

# 保护性耕作对坡耕地粮豆草等高带状种植作物生长与水土保持效果的影响

赵旭<sup>1,2</sup>, 王汉宁<sup>1,2\*</sup>, 李玲玲<sup>1,2</sup>, 崔同霞<sup>1,2</sup>

(1. 甘肃省作物遗传改良与种质创新重点实验室/甘肃省干旱生境作物学重点实验室, 甘肃兰州 730070;

2. 甘肃农业大学农学院, 甘肃兰州 730070)

**摘要:** 为有效防治坡耕地水土流失, 提高坡耕地水分利用率, 选用多年生作物苜蓿及小麦、鹰嘴豆、马铃薯等一年生作物作为供试作物, 设置不同带状系统研究了各种种植方式和耕作方式对作物生长、土壤水分、*WUE* 及水土流失的影响。结果表明, (1) 各处理保持水分的能力依次为: 免耕 + 秸秆覆盖 (NTS) > 免耕 (NT) > 传统 (T); (2) 保护性耕作具有良好的防止土壤侵蚀能力, 依次为: NTS > NT > T; (3) 免耕 + 秸秆覆盖和免耕方式与传统耕作相比, 均能提高半干旱地区土壤水分和作物对水分的利用效率, 减少土壤侵蚀量。从不同处理保持水土效应来看, 从优至劣的顺序为  $NTS_{PL} > T_{PL} > NTS_{CL} > T_{CL} > NTS_{WL} > T_{WL}$ 。由此可见, 免耕秸秆覆盖是提高水分利用效率及控制水土流失的有效措施, 粮草豆隔带种植, 结合保护性耕作措施不但具有蓄水保土, 减免侵蚀的生态作用, 而且还能提高土地利用的经济效益, 宜结合生产推广利用。

**关键词:** 保护性耕作; 等高带状种植; 土壤水分; 水分利用效率; 水土流失

**中图分类号:** S345 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)03-0007-06

## Impact of conservation tillage on crop growth and soil and water retaining under grain-legume-grass strip intercropping in slope land

ZHAO Xu<sup>1,2</sup>, WANG Han-ning<sup>1,2\*</sup>, LI Ling-ling<sup>1,2</sup>, CUI Tong-xia<sup>1,2</sup>

(1. Gansu Key Laboratory of Crop Improvement & Germplasm Enhancement / Gansu Provincial key Lab of Aridland Crop Science, Lanzhou, Gansu 730070, China; 2. Agronomy Faculty of Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

**Abstract:** In attempt to discover the ways to effectively prevent water and soil lose, improve water use efficiency (*WUE*) in sloping land, perennial crop alfalfa and some annual crops including wheat, potatoes were used in this paper to study the impact of various cropping patterns and tillage methods on crop growth, soil moisture, *WUE* and soil erosion. The results showed that (1) the order of the potential ability of different cropping patterns to conserve the soil water and prevent the soil loss was as follows: no-tillage + straw mulch (NTS) > no-tillage (NT) > traditional (T); (2) conservation tillage mitigated the soil erosion. The order of the potential ability of different cropping patterns to mitigate soil erosion was as follows: NTS > NT > T; (3) The no-tillage + straw mulch and no-tillage planting methods increased soil moisture and water use efficiency in semi-arid areas and reduced soil erosion compared to the conventional farming. Different cropping patterns showed different potentials in enhancing soil and water conservation and preventing soil erosion. The descending order of their potentials was  $NTS_{PL} > T_{PL} > NTS_{CL} > T_{CL} > NTS_{WL} > T_{WL}$ . In conclusion, NTS could improve water use efficiency and effectively control soil erosion. Forage beans septum planting combined with conservation tillage measures could not only enhance the water and soil conservation and ameliorate the ecological influence of soil erosion, but also increased economic efficacy of land usage. Application of NTS in crop planting should be recommended and promoted.

**Keywords:** conservation tillage; contour strip farming; soil moisture; *WUE*; soil erosion

收稿日期: 2013-01-04

基金项目: 国家农业科技成果转化资金项目 (2010GB2G100484)

作者简介: 赵旭 (1985—), 男, 甘肃白银人, 硕士研究生, 主要从事作物遗传育种与耕作。E-mail: zhaoxu@st.gsau.edu.cn。

\* 通信作者: 王汉宁, E-mail: wanghn@gsau.edu.cn。

水分利用和生产力水平低下是黄土高原西部干旱半干旱农区发展的主要制约因素<sup>[1]</sup>。黄土质地疏松,抗蚀能力差,雨量少而集中,是造成该区水土流失严重和土地水分利用率低下的自然原因,而传统农业的精耕细作更加剧了水土流失,限制了生产力水平和水分利用的提高<sup>[2]</sup>。

