

# 双深松覆盖对丘陵旱区土壤水分和作物产量的影响

李俊红<sup>1,2</sup>, 姚宇卿<sup>1,2</sup>, 吕军杰<sup>1,2</sup>, 张洁<sup>1,2</sup>, 丁志强<sup>1,2</sup>, 于新峰<sup>1</sup>

(1. 洛阳农林科学院, 河南 洛阳 471023; 2. 中国农业科学院 洛阳旱农试验基地, 河南 洛阳 471023)

**摘要:** 为探索双深松覆盖对丘陵旱区一年两熟制下小麦、玉米的增产效应, 分析了双深松覆盖对丘陵旱区一年两熟制下小麦、玉米土壤水分含量、干物质积累、叶面积指数、水分利用效率和产量的影响。结果表明: 双深松覆盖处理 0~200 cm 土层土壤含水量均高于传统耕作处理, 其中在小麦生育期较传统耕作处理高 7.8%~12.8%, 在玉米生育期较传统耕作处理高 6.8%~9.3%。双深松覆盖处理单株干物质积累量在小麦、玉米生育期内分别较传统耕作处理高 22.2%~60.7%、19.6%~39.9%。双深松覆盖处理小麦、玉米生育期内叶面积指数始终大于传统耕作处理, 增加幅度分别为 28.4%~91.8%、6.7%~63.5%。双深松覆盖处理水分利用效率为 22.8 kg/(hm<sup>2</sup>·mm), 较传统耕作处理高 39.9%, 小麦和玉米的总产量达 11 989.5 kg/hm<sup>2</sup>, 较传统耕作增产 11.4%, 差异极显著。由此可见, 双深松覆盖可提高土壤含水量和水分利用效率, 增加作物干物质积累量, 提高叶面积指数, 进而提高产量。

**关键词:** 丘陵旱区; 双深松覆盖; 小麦; 玉米; 水分; 叶面积指数; 干物质积累; 产量

**中图分类号:** S513 S512 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2013)11-0017-04

## Effect of Double-subsoiling Cover on Soil Water and Crop Yield in Hilly Arid Area

LI Jun-hong<sup>1,2</sup>, YAO Yu-qing<sup>1,2</sup>, LÜ Jun-jie<sup>1,2</sup>, ZHANG Jie<sup>1,2</sup>,  
DING Zhi-qiang<sup>1,2</sup>, YU Xin-feng<sup>1</sup>

(1. Luoyang Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Luoyang 471023, China;

2. Luoyang Dryland Agriculture Test Site, China Academy of Agricultural Sciences, Luoyang 471023, China)

**Abstract:** In the paper, the effects of double-subsoiling cover (DSC) on soil water content, dry matter accumulation, LAI, water use efficiency and crop yield were studied under wheat-maize double-cropping system in hilly arid area. The results indicated as follow: Compared to the traditional tillage, soil water content in 0—200 cm soil layer of DSC treatment was higher, increased by 7.8%—12.8% in wheat season and 6.8%—9.3% in maize season; The dry matter accumulation of wheat and maize in DSC treatment increased by 22.2%—60.7% and 19.6%—39.9%, respectively; The LAIs of wheat and maize for DSC were larger in all growth stages, which increased by 28.4%—91.8% and 6.7%—63.5%, respectively; The water use efficiency of DSC was 22.8 kg/(ha·mm), increased by 39.9%; The total yield of wheat and maize in DSC treatment was 11 989.5 kg/ha and increased by 11.4% compared to traditional tillage, the difference being significant. The result suggested that DSC could increase the soil water content, dry matter accumulation, LAI, water use efficiency and crop yield.

