

保护性耕作对黄土高原坡耕地水土流失的影响

李登航, 王立*, 黄高宝, 郭鹏丽 (1. 甘肃农业大学林学院, 甘肃兰州 730070; 2. 甘肃农业大学农学院, 甘肃兰州 730070)

摘要 [目的] 为有效的防治黄土高原坡耕地水土流失, 提高坡耕地持续利用。[方法] 在陇中半干旱区 $6^{\circ}\sim 7^{\circ}$ 的坡耕地上, 设传统耕作下春小麦与苜蓿间作(T_W)、马铃薯与苜蓿间作(T_P)、鹰嘴豆与苜蓿间作(T_C)、免耕秸秆覆盖下春小麦与苜蓿间作(NIS_W)、马铃薯与苜蓿间作(NIS_P)、鹰嘴豆与苜蓿间作(NIS_C) 6个处理, 进行保护性耕作的定位研究, 并分别探讨保护性耕作对每种间作方式的土壤容重、饱和导水率以及水土流失的影响。[结果] 结果表明, 与传统耕作(T)相比, 免耕秸秆覆盖(NIS)增大了土壤的容重, 提高了表土的饱和导水率, 使土壤的稳定性有所提高, 水分易于入渗。免耕秸秆覆盖(NIS)可明显减少土壤侵蚀量和径流量。[结论] 保护性耕作是控制黄土高原半干旱区坡耕地水土流失的有效措施。

关键词 保护性耕作; 坡耕地; 水土流失; 侵蚀; 径流

中图分类号 S157.1 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2009)13-06087-02

Effect of the Conservation Tillage on the Water and Soil Loss in Sloping Field of the Loess Plateau

LI Deng-hang et al (College of Forestry, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070)

Abstract [Objective] The effective measure of the reduction of soil and water losses in sloping field of the Loess Plateau was experimented for the sustaining utilization of the cultivated land. [Method] The positioning research on the conservation tillage was conducted through the establishment of 6 intercropping treatments under traditional farming model were: spring wheat and alfalfa (T_W), potato and alfalfa (T_P), chickpeas and alfalfa (T_C), spring wheat under no-tillage and plastic covering and alfalfa (NIS_W), potato and alfalfa (NIS_P) and chickpeas and alfalfa (NIS_C) in the sloping land with $6^{\circ}\sim 7^{\circ}$ of semi-arid area and the effect of different conservation tillage on bulk density, saturated hydraulic conductivity and water/soil loss was explored respectively. [Results] The results showed that compared with the traditional farming (T), the soil bulk density of NIS was increased, which improved the soil's saturated hydraulic conductivity, strengthened the soil stability with easy percolation of the water into soil. And also, the treatment-NIS could significantly reduce the soil erosion and runoff. [Conclusion] The conservation tillage was the effectively controlling measures of the water/soil loss of the sloping land in the semi-arid area of Loess Plateau.

Key words Conservation tillage; Sloping land; Water/soil loss; Erosion; Runoff

黄土高原现有耕地1 910万 hm^2 , 其中, 73.6%属坡耕地^[1], 大量资料表明^[2-5], 坡耕地是江河泥沙的主要来源, 但是其严重的水土流失使山区丘陵地区土层变薄, 养分流失, 造成坡耕地生产力低下, 严重阻碍当地农业可持续发展。研究表明, 保护性耕作在干旱半干旱地区的实施具有良好的生态、环境和经济效益^[6-8]。在坡耕地上种植草带是一种有效防治水土流失的生物技术, 其典型形式是在坡面沿等高线设置草带, 带间种植农作物。

干旱缺水 and 水土流失是困扰黄土高原旱地农业生产的两大难题, 国内外的许多研究表明, 实施免耕、覆盖和留茬等保护性耕作措施均能减少水土流失, 增加土壤入渗^[9]。因此, 笔者在陇中黄土高原半干旱区的定西县李家堡乡进行了保护性耕作的定位研究, 旨在提高甘肃黄土高原西部雨养农业系统生产力及其可持续性。

