

# 冷凉风沙区机械化保护性耕作技术体系试验研究

李昱 李问盈

(中国农业大学 工学院,北京 100083)

**摘要** 根据冷凉风沙区农业生产的特点,针对推广应用机械化保护性耕作要解决的关键问题,试验研究了不同机械化保护性耕作技术体系在提高产量、防治风沙等方面的效果。试验结果表明,北方冷凉风沙区实行免耕留茬机械化保护性耕作,耕作层贮水量比传统对照高 50%~67%,达到  $7\ 680\ \text{m}^3\ \cdot\ \text{hm}^{-2}$ ,满足春小麦  $3\ 000\ \text{kg}\ \cdot\ \text{hm}^{-2}$  产量的水分需求。机械化免耕留茬保护性耕作抗风蚀能力比传统对照高 33.1%~48.3%。每  $\text{hm}^2$  增效达 1 120 元左右。实践证明:实行“机械化收获留高茬 休闲 播前喷施除草剂或浅松机械除草 免耕施肥播种 机收”的机械化保护性耕作工艺体系适合北方冷凉风沙地区。

**关键词** 保护性耕作;技术体系;冷凉风沙区

**中图分类号** S 233.72

**文章编号** 1007-4333(2004)03-0016-05

**文献标识码** A

## Experimental study on the mechanization of conservation tillage system in cold, windy and sandy areas

Li Yu, Li Wenying

(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract** The characteristic of agriculture production in cold, windy and sandy areas was discussed and the key problem that must be resolve in order to extend the conservation tillage technology was researched. The effects of different conservation tillage system on the increase of yield and reduce windy erosion were studied. The result of experiment showed that in cold, windy and sandy areas, mechanization of conservation tillage can be developed to increase water 50% - 67% compared to the traditional tillage, reach to  $7\ 680\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ , and enough for the spring wheat growing. Compared to the tradition tillage, the capacity of mechanization conservation tillage reducing the sand is higher about 33.1% - 48.3%. The income increase about 1 120 yuan per hectare.

**Key words** conservation tillage; technology system; cold; windy and sandy areas

冷凉风沙区在我国北方分布范围很广,包括河北、山西北部,辽宁西部,内蒙古、甘肃、青海、宁夏的部分地区,其中河北、山西、内蒙古的冷凉风沙区是京津及其周边地区主要风沙源,是全国生态环境重点建设整治地区。该区主要种植作物为春小麦、莜麦、土豆、杂粮、玉米等<sup>[1]</sup>。

冷凉风沙区农业生产中存在的主要问题是干旱、风蚀、沙化、土壤退化严重;多为农牧交错带,农村及农民经济力量薄弱,大部分作物秸秆要用来做

饲草或燃料。

笔者针对冷凉风沙地区的生产特点,试验研究适合的保护性耕作体系,实现防治沙尘、提高产量和培肥地力等目标。通过对前作留茬、杂草防治和土壤耕作等主要技术的试验研究和对技术体系的防风固沙效果,以及作物生产效益的测试,形成相对完善的保护性耕作体系。这对解决我国沙尘暴危害,提高冷凉风沙区的农民收入和生活水平,促进农村、农业持续发展等有积极的理论和实践意义。

收稿日期: 2003-11-13

基金项目: 科技部发展生态农业治理沙漠化土地技术与示范项目

作者简介: 李昱,硕士研究生;李问盈,副教授,主要从事保护性耕作技术研究。

## 1 试验布置

### 1.1 试验地区自然特点

试验地点选取在河北省承德地区丰宁满族自治县鱼儿山镇南岗村,该县北与内蒙古自治区接壤,南邻北京市,西与张家口市相连,地跨内蒙古高原和冀北山地两大地貌单元。全县总面积 8 765 km<sup>2</sup>,辖 26 个乡镇,309 个行政村,总人口 37.5 万。气候分为坝上和坝下 2 个类型区。坝上是内蒙古高原南缘,土壤以栗钙土和棕壤土为主<sup>[2]</sup>,质地为沙壤至中壤,表土层浅薄,极易沙化;坝下地区为冀北山地丘陵区。2 个气候类型区的地貌呈阶梯状特征,坝上和坝下海拔落差达 900 m,形成天然风沙隘口,北部冷气流在这里汇聚加速,强化了风沙的严重程度<sup>[3]</sup>。