目前坡耕地多采用传统耕作方式,翻耕次数多,土质疏松,农田裸露时间长,有机质还田率低,加之黄土抗冲刷性弱,一旦遇到降水频率 5% 和雨强 1 mm/min 的暴雨,极易产生超渗径流,导致水土流失十分严重、水分利用效率和土地生产力水平低下。据统计,黄河流域 70% 的泥沙来自黄土高原的坡耕地<sup>[3-4]</sup>。大量泥沙冲入江河不仅造成洪灾威胁,而且导致土壤贫瘠退化,土地生产力水平和农业生产的经济效益进一步降低<sup>[5]</sup>。从 2006 年起,科技部专门就保护性耕作立项并以水蚀风蚀严重地区作为重点,显示出对保护性耕作的重视和认识的统一<sup>[6]</sup>。与国际发展趋势一样,保护性耕作将成为 21 世纪我国农业可持续发展的重要支撑技术之一。通过研究保护性耕作对于等高隔带种植系统水分利用的影响,可以构建黄土高原丘陵沟壑区坡耕地水土保持型保护性耕作技术体系,改善土壤物理性质,减轻土

壤水蚀,保持地力长久不衰,降低生产成本和改善农业环境<sup>[7-11]</sup>。

因此针对黄土高原丘陵沟壑区坡耕地面积大、水土流失严重、水分利用效率低、有限降水无效蒸发量大、农作制度不尽合理,研究“保护性耕作对坡耕地豆-麦-马铃薯-苜蓿等高隔带种植系统水分利用的影响”对保护农田生态环境、提高农田综合生产能力具有重大意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 试区概况

该区处于黄土高原西部中温带偏旱区定西市李家堡坡耕地,海拔约 2 000 m,年均太阳辐射 594.7 kJ·cm<sup>-2</sup>,日照时数 2 476.6 h,年均气温 6.4℃,≥0℃积温 2 933.5℃,≥10℃积温 2 239.1℃;无霜期 140 d。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。土壤类型为典型的黄绵土,土质绵软,土层深厚,质地均匀,储水性能良好;0~200 cm 土壤容重平均为 1.17 g·cm<sup>-3</sup>。试验期间的降水量见表 1。试验地土壤主要物理性质见表 2。

表 1 2010—2011 年各月降水量与多年平均月降水量(1970—2010 年)/mm

Table 1 The rainfall in test areas in 2011 and the average monthly precipitation from 1970 to 2010

项目 Item	月份 Month									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2010 年	2.6	0	28.6	23.6	9.6	65.8	69.6	95.6	69.9	—
2011 年	14.2	12.2	4.8	24.2	24	75.2	51.6	84.22	72.3	—
多年平均(1970—2010) Average for 1970—2010	3.3	4.6	12.1	28	44.6	53.4	77.4	82.6	49.5	28.5
变异系数 CV/%	81.2	82.8	66.2	66.4	61.8	44.6	56.9	42.7	52.7	55.2

表 2 试区土壤主要物理性质

Table 2 The soil physical properties in test areas

试验 Test	层次/cm Layer	容重/(g·cm <sup>-3</sup> ) Unit weight	孔隙度/% Porosity
粮草豆隔带种植 保护性耕作试验 The forage-beans partition with planting conservation tillage trials	0~5	1.2425	49.0947
	5~10	1.2282	49.4742
	10~30	1.2586	49.4449

### 1.2 试验设计

1.2.1 参试作物 以春小麦(wheat, W)、马铃薯(potato, P)、鹰嘴豆(cheickpea, 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。

试验地前茬为胡麻。

1.2.2 处理描述 春小麦 2007—2010 年 3 月播种,同年 7 月收获,鹰嘴豆、马铃薯也于 2007—2010 年 3 月播种,同年 9—10 月收获,紫花苜蓿在 2007 年播种,为多年生作物。试验地选择在坡度 6°~7° 的缓坡上,设置 6 个处理,如表 3 所示。传统耕作(T),即作物收获后至冻结前三耕两耱;免耕+秸秆覆盖(NTS),即全年不耕作,播种时用免耕播种机一次性完成施肥和播种,收获后用 2,4-D 和草甘磷除草,脱粒后将全部前作秸秆覆盖在原小区。为了加快研究进程,研究设计了小麦→鹰嘴豆→马铃薯(2009 年小麦→2010 年鹰嘴豆→2011 年马铃薯,简称 W→C→P)、鹰嘴豆→马铃薯→小麦(2009 年鹰嘴豆→

