

陕北长城沿线风沙区留茬固土保护性耕作技术模式研究

闫小丽, 薛少平, 朱瑞祥

(西北农林科技大学 机械与电子工程学院, 陕西 杨凌 712100)

【摘要】【目的】探索适宜于陕北长城沿线风沙区固土保水的机械化保护性耕作模式。【方法】针对陕北长城沿线风沙区的气候、生态条件和种植习惯,在分析其制约因素及借鉴国内外先进保护性耕作经验的基础上,提出了以玉米留根茬固土、隔年错行免耕施肥播种的保护性耕作技术模式,并以传统耕作模式为参照,在长城沿线风沙区的横山县进行了对比试验。【结果】与传统耕作模式相比,保护性耕作模式的单位面积玉米产量增加了 480 kg/hm^2 ,增产率为 6.27% ,增收 $1\,590.5 \text{ 元/hm}^2$,地表风蚀量减少 37% ,土壤含水率总体增加,灌溉用水量减少,土壤有机质含量增加。【结论】保护性耕作模式较传统耕作模式具有显著的防风固土、蓄水保墒、培肥地力、节本增收的效果,适宜在长城沿线风沙区推广应用。

【关键词】 陕北长城沿线风沙区;留茬固土;保护性耕作;种植模式

【中图分类号】 S342.1

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2009)02-0100-05

Conservative tillage for soil conservation with stubble in sandstorm area along the Great Wall in North Shaanxi Province of China

YAN Xiao-li, XUE Shao-ping, ZHU Rui-xiang

(College of Mechanic & Electronic Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】The study explored one mechanical conservation tillage technical mode of soil and water conservation in the desert area along the Great Wall in North Shaanxi Province. 【Method】Based on the agriculture-ecological condition and the cultivation habits in the sandstorm area along the Great Wall in North Shaanxi Province, and the experiences of conservation tillage at home and abroad, one soil conservation technical mode characterized by the stubble-reservation to hold the soil and row-interval no tillage fertilized sowing was promoted in this paper. Tests which compared with traditional tillage were conducted in the sandstorm area of Hengshan County. 【Result】Compared with traditional tillage, the new mode could increase crop yield about 480 kg/hm^2 with the growth rate 6.27% , increase income about $1\,590.5 \text{ RMB/hm}^2$, reduce sand discharges about 37% , increase soil moisture contents and decrease irrigation water used increase the content of soil organic matter. 【Conclusion】The new technical mode can prevent wind and hold the soil, improve water storing and moisture preserving ability of soil, soil structure and fertility, and increase income. It is suitable to extend and apply in the desert area along the Great Wall in China.

Key words: desert area along the Great Wall in North Shaanxi Province in China; stubble-reservation and soil holding; conservative tillage; cultivation habit

* [收稿日期] 2008-04-11

[基金项目] 国家科技部“十五”科技攻关项目(2004BA524B03-02);国家“十一五”科技支撑计划重大项目(2006BAD09B04)

[作者简介] 闫小丽(1969—),女,陕西永寿人,副教授,主要从事农业技术装备和农产品加工工程研究。

E-mail: yxl9212@nwsuaf.edu.cn

[通信作者] 朱瑞祥(1956—),男,陕西三原人,教授,主要从事保护性耕作技术与机具研究。E-mail: jdx9223@nwsuaf.edu.cn

陕北长城沿线风沙区位于毛乌素沙地东南缘,区内地表组成物质粗疏,干旱大风同期,具备了现代沙化过程特定的自然条件,土壤风蚀沙化,风沙危害剧烈,沙尘灾害频繁,生态环境十分脆弱。该区无霜期短、干旱少雨、春旱严重,土壤水分不足是制约其粮食生产的重要因素^[1]。因此,探索适合该区应用的保护性耕作模式,实现防风固沙、减少水土流失、提高水分利用效率,已成为亟待解决的问题。