丰宁县海拔 1 200 ~ 1 400 m,无霜期 90 ~ 120 d,年平均气温 1.2 ~ 1.9 ℃,10 积温 1 700 ~ 2 500 ℃,年降水量 430.7 ~ 560 mm,年降水量的 70% 分布于 6 ~ 8 月份,雨热同季,年日照时数 2 828 h。据丰宁县气象局气象记载,坝上地区年超过 6 级以上大风日数最少 31 d,最多达到 56 d,年均风速 4.5 m · s<sup>-1</sup>,最大风速达到 10 min 平均 21.7 m · s<sup>-1</sup>,是典型的冷凉风沙区<sup>[4]</sup>。

### 1.2 机械化保护性耕作体系试验设计

本试验的供试作物为春小麦。2002 年秋季收获时,按 4 因素、3 水平设计试验处理(表 1)。

表 1 机械化保护性耕作体系试验设计

Table 1 Experimental design for the mechanization of conservation tillage system

因素	水平		
	A	B	C
留茬高度/cm	20 ~ 25	10 ~ 15	0
播种前除草	喷除草剂	机械深松	不除草
收获后除草	喷除草剂	机械深松	不除草
耕作处理	免耕	深松	翻耕

综合考虑各因素与水平的影响,共进行以下 4 种体系的试验研究:

免耕高茬 高留茬,喷 2 次除草剂(播种前和前茬收获后);

免耕低茬 低留茬,喷 1 次除草剂(播种前);

深松耙地 高留茬,前茬收获后深松,播种前耙地,不除草;

传统对照 不留茬,前茬收获后翻耕,播种前耙地,不除草。

试验设计的工艺体系对照见表 2。

表 2 机械化保护性耕作体系对照表

Table 2 Mechanized technology system comparison

因素	免耕高茬	免耕低茬	深松耙地	传统对照
留茬高度	A	B	A	C
播种前除草	A	A	B	C
收获后除草	A	C	C	C
耕作处理	A	A	B	C

试验地总面积为 11 hm<sup>2</sup>,免耕高茬、免耕低茬和深松耙地为机械化保护性耕作处理,各设 3 次重复,传统对照不设重复,共 10 个试验小区。其中 1 组保护性耕作和传统对照共 4 个小区兼做农田风蚀测试区。兼作农田风蚀测试的试验小区面积为 2.2 hm<sup>2</sup>(180 m × 120 m),四周隔离带 5 m,小区间隔带 2 m。一般体系试验小区面积 0.4 hm<sup>2</sup>(180 m × 20 m),四周隔离带宽 5 m,小区间隔带 2 m。

## 2 试验结果与分析

### 2.1 播前秸秆覆盖率和覆盖量

秸秆覆盖率和覆盖量是影响保护性耕作效果的重要因素,同时对抑制农田扬尘起着至关重要的作用。播种前测得的覆盖量和覆盖率见表 3。

表 3 不同体系的秸秆覆盖量和覆盖率

Table 3 Weight and percentage of stubble covered on the surface for different system

测量项	免耕高茬	免耕低茬	深松耙地	传统对照
覆盖量/(kg · hm <sup>-2</sup> )	1 657.5	1 371.15	1 429.20	0
覆盖率/%	58.1	57.2	57.6	0

丰宁地区的作物秸秆常被收回它用,田间覆盖物仅为小麦收获后的残茬,覆盖量的多少取决于残茬的高度。免耕高茬和深松耙地处理由于留高茬,覆盖量均高于免耕低茬处理,测量结果表明免耕高茬比免耕低茬处理的覆盖量高 20.9%,比深松耙地高 15.97%,而深松耙地由于在作业过程中部分秸秆混入土中,故覆盖量比免耕高茬低 13.8%,比免耕低茬处理高 4.2%。但是,由于秸秆残茬均直立于田间,故反映在秸秆覆盖率这一指标上,3 种保护性耕作处理无显著差异。

