

# 陕西省关中灌区玉米免耕覆盖播种技术试验

洪晓强, 李立科, 赵二龙, 李瑛  
(西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:** 为了探索免耕覆盖技术的保水增产增值效果, 2007年在陕西省杨凌区进行了不同播种方法试验。结果表明, 免耕覆盖播种比传统耕作1 m土层土壤含水率高1.2%; 能显著促进玉米幼苗生长和根系发育, 孕穗期根系长度26.6 m, 比对照增加71.6%; 每1 hm<sup>2</sup>产量8 408 kg, 增产11.3%, 增值1 991元。该技术能有效保蓄农田土壤水分, 明显增加玉米产量、产值, 可在关中灌区及同类地区使用。

**关键词:** 免耕; 根系; 投入产出; 关中灌区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)05-0115-03

中图分类号: S513

## Experimental Study of No Tillage with Straw Mulching for Corn Sowing in Guanzhong Irrigation Area of Shaanxi Province

HONG Xiao-qiang, LI Li-ke, ZHAO Er-long, LI Ying

(Institute of Resources and Environment Science, Northwest

Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100 China)

**Abstract:** In order to investigate the effects of no tillage measurements on water holding capacity, grain yield, and production income, an experiment of different tillage ways was conducted in Yangling District, Shaanxi Province in 2007. Results showed that soil moisture was 1.2% higher in no tillage treatment compared with traditional tillage. Moreover, root length of corn in booting stage under no tillage was 26.6 m, 71.6% more than that in traditional tillage. Finally, grain yield was 8 408 kg/hm<sup>2</sup>, which was increased by 11.3%, and production income was increased RMB 1991 yuan more than traditional tillage. The conclusion is that no tillage with straw mulching can efficiently increase soil moisture and evidently increase grain yield and production income. The sowing technology can be used in Guanzhong irrigation area and similar regions.

**Keywords:** no tillage; root system; input and output; Guanzhong irrigation area of Shaanxi Province

目前, 保护性耕作在南北美洲、澳洲国家已成为主流耕作方法, 欧、亚、非洲国家也在应用推广。我国机械化保护性耕作的系统试验始于20世纪90年代初, 大量试验证明, 其具有保护环境、节约资源、节本增收的综合效益<sup>[6]</sup>。免耕属于保护性耕作的范畴, 是指用前作残留物覆盖地表, 在未被犁耕过的土壤上利用免耕机直接播种, 主要用农药来控制杂草和病虫害的耕作技术。陕西关中地区实行以小麦、玉米为主的一年两熟栽培制, 两料争时矛盾突出。

目前玉米播种普遍采用深翻整地播种的传统耕作方式, 不仅翻耕后留下疏松裸露的蒸发面, 水分损失严重, 而且费工费时, 生产成本加大。免耕播种对于玉米适时播种、促进玉米高产以及全年高产具有重要意义。

依据各自的土壤特性和耕作制度, 国外研制了多种类型的免耕机具, 并对它们的产量作了对比试验<sup>[7-9]</sup>。西北农林科技大学在“杨凌农业机械化保护性耕作新技术新机具试验示范园”试验结果表明, 高留茬玉米免耕播种效果优于低留茬玉米免耕播种<sup>[10]</sup>。但是, 已有的研究只是对免耕播种与传统耕作产量的简单对比, 而对影响产量的玉米根系生长涉及较少。本试验对玉米根系作了系统观测, 对土壤水分作了测定, 并对玉米投入产出效益作了评价。

### 1 材料与方 法

试验于2007年在陕西杨凌进行。设免耕播种、传统耕作播种玉米2个处理, 面积0.1 hm<sup>2</sup>, 重复3次。免耕播种用西北农林科技大学资源环境学院与

西安户县兴农机械厂新近研制成功的 2BMF-2/2 型灭茬覆盖免耕播种机。品种选用郑单 958, 播前清水浸种 12 h。种植规格行距 68 cm, 株距 28 cm, 每 1 hm<sup>2</sup> 留苗 52 500 株。每 1 hm<sup>2</sup> 施尿素 300 kg, 磷酸二铵 150 kg。玉米 4 叶期间苗, 6 叶定苗。7 月 5 日灌水 1 次。9 月 27 日收获。

