

# 黑土坡耕地几种水土保持措施的蓄水保土效应研究

齐智娟, 张忠学, 杨爱峥

(东北农业大学 水利与建筑学院, 哈尔滨 150030)

**摘要:**水土流失是制约我国北方旱区农业发展的主要因素,研究保护性耕作措施的蓄水保土效应,对北方旱区的水土保持工作具有重要的指导意义。通过田间试验对几种不同保护性耕作措施的土壤储水量、水分平衡及水分利用效率进行了研究,综合评价了几种耕作措施的蓄水保土功效。结果表明:横坡免耕、横坡种植、深松区田、垄向区田、深松、免耕储水量分别为常规耕作的 112.6%,110.8%,107.0%,104.9%,103.8%,102.5%。横坡耕作和垄向区田能够有效减少坡面径流和土壤侵蚀,起到蓄水保土的作用,并为农作物生长提供有利的土壤水分环境。

**关键词:**水土流失;区田;横坡;深松;黑土

中图分类号:S157.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)05-0072-04

## Benefit of Soil and Water Conservation Measures on Sloping Land of Black Soils

QI Zhi-juan, ZHANG Zhong-xue, YANG Ai-zheng

(School of Water Conservancy & Civil Engineering, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

**Abstract:** Soil erosion is the main restricting factor on agricultural development in northern arid area of China. The study on soil and water conservation of conservation tillage measures has an important guidance to the northern arid areas. In this study, soil water storage, water balance and water use efficiency of different conservational tillage measures were examined through field experiment, and then the effects of water and soil conservation of different tillage measures were evaluated comprehensively. The results showed that the water storage of cross slope tillage, cross slope cultivation, deep loosening+ridge tillage, ridge tillage, deep loosening tillage and no-till tillage was equivalent to 112.6%, 110.8%, 107.0%, 104.9%, 103.8% and 102.5% of conventional tillage respectively. Cross-slope tillage and ridge tillage could reduce runoff and soil erosion efficiently on the slope, play an important role in soil and water conservation, provide favorable soil moisture environment for crop growth.

**Key words:** soil erosion; ridge tillage; cross slope; deep loosening; black soil

坡耕地作为东北黑土区主要的耕地资源,占耕地总面积的 60%,多数分布在 3°~15°的坡面上,是产生水土流失的主要来源地,占黑土区水土流失面积的 80.3%<sup>[1]</sup>。保护性耕作技术是目前旱农地区保蓄水分、缓解干旱、增产增收的重要手段<sup>[2-4]</sup>。保护性耕作措施主要通过改善耕层土壤结构、减少扰动和改变垄向、增加降雨入渗时间来减少坡面侵蚀,蓄水保墒。研究表明,深松能有效改善土壤物理性状,增加土壤入渗,有利于提高土壤蓄水能力<sup>[5-6]</sup>,免耕、少耕虽然具有较好的水土保持功效,但需及时的耕作和管理以防止潜在的流失危险<sup>[7]</sup>,垄向区田通过土挡,拦蓄雨

水,减少径流,起到保水、保土、保肥的作用,大大提高了天然降雨的利用率,有效地防止坡耕地水土流失<sup>[8-9]</sup>。横坡耕作与顺坡耕作相比,更能有效地减少地表径流和土壤侵蚀,起到蓄水保土的作用,但随着雨强的增大,保土效应逐渐降低<sup>[10-11]</sup>,因此,采取有效的水土保持耕作措施对农业的可持续发展有着至关重要的作用。

坡耕地蓄水保土效应受降雨情况、耕作措施的影响较大,不同耕作措施的土壤侵蚀过程和保水保土效果相差较大。本研究通过田间试验,并结合以往的数据资料,概括分析了几种保护性耕作措施的土壤储水

量变化趋势,以及不同耕作措施下植被蒸散量的变化和作物水分利用效率的变化情况,旨在为黑土坡耕地不同耕作措施蓄水保土效应的研究提供一定的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试区概况