## 2.2 播种

播种采用 13.24 kW 小四轮拖拉机悬挂 2BMF-6C 免耕播种机,1 次完成开沟、施肥、隔层播种、覆土镇压等农艺环节。为了保证播种质量,根据当地种植习惯、气候条件、地表概况、土质和土壤墒情等多方面因素,并参考以前试验结果,选择播种农艺规程:播种量  $225 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,施用磷酸二氢铵,用量为  $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,行距 20 cm,施肥深度 7~8 cm,播种深度 5~6 cm,种子覆土厚度约 3 cm。

## 2.3 杂草控制

试验地为农牧交错带,杂草较多,对作物生长影响较大。田间观测表明:当地麦田杂草以麦蒿、芥菜、婆娘蒿、繁缕、刺菜、田旋花等阔叶杂草为主。根据试验处理要求,对免耕处理进行了化学除草,所用除草剂为草甘灵,用量为  $1500 \text{ g} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,兑水 750 kg 全面喷施。收获后,对不同处理的地表杂草测定结果见表 4。

从表 4 数据来看,喷施除草剂比不喷施除草剂

表 4 2003 年收获后田间杂草量

Table 4 The weight of weed after the harvest

测量项	免耕高茬,收获后和播种前各喷除草剂 1 次	免耕低茬,上年收获后喷除草剂 1 次	深松耙地,深松、耙地和播种作业过程中除草	传统对照,翻耕除草
杂草株数/(株 $\cdot \text{hm}^{-2}$ )	386 925	403 065	540 270	310 005
杂草质量/(kg $\cdot \text{hm}^{-2}$ )	711.6	741.3	993.6	570.15

的深松耙地处理田间杂草有所减少,喷施 1 次和喷施 2 次除草剂效果差异不显著(2 次喷施的第 1 次只能解决收获后到入冬前的田间杂草,且此时杂草已基本停止生长,此次喷除草剂可以省略)。与传统翻耕处理相比,田间杂草量仍然较多,有待于进一步试验不同除草剂(包括除草剂种类与用量等)、不同喷施时间的除草效果或考虑机械除草措施,以减少

杂草危害,进一步提高作物产量。

## 2.4 播前土壤含水率、土壤容重和贮水量

土壤含水率主要反映保护性耕作对土壤水分的储存能力,容重则反映不同处理的土壤密实程度。在播种前分别在 4 种不同处理的小区采集土样,采样深度为 0~30 cm,在每种试区交叉对角线上各确定 5 个测点,数据处理结果见表 5。

表 5 不同体系的土壤容重、含水率和贮水量

Table 5 The soil bulk density, soil moisture content and the weight of the water of different system

体系	含水率/%		容重/(g $\text{cm}^{-3}$ )		贮水量/( $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ )			增长率 / %
	0~10 cm	10~30 cm	0~10 cm	10~30 cm	0~10 cm	10~30 cm	0~30 cm	
免耕高茬	16.3	18.2	1.45	1.52	2 364.7	5 535.6	7 900.3	+65.89
免耕低茬	16.7	18.6	1.42	1.50	2 372.6	5 582.8	7 955.4	+67.04
深松耙地	15.8	17.9	1.32	1.43	2 086.6	5 086.1	7 172.7	+50.61
传统对照	14.7	15.3	0.99	1.08	1 456.0	3 306.5	4 762.5	-

注:与传统对照相比。

试验结果表明:免耕高茬及免耕低茬与传统对照对比,表层 0~10 cm 土壤贮水量平均高 62.7%,10~30 cm 土层的贮水量平均高 68.13%,整个耕层的贮水量比传统高 65.9%~67%,这是春小麦生长好、产量高的主要原因。由于试区冬、春季大风不断,蒸发大,而且蒸发强度随地表和土壤状况的不同而不同,传统对照采用无覆盖的翻耕休闲,土质疏松,土壤水分损失多。3 种保护性耕作处理取消了传统的翻耕工艺,且地表有一定的残茬覆盖,因此土壤含水率和贮水量均高于传统对照。说明残茬覆盖

