

# 高原冷凉地区保护性耕作技术的示范试验

王世学<sup>1</sup>,高焕文<sup>2</sup>,李洪文<sup>3</sup>

(<sup>1</sup> 中国农业大学 工学院 北京 100083)

[摘要] 通过对中等规模面积的小麦-苜蓿保护性耕作中试示范,对保护性耕作技术的适应性和免耕播种机的可靠性进行了考核。试验结果表明,在高原冷凉地区实施保护性耕作技术种植小麦和苜蓿是可行的,并能取得良好的增产效益、节本效益及社会效益。同时,保护性耕作所使用的免耕播种机,在秸秆残茬覆盖的地表工作,其性能可靠,通过性好,能实现化肥深施和免耕播种。该示范试验是机械化保护性耕作技术体系完整的补充,为旱作地区大面积推广保护性耕作技术及抗旱增收提供了可靠的经验。

[关键词] 农业工程;保护性耕作;综述;免耕播种机;小麦;苜蓿;出苗率;产量

[中图分类号] S223.2 [文献标识码] A [文章编号] 1003-188X(2004)01-0173-04

## 1 概论

国内外长期试验研究表明,保护性耕作技术具有控制农田水土流失、保墒蓄水、增产增收和改善生态环境等综合效益<sup>[1~4]</sup>。保护性耕作是相对于传统翻耕的一种新型耕作技术,它的含义是用秸秆残茬覆盖地表,将耕作减少到只要能保证种子发芽即可,并主要用农药来控制杂草和病虫害的一种耕作技术<sup>[1,2]</sup>。其前身叫“免耕法”,随着试验研究的不断深入,以“免耕法”为基础,逐步拓展到包含地表残茬覆盖、地表处理、土壤深松、种肥隔层分施、杂草控制及病虫害防治等多项技术为一体的机械化保护性耕作技术。从20世纪90年代初开始,中国农业大学在山西等地开展了旱地机械化保护性耕作试验研究,项目持续10年,研究成功了一年一作制机械化保护性耕作技术和配套机具,并取得了保护性耕作技术的适应性试验和关键技术研究成果。本论文所涉及的中试示范试验,旨在通过在山西省等地保护性耕作试验所取得的成功经验,在坝上高原、干旱、冷凉风沙地区对保护性耕作技术和配套机具进一步完善和优化,为该项技术的大范围推广应用奠定基础。中试示范试验地点设在具有海拔高、干旱、冷凉区域特征的河北省张北县。张北县地处河北省西北部内蒙古高原南缘,位于农牧交错带,属寒温带大陆性气候,气温低,昼夜温差大,冬季漫长,春季干旱风大,海拔高度1310~2128m,无霜期100天左右,全年大风时间主要集中在3~5月份,5~6级大风约35天,7~8级大风约20

天,年均风速4.6m/s,最大风速20.3m/s,年均气温3.2℃,全年平均日照时间2841.2h,年均降雨量为325.6mm<sup>[5]</sup>。

全县耕地面积13.03万hm<sup>2</sup>,其中旱耕地170万hm<sup>2</sup>,占耕地面积的90%,宜机械作业面积占耕地面积70%。旱作农田主要作物为春小麦、苜蓿、亚麻、马铃薯和青玉米等,属一年一作制的杂粮区。传统的耕作方式中,每年收获后翻地晒垡,裸露休闲越冬,耕地大部分时间裸露于无植被的空间。春季干旱和大风同时出现,土壤失墒严重,春季干旱常使农民不能按时播种,导致农作物产量低而不稳,正常年份小麦产量只有1.5~2.0t/hm<sup>2</sup>。全县总人口35.2万人,其中农业人口33.4万,农民人均纯收入1189元,是国家级贫困县<sup>[6]</sup>。

本文旨在通过中等规模面积的中试示范试验,考核保护性耕作技术的适应性和免耕播种机的可靠性、经济性,以形成适应于干旱、冷凉及高原特点的完整的保护性耕作技术体系和相应的规范规程,为旱作地区大面积推广该项技术及抗旱增收提供可靠经验。