主要调查测定项目包括幼苗调查、测定、玉米根系测定、土壤水分测定、产量测定, 最后作出投入产出效益评价。幼苗调查、测定在拔节期进行, 调查统计玉米次生根数, 测定叶面积、根鲜重、茎叶鲜重; 根系生长动态观测分别在苗期和孕穗期选取有代表性的植株 5 株, 在玉米根际旁挖掘土壤剖面, 分层从土壤中进行根系剥离, 把根系用清水冲净, 晾干后称重; 土壤水分测定用土钻法, 孕穗期测定 1 m 土层土壤水分, 每隔 20 cm 取一土样, 重复 3 次。

## 2 结果与分析

### 2.1 免耕机播对玉米出苗和幼苗生长的影响

免耕播种机播种后表土细平, 给玉米造成一个理想的种床条件, 因而玉米苗全、苗齐、苗壮。6 月 30 日调查出苗率, 免耕机播处理出苗率为 99%, 对照仅为 87%。免耕机播处理植株健壮, 无论地上茎叶还是地下根系都生长良好。7 月 21 日取样测定, 免耕播种苗高 90.3 cm, 叶面积 2 200.5 cm<sup>2</sup>, 根鲜重 20.3 g, 茎叶鲜重 170.4 g, 次生根数 19.2 条, 均明显高于对照(见表 1)。

表 2 不同播种方式对土壤含水量的影响

处理	土壤含水率/%						土壤贮水量/mm					
	0~20	20~40	40~60	60~80	80~100	平均	0~20	20~40	40~60	60~80	80~100	合计
免耕播种	14.7	17.7	17.1	16.9	15.5	16.4	40.0	53.8	48.2	46.0	39.7	227.7
传统耕作	14.8	15.6	14.4	14.6	16.6	15.2	40.3	47.4	40.6	39.7	42.5	210.5

### 2.3 免耕机播对玉米生长发育和产量形成的影响

各种栽培措施均影响根系的生长动态及根系活力。免耕机播为玉米根系生长发育创造了良好的生态环境, 玉米根系发达, 根入土深, 根量多, 吸收能力强。据测定, 免耕机播玉米苗期根系下扎深度为 50 cm, 比传统耕作深 10 cm, 根总长 4.59 m, 比传统耕作增加 40.8%; 孕穗期下扎 100 cm, 比传统耕作深 20 cm, 根总长为 26.6 m, 比传统耕作增加 71.6%。土壤上层根(0—20 cm)、中层根(30—40 cm)、下层根(40 cm 以下)比传统耕作增加 15.4%, 17.6%, 179.5%(表 3)。

麦草覆盖后, 玉米幼苗期由于地温偏低, 地上部生长受到抑制, 比对照慢出叶 1.5~2.0 片, 株高和干

表 1 不同播种方式对玉米幼苗生长的影响

处理	苗高/ cm	叶面积/ cm <sup>2</sup>	根鲜重/ g	茎叶鲜重/ g	次生根数
免耕播种	90.3	2 200.5	20.3	170.4	19.2
传统耕作	84.6	1 848.0	18.5	160.5	18.5

### 2.2 免耕机播对土壤水分状况的影响

从夏玉米播种到拔节期, 太阳辐射强度大, 土壤水分无效损失量大。王宁等<sup>[11]</sup>在西北农林科技大学节水灌溉试验站研究了夏玉米生长期间的逐日蒸发蒸腾和棵间蒸发过程, 结果表明, 蒸发量占蒸发蒸腾量的比例在 43.57%~52.52% 之间。2BMF-2/2 型灭茬覆盖免耕播种机具有粉碎、抛撒秸秆装置, 可将秸秆打碎后覆盖地面保墒, 而且其在播种时不翻动土层, 因此能明显减少土壤水分无效蒸发, 而传统耕作无秸秆覆盖, 致使土壤水分得不到有效保蓄。渭北旱地以往的研究结果, 麦草覆盖保蓄的水分主要集中在 0—100 cm 土层内, 尤其集中在 0—50 cm 土层内<sup>[12-13]</sup>。据 9 月 2 日土壤水分测定结果, 在 1 m 土层内, 免耕播种处理土壤含水率平均为 16.4%, 传统耕作作为 15.2%; 免耕播种处理土壤贮水量 227.7 mm, 传统耕作 210.5 mm。

