

# 不同覆盖方式对川中丘陵区春玉米 干物质积累与转运的影响

陈尚洪<sup>1,2</sup>, 陈红琳<sup>1</sup>, 沈学善<sup>1</sup>, 李丽君<sup>3</sup>, 刘定辉<sup>1</sup>

(1. 四川省农业科学院土壤肥料研究所, 四川 成都 610066;

2. 南方丘陵区节水农业研究四川省重点实验室, 四川 成都 610066;

3. 四川省大英县农业局, 四川 大英 629300)

**摘要:** 针对季节性干旱制约川中丘陵区春玉米生产的问题, 以不覆盖为对照, 研究全膜覆盖、半膜覆盖和麦秸覆盖对春玉米产量、绿叶面积、干物质积累、分配及转运的影响, 以期对春玉米抗旱丰产栽培提供技术选择依据。结果表明: 与传统不覆盖处理相比, 全膜覆盖处理显著提高春玉米全生育时期的单株绿叶面积和干物质积累量, 营养器官干物质转运总量提高了 54.06% ~ 95.05%, 花后光合同化物积累量提高了 5.56% ~ 11.02%, 成熟期籽粒的干物质分配量提高了 12.61% ~ 16.28%。全膜覆盖通过协同提高春玉米干物质积累、营养器官干物质转运能力以及花后光合同化物积累量而获得较高产量, 且比对照增产 15.02% ~ 15.85%。

**关键词:** 春玉米; 覆盖方式; 干物质; 积累; 川中丘陵区

**中图分类号:** S513 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)05-0074-05

## Study on dry matter accumulation and translocation of spring maize under different mulching methods in hilly area of central Sichuan Basin

CHEN Shang-hong<sup>1,2</sup>, CHEN Hong-lin<sup>1</sup>, SHEN Xue-shan<sup>1</sup>, LI Li-jun<sup>3</sup>, LIU Ding-hui<sup>1</sup>

(1. Soil and Fertilizer Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu, Sichuan 610066, China;

2. Provincial Key Laboratory of Water - saving Agriculture in Hilly Areas of Southern China, Chengdu, Sichuan 610066, China;

3. Daying Agricultural Bureau of Sichuan Province, Daying, Sichuan 641300, China)

**Abstract:** In order to alleviate constraint of seasonal drought on spring maize in hilly area of central Sichuan Basin, a two-year experiment was carried out to investigate the effect of plastic film mulching(T1), half-plastic film mulching (T2), wheat straw mulching(T3) and zero film mulching(CK) on spring maize yield, green leaf area per plant, dry matter accumulation, distribution and translocation. The result showed that, comparing with CK, the green leaf area and dry matter accumulation per plant of T1 significantly increased during the whole growth stages, and the dry matter translocation to grains increased by 54.06% ~ 95.05%, and the accumulation of dry matter after anthesis increased by 5.56% ~ 11.02%, and the dry matter distribution of kernels increased by 12.61% ~ 16.28%. The treatment of T1 could obtain maximum maize yield by improving dry matter accumulation and dry matter translocation to grains, as well as the dry matter accumulation amount after anthesis, and the yield increased by 15.02% ~ 15.85% comparing with CK.

**Keywords:** spring maize; mulching method; dry matter; accumulation; hilly area of central Sichuan Basin

玉米是川中丘陵区主要作物之一, 但玉米全生育期内春旱、夏旱和伏旱发生频率分别高达 89%、92% 和 62%, 旱灾导致玉米减产的频率占农业灾害比例 80% 以上, 所以缓解季节性干旱对玉米生产的

制约是提高玉米产量和保障该区域粮食安全的重要课题。国内外研究表明, 玉米覆盖栽培是旱地农业增产增收的重要技术措施<sup>[1-3]</sup>, 我国国内就覆盖材料选择、覆盖方式、覆盖栽培下的耕作技术等开展了

