

黄土高原坡面水土保持措施减沙水代价分析

严 丽¹, 侯群群¹, 王 飞^{2,3}, 穆兴民^{2,3}

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100;
2. 西北农林科技大学 水土保持研究所, 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: 不同的水土保持措施在减少侵蚀泥沙的同时对径流量的影响不同。以裸坡地水土流失为对照, 分析了不同水土保持措施减水减沙比(R_s), 并以其作为减沙水代价指标, 根据黄土高原土壤侵蚀严重的丘陵沟壑区(西峰、绥德、天水等 3 个典型区)的农地径流小区多年观测资料, 分析了不同耕作措施及生物措施的减沙水代价(R_s)。结果表明, 不同耕作方式 R_s 差异很大, 变化幅度在 8.5~36.4 m³/t; 在耕作措施上, 横向耕作的 R_s 大于防冲沟和浅耕, 深耕 R_s 最小; 生物措施方面, 低秆与高秆作物间作措施 R_s 大于单作低秆作物和中高秆作物轮作, 牧草(草木樨、苜蓿)轮作的 R_s 较农作物轮作大, 且草木樨与农作物轮作的 R_s 大于苜蓿与农作物轮作。随着雨量的增加和坡度的增大, 耕作措施和生物措施 R_s 呈减小趋势。 R_s 较大的措施在减少相同的坡面侵蚀泥沙时, 有利于增加土壤水分, 但是不利于径流形成。

关键词: 黄土高原; 水土保持措施; 减水减沙比

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)02-0213-05

中图分类号: P333.4

Effectiveness of Soil and Water Conservation Practices in Runoff Control on Slope Lands in Loess Plateau

YAN Li¹, HOU Qun-qun¹, WANG Fei^{2,3}, MU Xing-min^{2,3}

(1. College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
2. Institute of Soil and Water Conservation, 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: Different soil and water conservation practices often varied considerably in sediment interception and runoff reduction. The cost effectiveness of sediment control can be quantified by the ratio of detained runoff and sediment(R_s). Perennially monitoring data were collected from three typical loess regions (Xifeng and Tianshui City in Gansu Province, Suide City in Shaanxi Province) and R_s were calculated for different tillage and biological practices. The results showed that the R_s varied greatly from 8.5 to 36.4 m³/t. For tillage management, contour tillage showed the highest R_s , followed by level ditch tillage and shallow plowing, while deep plowing had the lowest. For biological managements, the R_s of intercropping of low-stem and high-stem crops was higher than those of monoculture of low crops and rotation of middle high-stem crops. The R_s of pasture(sweet clover, alfalfa) rotation was significantly higher than crop rotation, and sweet clover/crop rotation system was better than alfalfa-crop rotation system in terms of erosion control. With increasing rainfall and slope gradient, R_s values decreased in general. The practice with higher R_s could reduce more runoff discharge and increase soil moisture content with similar performance in sediment control.

Keywords: the Loess Plateau; soil and water conservation practice; ratio of detained runoff and sediment

水资源是保障人类生存和社会经济可持续发展的重要基础, 不论是发展中国家还是发达国家都面临严重的缺水问题^[1]。在黄河流域, 即使正常来水年份

缺水仍很严重, 持续断流屡屡发生, 水危机问题越来越突出^[2-3], 已引起学者对区域水土保持蓄水和黄河水资源关系问题的关注, 而且已有学者明确提出, 在

收稿日期: 2012-03-27

修回日期: 2012-11-19

资助项目: 国家自然科学基金项目“基于相同气候条件的人类活动对河流水沙影响定量评价: 以黄土高原延河流域为例”(41171420); 中国科学院重点部署项目; 黄土高原及周边沙地近代生态环境的演变与可持续性课题的子课题(KZZD-EW-04-07-04); 中国科学院对外合作重点项目(GJHZ1018); Netherlands Organization for Scientific Research(ONDI339291)

作者简介: 严丽(1986—), 女(汉族), 甘肃省武威市人, 硕士研究生, 研究方向为区域水土保持。E-mail: yl821629@126.com。

通信作者: 王飞(1971—), 男(汉族), 陕西省户县人, 博士, 副研究员, 硕士生导师, 主要研究方向为水土保持环境效应评价与流域管理。E-mail: wafe@ms.iswc.ac.cn。