## 2 试验条件

### 2.1 试验地设计

种植制度为一年一作制。小麦中试基地位于张北县郝家营乡察汉圪圪村,苜蓿地位于张北县三号乡兴盛茂村,保护性耕作种植面积200hm<sup>2</sup>。为了对比试验效果,采用传统翻耕方式,在同一时间相邻各自保护性耕作地块播种小麦13.33hm<sup>2</sup>、苜蓿

[收稿日期] 2003-02-25

[基金项目] 科技部农业科技成果转化项目(02EFN216900734)

[作者简介] 王世学(1958-),男,黑龙江哈尔滨人,中国农业大学副教授,主要从事农业工程装备方面的研究工作。

13.33hm<sup>2</sup>...

### 2.2 秸秆覆盖率

地表秸秆留茬高度 15~20cm...测出播种前小麦地秸秆残茬覆盖率为 46.4%...播种后秸秆残茬覆盖率为 25.3%...;播种前苜蓿地秸秆残茬覆盖率为 33.5%...播种后秸秆残茬覆盖率为 18.3%...

## 3 中试示范结果与分析

### 3.1 播种机具

机具采用 13.24kW 小四轮拖拉机和农业大学设计...河北省农哈哈机械有限公司生产的 2BMF-6C-2 型小麦免耕施肥播种机(如图 1 所示)...免耕施肥播种机可一次完成开沟...施肥...隔层播种...自然覆土...覆土压实等农艺环节...播种期间对播种机效率进行了测试...纯工作效率约 0.85hm<sup>2</sup>/h...但由于农户地块相互交替播种...种肥供应不及时...播种时人工搬种及装运...肥料受潮结块堵塞机器等原因...造成 30%的时间损失在非正常作业上...实际作业效率约 0.59hm<sup>2</sup>/h...



图 1 2BMF-6C-2 型小麦免耕施肥播种机

### 3.2 播种农艺规程

考虑到坝上高原春季风大干旱的特点...保护性耕作示范区的地表未进行任何处理...采用了免耕技术直接播种小麦和苜蓿...为了保证播种质量...考虑当地种植习惯...气候条件...地表概况...土质和土壤墒情等多方面因素...并参考以往试验结果...选择本次播种农艺规程...播种量 187.5kg/hm<sup>2</sup>...施肥量 75kg/hm<sup>2</sup>...行距 20cm(当地传统播种行距 33cm)...幅宽 1.5m...施肥深 8~10cm...播种深 5~6cm...播

后覆土厚 3cm...传统翻耕地播种采用 13.24kW 小四轮拖拉机和 4 行传统型播种机...播种农艺规程与保护性耕作播种相同...不同之处是种肥混施(按照当地种植习惯)...

### 3.3 保护性耕作技术实施效果分析

#### 3.3.1 耕作方式对土壤含水率的影响

播后对两种耕作方式下的土壤含水率进行了测试...其主要目的是研究保护性耕作对土壤的保墒能力...测试时间为 2002 年 5 月 4 日...测试区设保护性耕作地和传统翻耕地...在播种后分别对两个试验区采集土样...采集深度分为 0~10cm...10~30cm...测得结果...深度为 0~10cm 范围内的保护性耕作示范区土壤含水率 10.6%...传统翻耕地试验区土壤含水率 8.3%...前者比后者高 2.3 个百分点...深度为 10~30cm 范围内的保护性耕作土壤含水率 14.9%...传统翻耕土壤含水率 12.8%...前者比后者高 2.1 个百分点...

上述测试结果表明...保护性耕作对土壤具有保墒能力...其保墒机理可解释为...传统春翻地播种...表土层的干土翻在下面...吸收了下层水分...使犁底层附近的土壤含水率下降...从犁底层翻上来的湿土...经过耙地...整地至播种(通常 2~3 天)时表土层已经风干(深 3~5cm)...播种后如不下雨...种子无法在 1 周之内出苗...而秋翻地...其表土层风化干燥程度更加严重...对于用保护性耕作技术种植小麦...苜蓿...由于播种不翻动土壤...并且开沟...施肥...播种和覆土压实农艺环节是在瞬间内完成...即土壤水分还来不及蒸发时表土被迅速压实...因此种床水分无蒸发...土壤墒情好时...种子在 1 周之内可出苗...