1 材料与方

1.1 试验区概况 试验设在陇中黄土高原半干旱丘陵沟壑区的定西县李家堡乡麻子川村。试区属中温带偏旱区, 平均海拔2 000 m, 年均气温 $6.4^{\circ}C$, 多年平均降水390.9 mm, 年蒸发量1 531 mm, 干燥度2.53, 80%保证率的降水量为365 mm, 变异系数为24.3%, 为典型的雨养农业区。土壤为典型的黄绵土, 土质绵软, 土层深厚, 质地均匀, 贮水性能良好; 0~200 cm土壤容重平均为 $1.17 g/cm^3$, 凋萎含水率7.3%, 饱和含水率21.9%, pH值8.36。

1.2 试验设计 选择 $6^{\circ}\sim 7^{\circ}$ 的缓坡地, 从2007到2008年, 以春小麦(Spring Wheat, W)、马铃薯(Potato, P)、鹰嘴豆(Cheick

Pea, C)及苜蓿(Lucerne, L)为供试作物, 研究粮草等高带状种植, 禾薯豆三序列轮作, 结合不同保护性耕作措施的抗蒸抑蚀效果(表1)。设6个处理, 3次重复, 共18个小区, 小区面积 $5 m \times 7.2 m$, 随机区组排列。每个小区下坡位布设一个导流槽和径流收集池, 内置集流桶, 收集径流和泥沙。

表1 处理及种植方式

Table 1 The treatments and planting methods

处理	代码	种植方式
Treatment	Code	Planting method
春小麦、苜蓿间作+传统耕作	T_W	带宽3.6 m, 春小麦、苜蓿幅宽均为1.8 m, 每小区各两带, 采用当地常规耕作方式
春小麦、苜蓿间作+免耕秸秆覆盖	NIS_W	带宽及种植方式同 T_W , 春小麦高茬收割、免耕
马铃薯、苜蓿间作+传统耕作	T_P	带宽3.6 m, 马铃薯、苜蓿幅宽均为1.8 m, 每小区各两带, 采用当地常规耕作方式, 马铃薯垄作
马铃薯、苜蓿间作+免耕秸秆覆盖	NIS_P	带宽及种植方式同 T_P , 马铃薯免耕、垄作, 垄面覆膜、垄沟覆草
鹰嘴豆、苜蓿间作+传统耕作	T_C	带宽3.6 m, 鹰嘴豆、苜蓿幅宽均为1.8 m, 每小区各两带, 采用当地常规耕作方式
鹰嘴豆、苜蓿间作+免耕秸秆覆盖	NIS_C	带宽及种植方式同 T_C , 鹰嘴豆免耕、豆秸还田

1.3 测定项目及方法

1.3.1 土壤容重。采用环刀法测定。收后对土壤的0~5 cm, 5~10 cm, 10~30 cm的容重分别进行测定。

1.3.2 土壤饱和导水率。采用圆盘渗透仪法测定^[10]。在收后对土壤表层0~5 cm的饱和导水率进行测定。

1.3.3 作物盖度。采用投影法测定^[11]。

1.3.4 径流量及侵蚀量。用自计雨量计测定试验区内每次降雨的雨量、降雨强度及降雨历时, 降雨结束后, 测定每个集流桶中浑水的体积, 并分别采集水样50 ml, 用于测定泥沙含量, 进一步计算径流量和侵蚀量。

2 结果与分析

2.1 保护性耕作对土壤容重的影响 容重是土壤物理性质

基金项目 中澳合作项目 ACIAR (LWR2/1999/094); 国家科技支撑计划(2006BAD15B06)。

作者简介 李登航(1983-), 男, 陕西西安人, 硕士研究生, 研究方向: 水土保持。* 通讯作者, 副教授, E-mail: wang1963@tom.com。

