

保护性耕作适应性试验及关键技术研究

贾延明¹, 尚长青¹, 张振国²

(1. 山西省长治市农机局; 2. 山西省农机推广站)

摘要: 国内外围绕旱地农业的可持续发展, 进行了长期的研究和试验, 我国于 1991 年引进澳大利亚先进模式——保护性耕作法, 在山西省布点试验。试验表明: 保护性耕作具有保水改土、增产增收、改善生态环境的综合效益。但播种质量不高, 一度使试验受挫, 虽然靠改进机具在一定程度上可以提高其适应性, 但当秸秆产量达到 80% 的覆盖率时, 又出现秸秆越冬防风防火难、春季地温回升缓慢, 清除长在秸秆中的杂草难等一系列问题。通过进一步试验, 增加浅旋或浅耙表土作业, 可解决问题。秸秆覆盖, 表土浅耕和硬茬播种构成保护性耕作法成熟的技术体系。

关键词: 旱地; 保护性耕作; 表土耕作; 可持续发展

中图分类号: S345

文献标识码: B

文章编号: 100226819(2002)0120078204

1 试验背景

对旱地潜能的最佳开发、雨热资源的科学利用、生物资源的养分转化, 及其对生态环境的综合作用, 始终是世界农业可持续发展研究的重点。从 20 世纪 30 年代至今, 世界各国都在积极探索旱地农业生产的先进技术和有效模式, 寻求改善生态环境和提高土地生产力相结合, 兼使两者同时受益的关键技术。到 70 年代, 美国、澳大利亚等先后研究总结出成熟的“保护性耕作”模式, 保护性耕作的前身叫“免耕法”; 随着研究的深入和推广的扩大, 发现免耕只能适应部分土壤和自然条件, 而后逐步改为保护性耕作法。它是用大量秸秆残茬覆盖地表, 减少耕作, 并用农药来控制杂草和病虫害。国外长期试验研究证明: 利用作物残茬覆盖和减少耕作, 是控制水土流失的两项最有效措施, 还有利于减少蒸发, 增加土壤有效持水量, 提高作物产量, 如内布拉斯加试验指出在作物生育期降水 321 mm 时, 覆盖免耕地的径流为 0 mm 和蒸发损失为 182 mm, 而传统耕作分别为 60 mm 和 254 mm。由于有效水分的不同, 德克萨斯州连续 5 年试验保护性耕作产量 3.44 t/hm², 而传统耕作为 2.56 t/hm²^[1], 目前保护性耕作已成为美国主体耕作模式。1995 年统计全美 1.13 亿 hm² 粮田面积中, 保护性耕作和少耕已占 60% 以上, 90% 的土地已取消铧式犁耕作。澳大利亚也于 70 年代试验成功并进一步推广保护性耕作法, 英国的玉米栽培已有一半面积采用几年不翻的免耕法, 加拿大为了保证免耕法的实施, 制定了废除铧式犁的法律, 日

本、伊朗、菲律宾等国家也以立法的形式推广免耕法^[2]。

为了给北方旱地农业探索合理的机械化耕作体系, 从 1992 年开始, 中国农业大学和山西省农机局受澳大利亚国际农业研究中心资助, 在山西省开展以旱地保护性耕作体系为主的“旱地农业持续机械化生产体系研究”^[3]。其中在寿阳县、潞城市分两期对旱地机械化玉米保护性耕作重点进行了适应性试验和关键技术研究。

2 试验条件与试验设计

2.1 一期保护性耕作试验

2.1.1 试验条件

试验地点设在山西省寿阳县。地处北纬 36°; 海拔高 1 000 m, 气温低, 年均 6~8℃, 全年无霜期 120~140 d, 年降雨量 450~580 mm, 年蒸发量 1 600~1 800 mm, 春季 6 级以上大风的天数 7~15 d, 春旱严重。种植制度为一年一季玉米。旱地玉米保护性耕作主试验基地 3.3 hm², 连年种植玉米, 示范面积 200 hm²。