2010年马铃薯→2011年小麦,简称C→P→W)、马铃薯→小麦→鹰嘴豆(2009年马铃薯→2010年小麦→2011年鹰嘴豆,简称P→W→C),三个轮作序列,3次重复,小区面积 $7.2\text{ m} \times 5.0\text{ m}$ ,随机区组排列。2008年8月开始布置试验小区,所有秸秆还田处理全部覆盖小麦秸秆 $4\ 500\text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,以后每年收获后所有秸秆归还原小区,立茬过冬。春小麦每年3月中旬播种,播量为 $187.5\text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。施纯N $105\text{ kg} \cdot$

$\text{hm}^{-2}$ (尿素N,46%),纯 $\text{P}_2\text{O}_5\ 105\text{ kg}$ (过磷酸钙 $\text{P}_2\text{O}_5$ ,14%)。鹰嘴豆每年4月上旬播种,播量 $180\text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。施纯N $20\text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (尿素N,46%),纯 $\text{P}_2\text{O}_5\ 105\text{ kg}$ (过磷酸钙 $\text{P}_2\text{O}_5$ ,14%)。马铃薯每年4月中旬播种,播量为 $2\ 250\text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,每公顷马铃薯的养分需求量则为:N $336.38\text{ kg}$ ;  $\text{P}_2\text{O}_5\ 134.55\text{ kg}$ ;  $\text{K}_2\text{O}\ 740.03\text{ kg}$ 。

表3 试验处理描述

Table 3 Experimental treatment

耕作方式 Farming methods	春小麦与紫花苜蓿套作 Spring wheat and lucerne intercropping	马铃薯与紫花苜蓿套作 Potato and lucerne intercropping	鹰嘴豆与紫花苜蓿套作 Chickpea and lucerne intercropping	操作方法 Operation method
传统耕作 T	$T_{\text{WL}}$	$T_{\text{PL}}$	$T_{\text{CL}}$	带宽3.6m,春小麦、马铃薯、鹰嘴豆与紫花苜蓿幅宽均为1.8m,每小区各两带,采用当地常规耕作方式。
免耕秸秆覆盖 NTS	$NTS_{\text{WL}}$	$NTS_{\text{PL}}$	$NTS_{\text{CL}}$	整个试验期免耕,春小麦、马铃薯、鹰嘴豆播种后秸秆覆盖。

1.2.3 试验方法设计 小区面积 $7.2\text{ m} \times 5.0\text{ m}$ ,三次重复,随机区组排列。

### 1.3 田间管理

播种:各种作物的播种量同当地大田作物播种量。

施肥:所有作物均不施有机肥,化肥用量取当地最佳施肥量。

病虫害防治:播种前所有处理均用草甘磷及2,4-D除草,生育期间及时防治各种病虫害。

### 1.4 测定项目与方法

1.4.1 气象数据 降雨量:采用雨量筒法;大气温度:TinyTag™每小时采集一次数据。

1.4.2 作物测定 主要生育时期记载:(1)播种期:以日表示;(2)出苗期:分始期(30%出苗)和盛期(75%出苗)两期调查,按全区单株计算,幼苗出土后隔日调查;(3)开花期;(4)成熟期。

1.4.3 土壤测定 试验期间每隔15 d测一次水分,测定深度为200 cm,分0~5 cm,5~10 cm,10~30 cm,30~50 cm,50~80 cm,80~110 cm,110~140 cm,140~170 cm,170~200 cm九个层次。

1.4.4 径流量及侵蚀量测定 径流产生后,每5 min在集流桶中用体积法求得浑水总量(ml),同时采集混合水样500 ml,过滤后烘干称重,计算水样的泥沙含量,进一步计算侵蚀量。

侵蚀量( $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) = 浑水总量 × 样品

泥沙含量  $\times 10^{-3} / (7.2 \times 10^{-4})^{[13]}$ ;

径流量(mm) = (浑水总量 - 侵蚀量) / 坡面土壤

比重)  $\times 10^{-6} / 7.2 \times 10^{-4})^{[13]}$ 。

土壤侵蚀量:降雨后进行土壤侵蚀形式、类型的观测;产流产沙量:针对每次降雨进行产流产沙观测。

1.4.5 水分利用效率(WUE)的计算 作物生长期间的蒸散量(ET)用下式计算: $ET(\text{mm}) = P - \Delta S$ ,其中P是作物生长期间的降水量(mm), $\Delta S$ 是收获期与播种期土壤剖面水分含量(mm)之差。