和不进行翻耕有明显的保水效果。

容重测定结果表明:3 种保护性耕作处理在 0~30 cm 耕层内,容重显著大于传统对照;免耕高茬和免耕低茬由于均未耕作,容重基本相同;深松耙地的容重则介于免耕和对照之间。

## 2.5 春小麦产量

产量测定时间为 2003-09-04。4 个试验区产量测定方法是,每个试验区随机确定 5 个采样点,每个采样点面积为  $1 \text{ m}^2$ (行长 1 m,宽 1 m)。测试结果见表 6。

表6 不同体系的春小麦产量

Table 6 The yields of spring wheat by using different system

体系	单位面积穗数/ (穗·m <sup>-2</sup> )	有效穗数/ (10 <sup>4</sup> 穗·hm <sup>-2</sup> )	株高/ cm	穗粒数/ 粒	千粒质量/ g	理论产量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	实际产量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	增长率 / %
免耕高茬	236	251.118	64.28	25.67	38.62	2 489.40	2 364.90	+16.7
免耕低茬	275	260.138	69.20	24.92	38.79	2 514.60	2 389.35	+17.8
深松耙地	336	336.168	59.23	19.36	33.75	2 196.45	2 086.65	+2.9
传统对照	394	394.197	58.23	15.52	34.87	2 133.30	2 026.65	-

注:与传统对照相比。

考虑到地边及漏播对测产的影响,上述实际产量是理论产量乘以0.95后得出的结果。

从影响小麦产量的有效穗数、穗粒数和千粒质量3个关键指标来看,免耕高茬和免耕低茬处理的穗粒数和千粒质量明显高于传统对照,穗粒数平均比传统对照高63.0%,千粒质量平均高11.0%;虽然受残茬对排种管的堵塞和土壤容重大导致的播种质量差的影响,免耕高茬和免耕低茬的有效穗数比传统对照低35.15%,但由于土壤贮水多,利于穗、粒生长发育与形成,因此,反映在最终指标的产量上平均比传统对照高17.25%。免耕高茬和免耕低茬处理之间无显著差异。

## 2.6 抑制农田扬尘效应

农作物收获后进行秋翻,疏松、裸露的地表是沙尘暴的尘源之一,而保护性耕作地由于实行免(少)耕和地表覆盖,可以有效的减少扬尘量。收获后,对不同处理的地表进行野外风洞测试。测试方法为,对4种不同的处理测定不同风速下持续10min的风蚀量。以传统对照的风蚀量为1,3种保护性耕作处理的风蚀量减小率见表7。

表7 不同风速下3种保护性耕作处理风蚀量较传统对照的减小率

Table 7 The rates of reduction of the wind erosion at different wind speed for the three treatments of conservation tillage %

风速/(m s <sup>-1</sup> )	免耕高茬	免耕低茬	深松耙地
5	41.3	33.3	30.1
8	48.6	42.1	31.9
10	49.8	44.2	35.8
14	48.4	46.3	31.1
18	49.2	46.4	33.2
20	52.3	48.1	35.8
平均	48.3	43.4	33.1

注:设传统对照的风蚀率为1。

在相同风速下,各种不同处理的地表风蚀量不同,3种保护性耕作处理比传统对照的风蚀量减少33.1%~48.3%,说明秸秆覆盖有良好的抑制扬沙作用;无论风速如何变化,免耕高茬抑制扬沙的效果最好,这是因为沙尘主要在离地0~20cm高度随风运动,而免耕高茬留茬高度在20~25cm,故可以有效地阻止风沙运动,比留茬高度为10~15cm的免耕低茬处理的风蚀量小;深松耙地处理虽然留茬较高,但是由于其经过深松、耙地作业后,表层存在疏松土壤,导致扬沙较多,所以较免耕低茬地块的扬沙大。综合以上分析,不同处理地块的抑制扬沙的效果为:免耕高茬>免耕低茬>深松耙地>传统对照。