保护性耕作是相对于传统翻耕、裸露休闲的一种新型耕作方式,它是以作物秸秆或根茬覆盖地表进行免耕种植的耕作技术。实践证明,保护性耕作可增加土壤有机质,改善土壤结构,控制水土流失,减少风蚀、水蚀,缓解沙尘危害,具有显著的经济和生态效益^[2]。但陕北长城沿线风沙区也属于农牧交错区,发展畜牧业与推广保护性耕作技术存在一定的矛盾;秸秆覆盖地表,在风沙区极易被大风吹走,效果并不理想^[3-4]。加之受传统耕作习惯的影响,使得先进的保护性耕作技术在陕北长城沿线风沙区难以推广。

为了探讨适宜于陕北长城沿线风沙区推广应用的保护性耕作技术模式,本研究针对该区的气候、生态条件和种植习惯,在分析其制约因素及借鉴国内外先进保护性耕作经验的基础上,以防风固土、高效利用水资源、培肥地力、节本增收、实现农牧业协调良性发展为目标,提出了一种玉米留根茬固土、隔年错行免耕施肥播种的保护性耕作技术模式,并在横山县开展了大区域的对比试验,对不同耕作模式下玉米的产量、土壤含水率、地表风蚀量以及社会效益进行了研究,旨在探讨适用于陕北长城沿线风沙区的玉米保护性耕作模式,以期减少该区土壤风蚀沙化、培肥土壤、提高水资源利用率、实现农牧业的良性循环发展提供技术参考。

1 陕北长城沿线风沙区概况

陕北长城沿线风沙区地处毛乌素沙地东南缘,陕西黄土高原北部,属鄂尔多斯高平原向黄土高原的过渡地带,位于我国季风区的西陲,属温带半干旱大陆性气候,水热条件较之我国西部其他大沙漠区优越^[5]。该区包括陕西省榆林市长城沿线的定边、靖边、横山、神木、府谷和榆阳 6 县(区)及佳县的一部分。总土地面积 20 292.12 km²,占陕西省土地面积的 9.5%,是我国沙漠化扩展最严重的地区之一^[6-7]。

该区生态环境脆弱,自然灾害频繁,农业基础薄

弱,农业人口比重大,是陕西省的畜牧业基地,在榆林市的农业和农村经济发展中占据着不可替代的主导地位^[8]。

1.1 自然环境及特点

陕北长城沿线风沙区土地面积相对广阔,人均占有量较大,人均土地面积 2.11 hm²;光能资源丰富,日照充足,光能利用潜力大。降水量小,相对变率大,年平均降水量为 316.4~445.0 mm,冬季降水仅占全年降水量的 2%~3%,7~9 月降水占全年降水量的 59%~76%;年平均气温 8.6℃,最高气温 38.4℃,最低气温 -29℃,多年平均无霜期 155 d,气温以 6~8 月 3 个月较高,雨热基本同季,有利于秋作物和林草生长,但易出现春旱及春夏连旱;地表水时空分布不均,地表径流量差异较大,大致趋势是由西南向东北方向递增。该区地形平缓,土质松散,透水性强,降水易下渗、汇集,地下水较为丰富。但风蚀沙化严重,干旱、暴雨、大风、冰雹、霜冻等自然灾害频繁,农牧业发展压力巨大^[9-11]。

1.2 农牧业生产情况

该区域是陕西省杂粮、肉羊、马铃薯和红枣的主产区,粮食作物主要为春玉米,也是当地主要种植的粮食作物(包括谷子、糜子、大豆、马铃薯等)中单位面积产量最高的作物。陕北每年种植玉米 4 588 hm²,占粮食作物面积的 25%,而产量占总产量的 36%^[7],因而玉米产量的丰歉,直接影响着陕北粮食的总产量。该区域草地面积 141.74 hm²,以天然草地为主,草质属于中质低产。由于管理粗放,加之过度放牧(超载率为 20.80%)^[12-13],使得草场肥力低下,牧草产量较低,草场严重退化,未能形成以牧促农、以农带牧的良性发展势态,而表现为相互制约、恶性发展。农牧业协调发展的问题十分突出。