收稿日期: 2013-01-11

基金项目: 四川省农业农村领域公益类专项“四川省坡耕地质量提升关键技术研究示范”(12ZC1930); 现代农业产业技术体系四川玉米创新团队项目 (SCCXTD2009 - 2 - 7); 十二五科技支撑计划“西南地区种养业废弃物循环利用技术集成与示范”(2012BAD14B18)

作者简介: 陈尚洪(1982—), 男, 四川达州人, 硕士, 助理研究员, 主要从事旱作节水农业研究。E-mail: chenshanghong@126.com。

通信作者: 刘定辉, E-mail: dinghuiliu@163.com。

大量卓有成效的研究<sup>[4-6]</sup>。围绕季节性干旱对川中丘陵区玉米生产的制约问题,已有研究表明,地膜全膜、小麦秸秆、水稻秸秆、玉米秸秆、小麦壳、油菜壳覆盖均能够提高土壤含水率,且显著提高夏玉米产量,其中全膜覆盖和小麦秸秆覆盖增产效果最为显著,分别增产 37.04% 和 27.17%<sup>[7]</sup>;全膜覆盖下,双槽形、凸瓦背形和凹型三种方式显著影响春玉米产量,其中双槽形比凹型种植方式增产 12.13%,且最佳揭膜时间为大喇叭口期<sup>[8]</sup>;玉米播种后 35 天内,全膜和半膜覆盖栽培 0~20 cm 土层的日平均温度分别比不覆盖提高 3.82℃ 和 1.54℃,0~40 cm 土层土壤含水量分别提高 2.3% 和 1.8%,覆膜栽培与直播相结合、小麦秸秆覆盖与育苗移栽相结合能促进玉米幼苗生长<sup>[9]</sup>;全膜覆盖和半膜覆盖条件下,玉米产量比不覆盖增产 6.67%~17.96%,且盖膜后育苗移栽比不覆膜直播增产 23.48%~33.47%<sup>[10]</sup>。前人集中研究了川中丘陵区不同覆盖材料、覆盖方式和播种方式等对玉米幼苗生长、产量以及土壤温度和水分的影响,但针对不同覆盖方式对春玉米干物质积累特征的影响研究报道较少。为此,我们针对川中丘陵区季节性干旱特点及发生规律,以传统不覆盖栽培为对照,研究全膜覆盖、半膜覆盖和麦秸覆盖对玉米干物质积累、分配与转运及产量的影响,分析覆盖栽培增产的原因,为提高该区域玉米产量和推动玉米产业发展提供技术选择依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

试验于 2010—2011 年在四川省德阳市中江县仓山镇响滩村进行。该地区海拔 560 m,属亚热带湿润季风气候,年均气温 16.7℃,年平均日照 1 317 h,无霜期 287 d,年均降雨量 900 mm。

### 1.2 试验设计

试验设地膜全膜覆盖(T1)、地膜半膜覆盖(T2)、麦秸覆盖(T3)、无覆盖(CK,对照)4 个处理。随机区组设计,3 次重复,小区面积 8 m×4 m。地膜宽度 T1 处理为 80 cm, T2 处理为 40 cm,地膜厚度为 0.004 mm;麦秸采用整秆还田,用量为  $3.75 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

供试土壤为紫色土,种植制度为小麦/春玉米/大豆,供试玉米品种为成单 30。育苗移栽,等高带植,套作玉米和小麦的种植带带宽各为 1 m,玉米种植带中央种植 2 行玉米,2 行玉米间距为 40 cm,株距为 20 cm,密度为  $5 \times 10^4 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。T1 处理先覆盖地膜,后移栽玉米,玉米移栽在膜上;T2 处理先覆盖