#### 3.3.2 耕作方式对出苗率的影响

播种后约 40 天左右分别对两种耕作种植方式的出苗率进行了测查...测定方法是两个试区各取 9 段...每段测一行 1m 内的苗数...9 段平均...确定出苗率...其测查结果见表 1 和表 2 所示...

表 1 小麦苗情测查记录(查苗时间为 2002 年 6 月 13 日)

| 处理小区  | 测查项目  | 测点数 | 平均值 $\bar{x}$ | 均方差 $s$ | 变异量/% |
|-------|-------|-----|---------------|---------|-------|
| 保护性耕作 | 株/m   | 9   | 92.84         | 4.67    | 5.03  |
|       | 苗高/cm | 9   | 11.58         | 0.41    | 3.54  |
| 传统耕作  | 株/m   | 9   | 89.28         | 7.35    | 8.23  |
|       | 苗高/cm | 9   | 8.19          | 0.62    | 7.57  |

表 2 苜蓿苗情测查记录(查苗时间为 2002 年 7 月 16 日)

| 处理小区  | 测查项目  | 测点数 | 平均值 $\bar{x}$ | 均方差 $s$ | 变异量/% |
|-------|-------|-----|---------------|---------|-------|
| 保护性耕作 | 株/m   | 9   | 95.28         | 4.42    | 4.64  |
|       | 苗高/cm | 9   | 11.56         | 0.22    | 1.91  |
| 传统耕作  | 株/m   | 9   | 90.43         | 6.27    | 6.93  |
|       | 苗高/cm | 9   | 8.15          | 0.59    | 7.23  |

由测查结果可以看出...小麦的保护性耕作出苗率为 93 株/m...好于传统耕作出苗率 89 株/m...出

苗率提高 4.5%...苜蓿的保护性耕作出苗率为 95 株/m...好于传统耕作出苗率 90 株/m...出苗率提高

5.5%。从表1和表2中的苗高测查数据及日常麦苗长势观测结果表明：两种作物的保护性耕作播种都提前传统耕作播种5~7天左右出苗。传统耕作播种地块与保护性耕作播种地块是相同播种量、同时间播种，而出现传统耕作出苗率低及出苗时间滞后的原因可归结为：传统耕作播种后覆土压实度不够、翻耕后整地、土壤表层跑墒、种肥混施烧种、覆土过厚与种上覆有大土块等因素影响了作物出苗率和出苗时间。从观察情况看，保护性耕作地块的小麦行距、幅宽清晰规整，苗齐，而传统耕作出苗均匀度不如保护性耕作。这一现象可以从表1和表2传统耕作出苗率均方差大于保护性耕作的统计结果得到证实。另外，传统耕作苗高均方差大于保护性耕作（表1、表2），这一统计结果表明传统耕作的苗高均匀性不如保护性耕作，即传统耕作先后出苗时间差增大，原因可归结为传统耕作播种前地表不平、播后覆土不均及常规播种机播种性能差的结果所致。

### 3.3.3 耕作方式对生产投入的影响

保护性耕作作业减去了传统耕作播种前的翻地、耙地、整地及人工除草农艺环节，节约了生产性投入。其中，保护性耕作作业成本费780元/hm<sup>2</sup>（播种作业费120元+籽种费270元+肥料费135元+植保费60元+机收费195元）；传统耕作作业成本费1110元/hm<sup>2</sup>（机耕费150元+耙地整地费90元+播种作业费120元+籽种费270元+肥料费135元+人工除草费150元+机收费195元），即保护性耕作减少投入330元/hm<sup>2</sup>。