2 研究思路

该区土壤大部分为风沙土,是扬沙的主要源头,土层深厚,土体疏松,渗水透气性好,但保土保水保肥能力差,土壤养分含量低,抗蚀力较差^[14]。针对其特点,课题组提出了该区实施保护性耕作的目标是防风固土、高效利用水资源、培肥地力、节本增收、实现农牧业协调良性发展。为此,确定了留茬固土的保护性耕作技术模式,即在玉米收获后,留一定高度的根茬,利用根茬降低农田风蚀,抑制农田扬尘,同时可以减少水分蒸发,起到固土保墒增产的作用。收获的玉米秸秆加工成秸秆饲料以缓解牧草不足,促进畜牧业发展,而畜牧业产生的有机肥又可用于

改良土壤、培肥地力,实现农牧业协调良性发展。

3 技术模式

试验于 2004~2006 年在陕西横山县横山镇大古界村进行,其自然条件在陕北长城沿线风沙区具有代表性。

3.1 技术模式

结合该地区土壤、气候特点及作物种植的农艺要求,确定的技术模式如图 1 所示。

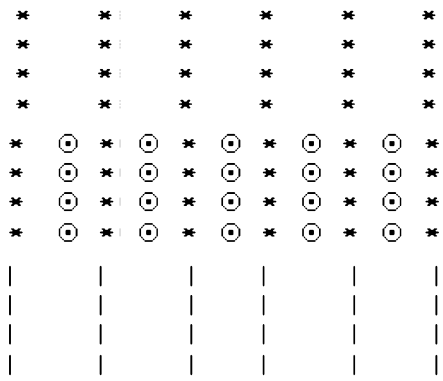


图 1 保护性耕作的留茬模式示意图

*, 第 1 年留根茬;⊙, 第 2 年留根茬;|, 第 3 年少耕区

Fig. 1 Sketch map of stubble-conservation mode of conservation tillage

*, Stubble reservation of the 1st year;⊙, Stubble reservation of the 2nd year;|. Stubble reservation of the 3rd year

第 1 年:玉米人工收获——留根茬覆盖休闲——免耕施肥播种——杂草控制——田间管理。

第 2 年:玉米人工收获——留根茬覆盖休闲——错行免耕施肥播种——杂草控制——田间管理。

第 3 年:玉米人工收获——留根茬覆盖休闲——施有机肥——播前地表处理——施肥播种——杂草控制——田间管理。

该模式的技术关键是:留根茬覆盖+错行免耕播种+播前施肥整地+杂草及病虫害控制。与传统耕作模式的区别主要表现在 2 个方面,一是将连年耕翻休闲转变为留根茬覆盖休闲,二是将耕后播种转变为免耕播种。其具体技术要求如下。

3.1.1 留根茬覆盖技术 玉米人工收获后,留茬高度不少于 20 cm,留根茬覆盖地块固土,休闲期地表不做任何处理。这样可以避免因翻耕、裸露遇风起尘,又可减少水分蒸发(减少了土壤扰动),起到固土保墒增产的作用。同时,以收获的玉米秸秆作为原料加工秸秆饲料,可缓解该区域冬春牧草紧缺的矛盾。

3.1.2 免耕播种技术 第 1 年采用免耕播种机直接在未耕地表进行施肥免耕播种;第 2 年在留茬行间进行施肥免耕播种;由于干旱缺水,根茬腐烂较慢,加之该区畜牧业发达,大量的农家肥要施入农田;第 3 年在玉米播前施入农家肥,用旋耕机进行浅旋,之后用免耕播种机施肥播种。其中浅旋作业深度以<10 cm 为宜,浅旋作业在播种前 2~3 d 进行为好。