$WUE(\text{kg} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}) = \text{经济产量} / ET$

1.4.6 数据分析 采用Excell透视图进行数据处理,DPS软件进行统计分析。

## 2 结果分析

### 2.1 不同耕作方式对不同带状种植体系作物生长发育的影响

由表4可知不同的耕作方式对作物的出苗、开花、成熟均有影响,对出苗期的影响最为明显,比传统耕作迟了5 d左右。不同的耕作方式对鹰嘴豆、马铃薯的成熟期的影响不大,由于免耕+秸秆覆盖能够减少土壤水分的蒸发,保蓄水分,使得作物在生育前期有充足的水分维持其后期更好地生长,所以它的生育后期较稳定。

### 2.2 不同带状种植系统土壤水分响应

2.2.1 播前土壤水分 粮草豆隔带种植保护性耕作试验播前土壤水分见图1。

由图1可得到与试验1类似的结果,即免耕+秸秆覆盖的保持水分的效果好。只是小麦地的水分

差异不明显,其原因可能是小麦地的前茬为鹰嘴豆,而鹰嘴豆是耗水作物,对水分的需求高,尤其在降雨少的年份,会使得后茬作物因缺水不能很好地生长。

表 4 不同保护性耕作措施下作物生育进程表

Table 4 Crop growth and development process under different cultivation measures/d

作物 Crop	播种期 Sowing stage	出苗期 Seeding stage		开花期 Flowering stage		成熟期 Maturing stage	
		T	NTS	T	NTS	T	NTS
小麦 Wheat	3.10	3.17	3.23	5.30	6.5	7.20	7.25
马铃薯 Potato	4.10	5.10	5.15	6.10	6.13	10.5	10.5
鹰嘴豆 Chickpea	4.7	4.26	4.26	6.15	6.20	7.15	7.16

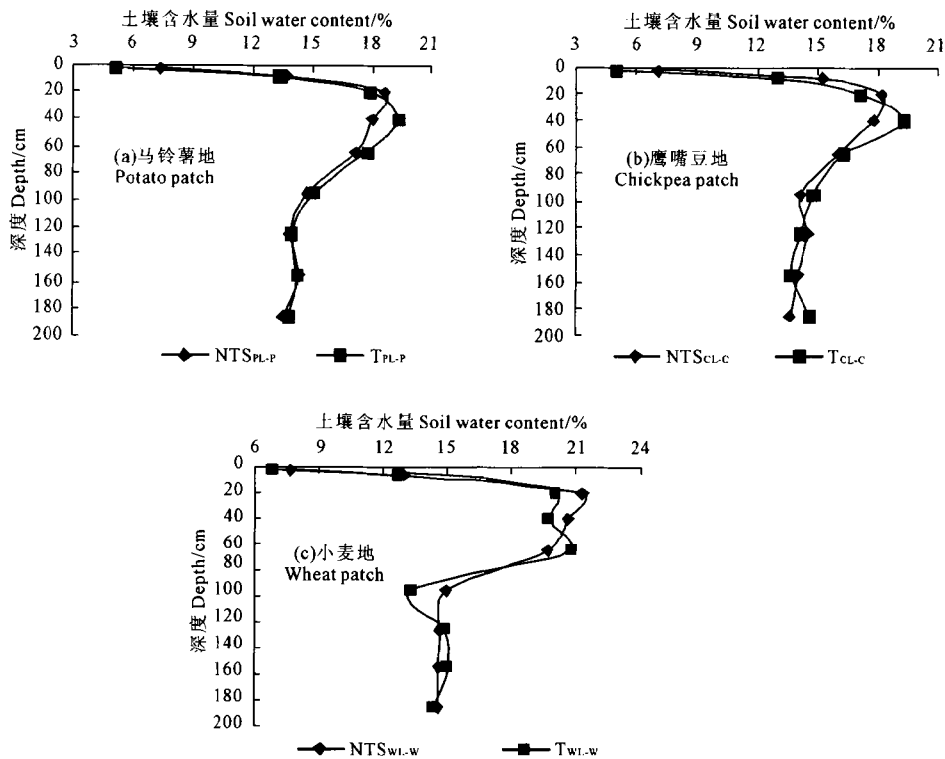


图 1 一年生作物播前土壤含水量

Fig.1 Annual crop soil water content before sowing

2.2.2 收获后土壤水分状况 粮草豆隔带种植保护性耕作试验作物收后土壤水分见图 2。由图 2 可知,收后马铃薯地在表层土壤水分上的差异表现为 T > NTS, 鹰嘴豆地的差异为 NTS > T, 小麦地的差异为 NTS > T。说明马铃薯在传统耕作方式下对水分的利用率高,而在免耕 + 秸秆覆盖方式下对水分的利用率低。