**Key words:** hilly arid area; double-subsoiling cover; wheat; maize; soil water; LAI; dry matter accumulation; yield

收稿日期: 2013-05-11

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2007BAD88B02-04); 国家“948”项目(2010-Z21)

作者简介: 李俊红(1978-), 女, 河南洛阳人, 助理研究员, 本科, 主要从事旱作节水农业研究。E-mail: lysnky@126.com

水资源短缺已成为我国农业可持续发展的重要限制因素。传统的农业生产以连年翻耕为主,造成水土流失加剧、耗能增加、生产效益降低。保护性耕作技术是相对翻耕和裸露休闲的一种新型耕作技术,其通过少耕、免耕、深松和地表覆盖,改善土壤水分、养分状况,减少水土流失,延缓耕地退化,从而促进农业可持续发展。深松覆盖是保护性耕作的主要内容,其通过深松铲疏松土壤,加深耕层而不翻动土壤,可降低土壤容重,增强土壤对降水的蓄纳能力,提高土壤水分利用效率,达到抗旱增产的目的。目前,关于保护性耕作提高作物产量的研究主要集中于其对单一作物产量的影响<sup>[1-3]</sup>,而其对玉米—小麦一年两熟区土壤水分和作物产量影响的研究很少。为此,探讨了双深松覆盖(分别在夏季和秋季进行深松)对丘陵旱区土壤水分和作物产量的影响,以期为选择有效的耕作方式,提高水分利用效率,提高作物产量,改善生态环境,实现农业可持续发展提供可靠的理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验概况

试验于 2004—2013 年在洛阳农林科学院旱农试验基地进行,供试土壤为潮褐土,质地重壤,耕层容重  $1.53 \text{ g/cm}^3$ ,土壤肥力中等偏上。该区年蒸发量  $1872.1 \text{ mm}$ ,常年降雨量  $600 \text{ mm}$  左右,为半湿润偏旱气候, $60\% \sim 70\%$  的降雨集中在 6—9 月,且多以暴雨出现, $\geq 80\%$  的降雨量在  $450 \sim 520 \text{ mm}$ ,表现为一季有余、两季不足,另外降水季节分配不均,因而干旱发生频率较高,平均在  $40\%$  以上。种植制度为小麦—玉米一年两熟。

### 1.2 试验设计

本研究选用 2008—2009 年的试验结果,因为该时间内降水分布较为合理,降雨量为  $610.4 \text{ mm}$ ,接近常年降雨水平,有代表性。本试验设 2 个处理,处理 1:双深松覆盖(DSC),即在小麦、玉米收获后分别进行一次深松,深度为  $35 \sim 40 \text{ cm}$ ,深松后覆盖小麦秸秆或玉米秸秆;处理 2:传统耕作(CT),即深翻耕  $25 \sim 30 \text{ cm}$ (小麦、玉米秸秆均不还田),3 次重复,随机排列,小区面积  $16 \text{ m}^2$ 。小麦采用人工开沟播种,基本苗  $270 \text{ 万株/hm}^2$ ,底施氮磷钾复合肥( $\text{N}-\text{P}_2\text{O}_5-\text{K}_2\text{O}:15-15-15$ ) $600 \text{ kg/hm}^2$ ;玉米采用铁茬播种,在播种前进行深松,出苗后用小麦秸秆进行行间覆盖,密度为  $45000 \text{ 株/hm}^2$ ,不施底肥,在玉

米拔节初期追施尿素  $300 \text{ kg/hm}^2$ 。

### 1.3 测定项目与方法

1.3.1 土壤含水量 在小麦、玉米主要生育期(小麦:越冬期、起身期、拔节期、抽穗期、灌浆期和成熟期,玉米:拔节期、吐丝期、抽雄期、灌浆期和成熟期)利用烘干法测定土壤含水量,测定土层深度为  $0 \sim 200 \text{ cm}$ 。

1.3.2 生物量 分别于小麦、玉米主要生育期测定生物量,小麦每小区取样 10 株(拔节期之前为 20 株),玉米每小区取样 2 株,按叶片、根、茎、籽粒等器官取样,分割洗净,置烘箱  $105^\circ\text{C}$  杀青 30 min,然后于  $80^\circ\text{C}$  下烘至恒质量,称质量<sup>[4-7]</sup>。

