

玉米-小麦一年两熟保护性耕作体系试验研究

刘立晶, 高焕文, 李洪文

(中国农业大学工程学院, 北京 100083)

摘要: 采用将夏玉米、冬小麦两季作物作为整体来研究适合华北一年两熟地区保护性耕作技术体系, 确定了耕作和覆盖两个因素, 包括免耕、深松、耙地、翻耕 4 种耕作方法, 以及 100% 秸秆覆盖, 50% 秸秆覆盖和 0 覆盖 3 种秸秆覆盖水平。筛选设计了 8 种保护性耕作和 2 种传统翻耕共 10 种体系的试验方案。试验中测定了土壤含水量、容重、地温等参数和根系、产量等作物指标。试验结果表明, 我国华北地区实施保护性耕作有利于节约用水, 提高水分利用效率, 增加作物产量。试验得出最适合的两种保护性耕作体系是: 玉米-小麦全程免耕 100% 秸秆覆盖体系、玉米深松 100% 秸秆覆盖+小麦免耕 100% 秸秆覆盖体系。

关键词: 保护性耕作; 一年两熟; 深松; 耙地

中图分类号: S233.3

文献标识码: B

文章编号: 1002-6819(2004)03-0070-04

0 引言

20 世纪 90 年代开始, 中国农业大学机械工程学院在山西等地开展了农机和农艺相结合的机械化保护性耕作试验研究, 基本解决了一年一熟地区机械化保护性耕作的关键技术^[1,2]。美国、加拿大等国保护性耕作发展水平较高^[3,4]。但对一年两熟地区保护性耕作技术的研究仍是初级阶段^[5,6]。国内尚属空白。

河北是华北平原典型的“玉米-小麦”一年两熟种植区, 种植面积 260 万 hm^2 。农业生产需要大量灌溉用水, 农业是第一用水大户, 全省已经出现严重的地下水超采问题。此外秸秆焚烧、生产成本过高等问题, 亦迫切需要解决。在此地区进行保护性耕作试验研究, 目的在于寻找一种新型耕作技术, 克服上述问题, 促进该地区农业的可持续发展。

本文主要通过测定土壤含水量、容重、地温、作物根系等参数, 分析研究华北一年两熟地区不同保护性耕作处理的节水效果和增产增收效果, 探讨该地区实行全程保护性耕作的可行性, 并选择适宜的保护性耕作技术体系。

1 材料和方法

1.1 试验地和试验设计

试验地点设在河北省定兴县, 地处北纬 $39^{\circ}21'$, 属大陆性半干旱季风气候, 土壤为轻壤质碳酸盐褐潮土, 全年无霜期约 185 d, 年降雨量 500~600 mm, 集中在 7、8 月份, 种植制度为一年两熟的“夏玉米-冬小麦”。

将玉米、小麦两季作物作为整体考虑, 试验设计两个因素; 因素 A—耕作方式; 因素 B—覆盖量; A 为 4 水平, B 为 3 水平。

夏播时小麦秸秆覆盖的地表可以实现免耕播种机的顺利播种, 则耙地方式可以不采用; 华北地区降雨集

中在夏播时, 可以采用深松方式打破犁底层利于雨水的入渗^[7,8], 而秋季播种采用深松意义不大还增加了地表

表 1 试验设计表

Table 1 Experimental design table

	水平 I	水平 II	水平 III	水平 IV
因素 A	免耕(A ₁)	深松(A ₂)	耙地(A ₃)	翻耕(A ₄)
因素 B	0(B ₁)	50%(B ₂)	100%(B ₃)	

粗糙度不利于播种, 但可以设计一种方案作为试验对照, 但一般不必全年都采用深松; 实际生产中夏播时不用翻耕, 但为使对照效果最大, 可增加全程翻耕播种的方案。通过以上分析结合生产实际中的可行性, 共设计如下 10 种试验方案:

- ① $MA_1B_3 + WA_1B_3$
- ② $MA_1B_3 + WA_3B_3$
- ③ $MA_1B_3 + WA_4B_1$
- ④ $MA_1B_2 + WA_2B_3$
- ⑤ $MA_1B_3 + WA_2B_3$
- ⑥ $MA_2B_3 + WA_1B_1$
- ⑦ $MA_2B_3 + WA_1B_2$
- ⑧ $MA_2B_3 + WA_1B_3$
- ⑨ $MA_2B_3 + WA_3B_3$
- ⑩ $MA_4B_1 + WA_4B_1$

其中, M 表示前茬小麦夏播玉米的试验地处理, W 表示玉米茬上秋播小麦的试验地处理。

将每种处理做 3 次重复, 共设 30 个小区, 每小区面积 $4\text{ m} \times 100\text{ m}$ 。试验时间为 2002 年 6 月至 2003 年 10 月。