### 3.3.4 耕作方式对能源消耗的影响

拖拉机翻地、耙地、整地作业耗油量最大，并且柴油燃烧不充分。保护性耕作技术免去了传统种植过程中的耕、耙、整地3项农艺作业环节，由此可省去柴油消耗15~18L/hm<sup>2</sup>，同时还可减少二氧化碳气体向大气的排放量。

### 3.4 杂草控制

本次中试示范地内的麦田以麦蒿、芥菜、婆娘蒿、繁缕、刺菜、田旋花等阔叶杂草为主。2002年6月28日~7月3日，小麦拔节三叶期，杂草刚有1~2叶时进行了喷施2,4-D丁酯乳油除草剂。2,4-D丁酯除草剂是一个较好的选择性除草剂，对于蒿、藜、繁缕、刺菜、田旋花等阔叶杂草具有较好的防除效果。用药之后，草就萎缩，此类杂草经过喷施除草剂后，在小麦生育期内始终萎缩生长在小麦茎叶之下，到小麦收获时杂草最高不过25cm，不影响小麦的生长。野生苋麦出苗早，熟得快，对2,4-D丁酯除草剂具有较强的抗药性。

但在小麦收获期间实测野生苋麦数量并不多，对野生苋麦严重的地块可采取人工除草的方法。披管草是张北县坝上农田的主要草类之一，披管草长不高，生长到一定时间，呈散落状态。对披管草喷施除草剂后，草叶呈黄色，但草不死，抗药性特别强。若大量喷施除草剂，则对小麦生长有害。本次示范地小麦播种时，麦苗与披管草同时生长。经过喷施一遍除草剂，披管草虽未死，但延缓了长势。麦苗长高后，通过麦苗茎叶遮掩，基本抑制了杂草生长。由于苋麦播期晚，披管草多的地块，作物生育受到影响。对于此类杂草，只能采取人工和机械方法或选择针对性除草剂除草。

### 3.5 测产及分析

产量测定时间：小麦为2002年8月25日，苋麦为9月22日（如图2所示）。每种作物两个试验区产量测定方法是：在距离地边30m远的长方形4个角及长方形对角线交叉点处确定5个采样点，每个采样点取面积1m<sup>2</sup>（行长1m，宽1m）。



图2 苋麦保护性耕作示范田

保护性耕作的小麦实际平均产量1650kg/hm<sup>2</sup>，传统耕作的小麦实际平均产量1485kg/hm<sup>2</sup>（如表3所示），前者比后者的产量约提高11.1%。保护性耕作的苋麦实际平均产量1530kg/hm<sup>2</sup>，传统耕作的苋麦实际平均产量1380kg/hm<sup>2</sup>（如表4所示），前者比后者的产量约提高10.9%。考虑到采样误差、地边及漏播对测产的影响，上述实际产量是理论产量乘上0.85后与农户上报实际产量数字加权平均得出的结果。两种作物的产量与往年相比都很低，其原因是今年遇上大旱，两种方式的耕作都有秸秆枯死现象。

保护性耕作与传统耕作相比，有效穗数约提高1.8%~1.9%，千粒重约提高1.2%~1.6%，穗粒数约提高5.8%~6.1%（如表3、表4所示）。此组数据表明，穗粒数是影响产量增加的最大构成要素，其次是有效穗数和千粒重。传统耕作方式的穗粒数减少可解释为是传统耕作比保护性耕作晚出苗5~7天所造成的，而传统耕作晚出苗的现象只能解释为传统耕作播种时土壤表层失墒严重。由此可以推断，播种时，两种耕作方式的土壤墒情状况是影响

其产量的第一位因素...保护性耕作有效穗数的增幅...率是影响其产量的第2位因素...与其出苗率的提高是成正相关的...因此可推断出苗

表3 春小麦测产考种数据

Table with 7 columns: 处理小区, 序号, 测试项目, 测点, 平均值 x, 均方差 s, 变异量/%. Rows include data for '保护性耕作' and '传统耕作' treatments across various metrics like yield, grain count, and quality.