1.3.3 叶面积指数(LAI) 采用称重法<sup>[5]</sup>。LAI=全株绿叶干质量/绿叶段干质量 $\times$ 绿叶段面积 $\times$ 株数/土地面积。

1.3.4 成产要素和产量 于收获期,在田间测定穗数,同时进行常规室内考种,整区收获计产。

1.3.5 水分利用效率 水分利用效率=作物产量/作物耗水量 $\times 100\%$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 双深松覆盖下土壤水分动态变化

从图 1 可以看出,小麦苗期(10 月 30 日), $0 \sim 200 \text{ cm}$  土层土壤含水量较高,双深松覆盖处理的土壤含水量较传统耕作处理提高  $9.6\%$ ,此时双深松覆盖有利于小麦齐苗壮苗;从小麦越冬(12 月 2 日)至抽穗期(4 月 1 日),随着降雨量的降低土壤含水量逐渐下降,但双深松覆盖处理的土壤含水量仍高于传统耕作处理,小麦返青期(2 月 2 日)土壤含水量较传统耕作高  $7.8\%$ ,有利于小麦有效分蘖的增加、成穗率的提高。灌浆期(4 月 17 日)双深松覆盖处理的土壤含水量较传统耕作处理高  $12.8\%$ ,此时双深松覆盖有利于小麦穗粒数和粒质量的增加。5 月开始降雨,玉米苗期(5 月 29 日)双深松覆盖处理的土壤含水量较传统耕作处理提高  $12.7\%$ ,此时双深松覆盖有利于玉米苗期生长。6 月份降雨量较小,此时受高温和蒸发的影响,土壤含水量出现最低值,即玉米拔节期(6 月 29 日)双深松覆盖处理的土壤含水量仍比传统耕作处理高  $6.9\%$ 。7 月份以后,随降雨量的增加,土壤含水量呈逐步上升趋势,玉米抽雄前(7 月 25 日)和灌浆期(8 月 21 日)双深松覆盖处理较传统耕作处理分别高  $9.3\%$  和  $6.8\%$ ,此时双深松覆盖有利于玉米穗数、穗粒数和粒质量的增加,为玉米产量的