收稿日期 2009-02-20

的综合指标,一个系统对土壤物理性质的影响最终反映到土壤容重的变化上,即耕作活动对土壤物理性质的影响很大程

度可以借助容重的改变给予定量。

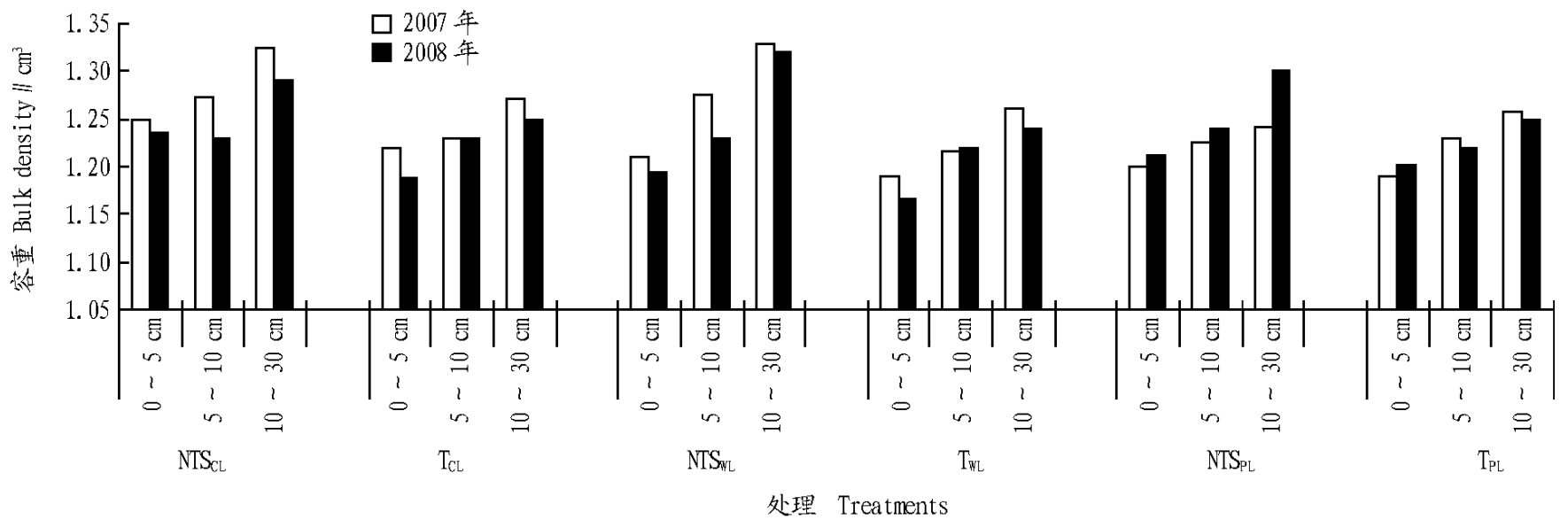


图1 2007、2008年不同处理0~30cm的土壤容重

Fig.1 The bulk density of 0~30 cmsoil under different treatments in 2007 and 2008

由图1可知,各处理的土壤容重随着土层的增加而增加,同种作物条件下的免耕秸秆覆盖(NIS)与传统耕作(T)相比,NIS的容重均大于T,这主要是由于其表面覆盖作物秸秆腐烂后增加了表层土壤的有机质等的含量;免耕消除了人为对土壤的扰动和机械对土壤的压实作用,有利于土壤结构的稳步发育,使其容重增大。与2007年土壤容重相比,2008年容重普遍降低,可能是因为2007年降雨明显多于2008年,降雨越多,土壤受雨滴的冲击越大,使土壤孔隙度减小,紧实度增大,因而容重增大。