1.2 试验设备与仪器

作业设备: 铁牛-55 拖拉机、玉米免耕播种机、小麦(玉米)秸秆粉碎机、深松机、圆盘耙、铧式犁、2BMFS-5/10 型小麦免耕覆盖施肥播种机。

测试仪器: 卤素水分快速测试仪、烘干箱、取土环刀、土钻、铝盒、地温传感器、万用表、根钻、0.01 g 电子天平, 全自动小型气象站。

1.3 作物管理

玉米种植时间为 6 月中旬至 10 月上旬, 免耕施肥播种机播种玉米, 品种为陕单 902, 行距 56 mm, 播种量 37.5 kg/hm^2 , 施肥量: 复混肥料玉米专用肥(玉米底施, 一次追) 375 kg/hm^2 , 除草剂: 乙阿合剂, 灌溉: 苗期灌一次播种补墒水 300 m^3/hm^2 。

收稿日期: 2003-10-09 修订日期: 2004-03-09

基金项目: 国家“十五”科技攻关计划项目(2001BA504B03)

作者简介: 刘立晶(满族), 博士生, 中国农业大学(东校区)46 信箱
中国农业大学工程学院, 100083

小麦种植时间为 10 月上旬至次年 6 月中旬, 2BMFS-5/10 型小麦免耕覆盖施肥播种机播种小麦, 播种小行距 11 cm, 大行距 39 cm, 品种为超优 66, 播种量 225 kg/hm², 施肥量: 磷酸二铵 375 kg/hm², 灌溉: 苗期及返青后共 4 次灌水, 每次 300 m³/hm²。

1.4 测试内容

测试内容有土壤含水量、容重、地温、作物根系等。

地温: 地温传感器分别埋于地表、地下 5、10 cm, 于作物关键生育时期测量。

作物根系: 用根钻取 90 cm。应用根长分析软件测量根长, 然后 70 C 48 h 烘干称量干根质量。

1.5 统计分析

试验数据用 SPSS 统计分析软件进行方差分析。

2 结果及讨论

2.1 土壤含水量

2.1.1 夏玉米田间土壤含水量分析

表 2 是试验的第二年夏玉米苗期 1m 土体不同土层的土壤体积含水量分布。对各个土层进行方差分析表明在 0~10 cm 土层中土壤含水量具有显著性差异 ($\alpha = 0.05$), 在 10~100 cm 土层中无显著性差异。从表中可以看出在 1m 土体中, 保护性耕作 8 种体系的平均土壤含水量比传统耕作 2 种体系的平均高 14.57 mm, 即比传统耕作平均增加 6.02%。

考虑到这季玉米的种植基础不同, 对相同基础上的玉米不同耕作处理之间的差别分析可以总结出适合的耕作体系为: 玉米-小麦全程免耕 100% 秸秆覆盖 (MA₁B₃ + WA₁B₃) 和玉米深松 100% 秸秆覆盖 + 小麦免耕 100% 秸秆覆盖 (MA₂B₃ + WA₁B₃)。

2) 当玉米深松 100% 秸秆覆盖, 小麦免耕不同覆盖量 (0、50%、100%) 及耙地之间的比较是, 小麦免耕 100% 秸秆覆盖的土壤含水量最大;

3) 分析玉米免耕、深松 100% 秸秆覆盖分别对小麦免耕 100% 秸秆覆盖的影响, 可得两者差异不大, 玉米免耕 100% 秸秆覆盖时, 小麦 100% 秸秆覆盖的土壤含水量略高。

由表 2、3 分析可知, 保护性耕作 8 种体系中, 玉米-小麦全程免耕 100% 秸秆覆盖体系 (MA₁B₃ + WA₁B₃)、玉米深松 100% 秸秆覆盖 + 小麦免耕 100% 秸秆覆盖体系 (MA₂B₃ + WA₁B₃) 在 1 m 土体中的土壤含水量相对较高, 即具有较优越的蓄水保墒能力, 为下一季作物的生长奠定良好的基础。

表 3 不同耕作体系下小麦苗期土壤水分垂直分布

Table 3 Soil water vertical distributing in period of seedling of wheat with different tillage systems mm

测试时间	深度 /cm	MA ₁ B ₃ + WA ₁ B ₃	MA ₁ B ₃ + WA ₃ B ₃	MA ₁ B ₃ + WA ₁ B ₁	MA ₁ B ₂ + WA ₂ B ₃	MA ₁ B ₃ + WA ₂ B ₃
2002-11-05	0~10	25.42	25.13	23.97	24.83	24.21
	10~20	23.97	22.80	24.92	22.61	23.12
	20~30	25.44	23.77	23.26	22.50	24.56
	30~50	51.06	53.12	50.86	53.10	52.58
	50~70	49.80	49.82	48.62	49.92	48.58
	70~100	65.7	66.63	63.78	69.45	64.65
			MA ₂ B ₃ + WA ₁ B ₁	MA ₂ B ₃ + WA ₁ B ₂	MA ₂ B ₃ + WA ₁ B ₃	MA ₂ B ₃ + WA ₃ B ₃
0~10	23.35	23.11	22.06	24.12	20.94	
10~20	24.93	25.21	24.03	23.56	26.47	
20~30	23.34	23.73	24.29	22.48	25.86	
30~50	49.12	48.22	52.68	50.92	53.04	
50~70	45.66	50.68	49.90	45.94	47.54	
70~100	65.13	69.96	68.37	63.48	70.35	