提高奠定基础。总之,在小麦、玉米各生育期双深松覆盖处理土壤含水量均高于传统耕作处理,增加幅度分别为 7.8%~12.8%、6.8%~9.3%。综

上所述,在旱作条件下,双深松覆盖可增强土壤对降水的蓄纳能力,提高土壤含水量和土壤保水保墒能力,为作物需水和产量提高提供保证。

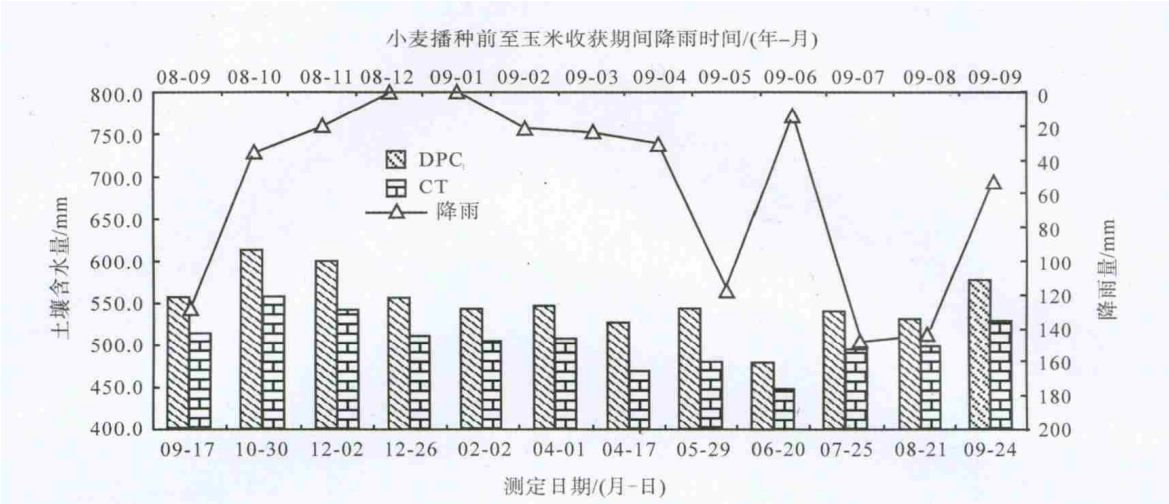


图 1 小麦、玉米生育期内 0~200 cm 土壤含水量和降雨的关系

2.2 双深松覆盖对一年两熟制下小麦、玉米干物质积累量及 LAI 的影响

从表 1—2 可以看出,2 种耕作处理下小麦、玉米干物质积累量均随生育期的推进而增加,且双深松覆盖处理均高于传统耕作处理,在小麦、玉米生育期内,双深松覆盖处理单株干物质积累量分别较传统耕作处理高 22.2%~60.7%、19.6%~39.9%。小麦起身前单株干物质积累缓慢,处理间差异较小;小麦起身后单株干物质积累量快速增加,拔节期两处理间差异最大,双深松覆盖处理较传统耕作处理高 60.7%,此后两处理间差异减小并趋于平缓。玉米生育期短,干物质积累较快,两处理间差异较大,吐丝期差异达最大值,双深松覆盖处理较传统耕作处理高 39.9%,此后两处理间差异减小并趋于平缓。

2 种耕作处理下小麦、玉米的 LAI 随生育期进程呈单峰曲线,其中,小麦 LAI 变化呈“S”型曲线,玉米 LAI 变化则呈“抛物线”状。在小麦、玉米整个生育期中,双深松覆盖处理 LAI 始终大于传统耕作处理,增幅分别为 28.4%~91.8%、6.7%~63.5%。在小麦起身期,2 种耕作处理 LAI 差异最小,起身后差异逐渐增大,灌浆期差异达最大值,此时双深松覆盖处理 LAI 比传统耕作处理高 91.8%。在玉米拔节期 2 种耕作处理 LAI 差异较大,吐丝期差异达到最大值,此时双深松覆盖处理 LAI 比传统耕作处理高 63.5%,吐丝后差异减小并趋于平缓。说明双深松处理能延缓叶片衰老,

有利于玉米籽粒灌浆,为玉米高产奠定基础。

表 1 双深松覆盖对小麦干物质积累量及 LAI 的影响

项目	处理	越冬	起身	拔节	抽穗	灌浆	成熟
生物量/(g/株)	DSC	0.99	1.12	3.84	5.71	7.57	9.15
	CT	0.81	1.35	2.39	4.48	5.14	6.20
LAI	DSC	3.20	4.16	10.10	7.13	2.57	—
	CT	2.09	3.24	7.37	4.55	1.34	—

表 2 双深松覆盖对玉米干物质积累量及 LAI 的影响

项目	处理	拔节	吐丝	抽雄	灌浆	成熟
生物量/(g/株)	DSC	11.7	70.8	98.6	213.3	325.1
	CT	8.6	50.6	73.8	178.4	270.6
LAI	DSC	0.36	0.85	2.54	2.39	2.04
	CT	0.26	0.52	2.38	2.15	1.74

2.3 双深松覆盖对一年两熟制下小麦、玉米产量及水分利用效率的影响

从表 3 可以看出,双深松覆盖处理下小麦和玉米的穗数分别较传统耕作处理高 5.5%、3.1%,穗粒数较传统耕作处理高 5.2%、2.9%,玉米千粒重提高 5.1%,总产量达 11 989.5 kg/hm<sup>2</sup>,增产达 11.4%,极显著高于较传统耕作处理;水分利用效率为 22.8 kg/(hm<sup>2</sup>·mm),较传统耕作处理显著提高 39.9%。综上所述,双深松覆盖有利于提高水分利用效率,对小麦来讲双深松覆盖可提高成穗数和穗粒数,对玉米来讲则有利于千粒重的提高,这为一年两熟作物产量的提高奠定了基础。