2.2 保护性耕作对土壤饱和导水率的影响 由表2可知,各处理中NIS处理土壤的饱和导水率均大于T处理的土壤,平均提高14.9%,这说明免耕明显提高了土壤的饱和导水率。这是因为在自然条件下T处理表层土壤经雨滴冲击,土壤团粒结构被破坏,表层大孔隙塌陷使其连续性降低,使其渗透性能降低;同时破碎的土壤粘粒形成一层不易透水透气、结构细密坚实的结皮,有碍土壤水分的入渗。而NIS处理在土壤表面覆盖一层秸秆可避免降雨的冲击,土壤疏松多孔、团粒结构稳定,因而土壤的导水性能好,降水就地入渗快,地表径流少。比较2007、2008年的土壤饱和导水率,2007年NIS处理比T处理平均提高8.4%,而2008年平均提高21.5%,说明禾薯豆三序列轮作可以明显提高土壤的饱和导水率。土壤饱和导水率越大,土壤的渗透性就越好,地表径流就会越少,土壤流失量就相应减少。

表2 不同处理0~5cm的土壤饱和导水率

Table 2 The saturated hydraulic conductivity in 0-5 cmsoil under different treatments %

处理 Treatment	2007	2008
NIS _{CL}	54.90	69.50
T _{CL}	50.34	57.74
NIS _{WL}	60.30	59.98
T _{WL}	57.77	45.94
NIS _{PL}	53.25	65.30
T _{PL}	46.53	50.16

2.3 保护性耕作对土壤侵蚀的影响 坡耕地水土流失受自然因素和人为生产活动的共同作用。坡耕地水蚀主要以雨

滴溅击开始,之后形成面状水流进而汇集成股,发展成细沟、浅沟侵蚀^[12]。2007年降水总量为375.3mm,2008年干旱少雨,降水总量为263.7mm。降雨期主要集中在4~10月,观测期间试验区共降雨50余次,其中比较明显的产流12次,主要集中在6~9月,降雨期各种作物的盖度分别为:苜蓿84%、小麦47%、鹰嘴豆23%、马铃薯35%。由表3可知,NIS处理下的土壤侵蚀量和径流量均小于同种作物条件下的T处理,径流量平均减少7.7%,侵蚀量平均减少27.6%;与同种作物条件下的T处理相比,NIS_{CL}、NIS_{WL}、NIS_{PL}年径流量分别减少了6.9%、8.4%、7.8%,侵蚀量分别减少了20.5%、38.7%、23.7%,其中以NIS_{WL}水土保持效果最佳。主要是因为:免耕降低了地表的人为破坏,同时覆盖一层秸秆提高了土壤的导水率,水分易于入渗;在不同作物带中,与鹰嘴豆相比,小麦的植株较高,可以有效地缓冲雨滴对地表土壤的冲击,且小麦的盖度大,增大了地表的抗蚀性,马铃薯在整个生长后期根系发达,有利于增加地表糙度,保持黄锦土的土壤结构,增加降雨入渗,减少地表径流。2007年的径流量和侵蚀量均大于2008年,这与2007年的降雨量大于2008年有关,一般来说,在坡耕地上,降雨量越大,径流量也越大,冲刷泥土的力量也越大,因而侵蚀量也随之增加。

表3 不同处理水土流失比较

Table 3 The water and soil loss comparison among different treatments

水土流失指标 Indices of water and soil loss	2007		2008	
	径流量 m ³ /hm ² Runoff volume	侵蚀量 kg/hm ² Erosion amount	径流量 m ³ /hm ² Runoff volume	侵蚀量 kg/hm ² Erosion amount
NIS _{CL}	16.36	74.32	13.63	63.55
T _{CL}	17.59	86.68	14.49	79.10
NIS _{WL}	16.76	74.54	13.47	57.73
T _{WL}	17.50	104.69	15.14	79.02
NIS _{PL}	16.18	81.15	13.61	55.08
T _{PL}	16.80	94.61	15.22	72.24

3 结论

保护性耕作提高了土壤的容重,不同耕作措施对土壤容重的影响是不同的,免耕使土壤的结构稳定性有所提高。NIS

(下转第6111页)