在玉米根系密集分布的 20—40 cm 土层, 免耕播种处理土壤含水率 17.7%, 高出传统耕作 2.1 个百分点; 在 40—60 cm 土层和 60—80 cm 土层, 免耕播种区也高出 2.7 个百分点和 2.3 个百分点(见表 2)。

物质重量也比对照低。但从拔节开始, 生长速度加快, 逐渐赶上并超过对照, 孕穗期叶面积、株高、干物质重比传统耕作分别增加 32.8%, 38.4%, 43.0%。在严重干旱天气下, 2 个处理叶片都呈现萎蔫, 但麦草覆盖恢复正常状态所需时间短。麦草覆盖玉米后期叶片保持绿色, 秸秆粗壮, 植株挺拔而不早衰。

### 2.4 产量结果及经济效益评价

谢瑞芝等<sup>[14]</sup>研究认为, 中国保护性耕作的产量结果多为增产, 但也有减产的报道; 少、免耕和秸秆处理相结合的综合型保护性耕作措施减产概率很低, 且在所有区域对所有作物的表现相同。本试验免耕播种产量 8 408 kg/hm<sup>2</sup>, 传统耕作产量 7 554 kg/hm<sup>2</sup>, 免耕播种比传统耕作增产 11.3%。

表 3 不同播种方式对玉米根系的影响 m

土层深度/ cm	苗期		孕穗期	
	免耕播种	传统耕作	免耕播种	传统耕作
10	1.22	1.10	2.74	2.25
20	1.35	1.23	2.88	2.62
30	0.92	0.72	2.92	2.62
40	0.75	0.21	3.50	2.84
50	0.35	0	3.14	2.42
60	0	0	3.22	2.12
70	0	0	2.96	0.42
80	0	0	2.87	0.25
90	0	0	1.92	0
100	0	0	0.45	0

表 4 不同播种方式对玉米植株和果穗性状的影响

处理	株高/ cm	穗位高/ cm	收获穗数/ hm <sup>2</sup>	空秆率/ %	秃尖长/ cm	穗长/ cm	穗行数	行粒数	百粒重/ g
免耕播种	246.0	120.0	51 300	0	0.6	18.8	14.6	39.7	31.2
传统耕作	251.2	108.0	46 500	4.3	2.7	21.6	14.6	35.9	28.2

表 5 不同播种方式下玉米投入产出估算

处理	产量	产值	机耕费	旋耕费	种子费	播种费	中耕费	喷药费	纯收入
免耕播种	8 408	11 771	—	—	105	180	—	45	11 441
传统耕作	7 554	10 584	300	120	150	180	300	75	9 450

注: 玉米按 1.40 元/kg 计, 播种、中耕用工按每人 20 元计。

### 3 结论

本试验初步明确了 2BMF-2/2 型灭茬覆盖免耕播种机免耕播种的抗旱机理与生产性能, 为该机的批量生产提供了可靠的农艺科学依据。试验对玉米根系所作的入土深度观测, 进一步说明了免耕播种技术的抗旱增产的内在原因。

(1) 玉米免耕播种试验结果表明, 免耕播种能有效储蓄天然降水, 明显增加玉米产量、产值。2BMF-2/2 型灭茬覆盖免耕播种机免耕播种的抗旱机理主要在于其具有粉碎、抛撒秸秆装置, 可将秸秆打碎后覆盖地面保墒, 而且其在播种时不翻动土层, 因此能明显减少土壤水分无效蒸发, 促进增产。该机还把前茬小麦收获后的秸秆粉碎、免耕施肥、播种、覆土、镇压有机结合起来, 减少工序, 节约成本。免耕机播为玉米根系生长发育创造了良好的生态环境, 玉米根系发达, 根入土深, 根量多, 吸收能力强。