注: 测产时间为2002/8/25; 地点为河北张北县家营乡察汉圪圪村

表4 莜麦测产考种数据

Table with 7 columns: 处理小区, 序号, 测试项目, 测点, 平均值 x, 均方差 s, 变异量/%. Rows include data for '保护性耕作' and '传统耕作' treatments across various metrics like yield, grain count, and quality.

注: 测产时间为2002年9月22日; 地点为河北张北县3号乡兴盛茂村

4 结论

(1) 中试示范结果表明...已开发的小麦免耕播种机适合于冷凉高原环境条件下的保护性耕作作业...机具性能指标及播种质量达到了设计要求...

(2) 保护性耕作作业免去了传统耕作播种前的翻地...耙地...整地及人工除草农艺环节...节约了生产性投入...其中...保护性耕作作业成本费约780元/hm²...传统耕作作业成本费约1110元/hm²...保护性耕作生产性投入减少约42.3%...

(3) 保护性耕作技术免去了传统种植过程中的耕...耙...整地3项农艺作业环节...由此可省去柴油消耗15~18L/hm²...同时还可减少二氧化碳气体对大气的排放量...

(4) 保护性耕作地比传统翻耕地保墒蓄水...播后土壤含水率测试结果是...保护性耕作示范区土壤含水率10.6%~14.9%...传统翻耕地试区土壤含水率8.3%~12.8%...前者比后者约高2.1%~2.3%...

(5) 保护性耕作播种出苗率好于传统耕作播种...出苗率提高约4.5%~5.5%...保护性耕作播种比传统耕作播种提前5~7天左右出苗...

(6) 保护性耕作地的苗高均匀度好于传统耕作...

(7) 保护性耕作产量比传统耕作约提高10.9%~11.1%...实际产量增幅与有效穗数约提高1.8%~1.9%...千粒重约提高1.2%~1.6%...穗粒数约提高5.8%~6.1%...是呈正相关的...经过分析和推断...播种时两种耕作方式的土壤墒情状况是影响其产量的第1位因素...出苗率是影响其产量的第2位因素...

(8) 在高原冷凉区实施保护性耕作种植小麦和莜麦的中试示范试验是成功的...取得了较好的示范效果...受到当地农民欢迎...其试验结果为坝上高原和北方旱作地区大面积推广保护性耕作技术提供了可靠经验...

[参考文献]

[1] 高焕文.旱地机械化保护性耕作技术[M].北京:中国农业大学出版社,2001.
[2] 高焕文,李洪文,陈君达.可持续机械化旱作农业研究[J].干旱地区农业研究,1999,17(1):57-62.

(下转第179页)

止褐变也有显著影响...

抗坏血酸及其与柠檬酸...植酸各自的交互作用对抑制酶活的影响不显著...从成本考虑...可以舍弃考虑该护色剂...

在进一步的试验中...可以考虑利用植酸...柠檬酸...氯化钙及其护色硬化时间...结合其它品质指标...进行甘薯片的防褐及硬化研究...以得出一较为满意的工艺参数...

### [参 考 文 献]

- [1] 施瑞城. 改善甘薯果脯质量的方法初探[J]. 食品科学, 1998, 19(1): 19-21.
- [2] 姜绍通, 罗志刚. 甘薯中多酚氧化酶活性的测定及褐变控制[J]. 食品科学, 2001, 22(3): 19-22.
- [3] 吴谋成, 袁俊华. 植酸的毒理学评价和食用安全性[J]. 食品科学, 1997, 18(2): 46-49.
- [4] 庞学群, 张昭其. 防褐处理对切分马蹄...马铃薯低温贮藏期间褐变的影响[J]. 食品科学, 2002, 23(4): 126-129.
- [5] 黎继烈, 陈永安. 板栗产品的褐变及护色方法研究[J]. 林业科技通讯, 2001, (10): 10-12.
- [6] 章一平, 张国平. 植酸在草莓贮藏保鲜中的应用[J]. 食品科学, 1993, (5): 53-57.
- [7] 王绍美...卿晓红. 天然抗氧化剂控制草莓加工中VC损失效应研究[J]. 食品科学, 2001, 22(1): 56-58.
- [8] 李小定, 吴谋成. 植酸对柑桔中抗坏血酸(L-ASA)的保护作用[J]. 食品科学, 1998, 19(3): 8-12.
- [9] 胡小松, 喻绍春. 马铃薯丝加工中的褐变因素及其控制[J]. 食品科学, 1994, (5): 35-42.