2.2.3 水分利用效率(WUE) 试验 II 中各作物水分利用效率(见表 5)差异表现分别为  $NTS_{WL-W} > T_{WL-W}$ ,  $T_{PL-P} > NTS_{PL-P}$ ,  $NTS_{CL-C} > T_{CL-C}$ , 其中马铃薯在免耕 + 秸秆覆盖下水分利用效率低的原因主要是由于免耕的土壤比较硬实,不利于块茎的膨大,进

而使得对水分的利用效率降低。因此马铃薯不适宜采用免耕法种植,而小麦与鹰嘴豆均可采用免耕法种植,且能够明显提高作物的水分利用效率。

2.2.4 不同带状种植系统土壤水分的动态变化 图 3 表明在作物生长初期免耕 + 秸秆覆盖方式能够显著提高土壤水分的含量。而在作物生长的后期,由于植株对水分的利用率提高,使得土壤水分的含量有所下降,在作物收后由于秸秆覆盖作用减少了土壤水分的蒸散而使得贮水量又有显著的提高。

图 4 表明不同的处理也影响到与其间作地的土壤水分的含量,主要表现在作物生育的初期与作物收后土壤水分的含量。

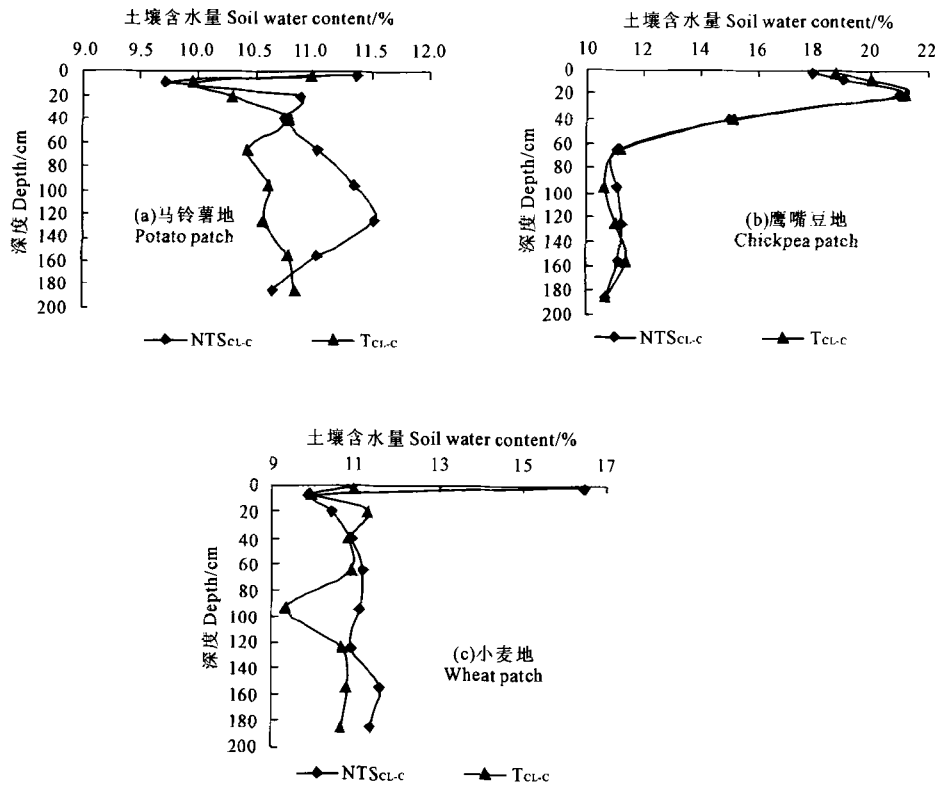


图2 一年生作物收后土壤含水量

Fig.2 Annual crop soil water content post harvest

表5 试验II中一年生作物水分利用效率

Table 5 An annual crop water efficiency in test II

处理 Treatment	NTS <sub>WL-W</sub>	T <sub>WL-W</sub>	NTS <sub>PL-P</sub>	T <sub>PL-P</sub>	NTS <sub>CL-C</sub>	T <sub>CL-C</sub>
蒸散量/mm Evapotranspiration	251.031	258.156	380.675	382.586	233.808	227.676
经济产量/(kg·hm <sup>-2</sup> ) Economic yield	340.017	270.384	5259.523	5722.509	1029.681	797.818
水分利用效率/(kg·hm <sup>-1</sup> ·mm <sup>-1</sup> ) Water use efficiency	1.354	1.047	13.816	14.957	4.404	3.504