试验地位于黑龙江省甘南县兴隆乡,当地属温带半干旱季风气候,四季冷暖干湿分明,年平均气温 $2.6^{\circ}\text{C}$ ,年均降水量 $450\text{ mm}$ ,年平均蒸发量 $1\,499.8\text{ mm}$ ,降雨季节分配不均,雨水集中在7—9月,水土流失严重。供试土壤为黑钙土,径流场平均坡度为 $5.0^{\circ}$ 。试区作物为良种春玉米海玉4号。

### 1.2 试验设计

共设8个处理,2次重复:裸地(LD)、常规耕作(CK)、免耕(MG)、少耕深松(SGS)、垄向区田(LQ)、深松+区田(SQ)、横坡种植(HP)、横坡免耕(HM),其中垄向区田于7月中旬筑挡,免耕持续时间2a,深松于7月初垄间深松,以常规耕作作为参照。小区规格为 $5\text{ m}\times 20\text{ m}$ 。

测定方法:土壤含水量测定采用传统的烘干法,取样深度为 $0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80\text{ cm}$ ,5个层次,每两周测一次,降雨前后加测一次。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同耕作措施对土壤储水量的影响

图1为观测期内降雨量变化和不同耕作措施的土壤储水量变化图,土壤储水量的动态变化与观测期内降雨动态变化趋势相符。观测期内不同耕作措施储水量变化曲线的波动程度有较大差异,按储水量变化情况由大到小依次为:HM>HP>SQ>LQ>SGS>MG>CK>LD。

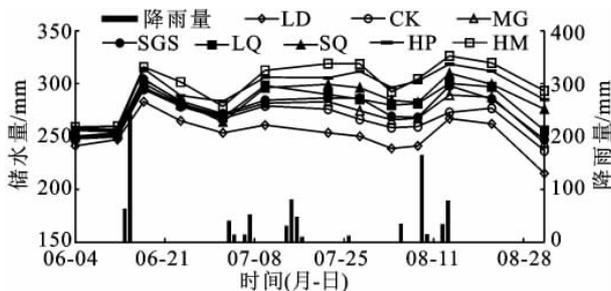


图1 观测期内降雨量与不同耕作措施的土壤储水量变化

由图1可以看出,观测初期,不同耕作方式土壤储水量相差不大,主要因为6月初期部分土壤处于冻融阶段,降雨不能很好地入渗,保护性耕作措施的蓄水保土效果没有发挥出来,同时,深层冻土融化的增湿效果与土壤的蒸发相抵,使储水量变化较小。此时区田尚未筑挡,区田相当于常规处理。土壤储水量由

大到小为:HM>HP>SQ>SGS>MG>LQ>CK>LD。观测后期,伴随天气转暖、冻土融化以及降雨影响,雨水向深层渗透,土壤储水量发生大幅度变化。横坡种植和垄向区田由于较大程度的拦蓄降雨,强化入渗,储水量较高;深松由于土层疏松,土壤孔隙增大,储水量仅次于垄向区田;免耕的储水量略低于深松处理,却明显高于常规耕作,因其土壤没有扰动,避免压实,增加了入渗;裸地的土壤储水量最低,分析原因:裸地没有植被覆盖,耕层土壤致密,不利于下渗,对降雨起不到截留拦蓄的作用,且表层土壤蒸发严重,土壤储水能力差。

### 2.2 不同耕作措施对不同深度土层储水量的影响

不同耕作措施不同深度土层的土壤储水量变化曲线如图2所示,将土壤划分为5层: $0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80\text{ cm}$ 。

图2可以看出, $0-10\text{ cm}$ 土层储水量波动较大,降雨后储水量增加,雨后由于蒸腾作用土壤储水量迅速下降。其中HM、HP、SQ、LQ、SGS、MG储水量分别为CK的 $121.2\%, 117.3\%, 112.7\%, 108.7\%, 104.0\%, 102.3\%$ 。裸地储水量最低,仅为常规耕作的 $91.6\%$ 。 $10-20\text{ cm}$ 土层储水量变化趋势与 $0-10\text{ cm}$ 相同,但差值明显减小,不同耕作措施的储水量变化逐渐变缓,占常规耕作的百分比有所降低。 $20-40\text{ cm}$ 土层观测初期储水量变化微弱,主要因为冻融的影响很大,随着冻土的融化,降雨量的增加,水分向深层入渗。此时深松处理由于疏松土壤,加大了蒸发且更深层土壤水分来不及补给,储水量较低。不同耕作措施按储水量大小依次为:HM、HP、SQ、LQ、MG、SGS、CK、LD。 $40-60\text{ cm}$ 土层,不难看出裸地储水量曲线基本为直线,波动极小,表明其受到降雨影响小。其它耕作措施的储水量虽有变化,但相比浅层土壤其变化程度小,曲线变化规律不明显。 $60-80\text{ cm}$ 土层各耕作措施储水量差异很小,土壤储水量变化平稳,仍以裸地储水量最低,HM、HP、SQ、LQ、SGS、MG储水量分别为CK的 $101.8\%, 101.7\%, 101.2\%, 100.8\%, 100.2\%, 100.2\%$ ,裸地土壤储水量为常规耕作的 $99.3\%$ 。