3.1.3 杂草及病虫害控制技术 杂草和病虫害直接影响着农作物的正常生长,为减少病虫害对作物生长的影响,减少除草时对土壤翻动而造成的土壤水分蒸发及土壤疏松造成的水土流失,在免耕播种之后应及时进行土壤封闭处理,并配合茎叶处理等不同施药方法,控制病虫草害的生长和发展。

3.2 试验设计

2004~2006 年在横山县横山镇大古界村进行了大区对比试验,设保护性耕作和传统耕作 2 种处理,每个处理设 2 个重复,并连续试验 3 年。每个处理小区面积为 1.325 hm²,总面积 5.3 hm²。

3.3 测定项目及方法

3.3.1 土壤含水率的测定 按农艺要求,在播种期(04-30)、苗期(07-15)、灌浆期(09-02)和收获期(11-05)作物生长的关键时期,采用传统土钻取样方法,于 2006 年在每个处理按 S 形曲线随机选取 5 个点,每点取样深度 100 cm,每 20 cm 1 层,用烘干法测定土壤含水率。同时用环刀法测土壤容重。

3.3.2 集沙量的测定 于 2006 年 3~5 月多风季节,在试验地布置集沙仪 5 个,进行田间风蚀监测。集沙仪置于每个采集点距上风向不可侵蚀地表 150 m 处,集沙仪入风口距地表分别为 0.1、0.25、0.6、1.0 及 1.5 m,每次扬沙过后,将集沙仪中的沙尘清空收集,称量整个试验期内各高度的风蚀物总量。

3.3.3 产量的测定 产量按各试验小区实测产量统计。

4 结果与分析

4.1 保护性耕作的玉米产量

从表 1 可以看出,保护性耕作 3 年平均产量为 8 130 kg/hm²,与传统耕作相比,保护性耕作的玉米单位面积产量增加了 480 kg/hm²,增产率为 6.27%。从粮食产量和增产率来看,虽每年有所不同,但均呈逐年增长趋势,说明保护性耕作具有后效应。从试验的不同年份来看,2004、2006 年产量高于 2005 年,这是由于增施有机肥的缘故。但从不同

年份传统耕作与保护性耕作比较来看,传统耕作粮食产量变化不大,保护性耕作却变化较大,这是由于

免耕播种提高了土壤的蓄水保墒能力,留茬培肥了土壤,改善了土壤的团粒结构所致。

表 1 不同耕作模式下玉米产量的比较

Table 1 Corn yields in three different tillage modes				
年份 Year	传统耕作/(kg·hm ⁻²) Traditional tillage	保护性耕作/(kg·hm ⁻²) Conservation tillage	较传统耕作增产/(kg·hm ⁻²) Increased yield compared with traditional tillage	增产率/% Increase ratio
2004	7 678	8 092	414	5.39
2005	7 482	7 958	476	6.36
2006	7 790	8 340	550	7.06
平均 Average	7 650	8 130	480	6.27

4.2 保护性耕作的经济效益

经济效益主要包含节约的机耕费用、灌溉费用和玉米良种采购费用,以及增加的粮食产量所带来的效益。具体经济效益统计结果见表 2。由表 2 可知,与传统耕作相比,保护性耕作减少了 1 次机耕作业,减少作业费用 300 元/hm²;减少灌溉 2 次,每次

灌溉所需费用为 225 元/hm²,可节约灌溉费用 450 元/hm²;节约良种 22.5 kg/hm²,种子价格按 5 元/kg 计,可节约 112.5 元/hm²;保护性耕作平均增产 480 kg/hm²,按玉米市场售价 1.3 元/kg 计算,可增收 728 元/hm²,增收节支共计 1 590.5 元/hm²,表明该技术具有显著的经济效益。