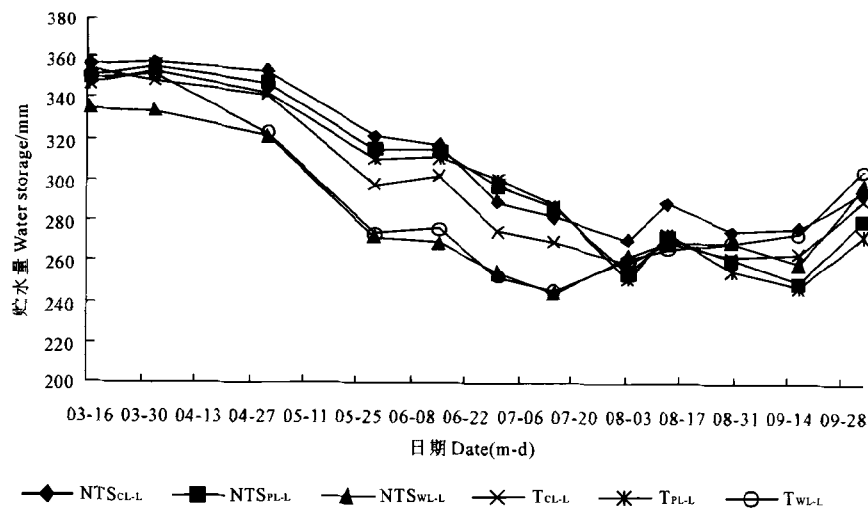


图3 不同耕作方式下粮草豆轮作系统一年生作物带土壤贮水量动态

Fig.3 Soil water storage dynamics of annual crops for forage-beans crop rotation system under different farming methods

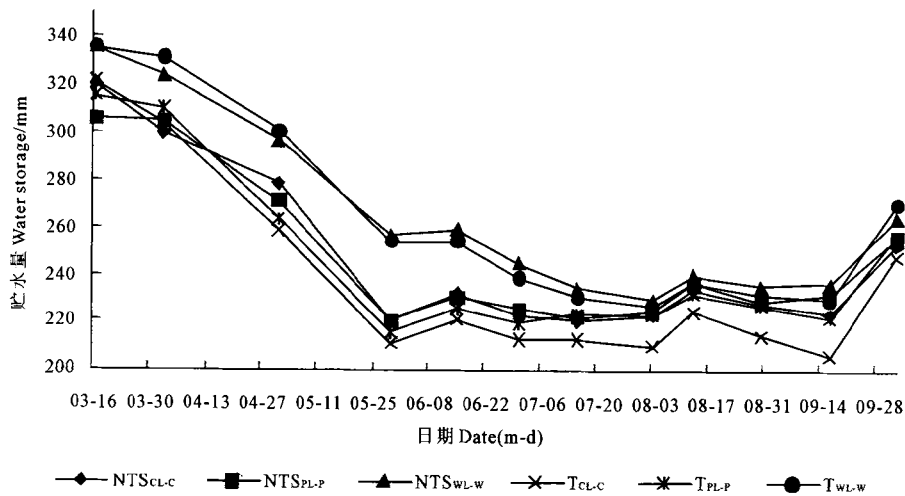


图 4 不同耕作方式下粮草豆轮作系统多年生作物带土壤贮水量动态

Fig. 4 Soil water storage dynamics of perennial crops for forage-beans crop rotation system under different farming methods

### 2.3 不同等高带状种植系统对水土流失的影响

由表 6 得: 在 2011 年 6—9 月份内, 不同处理的径流量和侵蚀量均为  $T_{WL} > NTS_{WL} > T_{CL} > NTS_{CL} > T_{PL} > NTS_{PL}$ ,  $T_{WL}$  与  $NTS_{WL}$ ,  $T_{CL}$ ,  $NTS_{CL}$ ,  $T_{PL}$ ,  $NTS_{PL}$  相比的径流量分别减少了 5.92%, 16.19%, 20.68%, 31.85%, 42.03%, 侵蚀量分别减少了 15.96%, 40.22%, 50.78%, 63.49%, 72.91%。对于小麦、鹰嘴豆、马铃薯与苜蓿带状种植系统而言, 免耕加秸秆覆盖的水土保持效果比传统耕作方式好。其主要原