### 2.3 不同耕作措施的水量平衡分析

为描述农田水分转化关系,采用土壤水分平衡公式:

$$\Delta W = P + S - ET - R$$

式中: $\Delta W$ ——时段初、末储水量的变化(mm); $S$ ——补充灌溉量(mm),当观测期没有人工灌溉时, $S=0$ ; $P$ ——降雨量(mm); $R$ ——地表径流(mm); $ET$ ——作物蒸散量(mm)。研究结果如表1所示。

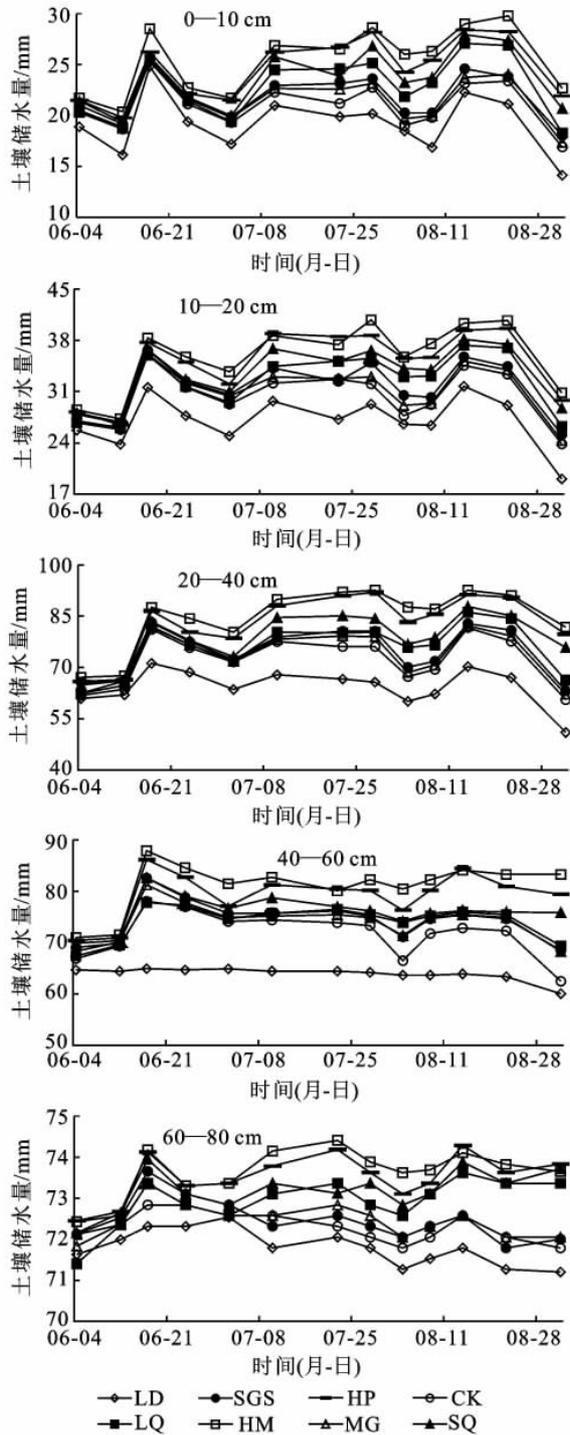


图 2 不同土层的储水量变化

表 1 观测期内不同耕作措施的水分转化计算 mm

耕作措施	时段初储水量	时段末储水量	$\Delta W$	$P$	$R$	ET
LD	229.7	215.3	-14.4	925	290.2	649.2
CK	240.9	236.6	-4.3	925	192.6	736.6
MG	243.0	244.2	1.2	925	166.2	757.6
SGS	246.4	247.1	0.7	925	153.7	770.6
LQ	242.2	256.6	14.5	925	57.1	853.5
SQ	247.7	275.9	28.1	925	14.8	882.0
HP	250.6	284.8	34.3	925	7.1	883.7
HM	252.1	298.9	46.8	925	0.0	878.2