作母液,用工作母液配制成0.5、1.0、2.0、4.0、10.0 ng/L 系列浓度标准液,在上述色谱操作条件下分别进样20 μ ,测得不同标准溶液的峰面积。以峰面积为 y ,苯磺隆溶液浓度 (ng/L) 为 x ,得线性方程为 $y = 49\ 895x + 731$, $R = 0.999\ 2$,显示出良好的线性关系。

2.2 添加回收率与变异系数 在一定量的空白土壤样品中,分别添加3个不同浓度的苯磺隆标准品,每个浓度3次重复,方法的准确度采用标准添加回收率来衡量,方法的精确度以测定结果的相对标准偏差来衡量。由表1可知,供试样本的添加回收率和相对偏差均在允许范围内,符合农药残留分析的要求。各处理土壤中苯磺隆的平均回收率为84.2%~94.2%,变异系数范围为1%~5%,其准确度和精密程度均达到农药残留分析要求^[8]。

表1 回收率测定结果

Table 1 The determination results of recovery rate

添加浓度 ng/kg Adding concentration	回收率 Recovery rate %			变异系数 % Variation coefficient
	1	2	3	
0.1	82.5	86.9	83.5	2.74
0.8	91.2	95.3	87.4	4.33
10.0	96.2	92.3	94.1	2.07

2.3 苯磺隆在不同控制条件涝渍地稻田中的残留动态 对不同涝渍地土系条件下土壤中苯磺隆残留量和降解时间进行回归分析,可以发现苯磺隆残留量随时间的变化均符合一级反应动力学方程 $C = C_0 e^{-kt}$,根据残留半衰期公式可以求得不同条件下的苯磺隆残留物的降解半衰期。

由表2可知,苯磺隆在不同土系下涝渍地稻田土壤中的降解是有差别的,在江汉系、高场系、四湖系、横沟乡系、观音土系、万全系的半衰期分别为37.0、16.5、14.9、17.8、19.7、42.0 d。随着土壤肥力的增加,苯磺隆在土样中的降解半衰期缩短,而且降解半衰期与地形的同心圆分布呈两头高中间低的有规律变化,碟型地貌中土壤中有机质的增加、土壤含水量的增大、土壤温度的增加、酸性土壤都有利于苯磺隆的降解^[9],其主要原因还是土壤本身的理化性质。

3 讨论

该文系统研究了江汉平原涝渍地稻田土壤中苯磺隆的

(上接第6088页)

提高了土壤的饱和导水率,不同轮作序列对土壤的饱和导水率也有反提高,进而影响土壤水分入渗。与T处理相比,NIS处理减小了土壤侵蚀量和径流量。由此可见,免耕秸秆覆盖是坡耕地水土保持的有效措施,改良了土壤性质,使得土壤团粒稳定,坚实度增大,减弱土壤分离,减少产沙量,并增加了水分入渗量,从而减少了径流和土壤流失。

参考文献

- [1] 杨文治,余存祖.黄土高原区域治理与评价[M].北京:科学出版社,1992.
- [2] 田仁生,刘厚田.酸化土壤中铝及其植物毒性[J].环境科学,1990,11(6):41-45.
- [3] CAMERON R S, RITCHE G S P, ROBSON A D, et al. Relative toxicities of inorganic aluminum complexes to barley[J]. Soil Sci Soc Am J, 1986, 50: 1231 -

表2 苯磺隆在江汉平原涝渍地土壤6种土系的降解方式

Table 2 Degradation patterns of bensulfuron methyl in 6 typical soil series of waterlogged land in Jianghan Plain