因是: (1) 由于小麦和鹰嘴豆生长周期短, 收获早, 这两种作物收获后只有苜蓿带, 而暴雨又多出现在 8—9 月份, 因此水土流失量较大。在马铃薯生长的整个时期, 植株分布面积较大, 阻挡雨水冲击效果好, 因此水土流失少。(2) 免耕加秸秆覆盖的处理方式较传统耕作方式而言, 其水土保持效果显著, 这主要是由于覆盖秸秆避免了降雨的冲击, 阻挡了较大径流的形成, 因而径流量和侵蚀量较少。

表 6 粮草豆隔带种植保护性耕作试验土壤流失总量比较

Table 6 Total soil erosion of forage beans separated planting with experimental conservation tillage

土壤流失 Soil erosion	$NTS_{CL}$	$T_{CL}$	$NTS_{WL}$	$T_{WL}$	$NTS_{PL}$	$T_{PL}$
径流量 Runoff/( $m^3 \cdot hm^{-2}$ )	192.15	206.43	231.73	246.32	142.80	167.85
侵蚀量 Erosion amount/( $kg \cdot hm^{-2}$ )	4518.69	5488.01	7715.02	9179.68	2487.10	3351.17

## 3 结论与讨论

本试验结果表明, 免耕 + 秸秆覆盖方式与传统耕作相比, 均能提高半干旱地区土壤水分和作物对水分的利用效率, 减少土壤侵蚀量, 但免耕对马铃薯产量的提高和水分利用效率的提高不适宜, 可能是因为免耕使得土壤比较硬实, 不利于马铃薯的生长, 当有比较厚的秸秆覆盖时, 马铃薯的产量可能才会有所增加。

从不同处理保持水土效应来看, 从优至劣的顺序为  $NTS_{PL} > T_{PL} > NTS_{CL} > T_{CL} > NTS_{WL} > T_{WL}$ 。由此可见, 免耕秸秆覆盖是提高水分利用效率及控制水土流失的有效措施, 粮草豆隔带种植, 结合保护性耕作措施不但具有蓄水保土, 减免侵蚀的生态作用, 而且还能提高土地利用的经济效益, 宜结合生产推广

利用。

本试验中马铃薯不适宜采用免耕方式, 但马铃薯是黄土高原旱作农业区的重要作物, 因此, 在该区域要发展以减少水土流失和提高水分利用效率为主要目的保护性耕作系统, 还需要研究适宜于马铃薯的保护性耕作技术。

### 参考文献:

- [1] 陈永宗, 景可, 蔡强国, 等. 黄土高原现代侵蚀与治理[M]. 北京: 科学出版社, 1988: 45-60.
- [2] 肖春娥. 甘肃省水土流失的原因分析及治理对策研究[J]. 安全与环境工程, 2002, 9(2): 9-12.
- [3] 颀耀文, 陈怀录, 迟守乾, 等. 甘肃省土壤侵蚀现状与防治对策[J]. 中国水土保持, 1999, (12): 70-80.
- [4] 中国科学院黄土高原综合科学考察队. 黄土高原地区自然环境及其演变[M]. 北京: 科学出版社, 1991: 100-289.

(下转第 30 页)

盖于地膜之上时,秸秆不与土壤直接接触,不能改善土壤表层物理性状,增产效果不明显。因此无论从单果重、单株产量还是优果率来讲,地膜压短麦秆覆盖处理都是最佳的覆盖模式。

表 2 不同覆盖处理下果树产量和优果率的变化

Table 2 The yield and rate of optimal fruit rate under different mulching modes

处理 Treatment	单果重 Individual weight /g	单株产量 Yield of per plant /kg	优果率 Excellent fruit /%
I	203.1ab	44.0B	76
II	203.8ab	45.4B	63
III	218.8a	48.0A	85
IV	198.5ab	34.8C	68
CK	185.5b	33.8C	56

注:2011年苹果成熟期间,果树经历了一场大范围的冰雹袭击,对其优果率有影响。

Note: A large range of hail have effect on its excellent fruit rate during apple fruit ripening in 2011.