表 3 双深松覆盖对小麦、玉米产量及水分利用效率的影响

处理	总产量/ (kg/hm <sup>2</sup> )	增产/%	小麦			玉米			水分利用 效率/ [kg/(hm <sup>2</sup> ·mm)]
			穗数/ (万个/hm <sup>2</sup> )	穗粒 数/个	千粒 重/g	穗数/ (万个/hm <sup>2</sup> )	穗粒 数/个	千粒 重/g	
DSC	11 989.5**	11.4	514.5*	34.4*	37.7	42 253.5	475.9	389.5*	22.8*
CT	10 762.5		487.5	32.7	38.9	40 974	462.6	370.7	16.3

注: \*、\*\* 分别表示差异显著 ( $P < 0.05$ )、极显著 ( $P < 0.01$ )。

### 3 结论与讨论

丘陵旱区常因降水季节分配不均,干旱发生频率较高(平均在 40% 以上),旱作农田难以一年两熟,而传统耕作技术加剧了水土流失,导致土壤肥力下降,耕性变差,粮食产量低而不稳,严重制约该区农业的可持续发展。姚宇卿等<sup>[8]</sup>研究表明,深松覆盖在所有年份对冬小麦产量均表现出增产作用,并可提高降水贮藏率,提高土壤水分利用效率。王育红等<sup>[3]</sup>长期定位研究表明,连年免耕和深松覆盖可提高冬小麦产量,提高其干物质积累量,这与本研究结论一致。但前人大量的试验多以小麦或玉米单独进行研究,本研究在一年两熟制下对小麦、玉米分别进行深松覆盖,结果表明,双深松覆盖能够增加土壤水分入渗,增加土壤蓄水保墒能力,提高土壤含水量,促进作物对土壤深层水分的吸收,提高水分利用效率,并有利于作物干物质积累,提高叶面积指数,进而有利于提高一年两熟制下小麦、玉米产量。长期定位下双深松覆盖对旱作丘陵地区以小麦、玉米为主的一年两熟作物产量随降水年型变化规律的影响将是下一步研究的主要内容。

### 参考文献:

- [1] 张云兰,王龙昌,邹聪明,等. 保护性耕作对小麦生长和水分利用效率的影响[J]. 干旱农业研究,2010,28(2):71-74.
- [2] 马爱平,王娟玲,靖华,等. 土壤耕作方式对小麦产量及水分利用的影响[J]. 河南科技学院学报,2009,37(2):1-4.
- [3] 王育红,蔡典雄,姚宇卿,等. 豫西旱坡地长期定位保护性耕作研究 I. 连年免耕和深松覆盖对冬小麦生育及产量的影响[J]. 干旱农业研究,2009,27(5):47-51.
- [4] 李俊红,姚宇卿,丁志强,等. 沟播对冬小麦群体干物质、土壤水分利用效率及土壤温度的影响[J]. 作物研究,2010,24(1):16-18.
- [5] 李俊红,丁志强,王育红,等. 播种期对洛稻 998 生长发育动态及产量的影响[J]. 作物研究,2008,22(3):151-153.
- [6] 李俊红,丁志强,张少澜,等. 旱稻新品种洛稻 998 产量形成规律研究[J]. 作物研究,2009,23(1):13-15.
- [7] 姚宇卿,李俊红,丁志强,等. 沟播对冬小麦干物质运转规律及产量的影响[J]. 作物研究,2010,24(1):19-21.
- [8] 姚宇卿,吕军杰,张洁,等. 深松覆盖对旱地冬小麦产量和水分利用率的影响[J]. 河南农业科学,2012,41(4):20-24.