(2) 关中灌区两料争时矛盾突出, 免耕机播可以明显提高工效, 做到收、种、管及时, 为全年粮食高产创造条件。从农业持续发展考虑, 免耕机播可以改变

免耕播种玉米出苗率较高, 因而成熟期每 1 hm<sup>2</sup> 实际收获穗数比对照多 4 800 个, 增加 10%。另外, 免耕播种玉米无空秆, 而对照空秆率为 4.3%。本试验玉米生育后期低温天气持续 30 d 多, 传统耕作玉米表现青枯, 影响灌浆成熟, 从玉米穗部性状看, 秃尖长度大, 籽粒空瘪, 百粒重低于免耕播种玉米 3 g (见表 4)。

免耕播种与传统耕作相比, 省去机耕、旋耕、中耕三道工序, 大大节约生产成本, 减少劳动力投入, 每 1 hm<sup>2</sup> 纯收入 11 441 元; 传统耕作机耕、旋耕、种子、播种、中耕等开支共计 1 125 元, 纯收入 9 450 元/hm<sup>2</sup>。免耕播种比传统耕作每 1 hm<sup>2</sup> 增值 1 991 元 (见表 5)。

群众焚烧前茬小麦秸秆的习惯, 使秸秆还于农田, 增加土壤养分, 减少化肥用量, 生产出绿色食品。

(3) 玉米免耕机播应与其它高产栽培技术结合起来, 品种、机械、肥水一齐上。具体来说, 玉米免耕播种品种应具有早熟、高产、优质等特性, 灌水在拔节期进行, 此后主要依靠雨季降水来满足玉米生长发育的需求。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 高焕文, 李洪文, 李问盈. 保护性耕作的发展[J]. 农业机械学报, 2008, 39(9): 43-48.
- [2] 高焕文, 李问盈, 李洪文. 中国特色保护性耕作技术[J]. 农业工程学报, 2003, 19(3): 1-4.
- [3] 杨学明, 张晓平, 方华军, 等. 北美保护性耕作及对中国的意义[J]. 应用生态学报, 2004, 15: 335-340.
- [4] 师江澜, 刘建忠, 吴发启. 保护性耕作研究进展与评述[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(3): 205-212.
- [5] 吴崇友, 金诚谦, 魏佩敏, 等. 保护性耕作的本质与发展前景[J]. 中国农机化, 2003(6): 8-11.
- [6] 王长生, 王道义, 苏成贵, 等. 保护性耕作技术的发展现状[J]. 农业机械学报, 2004(1): 165-169.

(下转第 127 页)