2.2 土壤容重

表 4 是第一季玉米收获后采样处理结果。试验从夏玉米开始, 试验地的基础情况相同, 前茬都是小麦免耕, 所以只考虑玉米的 4 种耕作处理。方差分析表明 ($\alpha = 0.05$), 0~30 cm 不同土层内耕作处理对土壤容重影响不显著, 试验时间短, 还没有表现出明显的差别。从总体上来比较, 土壤容重的大小顺序是 MA₄B₁ < MA₂B₃ < MA₁B₂ < MA₁B₃, 免耕 50% 秸秆覆盖 (MA₁B₂)、免耕 100% 秸秆覆盖 (MA₁B₃)、深松 100% 秸秆覆盖 (MA₂B₃) 等处理的试验地在 0~30 cm 土层内平均土壤容重分别比传统翻耕 (MA₄B₁) 高 4.79%, 7.51%, 3.94%。

表 4 不同处理对土壤容重的影响

Table 4 Effects of different treatments on soil bulk density g · cm⁻³

测试时间	深度/cm	MA ₁ B ₂	MA ₁ B ₃	MA ₂ B ₃	MA ₄ B ₁
2002-10-01	0~10	1.375	1.428	1.305	1.249
	10~20	1.255	1.311	1.289	1.243
	20~30	1.367	1.362	1.372	1.322

2.3 地温

2.3.1 夏玉米田的地温分析

玉米在拔节-吐丝生育期生长的适宜温度是 24 C^[9], 而这段时间是一年内气温最高阶段, 土壤高温加

表 2 不同耕作体系下玉米苗期土壤水分垂直分布

Table 2 Soil water vertical distributing in period of seedling of corn with different tillage systems mm

测试时间	深度 /cm	MA ₁ B ₃ + WA ₁ B ₃	MA ₁ B ₃ + WA ₃ B ₃	MA ₁ B ₃ + WA ₁ B ₁	MA ₁ B ₂ + WA ₂ B ₃	MA ₁ B ₃ + WA ₂ B ₃
2003-07-12	0~10	23.35	22.02	20.46	24.67	24.66
	10~20	23.48	21.95	22.68	19.97	21.96
	20~30	25.47	23.45	23.30	21.85	24.37
	30~50	50.48	53.72	51.46	50.24	53.90
	50~70	54.16	53.24	52.58	49.56	53.76
	70~100	83.52	86.58	75.48	77.85	80.91
			MA ₂ B ₃ + WA ₁ B ₁	MA ₂ B ₃ + WA ₁ B ₂	MA ₂ B ₃ + WA ₁ B ₃	MA ₂ B ₃ + WA ₃ B ₃
0~10	23.58	23.82	22.75	22.02	16.68	
10~20	24.84	25.10	23.38	22.42	24.02	
20~30	24.28	26.40	24.03	22.49	24.56	
30~50	50.34	51.94	52.94	54.90	55.83	
50~70	51.50	56.22	52.30	53.74	50.06	
70~100	78.48	81.84	75.27	82.05	73.86	

2.1.2 冬小麦田间土壤含水量分析

小麦苗期土壤体积含水量分布情况如表 3 所示。小麦各不同处理在 1 m 土体中的土壤含水量比较, 结果如下:

1) 当玉米免耕 100% 秸秆覆盖下, 小麦免耕 100% 秸秆覆盖的土壤含水量比深松 100% 秸秆覆盖的高;

强了根的老化过程,使根吸水面积减少,吸水速率下降^[10],则影响作物的生长,从而影响产量。从表 5 可以看出保护性耕作的免耕 100% 秸秆覆盖(MA₁B₃)、深松 100% 秸秆覆盖(MA₂B₃)等处理的试验地表层土壤温度分别比翻耕(MA₄B₁)处理降低 3.43℃,3.19℃,有利于拔节期玉米的生长。

表 5 不同处理下玉米拔节期各土层的土壤温度

测试时间	深度/cm	MA ₁ B ₂	MA ₁ B ₃	MA ₂ B ₃	MA ₄ B ₁
早 8:00	0	35.62	31.40	31.65	34.84
	5	29.95	28.15	27.31	30.03
	10	27.42	26.39	26.07	28.16

2.3.2 冬小麦田的地温分析

总体考虑,在冬小麦苗期的土壤表层,保护性耕作 8 种体系的平均温度比传统耕作 2 种体系的高 1.25℃。在 0~10 cm 的三个土层中玉米-小麦全程免耕覆盖体系(MA₁B₃+WA₁B₃)的土壤温度为所有耕作处理中最高,比传统耕作的三个土层的土壤温度分别高 4.65℃,1.99℃,2.04℃,有利于小麦苗期的生长,保证安全越冬。