2.1.2 试验设计

试验共设计 5 种试验处理 3 次重复, 15 个小区, 每个小区面积为 0.22 hm², 各处理分别为: 免耕秸秆粉碎覆盖, 免耕整秆秆压倒覆盖, 免耕直立秸秆覆盖, 深松秸秆粉碎覆盖, 传统铧式犁翻耕。旱地玉米保护性耕作的工艺是:

秋天收获后秸秆处理 免耕或深松 冬休闲 免耕施肥播种 田间管理(间苗、追肥、除草)。

还田机采用河北省赵县生产的 4F2150 型秸秆切碎还田机, 深松机采用山西临汾生产的 1S23 型深松机, 播种机采用山西省新绛生产的 2BJQM 24 型

免耕施肥播种机(圆盘开沟器), 动力机为铁牛- 55 拖拉机。

2.1.3 测试与分析

1) 水土保持的测试

从澳大利亚引进直喷式模拟降雨器, 在试验小区进行了 5 项不同耕作处理对径流和入渗的影响试验。试验表明, 在降雨强度为 80 mm öh 人工模拟降雨的情况下, 覆盖率(单位耕地面积上秸秆覆盖部分所占的百分率)为 70% 的深松免耕处理从第 37 m in 开始出现径流, 覆盖率为 80% 的免耕处理从第 31 m in 开始出现径流, 分别比裸露耕作滞后 27 m in 和 21 m in。保护性耕作的免耕、深松免耕, 从出现径流开始, 15 m in 平均径流强度为 0.11 mm öm in, 是传统耕作径流强度(0.18 mm öm in)的 61%。从出现径流开始 30 m in 的平均径流强度为 0.21 mm öm in, 是传统耕作径流强度(0.41 mm öm in)的 51.2%。在模拟降雨 21 h 后, 对 0~ 100 cm 土层内的土壤含水量和容重进行测量, 计算出传统耕作处理的降水入渗量 39.6 mm, 土壤蓄水量为 278.8 mm, 而保护性耕作分别为 56.7 mm 和 300.30 mm, 分别比传统耕作高 43.3% 和 7.7%。

2) 播前土壤含水率测试

水土保持的测试主要研究保护性耕作对水土的保护作用, 播前土壤含水率重点研究保护性耕作对水分的储存能力。采取对试验区每年 4 月采集土样 1 次, 采集深度为 0~ 20 cm, 每小区在对角交叉线上各取 5 个采样点每次应在同 1 m² 内, 以求定位采样, 动态研究。首先将相同小区的 15 个土样, 取相同的质量混合均匀作为 1 个分析土样, 这样 15 个小区就得到 5 个分析土样, 对播前土样含水率的处理结果见表 1。

表 1 玉米不同处理的产量和播前 0~ 20 cm 耕层的土壤含水率

Table 1 Corn yield and moisture of 0~ 20 cm soil before sowing for different treatments

项目	处理方式	年 份					
		1993	1994	1995	1996	1997	平均
产量 öt · hm ⁻²	碎秆免耕	3 092	8 031	5 096	5 757	4 418	5 278.8
	碎秆深松	3 192	8 793	4 812	4 781	4 544	5 224.4
	倒秆免耕	3 185	8 030	5 417	4 356	4 849	5 167.4
	立秆免耕	2 980	7 281	4 322	3 531		4 531.0
	传统	2 612	6 671	4 418	4 905	4 367	4 594.6
含水率 ö%	碎秆免耕	13.72	16.23	15.39	17.59	18.67	16.320
	碎秆深松	13.45	18.64	15.95	18.40	18.81	17.050
	倒秆免耕	13.94	18.03	14.58	17.96	18.28	16.558
	立秆免耕	14.96	18.10	12.95	17.26		15.818
	传统	13.85	16.20	12.79	16.34	19.00	15.236

由表 1 可以看出, 不同形式的保护性耕作与传统耕作相比, 土壤含水量都有不同程度的提高, 其中以碎秆深松提高最多, 提高了 1.814 个百分点, 这说明土壤对水分的储存能力有所提高。