地膜,后移栽玉米,玉米移栽在膜侧;T3 处理先移栽,后完成麦秸覆盖。各处理移栽后单株灌水 1 L。每处理施纯 N 240  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  90  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  90  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。氮肥按照基肥:追肥:粒肥 = 2:3:5 分别于播种前、三叶展期和十叶展期施用,磷、钾肥全部作基肥施用。2010 年 3 月 27 育苗,4 月 10 日移栽,8 月 4 日收获;2011 年 4 月 14 育苗,4 月 23 移栽,8 月 10 日收获。

### 1.3 测定项目与方法

每小区选择长势均匀一致的玉米植株 10 株挂牌标记,分别于玉米苗期(I)、拔节期(II)、大喇叭口期(III)、吐丝期(IV)和灌浆中期(V),测量单株绿叶面积(叶长×叶宽×0.75)。于苗期、拔节期、大喇叭口期、吐丝期、灌浆中期和成熟期(VI),选取有代表性的植株,拔节前每小区取 5 株,拔节后每小区取 3 株,将植株按器官分开,用清水冲净,105℃ 杀青 30 min,80℃ 烘干至恒重后称重。

营养器官干物质转运量 = 营养器官吐丝期干物质重 - 营养器官成熟期干物质重;营养器官干物质转运率 = 营养器官干物质转运量/营养器官吐丝期干物质重 × 100%;营养器官干物质转运贡献率 = 营养器官干物质转运量/成熟期籽粒干重 × 100%;花后光合同化物积累量 = 成熟期籽粒干重 - 营养器官干物质转运量。

### 1.4 数据处理与统计分析

采用 Microsoft Excel 2003 和 spss11.0 软件进行图表制作和数据统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 覆盖方式对玉米产量及构成因素的影响

由表 1 可知,不同处理间玉米产量差异显著,以 T1 处理最高,且显著高于 T2、T3 和 CK 处理。不同处理之间玉米产量表现为: T1 > T2 > T3 > CK。2010 年, T1、T2 和 T3 处理分别比 CK 增产 15.85%、7.32% 和 6.34%;2011 年分别增产 15.02%、7.62% 和 3.94%。不同处理间穗数和穗粒数差异显著,百粒重差异不显著。与 CK 相比, T1 处理显著提高穗数和穗粒数,2010 年分别比 CK 提高了 3.85% 和 22.16%,2011 年分别提高了 7.86% 和 11.22%; T2 处理显著提高穗粒数,2010 年提高了 4.84%,2011 年提高了 7.55%。表明 T1 处理主要是通过提高穗数和穗粒数来提高玉米产量,而 T2 处理则通过提高穗粒数来增加玉米产量。

表 1 不同覆盖方式对玉米产量构成因素的影响

Table 1 Effects of different mulching methods on yield components of maize

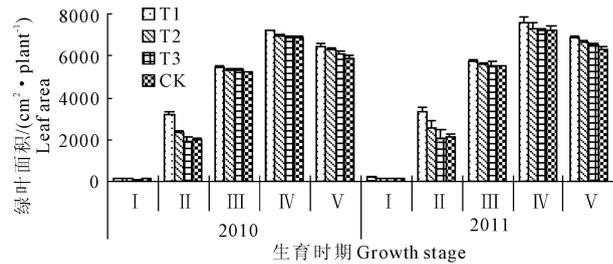
年份 Year	处理 Treatments	产量/(kg·hm <sup>-2</sup> ) Yield	穗数/(×10 <sup>4</sup> 穗·hm <sup>-2</sup> ) Ear number	穗粒数(粒) Kernels per ear	百粒重/g 100-grain weight
2010	T1	6597.22a	4.86a	479.67a	33.45a
	T2	6111.11b	4.78ab	445.00b	32.94a
	T3	6055.55b	4.80ab	411.67c	32.54a
	CK	5694.44c	4.68b	392.67c	32.30a
2011	T1	7033.84a	4.94a	527.86a	32.54a
	T2	6581.33b	4.85a	510.42a	32.34a
	T3	6356.42bc	4.81a	476.63b	32.32a
	CK	6115.52c	4.58b	474.60b	32.21a

注:数字后小写字母不同表示差异达显著水平( $P < 0.05$ )。下同。

Note: Values followed by different letters are significantly different at  $P < 0.05$  among different treatments. The same as below.