表 6 不同耕作体系下小麦苗期各土层的土壤温度

测试时间	深度/cm	MA ₁ B ₃ +WA ₁ B ₃	MA ₁ B ₃ +WA ₃ B ₃	MA ₁ B ₃ +WA ₄ B ₁	MA ₁ B ₂ +WA ₂ B ₃	MA ₁ B ₃ +WA ₂ B ₃
早 8:00	0	5.49	1.51	0.84	2.72	4.50
	5	5.57	3.43	4.84	4.73	3.36
	10	7.00	4.74	5.61	5.77	5.10
		MA ₂ B ₃ +WA ₁ B ₁	MA ₂ B ₃ +WA ₁ B ₂	MA ₂ B ₃ +WA ₁ B ₃	MA ₂ B ₃ +WA ₃ B ₃	MA ₄ B ₁ +WA ₄ B ₁
	0	0.78	1.84	1.44	3.31	2.05
	5	3.43	4.17	3.96	4.38	3.58
10	4.66	5.43	5.17	5.55	4.97	

2.4 作物根系

不同耕作方式下,玉米灌浆期各土层的根长和干根质量分布见图 1 和 2 表示,图 2 中 0~10 cm 土层数据纵坐标与实际数据比例是 1:1,10~90 cm 各土层纵坐标数据比实际扩大 30 倍。由图 1 和图 2 得出,在玉米灌浆期,整个土壤剖面上根长、干根质量分布总体顺序是 MA₁B₃>MA₂B₃>MA₁B₂>MA₄B₁。各种处理随着土层深度的加深,单位体积的根量迅速下降,随土层深度近似呈指数递减规律分布。30 cm 土层以下土壤容重变化很小,根系生长主要受土壤含水量的影响^[9]。

2.5 产量

2.5.1 夏玉米田的产量分析

对不同耕作方式的第一季玉米产量(2002 年 10 月)进行方差分析,结果差异不显著。产量比较结果是 MA₁B₃>MA₄B₁>MA₁B₂>MA₂B₃,保护性耕作增产幅度为 -8.1%~11.81%。

万方数据

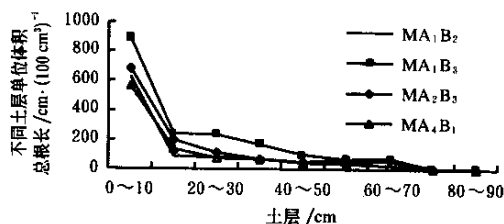


图 1 不同处理下玉米灌浆期各土层的根长分布

Fig. 1 Root length distribution in different layers with different tillage treatments in corn filling stage

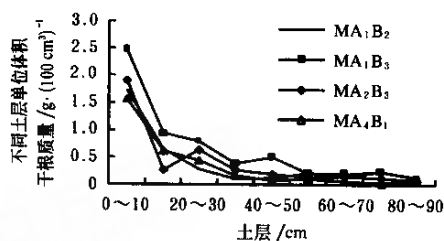


图 2 不同处理下玉米灌浆期各土层的干根质量分布

Fig. 2 Dry root weight distribution in different layers with different tillage treatments in corn filling stage

MA₁B₃ 试验田的土壤含水率、地温和根系发育情况都有利于玉米生长,深松的出苗率较低,免耕 50% 秸秆覆盖的倒伏较多,后期干物质积累不好,所以这两种耕作处理的产量较翻耕低。

表 7 不同处理下玉米产量

测试时间	重复次数	MA ₁ B ₂	MA ₁ B ₃	MA ₂ B ₃	MA ₄ B ₁
2002-10-01	1	8.94	9.51	7.92	8.34
	2	9.68	10.34	8.28	8.87
	3	7.60		8.27	9.42

2.5.2 冬小麦田的产量分析

不同耕作体系下冬小麦的产量测试结果见表 8,进行方差分析,结果表明:各个处理的差异不显著。8 种保护性耕作体系中,除玉米免耕 100% 秸秆覆盖+小麦深松 100% 秸秆覆盖体系和玉米深松 100% 秸秆覆盖+小麦免耕 0 秸秆覆盖体系外,其它耕作体系都比传统耕作高,其中玉米-小麦全程免耕 100% 秸秆覆盖体系(MA₁B₃+WA₁B₃)、玉米深松 100% 秸秆覆盖+小麦免耕 100% 秸秆覆盖体系(MA₂B₃+WA₁B₃)的产量相对较高,分别比传统耕作高 8.8%、9.71%。

综合玉米、小麦两季作物的产量分析,得出最好的耕作体系是:玉米-小麦全程免耕 100% 秸秆覆盖(MA₁B₃+WA₁B₃)、玉米深松 100% 秸秆覆盖+小麦免耕 100% 秸秆覆盖(MA₂B₃+WA₁B₃)。

2.6 水分利用效率

表 9 是玉米-小麦全年的水分利用效率结果,由表中可以得出作物的水分利用效率最好的耕作体系是:玉米-小麦全程免耕 100% 秸秆覆盖(MA₁B₃+WA₁B₃)、玉

米深松 100% 秸秆覆盖 + 小麦免耕 100% 秸秆覆盖 ($MA_2B_3 + WA_1B_3$)。其中全程免耕秸秆覆盖体系的水分利用效率比传统耕作提高 13.24%。