3) 土壤肥力的测试

根据对土样的处理, 测定保护性耕作土壤有机质含量年平均增加 0.046%, 比传统耕作 0.0295 增加 35.74%, 水解氮增加 6.55%, 速效磷增加 16.4%, 速效钾增加 10.17%。

4) 粮食产量的测试

粮食产量的测试, 以相同小区, 单打单收, 分别计算, 不同耕作模式 5 年的产量见表 1。保护性耕作与传统耕作相比, 表现出一定的增产能力, 其中碎秆免耕, 碎秆深松分别比传统耕作增产 14.89% 和 13.70%。

2.1.4 结果与讨论

一期试验结果表明, 保护性耕作具有蓄水保墒、培肥地力、增产增收和改善生态环境的综合效益, 但产量增幅不大, 究其原因有以下两个方面: 一是播种质量差, 覆盖在地表的秸秆, 在越冬期, 风刮成条成堆, 严重影响播种机作业。二是由于纬度偏北, 地表有秸秆覆盖后, 播前地温较低, 以致种子发芽慢, 出苗晚, 而且容易增加土壤病菌侵袭的机会。

2.2 二期保护性耕作试验

二期保护性耕作试验, 旨在通过关键技术研究, 求得粮食产量和经济效益的进一步提高。根据对一期保护性耕作试验的分析, 首先从提高播种质量出发, 对免耕播种机进行了多项改进, 设计了组合式限深圆切刀加行间压草轮配合的排堵装置, 以提高机器在较大秸秆覆盖下的通过性。采用不同的单体仿形机构, 增加对不平地面的适应性等。希望通过机具完善去克服上述困难。但实践证明, 单靠机具改进, 只能在一定范围内可行, 如玉米秸秆覆盖率不大于 60% 时, 播种机能顺利通过, 当覆盖率达到 80% 以上, 田间布满秸秆, 或成堆或成条的秸秆厚度超过 20 cm 时, 堵塞仍经常出现, 地温低则更不是播种机能解决的问题。保护性耕作与传统耕作的区别主要有两方面: 一是利用作物秸秆残茬覆盖地表; 二是免耕。这恰恰是影响播种质量和降低地温的两个因素, 而秸秆覆盖是首要因素。因此解决问题的方案是适度增加表土耕作, 以降低秸秆覆盖对播种通过性与地温的影响, 以此进行第二期保护性耕作试验。基本思路是适度增加表土耕作。

2.2.1 试验条件

山西省农机局在二期保护性耕作试验时, 增设了潞城试验区。潞城市属于半干旱区, 全年无霜期

123~181 d, 一般情况下为 147~152 d, 年降雨量 500~600 mm, 多年平均 538 mm, 近年有减少趋势, 1997 年 333.4 mm, 1998 年 565.7 mm, 1999 年 480 mm。年蒸发量 2358.1 mm, 年均气温 9.1℃, 全年日照时数 2479.3 h, 有效积温 3665℃, 种植制度为一年一季玉米, 与寿阳县的自然气候特点基本相同。

2.2.2 试验设计

旱地玉米保护性耕作主试验基地 3.3 hm², 连年种植玉米, 示范面积 33.3 hm², 根据长治市现实的种植模式, 共设计 9 种试验, 其中以 5 种试验处理 3 次重复研究解决保护性耕作的关键技术问题, 每种处理面积 0.33 hm², 分别为: 秸秆出地后深耕(简称传统耕作); 粉碎还田、免耕, 次年直接播种(简称保护性耕作); 粉碎还田后、浅耙(简称碎秆浅耙); 粉碎还田后浅旋(简称碎秆浅旋); 粉碎还田后浅耙, 次年浅旋播种(简称碎秆耙旋)。试验地块前茬作物为玉米, 前 3 年平均产量为 6075 kg/hm²。试验时种子统一为屯玉 1 号, 肥料统一为硝酸磷及玉米专用肥, 种肥施量 360 kg/hm², 追肥为美国二铵, 施量 330 kg/hm², 播种时间为 4 月 15 日, 每 hm² 株数 65250。工艺是:

收获玉米 粉碎秸秆 (免耕或深松 30 cm 以上) 冬休闲
浅旋(必要时) 施肥播种 田间管理(间苗、除草、追肥)

还田机采用河北石家庄生产的 4Q2150 型秸秆切碎还田机, 浅旋采用山西临汾生产的 1JQN2200 型旋耕机作业, 播种采用山西新降生产的 2BJY23 型硬茬播种机作业, 动力机为铁牛-60。试验测定内容包括: 秋春两季秸秆覆盖率、不同处理出苗率、播前土壤含水量、产量和效益。

2.2.3 试验与分析

1) 秸秆覆盖率

地表秸秆覆盖中的测量方法是用盒尺, 在 10 m 的长度内, 每 10 cm 作为一个测点(共计 100 个测点), 将皮尺拉直与种植方向成 45° 随机放在地面, 数出测点下方有秸秆的测点数, 除以 100, 即为覆盖率, 左右 45° 方面各测试 5 次, 取其平均值。浅旋耕、浅耙播种等机械作业前后的地表秸秆覆盖率变化结果见表 2。

从表 2 可以看出, 不同作业后, 秸秆覆盖率都有所降低, 降低的过程分 3 个阶段, 秋季浅耙或浅旋作业后, 秸秆覆盖率可降低 21%~27%; 冬季休闲期, 由于自然环境对秸秆的风干萎缩和腐解, 可降低

表 2 不同作业前后地表秸秆覆盖率

Table 2 Stalk covering rate before and after different operations %

处理	收获后 (10月)	浅耙或浅旋 (10月)	浅旋 (4月)	播种(4月)	
				前	后
碎秆免耕	95.6	冬休闲		79.3	45.8
碎秆浅耙	95.1	71.9	冬休闲	55.8	32.3
碎秆浅旋	95.8	68.7	冬休闲	53.5	30.9
碎秆秋耙春旋	96.1	74.2	53.6	52.9	30.2
传统耕作	0			0	0

15%~21%; 播种前后又可降低 22% 左右。试验表明, 增加秋季的浅耙或浅旋作业, 加之冬季自然处理, 使播前覆盖率降到 56% 以下, 不仅使免耕播种能顺利作业, 而且其他播种机也基本能顺利作业; 不仅使播种后还能保持 30% 以上的覆盖率, 满足保水保土需要, 而且为加快地温回升创造了条件, 是一项成功的处理措施。需要说明的是: 碎秆秋耙春旋模式中的旋耕作业, 是在春季气温较低, 墒情较好的特殊情况下, 为提高地温, 保证适时播种, 而设计的一项作业。

2) 土壤水分

土壤水分的采样及处理方法与 2.1.3.2) 相同, 处理结果见表 3。

表 3 土壤含水率测试对照表

Table 3 The soil moisture content contrast %

处理	1998.2.22.3				2000.2.3.2.0			
	5	10	20	30	5	10	20	30
碎秆免耕	13.5	18.2	20.2	17.8	11.9	19.7	21.6	21.1
碎秆浅耕	12.5	18.2	20.1	19.3	13.1	22.1	22.3	21.4
碎秆浅旋	10.6	19.6	19.0	17.2	13.9	23.0	22.3	21.1
碎秆秋耙春旋	5.1	18.2	20.2	18.9	3.0	15.5	19.0	19.5
传统耕作	6.9	13.4	19.7	19.5	5.2	14.1	16.9	17.5

土壤水分测试说明, 动土量越少, 覆盖率越高, 土壤保水效果越好。增加表土耕作, 虽然能提高播种质量和地温, 却使保水能力有所下降, 这是表土耕作的负面效应。但与传统耕作相比较仍然有较大提高, 能满足种子发芽和出苗的需求。

3) 出苗率和苗情

出苗率和苗情测定时间为 1998 年 5 月 19 日, 即播种后 34 d, 测定办法是每一处理取 5 段, 每段测一行 5 m 内的苗数, 5 段平均, 确定出苗率。每段抽查 3 株幼苗的叶数、株高和支根数, 5 段平均, 确定苗情, 结果见表 4。