## 2.2 覆盖方式对玉米单株绿叶面积的影响

玉米不同生育时期各处理的单株绿叶面积存在显著差异,各生育时期 T1 处理单株绿叶面积最大,且显著高于 T3 和 CK 处理(图 1)。



注: I、II、III、IV、V 分别代表玉米苗期、拔节期、大喇叭口期、吐丝期、灌浆中期。图 2 同。

Note: I, II, III, IV and V represents seedling stage, jointing stage, huge bellbottom stage, silking stage and middle filling stage of maize, respectively. The same as Fig.2.

图 1 不同覆盖方式对玉米单株绿叶面积的影响

Fig.1 Effect of different mulching methods on leaf area per plant

在苗期和拔节期,不同处理单株绿叶面积表现为:T1 > T2 > CK > T3。在苗期,与 CK 相比,T1 和 T2 处理 2010 年分别增加了 67.11% 和 44.07%,2011 年分别增加了 67.67% 和 48.15%,T3 处理 2010 年降低了 18.03%,2011 年降低了 19.48%。在拔节期,与 CK 相比,T1 和 T2 处理 2010 年分别增加了 60.15% 和 17.06%,2011 年分别增加了 55.86% 和 17.00%,T3 处理 2010 年降低了 3.98%,2011 年则降低了 5.15%。在大喇叭口期、吐丝期和灌浆中期,不同处理表现为:T1 > T2 > T3 > CK,且年度间变化趋势基本一致。以 2011 年为例,大喇叭口期 T1、T2、T3 处理分别比对照增加了 4.27%、1.23%、0.97%,吐丝期分别增加了 4.93%、1.21%、0.33%,灌浆中期分别增加了 9.18%、6.62% 和 4.01%。表

明,在营养生长阶段(苗期至拔节期),T1 和 T2 处理有利于提高单株绿叶面积,而 T3 处理则降低了绿叶面积;在营养生长与生殖生长并进阶段(大喇叭口期至吐丝期),T1、T2、T3 处理均提高单株绿叶面积,但各处理间差异缩小;籽粒灌浆中期以后 T1 和 T2 处理单株绿叶面积较大,从而保证生育后期具有较高的光合面积和较高的物质生产能力。

## 2.3 覆盖方式对玉米干物质积累的影响

不同生育时期各处理的单株干物质存在显著差异,T1 处理各生育时期的单株干物质最大且显著高于 T3 和 CK 处理,T1、T2 处理各生育时期的单株干物质显著高于 CK 处理(图 2)。在苗期和拔节期,不同处理单株干物质表现为:T1 > T2 > CK > T3;在苗期,与 CK 相比,T1 和 T2 处理 2010 年分别增加了 93.70% 和 64.47%,2011 年分别增加了 36.12% 和 36.95%,T3 处理 2010 年降低了 10.60%,2011 年降低了 24.38%;在拔节期,T1 和 T2 处理 2010 年分别增加了 80.25% 和 11.58%,2011 年分别增加了 22.61% 和 0.50%,T3 处理 2010 年降低了 5.54%,2011 年则降低了 41.67%。在大喇叭口期、吐丝期、灌浆中期和成熟期,不同处理的单株干物质表现为:T1 > T2 > T3 > CK,且年度间变化趋势基本一致。以 2010 年为例,大喇叭口期 T1、T2、T3 处理单株干物质分别比对照增加了 55.45%、32.18%、16.34%,吐丝期分别增加了 17.48%、8.53%、5.91%,灌浆中期分别增加了 18.21%、9.02% 和 2.69%,成熟期分别增加了 10.24%、4.17% 和 2.48%。表明 T1 和 T2 处理通过玉米苗期和拔节期建立早发生长优势并提高生育后期干物质积累,故拔节前干物质积累能力提高是地膜覆盖栽培获得高产的基础;而麦秸覆盖降低苗期和拔节期的干物质积累,但可通过生育中后期集雨保墒促进干物质积累。