黄土流域,需要提倡节水型水土保持^[4-5]。水土保持作为解决水问题的根本性、战略性措施,在减少土壤侵蚀的同时具有明显的减水效应^[6-9],但不同水土保持措施受地形、降水特征等多种因素影响在减少侵蚀泥沙时对径流量的影响不同,目前该方面的研究基本上都分开考虑径流、泥沙的减少量和减少幅度^[10-12],对径流和泥沙的同步影响程度尚无统一方法,难以直观说明减少单位泥沙时减少径流量的大小和不同耕作措施之间的差异。为此,研究者提出水保措施减沙水代价的概念,用于研究不同措施对径流和泥沙同步影响的差异性^[13-14]。本研究以裸坡地为对照,根据黄土高原沟壑区的西峰南小沟、天水大柳树沟和绥德辛店沟的农地径流小区多年观测资料,系统分析了不同坡度不同降雨条件下的耕作方式、作物种类及牧草的减沙水代价特征,以加深对不同水土保持措施对径流和泥沙调控能力的认识,为黄土高原水土保持措施配置提供科学指导。

1 材料与方法

1.1 数据资料

用于分析的部分资料为地球系统科学数据共享平台黄土高原区域数据共享运行服务中心的共享资料,根据黄河水利委员等机构的野外实测资料整理,包括黄土高原绥德辛店沟(1954—1960年)、西峰南小沟杨家沟(1954—1963年)及天水大柳树沟(1945—1957年)坡耕地径流小区的基本情况资料,包括径流场逐次径流泥沙测验资料,降雨量摘录资料及径流场土壤含水率资料。径流小区坡度在 $0^{\circ}\sim 30^{\circ}$,宽为5 m,坡长为10~40 m,小区面积为100~500 m²。用于分析的耕地小区种植的作物主要为冬麦(*Triticum aestivum*)、荞麦(*Fagopyrum cymosum*)谷子(*Setaria millet*)、扁豆(*Dolichos lablab*)、玉米(*Zea mays*)、黄豆(*Glycine max*)等,种植的牧草主要是苜蓿(*Medicago sativa*)和草木樨(*Melilotus suaveolwina*),主要的地面管理措施包括横向耕作、防冲沟、浅耕和深耕。

1.2 分析方法

对于单项措施,减水、减沙效益是水土保持措施相对于裸露的坡耕地减少的径流量和产沙量,而降雨和地形因子对黄土高原坡地耕地的土壤侵蚀具有重要影响。故本研究选择3种不同坡度、年产流降雨量为600 mm的裸地作为对照,计算不同坡度和降雨条件下耕作措施和生物措施相对于裸露地的减水减沙量,从而得到不同措施的减沙水代价。

水保措施减沙水代价,是指某项水保措施在减少

单位坡面或河道泥沙时减少的径流量。评价指标是减流减沙比(ratio of detained runoff and sediment, R_{rs}),定义为水利、水保措施减少的径流量与减少的泥沙量之比,计算公式为:

$$R_{rs} = R_d / S_d \quad (1)$$

式中: R_d, S_d ——某种水利、水保措施减少的径流量(m³)和泥沙量(t); R_{rs} ——减流减沙比(m³/t)^[13-14]。从定义可以看出, R_{rs} 是揭示水土保持措施对坡面径流和泥沙影响同步性差异的指标, R_{rs} 越大,措施减少单位泥沙时减少的径流量越多,在措施减少相同径流量时,减少的泥沙量越小。如果考虑河流的水沙组合和黄河流域水资源现状, R_{rs} 减小的水土保持措施,更有利于在减少相同泥沙时对径流量的影响越小,也就是说,在黄河泥沙减少的同时,径流量与河道水资源的影响就小些,也更有利于水资源在流域内部的再分配。

2 结果与分析

黄土高原的坡耕地分布在 $0^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 的坡地上,计算不同坡度和降雨条件下的耕作措施和生物措施的减沙水代价,分别选择了约 $3^{\circ}, 14^{\circ}$ 和 18° 的裸地,计算其降雨量为600 mm时各坡度下产生的平均径流强度和平均产沙强度,并作为对照小区,其结果分别为:181 780 m³/km², 4 947 t/km²; 126 020 m³/km², 8 689 t/km²; 102 530 m³/km², 8 415 t/km²。参照裸地小区计算出不同措施减少的径流量和泥沙量,从而得到 R_{rs} 。