表 4 苗情测定记录表

Table 4 The seedling measuring report

处理	苗数	叶片数	标高/cm	支根数
碎秆免耕	20.4	7	33	10
碎秆浅耙	21.8	7	32.9	10
碎秆浅旋	22.2	7	35	10
碎秆秋耙春旋	21.6	7	31.7	10
传统耕作	16.8	5	31.5	10

表 4 说明: 经表土耕作的 3 种处理平均 21.9 株/5 m, 比没有表土耕作的平均多 1.5 株/5 m, 出苗率提高 83.3%, 苗情长势基本相同, 以碎秆旋耕模式的最好。这说明表土耕作既能改善播种质量, 又能提高出苗率, 进一步保证苗全苗旺。

4) 产量与效益

产量和效益的测试同前 2.1.3.4), 测试结果见表 5。

表 5 各种处理投入产出测试结果表

Table 5 Cost and output value results of all kinds of tillage methods

处 理	投入/元 · hm ⁻²					产 出		投入 产出比	纯收入 元 · hm ⁻²
	合计	种子	化肥	农药	作业	产量/t · hm ⁻²	产值/元 · hm ⁻²		
碎秆免耕	2 010	180	900	150	780	8 878.5	7 102.8	1.354	5 092.8
碎秆浅耙	2 160	180	900	150	930	8 871	7 096.8	1.328	4 936.8
碎秆浅旋	2 160	180	900	150	930	9 183	7 346.4	1.340	5 186.4
碎秆秋耙春旋	2 235	180	900	150	1 005	9 654	7 723.2	1.364	5 488.2
传统耕作	2 385	180	900		1 305	7 600.5	6 080.4	1.255	3 695.4

注: 产量和效益测算以 1999 年为例, 当年玉米市价为 0.8 元/kg。

由表 5 可以看出: 增加表土耕作后的保护性耕作, 使粮食产量又有新的提高, 其中的碎秆春耙秋旋模式的产量最高, 达到 9 654 t/hm², 比传统耕作 7 600.5 t/hm², 增加 2 053.5 t, 增幅达到 27%, 超过寿阳试区的 148.9%。以碎秆浅耙模式产量最低, 为 8 871 t/hm², 比传统耕作 7 600.5 t/hm², 增加 1 270.5 t, 增幅为 16.7%, 也超过寿阳试区的 13.7%。投入产出比达到 1.354, 与传统耕作 1.255 相比, 也有较大提高。保护性耕作经农艺改进, 虽然增加了机械作业, 相当于增加机械作业费 75~150 元, 由于产量增 0.7755 t/hm², 相当于增加收入 620.4 元/hm², 扣除增加的作业费用, 纯收入增加 470.4~545.4 元/hm², 和传统作业比较, 作业成本降低 23%~28.7%, 效益提高 48.7%, 节本增效显著。

3 结 论

1) 保护性耕作不翻耕土壤, 利用作物秸秆残茬覆盖提高持水保水能力, 有利于秋雨春用, 春旱冬抗, 经济效益良好。

2) 在纬度偏北的地区, 对于秸秆连年积累, 丰

收年秸秆最大的情况, 应用浅耙或浅旋等表土作业, 对降低秸秆覆盖率, 加快休闲期秸秆腐解, 提高播前地温, 进一步增强保护性耕作在北方旱地的适应性具有十分积极的作用, 虽然增加了作业成本, 但由于产量增加, 经济上仍然是可行的。

3) 在纬度偏北地区以秸秆覆盖、浅耕少耕、硬茬播种三要素组成的保护性耕作法, 通过利用作物有机资源为休闲裸露农田营造良好植被, 对冬春两季干热风频繁侵蚀农田表土, 是积极、自然的保护。并可彻底解决焚烧秸秆问题, 具有良好的生态效益。