表 8 不同耕作体系下小麦产量

Table 8 Yields of wheat with different tillage systems

		t · hm ⁻²				
测试 时间	重复 次数	$MA_1B_3 +$ WA_1B_3	$MA_1B_3 +$ WA_3B_3	$MA_1B_3 +$ WA_4B_1	$MA_1B_2 +$ WA_2B_3	$MA_1B_3 +$ WA_2B_3
2003-06-15	1	5.23	5.06	4.50	4.16	4.65
	2	4.65	4.32	4.82	5.10	4.02
	3	4.58	4.77			
		$MA_2B_3 +$ WA_1B_1	$MA_2B_3 +$ WA_1B_2	$MA_2B_3 +$ WA_1B_3	$MA_2B_3 +$ WA_3B_3	$MA_4B_1 +$ WA_4B_1
	1	4.00	5.00	4.74	4.97	4.09
	2	4.66	4.71	4.96	4.82	4.78
	3	4.57	4.51	4.88	4.18	

表 9 全年总水分利用效率

Table 9 Water utilization efficiency in a year

		kg · (hm ² · mm) ⁻¹				
测试 时间		$MA_1B_3 +$ WA_1B_3	$MA_1B_3 +$ WA_3B_3	$MA_1B_3 +$ WA_4B_1	$MA_1B_2 +$ WA_2B_3	$MA_1B_3 +$ WA_2B_3
2003-06-15		23.18	21.02	20.76	20.98	22.00
		$MA_2B_3 +$ WA_1B_1	$MA_2B_3 +$ WA_1B_2	$MA_2B_3 +$ WA_1B_3	$MA_2B_3 +$ WA_3B_3	$MA_4B_1 +$ WA_4B_1
		20.42	21.56	22.80	20.73	20.47

3 结 论

1) 保护性耕作更具有蓄水保墒的能力。从对玉米、小麦两季作物苗期土壤含水量的分布情况及全年水分利用效率分析得出:玉米-小麦全程免耕 100% 秸秆覆盖体系和玉米深松 100% 秸秆覆盖 + 小麦免耕 100% 秸秆覆盖体系的土壤含水量相对较高。

2) 保护性耕作的土壤容重由于试验时间短,还没有表现出明显的差别。但从总体上看 MA_1B_2 、 MA_1B_3 、 MA_2B_3 分别比 MA_4B_1 土壤容重高 4.79%, 7.51%, 3.94%。

3) 保护性耕作地表温度,在玉米拔节期低于传统耕作,有利于玉米根系的生长,保证了产量;在小麦苗期略高于传统耕作,有利于小麦的生长,保证安全越冬。

4) 保护性耕作根系较传统翻耕生长的好,保证了作物的产量。

5) 保护性耕作体系可以提高玉米和小麦的产量,其中小麦产量最大提高 9.71%,玉米提高 11.81%。

一年的系统试验结果表明,在一年两熟地区采用玉米-小麦全程免耕 100% 秸秆覆盖体系和玉米深松 100% 秸秆覆盖 + 小麦免耕 100% 秸秆覆盖体系是可行的。但试验中没有考虑杂草、病虫害等影响,建议布置一年两熟地区保护性耕作体系的长期试验区,进行深入的试验研究。

[参 考 文 献]

- [1] 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.
- [2] 李洪文,陈君达,邓 健,等. 旱地玉米机械化保护性耕作技术及机具研究[J]. 中国农业大学学报,2000,5(4):68-72.
- [3] 籍增顺. 国外免耕农业研究[J]. 山西农业科学,1994,22(3):63-68.
- [4] 贾延明,尚长春,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.
- [5] 周兴祥,高焕文,刘晓峰. 华北平原一年两熟保护性耕作体系试验研究[J]. 农业工程学报,2001,17(6):81-84.
- [6] 周兴祥. 一年两熟地区机械化保护性耕作体系试验与分析[D]. 北京:中国农业大学工学院,2001.
- [7] 牟善积,何明华,臧凤艳,等. 免耕、覆盖、深松配套技术及耕作模式的研究(之三)[J]. 天津农学院学报,1998,5(4):23-27.
- [8] 白广明,富 刚,周 宙. 深松农作物丰产机理综述[J]. 黑龙江水利学报,2001,28(1):14-15.
- [9] 康绍忠,刘晓明,熊运章. 土壤-植物-大气系统水分传输理论及其应用[M]. 北京:水利出版社,1994.
- [10] 程纯枢,王鹏飞,冯秀藻. 中国农业百科全书:农业气象卷[M]. 北京:农业出版社,1986.

Conservation tillage for corn-wheat two crops a year region

Liu Lijing, Gao Huanwen, Li Hongwen

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

Abstract: Taking two crops, summer corn and winter wheat, as an integrated system, the conservation tillage system is studied for two crops a year region in North China Plain. Two experimental factors are chosen, one is tillage method, which includes no-tillage, subsoiling, harrowing and moldboard plowing, and the other is crop residue cover rate which consists of 100%, 50% and 0. Eight kinds of conservation tillage systems and two kinds of conventional plough systems are designed. Soil parameters including moisture content, soil bulk density, soil temperature and crop indexes including density of roots, crop yield are measured during the study period. The experimental result shows that application of conservation tillage in North China Plain is benefit to saving water, enhancing water use efficiency and increase crop yield. The two suitable systems of conservation tillage are obtained, they are corn-wheat no-tillage and 100% cover, subsoiling for corn with no-tillage for wheat and both 100% cover.