2.1 耕作措施与 R_{rs} 的关系

坡耕地蓄水保土效应在不同降雨及坡度的条件下,因实施不同耕作措施而使其径流过程和产沙过程差异显著,所以对坡面径流和产沙量的影响相异也较大。从表1可以看出,对坡耕地采用不同的翻耕方法改变地表为微地形,加之不同耕作措施对径流泥沙的影响机理不同,在减少单位泥沙时对径流量的影响也不同,即措施减沙水代价(R_{rs})不同。在坡度小于 3° ,坡长基本相等,降雨量大约在400 mm的地表有作物情况下,耕作措施采用横坡耕作和水平防冲沟其减沙水代价较大,表明小坡度下横坡耕作在减少坡面单位泥沙时减少的径流量越大,即横坡耕作的蓄水保土效益较好,水平防冲沟次之;在小坡度下随着雨量的增大,各措施的减流减沙比依次减小。在坡度 12° 左右,坡长16 m的情况下,采用水平防冲沟措施,在减沙单位泥沙时减少的径流量最大,且随着雨量的增加措施减沙水代价呈减小趋势。在较陡坡度 19° 左右,采用浅耕减流减沙比较水平防冲沟大,浅耕的 R_{rs}

是深耕的 1.4 倍,从整体来看,在降雨量相同时,随着坡度由 3° 增加到 20° ,相同措施的减沙水代价降低明显,且 R_s 由大到小表现为:横向耕作 > 防冲沟 > 浅耕 > 深耕。

可见,在坡度较小,以种植冬麦为主的情况下,采用横坡耕作和水平防冲沟,在坡度较缓时采用水平防

冲沟,坡度较陡时采用浅耕措施对于减少地表径流,进而降低由此而引起的土壤流失,效果较好。这主要是由于耕作措施改变了地表微地形,增大了坡面粗糙度,沟垄阻挡减小了坡面径流量,促使其下渗量增大,降低了坡面水流的挟沙力,多层水平沟可减缓径流速度,减弱径流冲刷力^[15],所以其减流减沙作用比较大。

表 1 耕作措施对减沙水代价的影响

年份	耕作措施	作物名称	坡度	坡长/ m	面积/ m ²	年产流 降雨量/mm	径流强度/ (m ³ · km ⁻²)	产沙强度/ (t · km ⁻²)	R_s / (m ³ · t ⁻¹)
1958 年	横向耕作	冬麦	2°44'	35.0	350	399.8	8 215	174.5	36.37
1958 年	防冲沟	冬麦	2°26'	40.0	400	399.8	5 982	107.0	36.32
1959 年	浅耕	冬麦	2°38'	35.0	525	372.8	2 883	18.8	36.30
1959 年	深耕	冬麦	2°51'	35.0	525	372.8	4 927	40.5	36.04
1957 年	防冲沟	冬麦	2°51'	35.0	350	295.2	1 809	2.4	36.40
1960 年	浅耕	冬麦	2°51'	34.0	510	270.2	3 175	28.6	36.31
1960 年	深耕	冬麦	2°00'	50.0	200	270.2	15 880	356.0	36.14
1958 年	防冲沟	冬麦	12°21'	16.0	80	399.8	43 350	1456	11.42
1958 年	浅耕	冬麦	11°55'	15.0	75	399.8	41 610	1206	11.27
1958 年	深耕	冬麦	11°26'	15.0	75	399.8	43 290	1116	10.91
1957 年	防冲沟	冬麦	12°28'	16.0	80	295.2	611	24.1	14.46
1957 年	浅耕	冬麦	11°27'	16.0	80	295.2	21 772	730.0	13.08
1957 年	深耕	冬麦	11°43'	15.0	75	295.2	17 727	401.0	13.05
1957 年	防冲沟	冬麦	19°27'	16.0	80	475.8	18 055	1 137.0	11.61
1957 年	浅耕	冬麦	19°27'	16.0	80	475.8	3 967	116.3	11.88
1957 年	深耕	冬麦	19°15'	16.0	80	475.8	19 558	1 193.0	8.49

2.2 作物种类与 R_s 的关系

作物对坡面产流产沙的影响主要通过增加地表植被覆盖,植物枝叶冠层及茎秆的截留降雨,削减雨滴动能,减少雨滴对地表土壤的直接打击,从而削减降雨能量进而拦截径流增加入渗;另一原因是植物根系对土壤的固结作用,提高了土壤的抗侵蚀能力,使坡面产生的泥沙量减小。