4) 保护性耕作对北方旱农地区来说, 技术上可行, 经济上合算, 条件上适应, 是宜于积极推广的一项技术措施。

[参 考 文 献]

[1] 高焕文 可持续机械化旱作农业研究[J] 干旱地区农业研究, 1999(1): 57~62
 [2] 高志文 庄稼人的蠢行[N] 中国农机化报, 1999, 12(30).
 [3] 翟通毅 山西省发展机械化保护性耕作农业的报告[J] 农机推广, 2001(2): 4~5

pneumatic precision planter is carried out and a mathematical model for seed motional locus is established based on which the operation process for plastic film mulch dibbling function is simulated dynamically by use of computer simulation technology, the influence of the change of implement forward speed, seed drop angle and the bias angle of seed receiving funnel on the seed metering accuracy is found out and the relevant parameters are optimized. The results of this research can be taken as a reference for the design of similar implements.

Key words: computerized simulation; pneumatic planter; plastic film mulch planter; seed metering device

Adaptability Test and Key Technology Research on Conservation Tillage (78)

Jia Yaming¹, Shang Changqing¹, Zhang Zhenguo² (1. *Changzhi Farming Machinery Management Bureau, Changzhi, Shanxi 046000, China*; 2. *Extending Station of Agriculture Machinery of Shanxi Province, Taiyuan 030007, China*)

Abstract: Around the sustainable development of dryland farming, it has been testing and researching for a long period in the world. The advanced Australian conservation tillage method was introduced in 1991, and was tested in Shanxi Province experimental plots. The test showed that: the conservation tillage has the comprehensive profits of conserving water, improving soil, increasing production and income, and improving ecological environment. But the planting quality is not so good, which held back further test. Although it can increase the adaption by improving the machine, when the stalk covering rate reaches 80%, a series of problems would appear, e.g. in winter, it is difficult to prevent wind and fire; in spring, the soil temperature goes up slowly, and it is difficult to clean the weeds growing in the crops. By the further test, shallow rotary tillage or shallow harrow of the surface soil, can solve all the problems. Stalk covering, surface soil shallow tillage, and stubble planting make up the matured technical system of conservation tillage method.

Key words: dryland; conservation tillage; surface tillage; sustainable development

Design of Device for Raising Seedling and Seeding in Aperture Disk (82)

Xu Jinda¹, Yu Wenwei², Lü Meiqiao³, Lou Miaoliang¹ (1. *Jinhua Research Institute of Farm Machinery, Zhejiang Province, Jinhua 321017, China*; 2. *Jinhua Office of Rural Energy, Jinhua Zhejiang, China*; 3. *Jinhua Station of Machinery Management, Jinhua Zhejiang, China*)

Abstract: According to demands for rice seedlings throwing, the device for raising seedling and seeding in aperture disk was designed and developed. Its working principle and design of rubber belt for conveying seeds were mentioned in the paper. The design scheme was superior after tested by experimentation. Under the condition of superior parameters, best factors combination for seeding in aperture disk with small quantity of seeds can be singled out and optimal seeding performance of the device can be obtained.

Key words: raising seedling in aperture disk; rubber belt for conveying seeds; appending seeds; throwing seeds

Research and Development of Portable Apparatus for Power and Fuel Consumption Test of Small Tractors (85)

Wang Huiming, Jing Shuhong, Hou Jialin, Lü Zhaolin (Mechanical & Electronics Engineering College, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China)

Abstract: The paper introduces an intelligent test system for power and fuel consumption test of small tractors. The system was developed by use of the microelectronics and single chip computer interface technique, based on single chip computer AT89C51 and inspecting the shape of signal wave by technique on dynamic display of data, which came from HBR21 type pressure sensor and HY21 type flow sensor. The measurement accuracy of power is $\pm 0.10\%$ (kW). It can measure power and fuel consumption of small tractors continuously, rapidly and accurately.

Key words: engine; power; fuel consumption; single chip computer; test

· Protected Agriculture and Environmental Control Engineering ·

Preliminary Experimental Research on Effect of Aluminized Thermal Screens in Greenhouse