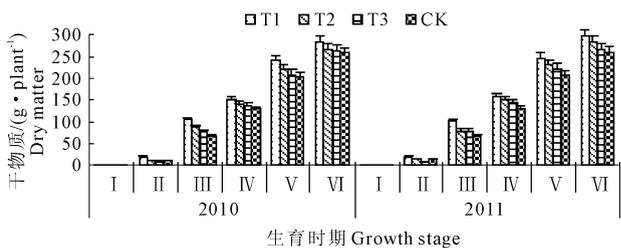


图 2 不同覆盖方式对玉米单株干物质积累动态的影响

Fig. 2 Effect of different mulching methods on dynamic changes of dry matter accumulation per plant of maize

### 2.4 覆盖方式对玉米干物质在各器官中分配的影响

由表 2 可知,玉米吐丝期各器官干物质分配量

表现为:茎 > 叶 > 苞叶 + 穗轴 > 叶鞘;成熟期表现为:籽粒 > 茎 > 叶 > 苞叶 + 穗轴 > 叶鞘,籽粒占植株地上部分干物质的比例,2010 年为 48.44% ~ 49.49%,2011 为 49.35% ~ 51.02%,表明玉米花后干物质分配主要向穗部特别是籽粒发生转移。吐丝期,各器官干物质分配量均表现为:T1 > T2 > T3 > CK;与 CK 相比,T1 处理显著提高各器官的干物质分配量。成熟期,与 CK 相比,T1 处理显著提高茎、叶、叶鞘、苞叶 + 穗轴和籽粒的干物质分配量;T1 和 T2 处理均显著提高籽粒的干物质分配量,2010 年分别提高了 12.61% 和 4.64%,2011 年分别提高了 16.28% 和 9.53%。

表 2 不同覆盖方式对玉米干物质在各器官中分配的影响

Table 2 Effect of different mulching methods on dry matter distribution in different organs of maize(g·plant<sup>-1</sup>)

年份 Year	处理 Treatments	吐丝期 Silking stage				成熟期 Maturity stage				
		茎 Stem	叶 Laef	叶鞘 Sheath	苞叶 + 穗轴 Bract + Comcob	茎 Stem	叶 Laef	叶鞘 Sheath	苞叶 + 穗轴 Bract + Comcob	籽粒 Grain
2010	T1	63.00a	49.63a	14.90a	23.74a	53.12a	42.67a	12.70a	34.77a	140.34a
	T2	59.67b	44.93b	13.03b	22.12b	51.86ab	40.10b	10.89b	34.74a	130.40b
	T3	58.67b	43.60c	12.60b	21.51b	50.89b	39.33b	11.24b	33.87ab	128.31b
	CK	56.00c	41.30d	12.27b	19.20c	50.35b	38.47c	11.02b	32.80b	124.63c
2011	T1	67.54a	53.73a	16.67a	20.52a	54.51a	44.93a	13.91a	33.00a	152.47a
	T2	65.57b	53.12a	14.37b	19.54b	53.25a	44.48a	12.36b	32.38ab	143.62b
	T3	61.48c	49.24b	13.98b	19.01b	49.66b	41.48b	12.24b	31.43bc	132.28c
	CK	55.58d	44.48c	13.48b	17.46c	46.76c	39.04c	11.81b	30.23c	131.12c