### 3 结 论

本研究从地膜和秸秆双重覆盖模式对土壤水分、地温、产量的调控效应进行综合分析,结果显示:

(1) 0~600 cm 土层范围内土壤贮水量在年周期内经历春夏失墒期和夏秋增墒期两个时期。一年中,夏季土壤贮水量最低,冬季土壤贮水量最高。地膜压短麦秆覆盖土壤年平均贮水量最高(1 529.2 mm),能够有效地减少地表蒸发,有利于保蓄水分、稳定土壤水分含量。

(2) 土壤剖面水分空间分布随土壤深度的增加呈现出“增-减-增”变化趋势。双重覆盖模式能提高 0~600 cm 土层剖面的土壤含水量,但随土层深度加深,作用逐渐减弱。

(3) 长麦秆压地膜夏季能降低土壤表层温度,但春季和秋季增温效果不明显;地膜压长麦秆和地

膜压玉米秆处理春季能增加地表温度,但夏季温度高于清耕处理;地膜压短麦秆春季和秋季能提高土壤温度,夏季降低土壤温度,具有降温和增温的双重效应。

(4) 不同覆盖处理均能提高果树的产量、单果重和优果率,其中地膜压短麦秆覆盖单株产量(48 kg)和优果率(85%)最高,为最佳覆盖模式。

### 参 考 文 献:

- [1] 白志礼,穆养民,赵政阳. 陕西苹果产业发展的新思考与新探索[J]. 干旱地区农业研究,2003,21(4):172-175.
- [2] 李会科,郑秋玲,赵政阳,等. 黄土高原果园种植牧草根特征的研究[J]. 草业学报,2008,17(2):92-96.
- [3] 赵政阳,戴 军,王雷存. 陕西省苹果产业现状及国家竞争力分析[J]. 西北农业学报,2002,11(4):108-111.
- [4] 李会科,赵政阳,张广军. 果园生草的理论与实践——以黄土高原南部苹果园生草实践为例[J]. 草业科学,2005,22(8):32-37.
- [5] 周凌云,周刘宗,徐梦雄. 农田秸秆覆盖节水效应研究[J]. 生态农业研究,1996,4(3):49-52.
- [6] 王有宁,王荣堂,董秀荣. 地膜覆盖作物农田光温效应研究[J]. 中国生态农业学报,2004,12(3):134-136.
- [7] 陈素英,张喜英,刘孟雨. 玉米秸秆覆盖麦田下的土壤温度和土壤水分动态规律[J]. 中国农业气象,2002,23(4):34-37.
- [8] 卜玉山,苗果园,周乃健,等. 秸秆与地膜覆盖玉米农田土壤水分时空动态变化——兼评回归等值线法的应用[J]. 土壤学报,2004,41:795-802.
- [9] 王 俊,李凤民,宋秋华,等. 地膜覆盖对土壤水温和春小麦产量形成的影响[J]. 应用生态学报,2003,14:205-210.
- [10] 张 义,谢永生,郝明德,等. 不同地表覆盖方式对苹果园土壤性状及果树生长和产量的影响[J]. 应用生态学报,2010,21(2):279-286.
- [11] 张 义,谢永生. 不同覆盖措施下苹果园土壤水文差异[J]. 草业学报,2011,20(2):85-92.
- [12] 张 静,常庆瑞. 渭北黄土高原不同林型植被对土壤肥力的影响[J]. 水土保持通报,2006,26(3):26-28,62.
- [13] 牛 赟,敬文茂. 祁连山北坡主要植被下土壤异质性研究[J]. 水土保持研究,2008,15(4):258-260,263.
- [14] 杨文治,邵明安. 黄土高原土壤水分研究[M]. 北京:科学出版社,2000:87-114.

(上接第 12 页)

- [5] 侯庆春,韩蕊莲. 黄土高原植被建设中的有关问题[J]. 水土保持通报,2000,20(2):53-56.
- [6] 中国科学院地学部. 西部大开发中的生态环境建设和产业结构调整咨询[J]. 地球科学进展,2001,16(1):1-4.
- [7] 唐克丽. 中国水土保持[M]. 北京:科学出版社,2004:9-15.
- [8] 孙习稳,李晓妹. 水土流失是我国最严重的公害[J]. 国土与自然资源研究,2002,(4):36-38.
- [9] Fryrear D W, Lyles L. Wind erosion research accomplishments and

needs[J]. Transactions of the ASAE, 1997,20(5):916-918.

- [10] Edwards W M. Tillage studies with a corn-soybean rotation: drologic and sediment loss[J]. Sci Soc Am J,1993,57(4):1051-1055.
- [11] Baumhardt R L, Jones O R. Residue management and tillage effects on soil - water storage and grain yield of dryland wheat and sorghum for a clay loam in Texas[J]. Soil & Tillage Research,2002,68:71-72.
- [12] 王生鑫,王 立,黄高宝,等. 粮草豆隔带种植保护性耕作对坡耕地土壤水蚀的影响[J]. 水土保持学报,2010,24(4):40-43.