能核算研究的基础上,通过适宜性评价确定居民点整理新增耕地数量为 474.63 hm²,新增园地数量为 367.28hm²,新增林地数量为 0.24 hm²。

(2) 结合新一轮耕地质量补充完善成果,确定整理后的耕地等别,利用产能理论分别计算出各乡镇对应的新增产能,并得出临西县新增产能大小为 6 783.45 t。

(3) 利用聚类分析法对研究区居民点进行分区,得出一级整理区可新增产能 3 282.52 t,二级整理区可新增产能 1 964.80 t,三级整理区可新增产能 1 536.13 t。

(4) 不同的评价目的、整理潜力计算方法,构建的指标体系不同,整理潜力大小会存在不同,分区结果也会有所差异。本研究中,居民点整理潜力是在产能理论的基础上评价计算得到的,居民点整理新增土地,在未来土地利用中,不仅要考虑土地的耕地质量等适合耕作的条件,还需要关注生态环境的保护和建设用地适宜性等方面的约束条件。加强居民点整理后土地利用方式的研究,将会是未来居民点整理的方向之一。

[参 考 文 献]

- [1] 朱玉碧,郑财贵,李安乐.重庆市农村居民点整理潜力评价探讨[J].西南农业大学学报:社会科学版,2006,4(3):95-98.
- [2] 关小克,张凤荣,赵婷婷,等.北京市农村居民点整理分区及整理模式探讨[J].地域研究与开发,2009,29(3):114-118.
- [3] Patricia H G, Andrew J H, Ray Rasker, et al. Rates and drivers of rural residential development in the Greater Yellowstone [J]. Landscape and Urban Planning, 2006,77(1/2):131-151.
- [4] 张正峰,陈百明.土地整理潜力内涵与评价方法研究初探[J].资源科学,2002(7):43-48.
- [5] 高燕.农村居民点整理的适宜性评价、模式及政策选择[D].浙江杭州:浙江大学,2004.
- [6] 黄艳丽.县域土地开发整理潜力评价研究[D].河南郑州:河南农业大学,2004.
- [7] 闫东浩.农村土地整理潜力测算方法与实践[D].北京:中国农业大学,2004.
- [8] 朱传民,程久苗,李志江.安徽省宣城市农村居民点用地整理潜力研究[J].土壤,2007,39(5):824-828.
- [9] 郎文聚,王洪波,王国强,等.基于农用地分等与农业统计的产能核算研究[J].中国土地科学,2007,21(4):32-37.
- [10] 曲衍波,张凤荣,郭力娜,等.北京市平谷区农村居民点整理类型与优先度评判[J].农业工程学报,2011,27(7):312-319.
- (上接第 150 页)
- [18] 谢云,刘宝元,章文波,等.侵蚀性降雨标准研究[J].水土保持学报,2000,14(4):6-11.
- [19] 吴发启,赵晓光,刘秉正,等.耕作活动对坡耕地径流及产沙的影响[J].西北林学院学报,1998,13(2):20-25.
- [20] Lindstrom M J, Schumacher T E, Cogo N P. 耕作措施对径流和土壤侵蚀的影响[J].水土保持科技情报,1999(3):5-7.
- [21] Tangdale C W, Mills W C. 水保耕作技术在大暴雨侵蚀中的减灾作用[J].水土保持科技情报,1997(2):19-21.
- [22] 许晓鸿,隋媛媛,张瑜,等.黑土区不同耕作措施的水土保持效益[J].中国水土保持科学,2013,11(3):12-16.
- [23] 张仁陟,黄高宝,蔡立群,等.几种保护性耕作措施在黄土高原旱作农田的实践[J].中国生态农业学报,2013,21(1):61-69.
- [24] 王广周,高建恩,肖克飙,等.一种新型橡塑水窖的水质变化监测分析[J].干旱地区农业研究,2008,26(2):150-153.
- [25] 孙宁宁,董斌,罗金耀.大棚温室作物需水量计算模型研究进展[J].节水灌溉,2006(2):16-19.
- [26] 廖鑫,徐学选,刘普灵.基于日雨量的延安地区降雨侵蚀力动态特征分析[J].水土保持研究,2009,16(2):34-37.