### 2.5 覆盖方式对玉米营养器官干物质转运的影响

由表 3 可知,不同营养器官的干物质转运量表现为:茎 > 叶 > 叶鞘 > 苞叶,其中,茎和叶的干物质转运量占营养器官干物质总转运量的 84.98% ~ 91.35%;与 CK 相比, T1、T2 处理显著提高茎和叶的干物质转运量,表明 T1、T2 处理的营养器官干物质对籽粒的转运量增加主要通过提高茎、叶干物质转运量来实现。覆盖栽培显著提高营养器官干物质总转运量,不同处理之间表现为:T1 > T2 > T3 > CK。与 CK 相比,T1、T2、T3 处理 2010 年分别提高 95.05%、51.36%、37.72%,2011 年分别提高 54.06%、43.86%、33.60%。覆盖栽培显著提高营养器官干物质转运贡献率,不同处理之间表现为:T1 > T2 > T3 > CK;与 CK 相比,T1、T2 和 T3 处理 2010 年的营养器官干物质转运贡献率分别增加 5.77%、3.52% 和 2.66%,2011 年分别增加 3.97%、3.83% 和 3.97%。花后光合同化物积累以 T1 处理最高,且显著高于 T2、T3、CK 处理。表明 T1 处理主要是通过提高营养器官干物质转运能力以及花后光合同化物积累来获得较高产量,T2 和 T3 则通过提高干物质转运能力

来促进增产。

## 3 结论与讨论

本研究结果表明,川中丘陵季节性干旱区,玉米小麦套作条件下,全膜覆盖和半膜覆盖通过提高玉米穗粒数而显著提高玉米产量,全膜覆盖增产 15.02% ~ 15.85%,半膜覆盖增产 7.32% ~ 7.62%,全膜覆盖增产效果最佳,这与前人研究结果一致<sup>[11]</sup>;而麦秸覆盖对玉米的增产效果不显著。已有研究表明,地膜和秸秆是我国旱地农业生产中大量应用的两种覆盖材料<sup>[12]</sup>,其中地膜覆盖栽培具有明显的保墒增温效果而成为近 30 年来我国玉米生产的主要栽培技术之一<sup>[13]</sup>。宋淑亚等<sup>[14]</sup>在西北黄土旱塬地区研究表明,地膜覆盖使玉米增产 14.3%,玉米秸秆覆盖量为 9.0 × 10<sup>3</sup> kg·hm<sup>-2</sup>时增产 7.8%;汤文光等<sup>[15]</sup>在南方红壤区研究表明,地膜覆盖可增产 33.80%,稻草覆盖量为 7.5 × 10<sup>3</sup> kg·hm<sup>-2</sup>时增产 25.87%;卜玉山等<sup>[16]</sup>在华北山西地区研究表明,当小麦秸秆覆盖量为 11.11 × 10<sup>3</sup> kg·hm<sup>-2</sup>,秸秆覆盖对玉米的增产效果大于地膜覆盖;上述研究表明不

同覆盖方式和秸秆覆盖量对不同生态区域玉米的增产效果各异,因地制宜选择适宜的覆盖方式具有重要意义。在川中丘陵区,由于套作条件下小麦的秸秆生物量约为  $3 \times 10^3 \sim 4 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,用于覆盖玉米行间的小麦秸秆量远远低于相关文献报道<sup>[14-16]</sup>,可能造成其保墒效果较差,加之秸秆覆盖

在玉米营养生长阶段降低地表温度<sup>[9,15]</sup>,降低拔节期以前的叶面积和干物质积累量,从而导致麦秸覆盖对玉米的增产效果不显著。因此,川中丘陵区冬小麦套作春玉米条件下,从提高玉米产量角度看,宜采用全膜覆盖栽培。

表 3 不同覆盖方式对营养器官干物质转运及花后光合同化物积累的影响

Table 3 Effect of different mulching methods on translocation of dry matter stored in vegetative organs of summer maize before anthesis and accumulation of dry matter after anthesis