## Research of Color Protection of Preserved Sweetpotato

YANG Jin-ying, WANG Jian-ping

(Department of Bio-system Engineering and Food Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

**[Abstract]** The effect of several color preservatives as ascorbic acid, citric acid, phytic acid and CaCl<sub>2</sub> and hours of pervasion on the sweetpotato which with 5mm thickness were studied. The results indicated that the effects of phytic acid, citric acid and CaCl<sub>2</sub> were the best distinct substance to control the function of PPO.

**[Key words]** food process technology; preserved sweetpotato...experimental research; phytic acid...PPO...color protection

(上接第 176 页...)

- [3] Ruessel.USDAARS[R].美国农业部农业研究中心... 1979.
- [4] Unger and Wiese.USDAARS[R].美国农业部农业研究中心,1984.
- [5] 河北省张北县气象报告[R].张北县气象局...2000.
- [6] 河北省张北县农业发展的基本情况[R].张北县政府报告(公开)...2001

## Representative Experiment on Conservation Tillage Technology in Cold and Plateau Area

WANG Shi-xue, GAO Huan-wen, LI Hong-wen

(China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**[Abstract]** Adaptation of the conservation tillage technology and reliability of the no-tillage planter were evaluated by representative experiment of medium-scale area with the conservation tillage technology to plant wheat and oat. The representative experiment showed that conservation tillage technology is feasible for planting wheat and oat in cold and plateau area. It can increase output and reduce costs and promote the public interest. The conservation tillage mechanism works well. It can pass through soil surface that is covered with crop straws and residues to sow seed with no-tillage and deeply spread fertilizer at the same time. Technical system of the conservation tillage was established for dry and cold and plateau area. The representative experiment is of substantial practical significance to increase yield with drought alleviated and to large-scale spread the conservation tillage technology for dry region.

**[Key words]** agricultural engineering; conservation tillage; summarize; no-tillage planter; wheat; oat; emergence of seedlings rate; yield

## 高原冷凉地区保护性耕作技术的示范试验

作者: [王世学](#), [高焕文](#), [李洪文](#)  
作者单位: [中国农业大学, 工学院, 北京, 100083](#)  
刊名: [农机化研究](#) [PKU](#)  
英文刊名: [JOURNAL OF AGRICULTURAL MECHANIZATION RESEARCH](#)  
年, 卷(期): 2004(1)  
被引用次数: 4次

### 参考文献(6条)

1. [高焕文](#) [旱地机械化保护性耕作技术](#) 2001
2. [高焕文](#) [旱地机械化保护性耕作技术](#) 2001
3. [Ruessel](#) [USDA-ARS](#) 1979
4. [Unger](#) [USDA-ARS](#) 1984
5. [河北省张北县气象报告](#) 2000
6. [河北省张北县农业发展的基本情况](#) 2001

### 引证文献(4条)

1. [马云祥](#), [王淑珍](#) [保护性耕作及其配套技术研究进展](#)[期刊论文]-[辽宁农业科学](#) 2007(4)
2. [谭国波](#), [边少锋](#), [方向前](#), [赵洪祥](#), [张丽华](#), [孟祥盟](#) [国内外保护性耕作技术的发展现状与我省的研究方向](#)[期刊论文]-[吉林农业科学](#) 2006(3)
3. [徐云峰](#) [小型免耕播种机的设计与试验研究](#)[学位论文]硕士 2005
4. [张雯](#) [辽西地区垄作保护性耕作技术体系研究及推广效益评价](#)[学位论文]博士 2005

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_njhj200401062.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_njhj200401062.aspx)