从表 2 可以看出,无论坡度陡、缓,也不论年产流降水量大小,低秆作物与高秆作物(玉米/黄豆)间作减沙水代价(R_s)均大于中高秆作物(冬小麦/荞麦)轮作和单作低秆作物(扁豆);随着坡度的增加各作物的减沙水代价明显降低,且 R_s 大小表现为:玉米/黄豆间作 > 单作扁豆 > 冬小麦/荞麦轮作。各种作物在相同坡度下均随年产流降水量的增加其 R_s 略有减小。分析其原因,高秆作物玉米和低秆作物黄豆间作,高秆作物叶面落下的水滴动能消耗在低秆作物叶面上,从而有效的降低溅蚀及对地面的直接打击^[16],且高秆作物的根系相对较大,对土壤的网络固持作用也更明显,产生的泥沙量较少的同时截留的降雨量大;而低秆作物扁豆在侵蚀发生季节的郁闭度大于冬

小麦、荞麦等中高秆作物的郁闭度,截留降雨的能力增强,且作物枝叶紧挨地面,能够拦截更多的径流。

2.3 牧草与 R_s 的关系

牧草较其他农作物而言,其主要特点是种植密度大,因此地表覆盖度大,而且土壤表层内根系发达,不仅能网络固持土壤,建立起稳固的团粒结构,且腐烂根系提高有机质含量,固定土壤表层,改善土壤理化性能,又提高了土壤的渗透能力、持水能力,增强土壤抵御侵蚀力的能力。从表 3 可以看出,草木樨和苜蓿轮作的减沙水代价(R_s)较种植农作物冬小麦、扁豆大,而牧草与农作物轮作的减沙水代价大于牧草轮作,且草木樨与农作物轮作的减沙水代价大于苜蓿与农作物轮作,其 R_s 表现为:草木樨/玉米 > 草木樨/冬小麦 > 草木樨/扁豆 > 草木樨 > 冬小麦,苜蓿/玉米 > 苜蓿/谷子 > 苜蓿/扁豆 > 苜蓿 > 扁豆。这是因为牧草与高秆作物(玉米)轮作,既可以增加地表覆盖度,又发挥了牧草根系和高秆农作物大根系网络固持土壤的作用,增强土壤渗水、蓄水和抵抗径流冲刷的能力^[17],因此在减少单位泥沙量时减少的径流量较大。

表 2 作物种类对减沙水代价的影响

试验年份	作物种类	坡度	坡长/ m	面积/ m ²	年产流降 雨量/mm	径流强度/ (m ³ ·km ⁻²)	产沙强度/ (t·km ⁻²)	R _{rs} / (m ³ ·t ⁻¹)	平均 R _{rs} / (m ³ ·t ⁻¹)
1945,1948,1951 年	冬小麦/荞麦	4°43'	20	100	397.0	19 578	385	35.55	
1947,1950,1953 年	冬小麦/荞麦	5°04'	20	100	458.0	63 937	1 331	32.59	
1946,1949 年	冬小麦/荞麦	5°21'	20	100	511.0	34 547	882	36.22	28.41
1956 年	冬小麦/荞麦	4°50'	20	100	538.1	101 410	764	19.21	
1956 年	冬小麦/荞麦	5°18'	20	100	538.1	145 370	641	18.46	
1945,1948 年	扁豆	5°21'	20	100	361.5	10 911	165	35.73	
1950,1953 年	扁豆	4°43'	20	100	401.2	41 745	829	35.27	
1955 年	扁豆	5°18'	20	100	416.6	16 077	91	34.12	34.78
1946,1949,1952,1955 年	扁豆	5°04'	20	100	467.9	24 395	485	34.01	
1957 年	玉米/黄豆	4°50'	20	100	347.1	6 115	31	37.25	
1950,1953 年	玉米/黄豆	5°21'	20	100	401.0	8 788	229	36.66	
1954,1957 年	玉米/黄豆	5°18'	20	100	412.0	14 441	106	36.34	36.11
1945,1954 年	玉米/黄豆	5°04'	20	100	438.0	20 135	608	35.73	
1949 年	玉米/黄豆	4°43'	20	100	594.2	16 705	404	34.57	
1945,1948,1951 年	冬小麦/荞麦	13°56'	20	100	397.0	17 798	1 638	15.33	
1946,1949,1950 年	冬小麦/荞麦	14°13'	20	100	472.0	37 582	3 262	16.27	14.90
1947,1953,1956 年	冬小麦/荞麦	14°08'	20	100	505.0	63 603	3 936	13.11	
1958 年	扁豆	8°34'	20	100	326.0	37 565	641	10.98	
1945,1948 年	扁豆	14°13'	20	100	362.0	17 361	4 276	24.57	
1958 年	扁豆	14°41'	20	100	375.9	30 540	1 903	14.05	15.22
1950,1953 年	扁豆	13°56'	20	100	401.0	35 780	1 486	13.97	
1946,1955 年	扁豆	14°08'	20	100	422.0	7 146	191	12.51	
1957 年	玉米/黄豆	14°15'	20	100	164.1	1 559	34	31.23	
1945,1950,1954,1957 年	玉米/黄豆	14°08'	20	100	387.0	24 114	1 952	15.11	18.06
1951,1953 年	玉米/黄豆	14°13'	20	100	438.0	9 654	698	14.54	
1949,1952 年	玉米/黄豆	13°56'	20	100	514.0	32 443	2 486	15.06	
1956 年	玉米/黄豆	14°39'	20	100	525.3	90 640	7 565	14.37	
1948,1950 年	冬小麦/荞麦	17°23'	20	100	359.0	20 145	2 071	15.98	
1953 年	冬小麦/荞麦	17°40'	20	100	406.5	5 228	65	15.18	
1946,1949 年	冬小麦/荞麦	17°27'	20	100	511.0	41 019	3 099	13.99	13.05
1956 年	冬小麦/荞麦	17°21'	20	100	538.1	72 100	1 045	7.05	
1945,1948,1951 年	扁豆	17°27'	20	100	397.0	11 774	2 044	17.17	
1946,1949,1955 年	扁豆	17°40'	20	100	479.0	36 430	2 435	14.31	14.53
1953 年	扁豆	17°23'	20	100	406.5	29 690	751	12.12	
1957 年	玉米/黄豆	17°21'	20	100	347.1	13 433	2 070	14.04	
1945,1954 年	玉米/黄豆	17°40'	20	100	438.0	16 448	1 712	15.68	
1946,1949,1952 年	玉米/黄豆	17°23'	20	100	485.0	23 440	2 253	15.36	15.08
1947,1950,1953 年	玉米/黄豆	17°27'	20	100	458.0	43 783	3 294	15.22	