年份 Year	处理 Treat- ments	吐丝前营养器官干物质转运 Translocation of dry matter before silking										花后光合 同化物 积累 Accumulation of dry matter after anthesis ( $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ )	贡献率 Contribution of dry matter translocated to grains/%	
		茎 Stem		叶 Leaf		叶鞘 Sheath		苞叶 Bract		合计 Total			营养器官干 物质转运 of dry matter before silking	吐丝后光合 同化物积累 of dry matter after silking
		TA ( $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ )	TP /%	TA ( $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ )	TP /%	TA ( $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ )	TP /%	TA ( $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ )	TP /%	TA ( $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ )	TP /%			
2010	T1	9.88a	15.69a	6.97a	14.03a	2.20a	14.76a	0.12a	0.79a	19.17a	12.67a	121.18a	13.66a	86.34c
	T2	7.81b	13.26b	4.83b	10.75b	2.14a	16.46a	0.09a	0.64a	14.87b	10.64b	115.53b	11.41b	88.59b
	T3	7.78b	13.07b	4.27b	9.78b	1.36b	10.84b	0.13a	0.95a	13.53b	9.92b	114.78b	10.54b	89.46b
	CK	5.65c	10.08c	2.83c	6.85c	1.25b	10.22b	0.10a	0.82a	9.83c	7.63c	114.80b	7.89c	92.11a
2011	T1	13.03a	19.29a	8.80a	16.37a	2.77a	16.66a	0.12a	0.82a	24.71a	15.60a	127.76a	16.21a	83.79b
	T2	12.33a	18.81a	8.64a	16.25a	2.01b	13.96ab	0.11a	0.73a	23.08ab	15.12a	120.54b	16.08a	83.92b
	T3	11.83ab	19.21a	7.76a	15.75a	1.74b	12.41b	0.12a	0.84a	21.43b	14.91a	110.84c	16.20a	83.80b
	CK	8.82b	15.87b	5.45b	12.24b	1.67b	12.37b	0.11a	0.88a	16.04c	11.25b	115.08bc	12.24b	87.76a

注:TA:转运量;TP:转运率。 Note:TA: Dry matter translocation amount. TP: Dry matter translocation proportion.

干物质产生和积累是玉米生长发育的重要指标,也是产量形成的物质基础,在一定范围内干物质积累量与产量呈密切正相关<sup>[17]</sup>;同时,玉米籽粒灌浆物质主要来源于花后的光合作用<sup>[18-19]</sup>,且玉米花后的营养器官干物质转移是籽粒增产的重要因素<sup>[20]</sup>,玉米获得高产的基本途径就是尽量增加干物质产量,并使之尽可能多地分配到籽粒当中<sup>[21]</sup>。本研究表明,与传统不覆盖栽培相比,全膜覆盖显著提高玉米全生育时期的单株绿叶面积和干物质积累,营养器官干物质转运总量提高了 54.06% ~ 95.05%,花后光合同化物积累量提高 5.56% ~ 11.02%,成熟期籽粒的干物质分配量提高了 12.61% ~ 16.28%,所以,全膜覆盖主要通过协同提高玉米营养器官干物质积累、营养器官干物质转运能力以及花后光合同化物积累而获得较高产量。

#### 参考文献:

- [1] 康绍忠. 新的农业科技革命与 21 世纪我国节水农业的发展[J]. 干旱地区农业研究, 1998, 16(1): 11-17.
- [2] 王敏, 王海霞, 韩清芳, 等. 不同材料覆盖的土壤水温效应及对玉米生长的影响[J]. 作物学报, 2011, 37(7): 1249-1258.
- [3] Sharma P, Abrol V, Sharma R K. Impact of tillage and mulch man-