由表 1 可知,观测期内裸地和常规耕作时段末储水量少于时段初储水量,二者蒸散量亦较低,其中裸地主要是无植被覆盖,没有植株的蒸腾作用,径流损失过大。免耕和深松处理蒸散量略高,二者相差不多。横坡和含有区田的处理蒸散量最高,主要因为这几种处理有效拦蓄降雨,很大程度上减少了坡面径流,蓄水保墒,作物长势好。

#### 2.4 不同耕作措施水分利用效率分析

为反映作物的物质生产和水分之间的关系,引入作物水分利用效率(WUE)对作物生长适宜程度进行评价:

$$WUE=Y/ET$$

式中: $Y$ ——作物产量( $\text{kg}/\text{hm}^2$ ); $ET$ ——作物生育期耗水量( $\text{mm}$ )。

表 2 为不同耕作措施作物生育期耗水量,其值为历年资料的平均值,其中不同耕作措施生育期降雨量均为 925 mm,表 3 为不同耕作措施作物水分利用效率,其中作物产量亦为多年平均产量。由表 3 可知,作物水分利用效率变化保持  $HM>HP>SQ>LQ>SGS>MG>CK$  的趋势,各水土保持耕作措施的作物水分利用效率较常规分别增加 34%,31%,28%,19%,14%和 11%。其中横坡免耕效果最好,主要因为:一方面横坡有效拦蓄降雨,起到蓄水保土作用,另一方面免耕避免了耕作压实,改善土壤内部结构,从而有效地增加土壤水分,为作物生长提供适宜的土壤水分条件,提高了作物水分利用效率。

表 2 不同耕作措施的全生育期耗水量 mm

耕作措施	0—100 cm 土层		播种期	收获期
	径流量	耗水量		
CK	245.9	200.1	154.13	816.7
MG	245.0	225.2	134.10	810.7
SGS	246.8	230.1	133.23	808.4
LQ	243.2	279.6	51.65	836.9
SQ	245.0	308.0	31.96	830.1
HP	246.1	317.9	8.77	844.5
HM	246.3	323.7	0.00	847.6

表 3 不同耕作措施作物水分利用效率

耕作措施	生育期耗水量/ $\text{mm}$	产量/ $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$	水分利用效率/ $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1})$
CK	816.7	3821.4	0.468
MG	810.7	4215.6	0.520
SGS	808.4	4253.8	0.526
LQ	836.9	4628.0	0.553
SQ	830.1	4988.7	0.601
HP	844.5	5166.0	0.612
HM	847.6	5298.0	0.625

### 3 结论

(1)不同耕作措施的蓄水保土效果不同,储水量曲线的波动程度有较大差异,按储水量变化由大到小依次为:HM>HP>SQ>LQ>SGS>MG>CK>LD。

(2)不同耕作措施不同深度土层的储水量差异显著,表层土体受降雨、蒸腾作用影响大,土壤储水量变化程度大;深层土体由于雨水向深层的入渗量有限,以及冻融作用,土壤水分变化小,储水量变化程度小。

(3)不同耕作措施对作物蒸散量有较大影响,耕作措施对雨水的调蓄作用越强、径流越少,作物的长势越好,其蒸散量越大,反之,径流大,降雨得不到有效利用,作物生育期需水得不到满足,植株长势不好,蒸散量小。