表 2 不同耕作模式下经济效益的比较

Table 2 Economic efficiency analysis in different tillage modes				元/hm ²
耕作模式 Tillage mode	机耕费用 Tractor plowing cost	灌溉费用 Irrigation cost	玉米良种采购费用 High-quality corn seeds fee	玉米生产效益 Increased corn yield benefit
传统耕作 traditional tillage	750	1 350	225	9 841
保护性耕作 Conservation tillage	450	900	112.5	10 569
增加效益 Increased effect	300	450	112.5	728

4.3 保护性耕作的土壤风蚀量

试验期间集沙仪上各高度层处的总集沙量如表 3 所示。从表 3 可以看出,风蚀集沙量随其距地表高度的增加而减少,在测试期间传统耕作的集沙总量为 152.8 g,保护性耕作的集沙总量为 96.2 g,保护性耕作地表风蚀量较传统耕作减少 37%。这是由于第 1 年留茬免耕,第 2 年错行免耕,冬季休闲期田间根茬数多达 11~13 个/m²,单位面积上根茬数较多,起到了很好的防风固沙作用。

表 3 不同耕作模式下各高度层集沙量的比较

Table 3 Total sand and dust discharge in each height		
高度/cm Height	集沙量/g Dust discharge	
	传统耕作 Traditional tillage	保护性耕作 Conservation tillage
10	55.0	28.9
25	41.3	25.0
60	24.4	18.3
100	19.9	12.5
150	12.2	11.5
合计 Total	152.8	96.2

4.4 保护性耕作的土壤蓄水保墒能力

对不同耕作模式下、不同玉米生长期 0~100 cm 土层土壤含水率进行了测定,结果见表 4。由表

4 可知,保护性耕作与传统耕作模式的土壤平均含水率差异不大,最大值出现在 04-30,为 3.63%,最小值出现在 09-02,为 2.13%,但总体上保护性耕作模式的土壤含水率都较传统耕作模式高,说明该模式具有一定的蓄水保墒能力。

从不同耕层土壤含水率的变化来看,在 0~20 cm 土层,虽然在玉米收获期(11-05)保护性耕作土壤含水率较传统耕作增加了 4.41%,但在生长期(04-30~09-02)两者差异不大,只是略有增加;在 20~40 cm 土层,保护性耕作土壤含水率明显高于传统耕作,从变化率上来看,最大值为 13.32%,最小值为 1.09%。0~40 cm 土层土壤含水率越高,对作物生长的影响较大,这可能正是保护性耕作较传统耕作增产的主要原因之一。

4.5 保护性耕作的土壤有机质含量

实际测定表明,实施保护性耕作可使土壤有机质含量平均每年提高 0.03%~0.06%。在保护性耕作模式下,第 2 年根茬干质量约 6 000 kg/hm²,由于保留根茬,使冬季降雪和植株的残枝落叶不易被风吹走,既增加了土壤有机质含量,又增加了休闲期土壤贮水量和水分利用率。

表 4 不同耕作模式下 0~100 cm 土层土壤含水率的变化

Table 4 Soil moisture at different layers with different tillage modes

%

土层深度/cm Soil depth	04-30			07-15		
	保护性耕作 Conservation tillage	传统耕作 Traditional tillage	变化率 Variation ratio	保护性耕作 Conservation tillage	传统耕作 Traditional tillage	变化率 Variation ratio
0~20	17.55	17.45	0.57	16.95	16.55	0.24
20~40	20.42	18.02	13.32	17.32	16.33	6.06
40~60	20.50	19.57	4.75	18.86	18.51	1.89
60~80	19.08	19.56	-2.45	18.62	18.42	1.09
80~100	19.84	19.46	1.95	18.76	18.32	2.40
平均 Average	19.48	18.81	3.63	18.00	17.63	2.34