Key words: conservation tillage; two crops a year; subsoiling; harrowing

作者: 刘立晶, 高焕文, 李洪文
作者单位: 中国农业大学工程学院, 北京, 100083
刊名: 农业工程学报 ISTIC EI PKU
英文刊名: TRANSACTIONS OF THE CHINESE SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING
年, 卷(期): 2004, 20(3)
被引用次数: 53次

参考文献(10条)

1. 高焕文;李洪文;陈君达 [可持续机械化旱作农业研究](#)[期刊论文]-[干旱地区农业研究](#) 1999(01)
2. 李洪文;陈君达;邓健 [旱地玉米机械化保护性耕作技术及机具研究](#)[期刊论文]-[中国农业大学学报](#) 2000(04)
3. 籍增顺 [国外免耕农业研究](#) 1994(03)
4. 贾延明;尚长春;张振国 [保护性耕作适应性试验及关键技术研究](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2002(01)
5. 周兴祥;高焕文;刘晓峰 [华北平原一年两熟保护性耕作体系试验研究](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2001(06)
6. 周兴祥 [一年两熟地区机械化保护性耕作体系试验与分析](#)[学位论文] 2001
7. 牟善积;何明华;臧凤艳 [免耕、覆盖、深松配套技术及耕作模式的研究\(之三\)](#)[期刊论文]-[天津农学院学报](#) 1998(04)
8. 白广明;富刚;周宙 [深松农作物丰产机理综述](#)[期刊论文]-[黑龙江水利学报](#) 2001(01)
9. 康绍忠;刘晓明;熊运章 [土壤-植物-大气系统水分传输理论及其应用](#) 1994
10. 程纯枢;王鹏飞;冯秀藻 [中国农业百科全书--农业气象卷](#) 1986

本文读者也读过(4条)

1. 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](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#)2002, 18(1)
2. 周兴祥, 高焕文, 刘晓峰 [华北平原一年两熟保护性耕作体系试验研究](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#)2001, 17(6)
3. 何进, 李洪文, 高焕文, He Jin, Li Hongwen, Gao Huanwen [中国北方保护性耕作条件下深松效应与经济效益研究](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#)2006, 22(10)
4. 杨青, 薛少平, 朱瑞祥, 韩思明, 杨成海, Yang Qing, Xue Shaoping, Zhu Ruixiang, Han Siming, Yang Chenghai [中国北方一年两作区保护性耕作技术研究](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#)2007, 23(1)

引证文献(59条)

1. 何进, 王庆杰, 李洪文, 卢彩云, 乔晓东, 路战远 [华北一年两熟区免耕开沟种床对农田作物生长的影响](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2013(8)
2. 常铁牛, 李永山, 陶民刚, 黄芸虹, 张建诚 [运城市小麦一玉米一年两熟集成栽培技术](#)[期刊论文]-[现代农业科技](#) 2013(3)
3. 王庆杰, 李洪文, 何进, 卢彩云, 苏艳波 [螺旋刀型垄台清理装置的设计与试验](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2010(6)
4. 丁晓义, 姜鸿明, 董超, 李林志, 陈永娜, 严美玲 [鲁东丘陵区玉米-小麦一年两熟一体化耕作技术体系研究](#)[期刊论文]-[山东农业科学](#) 2010(11)
5. 姚宗路, 高焕文, 王晓燕, 李洪文 [小麦免耕播种机开沟器对作物生长的试验研究](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2007(7)
6. 李少昆, 王克如, 冯聚凯, 谢瑞芝, 高世菊 [玉米秸秆还田与不同耕作方式下影响小麦出苗的因素](#)[期刊论文]-[作物学报](#) 2006(3)
7. 马洪亮, 高焕文, 魏淑艳 [驱动缺口圆盘玉米秸秆根茬切断装置的研究](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2006(5)
8. 王庆杰, 何进, 李洪文, 卢彩云, Rabi G. Rasaily, 苏艳波 [免耕播种机开沟防堵单元体设计与试验](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2012(1)
9. 汪顺生, 陈洪涛, 高传昌, 李兴敏 [不同种植模式下夏玉米生长发育及产量的试验研究](#)[期刊论文]-[灌溉排水学报](#) 2011(3)
10. 牛新湘, 马兴旺, 杨金钰, 王玉河, 巴吾东, 艾斯图拉, 马雪琴 [新疆风沙区小麦保护性耕作播种方式研究](#)[期刊论文]-[农机化研究](#) 2009(3)
11. 马洪亮, 高焕文, 魏淑艳 [斜置驱动缺口圆盘刀功耗模型的试验研究](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2007(6)
12. 徐家平, 江晓东, 李映雪, 曹畅, 赵兔祥, 刘诚, 常亮, 代君梅 [UV-B辐射增强和免耕对冬小麦冠层反射光谱特性的影响](#)[期刊论文]