合田间工程实际, 可认为两者误差在一个合理的范围内, 表明 SRFR 软件模拟畦灌和沟灌灌水质量是可靠的。以 SRFR 软件模拟为基础, 通过改变不同灌水技术要素组合, 找出了研究区域内不同条件下的畦灌和沟灌灌水技术要素的优化组合。但由于本文采用 SRFR 软件模拟灌水质量时未考虑改口成数, 对于不同改口成数下的灌水技术组合还有待进一步研究。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] Raghuvanshi N S, Wallender W W. Forecasting and optimizing furrow irrigation management decision variables [ J ]. *Irrig. Sci.*, 1999, 19(1): 1-6.
- [ 2 ] 王文焰, 汪志荣, 费良军, 等. 波涌灌溉的灌水质量评价及计算[ J ]. *水利学报*, 2000, 31(3): 53-58.
- [ 3 ] Eldeiry A, Garcia L, ElZaher A S A, et al. Furrow irrigation system design for clay soils in arid regions[ C ] // Colorado State University, Colorado, USA; Conference proceedings of AGU Hydrology Days, 2004: 42-54.
- [ 4 ] Horst M G, Shamutalov S S, Pereira L S, et al. Field assessment of the water saving potential with furrow irrigation in Fergana, Aral Sea basin[ J ]. *Agric. Water Manage.*, 2005, 77(3): 210-231.
- [ 5 ] 闫庆健, 李久生. 地面灌溉水流特性及水分利用率的数学模拟[ J ]. *灌溉排水学报*, 2005, 24(2): 62-64.
- [ 6 ] 王京, 史学斌, 宋玲, 等. 畦田水流特性及灌水质量的分析[ J ]. *中国农村水利水电*, 2005(6): 4-7.
- [ 7 ] 郑和祥, 史海滨, 程满金, 等. 畦田灌水质量评价及水分利用效率分析[ J ]. *农业工程学报*, 2009, 25(6): 1-6.
- [ 8 ] 路京选, 刘宣仁, 惠士博. 沟畦灌溉水流运动数学模型简介[ J ]. *资源科学*, 1989, 25(1): 74-80.
- [ 9 ] 李益农, 许迪, 李福祥. 田面平整精度对畦灌系统性能影响的模拟分析[ J ]. *农业工程学报*, 2001, 17(4): 43-48.
- [ 10 ] 朱艳, 缴锡云, 王维汉, 等. 微地形及沟断面形状变异性对沟灌性能影响的试验研究[ J ]. *灌溉排水学报*, 2009, 27(1): 1-4.
- [ 11 ] 白美健, 许迪, 李益农. 微地形分布差异对畦灌过程及性能的影响模拟[ J ]. *农业工程学报*, 2008, 24(4): 1-6.
- [ 12 ] 朱艳, 缴锡云, 王维汉, 等. 畦灌土壤入渗参数的空间变异性及其对灌水质量的影响[ J ]. *灌溉排水学报*, 2009, 28(3): 46-49.
- [ 13 ] 王维汉, 朱艳, 缴锡云, 等. 畦灌改水成数的控制误差及其对灌水质量的影响[ J ]. *中国农学通报*, 2010, 26(2): 291-294.
- [ 14 ] 聂卫波, 马孝义, 康银红. 基于畦灌水流推进过程推求田面平均糙率的简化解析模型[ J ]. *应用基础与工程科学学报*, 2007, 15(4): 489-495.
- [ 15 ] 史学斌. 畦灌水流运动数值模拟与关中西部灌水技术指标研究[ D ]. 陕西 杨凌: 西北农林科技大学, 2005.
- [ 16 ] 聂卫波. 畦沟灌溉水流运动模型与数值模拟研究[ D ]. 陕西 杨凌: 西北农林科技大学, 2009.
- [ 17 ] 汪志农. 灌溉排水工程学[ M ]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 52-53.

(上接第 117 页)

- [ 7 ] Fabrize K P, Garcia F O, Costa J L. Soil water dynamic physical properties and corn and wheat response to minimum and no-tillage systems in south pampas of Argentina[ J ]. *Soil & Tillage Research*, 2005, 81: 57-69.
- [ 8 ] Abbas Hemmat, Iraj Eskandari. Dry land winter wheat response to conservation tillage in a continuous cropping system in Northwestern Iran [ J ]. *Soil & Tillage Research*, 2006, 86: 99-109.
- [ 9 ] Sjoerd W Duiker, Douglas B Beegle. Soil fertility distributions in long-term no-till, chisel/disk and moldboard plow/disk systems [ J ]. *Soil & Tillage Research*, 2006, 88: 30-41.
- [ 10 ] 杨青, 薛少平, 朱瑞祥, 等. 中国北方一年两作区保护性耕作技术研究[ J ]. *农业工程学报*, 2007, 23(1): 32-39.
- [ 11 ] 王宁, 闫洪奎, 王君, 等. 不同量秸秆还田对玉米生长发育及产量影响的研究[ J ]. *玉米科学*, 2007, 15(5): 100-103.
- [ 12 ] 洪晓强, 赵二龙, 宋宏伟. 秸秆覆盖对农田土壤水分及玉米生长的影响[ J ]. *中国农学通报*, 2005, 21(8): 177-179.
- [ 13 ] 洪晓强. 渭北旱原春玉米耗水规律初探[ J ]. *水土保持通报*, 1999, 19(7): 17-19.
- [ 14 ] 谢瑞芝, 李少昆, 金亚征, 等. 中国保护性耕作试验研究的产量效应分析[ J ]. *中国农业科学*, 2008, 41(2): 397-404.