## 2.7 效益分析

实施保护性耕作效益显著,具体到丰宁坝上高原,主要有以下几点:

1)降低成本。保护性耕作取消了传统耕作收获后或播种前的翻地、耙地、整地等联合作业(成本约225元·hm<sup>-2</sup>);按免耕留茬加喷1次除草剂体系计算,成本约135元·hm<sup>-2</sup>(除草剂+作业)。2项相抵,降低成本90元·hm<sup>-2</sup>。

2)提高收益。按实际产量计算,免耕高茬和免耕低茬小麦产量平均比传统对照高350.48kg·hm<sup>-2</sup>,可多收入350元·hm<sup>-2</sup>(小麦单价按1元·kg<sup>-1</sup>计)。降低成本和提高产量带来的总收益为440元·hm<sup>-2</sup>。据调查,丰宁坝上丰收年份种植春小麦收益约1035~1200元·hm<sup>-2</sup>。推广实施保护性耕作技术将增加收益36.7%~42.5%。效果显著。

3)生态环境和社会效益好。保护性耕作技术取消了传统耕作的铧式犁翻耕,减少了作业量和油耗,减少了对土壤的破坏;田间留茬又能减少农田扬沙和水土流失;留茬腐烂后还能逐步培肥地力,提高土壤有机质。因此,具有良好的生态环境和社会效益。

### 3 结论与建议

1) 一年的试验结果表明,在冷凉风沙区实施春小麦机械化保护性耕作种植取得了初步成功。3种保护性耕作技术体系均达到了增产增收效果,且均具有良好的生态和社会效益。比较而言,以“机械化收获留高茬-休闲-播前喷施除草剂或浅松机械除草-免耕施肥播种-机收”的保护性耕作工艺体系综合效益最好。

2) 深松耙地体系效果不显著。增加了作业次数和作业成本,产量增加有限,抑制扬沙的作用也低于免耕处理,应进行深松持续效应和深松间隔年限的试验研究。

3) 机械化保护性耕作地块喷施除草剂以控制杂

草的生长,虽然取得一定的效果,但是对喷施的时间、用量、次数还有待进一步试验,以达到降低生产成本、减少杂草危害的效果。

### 参 考 文 献

- [1] 陈君达,王兴文,李洪文. 旱地农业保护性耕作体系与免耕播种技术[J]. 北京农业工程大学学报,1993,13(1):27~33
- [2] 史培军,严平,高尚玉,等. 我国沙尘暴灾害及其研究进展与展望[J]. 自然灾害学报,2000,9(3):71~77
- [3] 哈斯. 坝上高原土壤不可蚀性颗粒与耕作方式对风蚀的影响[J]. 中国沙漠,1994,14(1):92~97
- [4] 臧英. 保护性耕作防治土壤风蚀的试验研究[D]. 北京:中国农业大学,2003

### 学术动态 ·

#### 中国农业工程学会第七次全国会员代表大会暨学术年会在我校召开

2004年5月16—18日,中国农业工程学会(CSAE)第7次全国会员代表大会暨学术年会在我校举行。中国工程院院士、我校汪懋华教授担任本次年会主席。

我校党委书记瞿振元、中国工程院副院长沈国舫、中国科协办公厅主任苑郑民、农业部党组成员于永维、联合国亚太农业工程和机械中心(APCAEM)副主任常平、中国农学会秘书长陈建华和中国农机学会副理事长兼秘书长李树君等出席了会议。

我校汪懋华院士、程序教授分别做了“农业与生物系统工程学科发展与科技创新的思考”和“我国中长期农业科技战略研究”的报告。

经过选举,汪懋华院士当选该学会第七届理事会理事长,程序教授等当选为该理事会名誉理事长,傅泽田教授等当选为副理事长。

(科学技术处供稿)