13. 李向东, 季书勤, 张德奇, 郭瑞, 王汉芳, 吕凤荣 豫南雨养区周年不同耕作模式对小麦花后干物质动态和产量的影响[期刊论文]-生态学杂志 2011(9)
14. 范春燕, 许继东 2种保护性耕作技术对小麦产量的影响[期刊论文]-现代农业科技 2010(23)
15. 曹伟鹏, 吴发启, 雷金银, 赵龙山, 云峰, 于小玲 毛乌素沙地南缘不同耕作措施土壤酶和微生物区系的特征[期刊论文]-干旱地区农业研究 2011(1)
16. 彭文英, 张雅彬, 张卓栋, 王晓娜, 赵伟丽 免耕与传统耕作的投入产出比较分析[期刊论文]-干旱地区农业研究 2008(4)
17. 曹伟鹏, 吴发启, 雷金银, 赵龙山, 云峰, 于小玲 毛乌素沙地南缘不同耕作措施土壤酶和微生物区系的特征[期刊论文]-干旱地区农业研究 2011(1)
18. 杨自栋, 杜瑞成, 马明建, 蔡善儒, 刘宁宁 2 BMFY-4型玉米免耕播种机研制与试验[期刊论文]-农机化研究 2014(1)
19. 包兴国, 舒秋萍, 李全福, 刘生战, 张久东, 胡志桥, 孙建好, 张旭临 小麦/玉米免耕处理对产量及土壤水分和风蚀的影响[期刊论文]-中国水土保持科学 2012(2)
20. 杨云马, 贾树龙, 孟春香, 孙颜铭 不同耕作及秸秆还田条件下冬小麦养分利用率研究[期刊论文]-华北农学报 2010(z1)
21. 曹鹏, 刘章勇 不同耕作方式对丹江口库区坡耕地土壤水分和作物产量的影响[期刊论文]-耕作与栽培 2009(6)
22. 刘建忠, 师江澜, 雷金银, 高国雄, 吴发启 毛乌素沙地南缘不同免耕农田土壤理化性质及玉米产量差异分析[期刊论文]-干旱地区农业研究 2006(6)
23. 沈学善, 李金才, 屈会娟, 魏凤珍, 张一, 砂姜黑土区 秸秆还田对玉米生育及水分利用效率的影响[期刊论文]-中国农业大学学报 2011(2)
24. 金亚征, 王莉, 刘朝巍 中国玉米保护性耕作研究进展[期刊论文]-河北北方学院学报(自然科学版) 2009(3)
25. 李素娟, 陈继康, 陈阜, 李琳, 张海林 华北平原免耕冬小麦生长发育特征研究[期刊论文]-作物学报 2008(2)
26. 邵长敏, 齐自成, 丁梅, 魏希营, 李国强 济宁市任城区小麦/玉米两熟区万亩保护性耕作研究示范模式研究[期刊论文]-安徽农业科学 2013(19)
27. 张素芳 聊城市保护性耕作应用现状及其配套技术[期刊论文]-山东农业科学 2011(7)
28. 王靖, 林琪, 倪永君, 刘义国, 王炳军 旱地保护性耕作对冬小麦光合特性及产量的影响[期刊论文]-麦类作物学报 2009(3)
29. 金亚征, XIE Rui-zhi, 冯聚凯, LI Shao-kun, 高世菊, DING Li-mei 保护性耕作方式下华北平原夏玉米产量效应的研究[期刊论文]-玉米科学 2008(4)
30. 高焕文, 何明, 尚书旗, 房孝全 保护性耕作高产高效体系[期刊论文]-农业机械学报 2013(6)
31. 李复辉, 刁培松, 杜瑞成, 崔强, 张银平, 李腾 内嵌勺盘式舵轮免耕施肥播种机的研制与试验[期刊论文]-农业工程学报 2013(19)
32. 王汉羊, 陈海涛, 纪文义 麦茬地免耕播种机清秸覆秸装置设计与试验[期刊论文]-农业工程学报 2012(z2)
33. 苑严伟, 张小超, 吴才聪, 张俊宁, 周利明 玉米免耕播种施肥机精准作业监控系统[期刊论文]-农业工程学报 2011(8)
34. 王庆杰, 李洪文, 何进, 李问盈, Rabi G. Rasaily 凹形圆盘式玉米耨作免耕播种机的设计与试验[期刊论文]-农业工程学报 2011(7)
35. 韩宾, 李增嘉, 王芸, 宁堂原, 郑延海, 史忠强 土壤耕作及秸秆还田对冬小麦生长状况及产量的影响[期刊论文]-农业工程学报 2007(2)
36. 姚宗路, 王晓燕, 高焕文, 李洪文, 李问盈, 张学敏 小麦免耕播种机种肥分施机构的改进与应用效果[期刊论文]-农业工程学报 2007(1)
37. 黄虎, 王晓燕, 李洪文, 陈浩, 张学敏 固定道保护性耕作节能效果试验研究[期刊论文]-农业工程学报 2007(12)
38. 韩宝文, 王激清, 李春杰, 刘社平 氮肥用量和耕作方式对春玉米产量、氮肥利用率及经济效益的影响[期刊论文]-中国土壤与肥料 2011(2)
39. 孙国峰, 张海林, 徐尚起, 崔思远, 汤文光, 陈阜 轮耕对双季稻田土壤结构及水贮量的影响[期刊论文]-农业工程学报 2010(9)
40. 李洪杰, 宁堂原, 邵国庆, 王瑜, 田慎重, 李增嘉, 曲学勇 不同耕作方式与施氮量对麦玉两熟产量的影响[期刊论文]-山东农