(4)采用水土保持耕作技术可以减少坡面土壤水蚀,增加土壤水分入渗,起到蓄水保土作用,高效利用天然降雨,显著提高了土壤水分利用效率。

#### 参考文献:

- [1] 杨文文,张学培,王洪英.东北黑土区坡耕地水土流失及防治技术研究进展[J].水土保持研究,2005,12(5):232-236.
- [2] 贾延明,尚长青,张振国.保护性耕作适应性试验及关键技术研究[J].农业工程学报,2002,18(1):78-81.
- [3] 何进,李洪文,高焕文.中国北方保护性耕作条件下深松效应与经济效益研究[J].农业工程学报,2006,22(10):62-67.
- [4] 高焕文,李问盈,李洪文.中国特色保护性耕作技术[J].农业工程学报,2003,19(3):1-4.
- [5] 罗锡文,李就好,朱余清.耕作方式对砖红壤物理特性和含水率的影响[J].农业工程学报,2006,37(12):62-66.
- [6] 马月存,秦红灵,高旺盛.农牧交错带不同耕作方式土壤水分动态变化特征[J].生态学报,2007,27(6):2523-2530.
- [7] Shipitalo M J, Edwards W H. Runoff and erosion control with conservation tillage and reduced-input practices on cropped watersheds[J]. Soil & Tillage Research, 1998,46(1/2):1-12.
- [8] 张忠学,曾赛星.东北半干旱抗旱灌溉区节水农业理论与实践[M].北京:中国农业出版社,2005.
- [9] 沈昌蒲,刘福,张世玲,等.坡耕地垄作区田最佳挡距数学模型及其检验[J].水土保持通报,1997,17(3):1-5.
- [10] 林超文,庞良玉,陈一兵,等.不同耕作方式和雨强对紫色土坡耕地降雨有效性的影响[J].生态环境,2008,17(3):1257-1261.
- [11] 王建,吴发启,孟秦倩.农业耕作措施蓄水保土效益试验研究[J].水土保持通报,2004,24(5):39-41.
- [12] 张厚瑄.中国种植制度对全球气候变化响应的有关问题:II.我国种植制度对气候变化响应的主要问题[J].中国农业气象,2000,21(2):11-14.
- [13] 马树庆.气候变化对东北粮食产量影响的研究及其适应性对策[J].气象学报,2000,11(3):264-270.
- [14] 王隰棠,赵宗慈,王石立,等.气候变化对农业生态的影响[M].北京:气象出版社,2003:45-53.
- [15] 车少静,智利辉,冯立辉.气候变暖对石家庄冬小麦主要生育期的影响及对策[J].中国农业气象,2005,26(3):180-183.
- [16] 霍治国,白月明,温民,等.华北地区不同干旱年型对棉花生长发育影响的试验研究[C]//华北农业干旱研究进展.北京:气象出版社,1997:43-51.
- [17] 于新智.陕西关中优质小麦种植区划初探[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2005.
- [18] 王志伟.西北地区农作物生长对气候变化的响应[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2008.
- [19] 段敏.陕西关中地区小麦玉米养分资源管理及其高产探索研究[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2010.
- [20] 农业部科教司推广处.农业部办公厅关于推介发布2010年农业主导品种和主推技术的通知[EQ/QL]. [2010-03-17]. <http://www.farmers.org.cn/Article/ShowArticle.asp?ArticleID=36565>.
- [21] 孙芳.我国主要作物对气候变化的敏感性和脆弱性研究[D].北京:中国农业科学院研究生院,2005.
- [22] 邓振镛,张强,黄蕾诺,等.全球气候变暖对甘肃农作物生长影响的研究进展[J].地球科学进展,2008,23(10):1070-1078.
- [23] 王春娟.气候变化对凤翔主要农作物生产的影响[J].现代农业,2008(8):12-18.
- [24] 李彤霄.气候变化对河南省冬小麦生育影响的研究[D].郑州:河南农业大学,2009.
- [25] 王润元,张强,王耀琳.西北干旱区玉米对气候变暖的响应[J].植物学报,2004,20(12):56-60.
- [26] 张谋草,段金省,李宗.气候变暖对黄土高原区农作物生长和气候生产力的影响[J].资源科学,2006,28(6):46-50.
- [27] 张强,邓振镛,赵映东.全球气候变化对我国西北地区农业的影响[J].生态学报,2008,28(3):1210-1218.
- [28] 刘德祥,董安祥,邓振镛.中国西北地区气候变暖对农业的影响[J].自然资源学报,2005,20(1):119-125.

(上接第71页)