土系 Soil series	降解曲线方程 Degradation curve equation	相关系数 r Correlation coefficient	DT _{0.5} d
江汉系 Jianghan series	$Y = 0.836\ 9e^{-0.018\ 6x}$	-0.985 7	37.0
高场系 Gaochang series	$Y = 0.804\ 5e^{-0.041\ 9x}$	-0.995 7	16.5
四湖系 Shu series	$Y = 0.900\ 6e^{-0.046\ 4x}$	-0.991 0	14.9
横沟乡系 Henggouxiang series	$Y = 0.846\ 5e^{-0.038\ 9x}$	-0.993 3	17.8
观音土系 Guanyintang series	$Y = 0.735\ 6e^{-0.035\ 1x}$	-0.987 1	19.7
万全系 Wanquan series	$Y = 0.740\ 1e^{-0.016\ 5x}$	-0.962 0	42.0

注:Y为苯磺隆残留(ng/kg),x为时间(d)。

Note: Y stands for bensulfuron methyl residue; x stands for time.

残留消解动态规律,对今后该地区的农药施用和污染土壤修复提出建议:通过涝渍地改良,降低涝渍地土壤含水量,从而提高土壤的透气性和土壤温度,同时通过施用有机肥等措施,提高有机质含量,控制土壤盐碱化,不仅有利于增加粮食产量,而且有益于土壤中残留的苯磺隆的降解,有利于污染土壤的修复。自然环境中实际情况千差万别,因此该模拟研究只能提供一定的理论参考,相关研究有待进一步深入。

参考文献

- [1] 林长福.苯磺隆在我国的应用[J].农药,2000,39(3):11-12.
- [2] 李德平.磺酰脲类除草剂在土壤中的物理化学行为[J].土壤,1996(3):128-133.
- [3] 陶波,苏少泉.苯磺隆在水稻田中的吸附和降解[J].东北农业大学学报,1998,5(2):122-127.
- [4] 张伟,王进军.溶液pH值及模拟酸雨对两种磺酰脲类除草剂在土壤行为的影响[J].应用生态学报,2007,18(3):613-619.
- [5] 艾天成,李方敏,原雄人.江汉平原湖积型涝渍地土壤物理环境质量评价[J].湖北农学院学报,2004,24(4):245-247.
- [6] 艾天成.江汉平原湖积型涝渍地土壤化学环境及适宜性评价[J].长江大学学报:自然科学版,2005,25(3):12-15.
- [7] 向万胜,李卫红,童成立.江汉平原农田渍害与土壤潜育化发展现状及治理对策[J].土壤与环境,2000,9(3):214-219.
- [8] 樊德方,陈鹤鑫.农药残留分析与检测[J].中国环境科学,1983,3(1):35-39.
- [9] 程玲,李俊凯,王勇.不同控制条件下土壤中苯磺隆的残留动态初探[J].长江大学学报:自然科学版,2008,5(2):61-63.

1236.

- [4] FAGERIA NK. Aluminum toxicity in crop plants[J]. J Hart Ntri, 1988, 11(3): 303-309.
- [5] WRIGHT R J. Soil aluminum toxicity and plant growth[J]. Comm 1 in Soil Sci Hart Anal, 1989, 20(15/16): 1479-1497.
- [6] 王春裕,王汝镛.中国东北地区盐渍土的生态分区[J].土壤通报,1999,30(5):193-196.
- [7] 王遵亲.中国盐渍土[M].北京:科学出版社,1991.
- [8] 李酉开.土壤农业化学常规分析方法[M].北京:科学出版社,1983.
- [9] 吴发启,赵西宁,崔卫芳.坡耕地耕作管理措施对降雨入渗的影响[J].水土保持学报,2003,17(3):115-117.
- [10] 罗珠珠,黄高宝,张国盛.保护性耕作对黄土高原旱地表土容重和水分入渗的影响[J].干旱地区农业研究,2005(4):7-11.
- [11] 贾天会,黄毅,曹忠杰.辽南土石质山区坡耕地水土流失试验研究[J].中国水土保持,2001(3):25,38,47.
- [12] 贾科利,常庆瑞,王占礼,等.陕北坡耕地土壤侵蚀对土壤性质的影响研究[J].中国生态农业学报,2006(1):96-99.