表 3 牧草对减沙水代价的影响

年份	种植方式	作物种类	坡度	坡长/ m	面积/ m ²	年产流降 雨量/mm	径流量/ (m ³ ·km ⁻²)	泥沙量/ (t·km ⁻²)	R _{rs} / (m ³ ·t ⁻¹)
1953 年	草木樨轮作	草木樨/玉米	12°21'	20	100	468.7	15 124	1 520	15.45
1951 年	草木樨轮作	草木樨/冬小麦	12°58'	20	100	468.7	29 350	2 367	15.27
1955 年	草木樨轮作	草木樨/扁豆	14°49'	20	100	416.6	2 945	47	14.23
1955 年	草木樨轮作	草木樨	14°02'	20	100	416.6	13 582	169	13.18
1951 年	草木樨轮作	冬小麦	12°59'	20	100	416.6	16 038	189	12.93
1955 年	苜蓿轮作	苜蓿/玉米	12°59'	20	100	468.7	32 370	2 523	15.17
1955 年	苜蓿轮作	苜蓿/谷子	12°21'	20	100	416.6	9 714	312	13.87
1956 年	苜蓿轮作	苜蓿/扁豆	12°59'	20	100	538.1	14 883	509	13.57
1951 年	苜蓿轮作	苜蓿	12°58'	20	100	438.1	284 470	987	13.17
1956 年	苜蓿轮作	扁豆	9°44'	20	100	406.5	43 530	803	10.45

3 结论

研究农业耕作措施减沙水代价,有助于直观认识各类措施减少泥沙时对径流影响的差异,从而结合黄土高原沟壑区农民土地利用方式和习惯,对坡耕地不合理的土地利用方式、种植制度和耕作方法进行优化与合理配置,以保持土地生产力水平,并期望对黄土区河流水沙进行同步调节。

(1) 各类措施的减流减沙比由大到小表现为:横向耕作>防冲沟>浅耕>深耕,且在坡度较缓且基本不变时,随着雨量的增加措施减沙水代价减小,在降雨量相同时,随着坡度的增加,相同措施的减沙水代价明显降低。

(2) 无论坡度陡、缓,低秆作物与高秆作物(玉米黄豆)间作减沙水代价(R_s)均大于中高秆作物(冬小麦/荞麦)轮作和单作低秆作物(扁豆);随着坡度的增加各作物的减沙水代价明显降低,且各种作物在同一坡度下均随年产流降水量的增加其 R_s 减小。