土层深度/cm Soil depth	09-02			11-05		
	保护性耕作 Conservation tillage	传统耕作 Traditional tillage	变化率 Variation ratio	保护性耕作 Conservation tillage	传统耕作 Traditional tillage	变化率 Variation ratio
0~20	20.23	19.88	1.86	20.86	20.03	4.14
20~40	19.60	19.04	2.94	21.34	21.11	1.09
40~60	20.42	20.13	1.44	21.52	21.20	1.51
60~80	20.08	19.75	1.67	21.12	20.88	1.15
80~100	19.44	18.92	2.75	20.45	19.32	5.85
平均 Average	19.95	19.62	2.13	21.06	20.51	2.75

4.6 保护性耕作的社会效益

(1)保护性耕作实行机械化种植、化学除草等先进农业生产技术,有利于争取时间,缓解抢收、抢种时劳动力的紧缺状态,减轻劳动强度,同时能有效地解放农村劳动力,促进农村产业结构调整。

(2)促进了化学除草的广泛应用。玉米人工除草需劳动力 30 个/hm²,按每个劳动力 30 元/d 计算,人工除草需要 900 元/hm²,而化学除草仅需 45~75 元/hm²,可节约 825~855 元/hm²。

(3)保障和带动了畜牧业的发展。玉米是横山县畜牧业的主要饲料来源,玉米秸秆是羊的理想饲料。实践证明,单位面积玉米秸秆产量为 15 t/hm²,可供舍饲养羊 75 只。实施保护性耕作既可以增加农民收入,同时又为畜牧业生产提供了秸秆饲料,缓解了饲草的不足,促进了畜牧业的良性发展。

5 结 论

通过保护性耕作技术的对比试验证明,在陕北长城沿线风沙地区,该技术模式具有明显的保土、保墒、保肥,省工、省力、省能,增产、增效、增收的效果,同时具有改善生态环境和抑制扬风扬沙的重要作用。但同时也发现,现有的免耕播种在耕作过程中存在下种不可靠、开沟器易堵塞等问题,应进一步改进,提高其机械性能。

[参考文献]

[1] 汪一鸣,赵小勇. 蒙陕宁甘长城沿线干旱风沙区土地沙漠化防

治对策 [J]. 水土保持研究,2002,9(3):1-4.

Wang Y M,Zhang X Y. Control measures of land desertification in arid wind-drift sand regions along the Great Wall of Inner Mongolia, Shaanxi, Ningxia and Gansu [J]. Research of Soil and Water Conservation,2002,9(3):1-4. (in Chinese)

[2] 高焕文,李洪文,李问盈. 保护性耕作与可持续农业 [M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2004.

Gao H W,Li H W,Li W Y. Conservation tillage & sustainable agriculture [M]. Beijing:China Science & Technology of Agriculture Press,2004. (in Chinese)

[3] 郑华平. 保护性耕作措施的综合效应研究及其生态与经济效益评价 [D]. 兰州:甘肃农业大学,2004.

Zheng H P. Research of integrated effect and evaluation of ecological and economic effects [D]. Lanzhou:Gansu Agricultural University,2004. (in Chinese)

[4] 赵满全,郝建国,余大庆,等. 农牧交错区保护性耕作技术试验研究 [J]. 农机化研究,2007(2):122-125.

Zhao M Q,Hao J G,She D Q,et al. Conservation tillage in the inter lock region of the farming area and pastoral area [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research,2007(2):122-125. (in Chinese)

[5] 中国科学院黄土高原综合考察队. 黄土高原地区北部风沙区土地沙漠化综合治理 [M]. 北京:科学出版社,1991.

The Loess Plateau Research Expedition of Chinese Academy of Sciences. Comprehensive control of land desertification in north windy-sandy area of Loess Plateau [M]. Beijing:Science Press,1991. (in Chinese)

[6] 任建宏,薛吉全,尚爱军. 陕北长城沿线风沙区农业自然资源评价分析 [J]. 榆林学院学报,2005,15(5):21-25.

Ren J H,Xue J Q,Shang A J. Analysis of agricultural natural resources of north Shaanxi, windy and sandy region along the Great Wall [J]. Journal of Yulin College,2005,15(5):21-25. (in Chinese)