41. [江晓东](#), [王芸](#), [侯连涛](#), [李增嘉](#), [王雪](#), [郭志华](#) [少免耕模式对冬小麦生育后期光合特性的影响](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2006(5)
42. [刘浩](#), [孙景生](#), [张寄阳](#), [王聪聪](#), [岳晶晶](#), [张俊鹏](#), [申孝军](#) [耕作方式和水分处理对棉花生产及水分利用的影响](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2011(10)
43. [李朝苏](#), [谢瑞芝](#), [黄钢](#), [吴春](#), [李少昆](#), [汤永禄](#) [稻麦轮作区保护性耕作条件下氮肥对水稻生长发育和产量的调控效应](#)[期刊论文]-[植物营养与肥料学报](#) 2010(3)
44. [尚金霞](#), [李军](#), [贾志宽](#), [张丽华](#) [渭北旱塬春玉米田保护性耕作蓄水保墒效果与增产增收效应](#)[期刊论文]-[中国农业科学](#) 2010(13)
45. [沈学善](#), [李金才](#), [屈会娟](#), [魏凤珍](#), [张一](#), [武文明](#) [砂姜黑土区小麦玉米秸秆全量还田对玉米抗倒性能的影响](#)[期刊论文]-[中国农业科学](#) 2011(10)
46. [高宗军](#), [李美](#), [高兴祥](#), [郭晓](#), [刘可平](#) [不同耕作方式对农田环境及冬小麦生产的影响](#)[期刊论文]-[中国农学通报](#) 2011(1)
47. [高建华](#), [张承中](#) [不同保护性耕作措施对黄土高原旱作农田土壤物理结构的影响](#)[期刊论文]-[干旱地区农业研究](#) 2010(4)
48. [田欣欣](#), [薄存瑶](#), [李丽](#), [徐东东](#), [宁堂原](#), [韩惠芳](#), [田慎重](#), [李增嘉](#) [耕作措施对冬小麦田杂草生物多样性及产量的影响](#)[期刊论文]-[生态学报](#) 2011(10)
49. [刘淑梅](#), [曲晓燕](#), [张洪生](#), [姜雯](#) [小麦、玉米轮作制度下耕作方式对夏玉米农田土壤物理性状的影响](#)[期刊论文]-[华北农学报](#) 2013(6)
50. [贾春林](#), [郭洪海](#), [张勇](#), [孟庆升](#), [杨秋玲](#), [隋学艳](#) [玉米秸秆全量还田下不同播种方式对土壤结构及小麦苗期生长的影响](#)[期刊论文]-[中国农学通报](#) 2010(8)
51. [王汉羊](#), [陈海涛](#), [纪文义](#) [2BMFJ-3型麦茬地免耕精播机防堵装置](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2013(4)
52. [彭文英](#), [张雅彬](#) [免耕对粮食产量及经济效益的影响评述](#)[期刊论文]-[干旱地区农业研究](#) 2006(4)
53. [梁淑敏](#), [谢瑞芝](#), [汤永禄](#), [杨锦忠](#), [李朝苏](#), [王灵便](#), [吴春](#), [李少昆](#) [成都平原不同耕作模式的农田效应研究 I. 对土壤性状及作物产量的影响](#)[期刊论文]-[中国农业科学](#) 2010(19)
54. [鲁向晖](#), [隋艳艳](#), [王飞](#), [穆兴民](#) [保护性耕作技术对农田环境的影响研究](#)[期刊论文]-[干旱地区农业研究](#) 2007(3)
55. [彭文英](#) [免耕措施对土壤水分及利用效率的影响](#)[期刊论文]-[土壤通报](#) 2007(2)
56. [田欣欣](#), [薄存瑶](#), [李丽](#), [徐东东](#), [宁堂原](#), [韩惠芳](#), [田慎重](#), [李增嘉](#) [耕作措施对冬小麦田杂草生物多样性及产量的影响](#)[期刊论文]-[生态学报](#) 2011(10)
57. [金亚征](#), [丁丽梅](#), [王兴月](#) [保护性耕作研究进展与评述](#)[期刊论文]-[河北北方学院学报\(自然科学版\)](#) 2010(1)
58. [冯聚凯](#), [崔彦宏](#), [甄瑞](#), [李少昆](#) [华北平原一年两熟区保护性耕作技术研究进展](#)[期刊论文]-[中国农学通报](#) 2006(6)
59. [常春丽](#), [刘丽平](#), [张立峰](#), [刘玉华](#) [保护性耕作的发展研究现状及评述](#)[期刊论文]-[中国农学通报](#) 2008(2)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_nygctxb200403016.aspx