(3) 草木樨、苜蓿轮作的减沙水代价(R_s)较种植农作物冬小麦、扁豆大,而牧草与农作物轮作的减沙水代价远大于牧草轮作,且草木樨与农作物轮作的减沙水代价大于苜蓿与农作物轮作。

[参 考 文 献]

- [1] 李树德. 再论水资源问题[J]. 北京大学学报:自然科学版,2000,36(6):819-823.
- [2] 陈希媛,刁立芳. 黄河水资源现状及保护对策研究[J]. 河南理工大学学报,2006,25(5):386-389.
- [3] 李玉山. 黄土高原治理开发与黄河断流的关系[J]. 水

土保持通报,1997,17(6):41-45.

- [4] 穆兴民,徐学选,陈霖巍. 黄土高原生态水文研究[M]. 北京:中国林业出版社,2001.
- [5] 曹文洪. 黄土高原地区提倡节水型水土保持[J]. 中国水土保持科学,2003,1(1):41-44.
- [6] 穆兴民,王飞,李锐. 水土保持是解决黄河问题的根本[N]. 中国水利报,20051105(现代水利评论版).
- [7] 穆兴民,李锐. 论水土保持在解决中国问题中的战略地位[J]. 水土保持通报,1999,19(3):1-5.
- [8] 徐学选,陈霖巍,穆兴民,等. 黄河中游水土保持措施对径流的影响[J]. 人民黄河,2000,22(7):36-37.
- [9] 张文静. 不同水土保持措施对径流的影响分析[D]. 北京:中国农业大学,2006.
- [10] 李传哲,王浩,于福亮,等. 延河流域水土保持对径流泥沙的影响[J]. 中国水土保持科学,2011,9(1):1-8.
- [11] 王宏,秦百顺,马勇,等. 渭河流域水土保持措施减水减沙作用分析[J]. 人民黄河,2001,23(2):18-20.
- [12] 袁希平,雷廷武. 水土保持措施及其减水减沙效益分析[J]. 农业工程学报,2004,20(2):296-300.
- [13] 王飞. 人类活动对区域水土流失影响的定量评价[D]. 陕西 杨凌:西北农林科技大学,2004.
- [14] 王飞,李锐,穆兴民,等. 渭河流域水保措施减沙水代价分异特征与水沙调节模拟[J]. 中国水土保持科学,2004,2(2):12-17.
- [15] 林和平. 水平沟耕作在不同坡度上的水土保持效应[J]. 水土保持学报,1990,7(2):63-68.
- [16] 王协康,方铎. 植被措施控制水土流失机理及其效益研究[J]. 四川大学学报:工程科学版,2003,32(2):13-16.
- [17] 侯喜禄. 陕西黄土区不同森林类型水土保持效益的研究[J]. 西北林学院学报,1994,9(2):20-24.

(上接第212页)

- [8] 环境保护部环境工程评估中心. 环境影响评价技术方法[M]. 北京:中国环境科学出版社,2010:52-70.
- [9] 环境保护部环境工程评估中心. 环境影响评价技术导则与标准[M]. 北京:中国环境科学出版社,2010:68-99.
- [10] 孙天青,张鑫,梁学玉,等. 秃尾河径流特性及人类活动对径流的影响分析[J]. 人民长江,2010,41(8):47-50.
- [11] 刘萍萍,甘文宇,张瑞芳,等. 陕北红碱淖流域水量变化及其影响因素定量分析[J]. 西安交通大学学报,2009,43(1):119-124.
- [12] Li Shuang, Chen Shuo, Zhang Jiawu. Environmental changes analysis of Hongjiannao Lake during recent fifty years:Based on the data of sediments[J]. Resource

and Environment, 2009, 10(6):178-183.

- [13] 延军平. 西北典型区生态脱贫途径研究[M]. 北京:中国社会科学出版社,2010:238-249.
- [14] 王德丽. 全球变暖环境下陕北—关中—陕南气候变化对比研究[D]. 陕西 西安:陕西师范大学,2011.
- [15] 唐克丽. 黄土高原生态环境建设关键性问题的研讨[J]. 水土保持通报,1998,18(1):1-7.
- [16] 王侠. 黄土高原水土保持股份制治理形式浅析[J]. 水土保持通报,1998,18(1):29-34.
- [17] 唐克丽. 煤炭开发与环境建设协调发展的初探:华能精煤神府—东胜矿区环境治理进展简介[J]. 水土保持通报,1994,1(4):18-22.