- agement on economics, energy requirement and crop performance in maize-wheat rotation in rainfed subhumid inceptisols, India[J]. European Journal of Agronomy, 2011, 34(1): 46-51.
- [4] 杨青华, 韩锦峰, 贺德先, 等. 液体地膜覆盖保水效应研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(4): 29-32.
- [5] 金胜利, 周丽敏, 李凤民, 等. 黄土高原地区玉米双垄全膜覆盖沟播栽培技术土壤水温条件及其产量效应[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(2): 28-30.
- [6] 张海林, 陈阜, 秦耀东, 等. 覆盖免耕玉米耗水特性的研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(2): 36-40.
- [7] 唐永金. 不同覆盖物对玉米抗旱栽培的效果研究[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(5): 52-55.
- [8] 李海龙, 庞天荣, 李辉. 川中丘陵旱区玉米地膜覆盖栽培研究[J]. 耕作与栽培, 2000, (6): 29-31.
- [9] 杨勤, 陈猛, 刘永红, 等. 覆盖栽培对玉米苗期生长的影响[C]//中国作物学会栽培专业委员会换届暨学术研讨会论文集. 山东泰安: 中国作物学会栽培专业委员会. 2007: 579-584.
- [10] 刘永红, 何文铸, 冯君成, 等. 雨养农区套作玉米盖膜效应与方式研究[J]. 玉米科学, 2000, 8(增刊): 39-40, 43.
- [11] 高玉红, 牛俊义, 闫志利, 等. 不同覆膜栽培方式对玉米干物质积累及产量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(4): 440-446.
- [12] 薛少平, 朱琳, 姚万生, 等. 麦草覆盖与地膜覆盖对旱地可持续利用的影响[J]. 农业工程学报, 2002, 18(6): 71-73.

研究关中地区不同土壤类型和种植方式下硫素肥效和硫肥合理使用问题。

## 4 结 论

1) 关中地区施硫可显著提高玉米群体生物量(干物质积累量)和玉米籽粒产量。

2) 玉米吸硫量随施硫量的增加而提高;大喇叭口期玉米对硫素的吸收强度最大,但其对硫肥反应较弱。

3) 施硫量为  $112.5 \text{ kg S} \cdot \text{hm}^{-2}$  时,玉米籽粒产量、硫肥利用率和硫肥农学效率较高。

### 参 考 文 献:

- [1] Scherer H W. Sulphur in crop production Invited paper[J]. *European Journal of Agronomy*, 2001, 14:81-111.
- [2] Chen L, Dick W A, Nelson S J. Flue gas desulfurization products as sulfur sources for alfalfa and soybean[J]. *Agronomy Journal*, 2005, 97:265-271.
- [3] 王 利,高祥照,马文奇,等.中国农业中硫的消费现状、问题与发展趋势[J]. *植物营养与肥料学报*, 2008, 14(6):1219-1226.
- [4] 高义民,同延安,孙本华,等.陕西农田土壤硫分布特征及其与土壤性质的关系[J]. *西北农业学报*, 2005, 14(3):177-180.
- [5] 赵洪涛,周健民,范晓晖,等.太湖地区主要类型水稻土上施用不同硫肥对水稻氮、硫吸收的影响[J]. *土壤学报*, 2006, 43(5):864-867.
- [6] 曲 东,尉庆丰.陕西几种代表性土壤硫形态与土壤性质的关系[J]. *土壤通报*, 1996, 27(1):16-18.
- [7] Fontanetto H, Keller O, Inwinkelried R, et al. Phosphorus and sulfur fertilization of corn in the northern Pampas[J]. *Better Crops*, 2000, 14:1-5.
- [8] Sakal R, Singh A P, Sinha R B, et al. Relative performance of some sulphur sources on sulphur nutrition of crops in calcareous soil[J]. *Annals of Agricultural Research*, 2000, 21:206-211.
- [9] 王空军,胡昌浩,董树亭,等.硫水平对玉米氮、硫代谢特性及根系活性的影响[J]. *应用生态学报*, 2003, 14(2):191-195.
- [10] Prystupa P, Gutierrez Boem F H, Salvagioti F, et al. Measuring corn response to fertilization in the northern Pampas [J]. *Better Crops*, 2006, 90:25-27.

- [11] Capristo P R, Rizzalli R H, Andrade F H. Ecophysiological yield components of maize hybrids with contrasting maturity[J]. *Agronomy Journal*, 2007, 99:1111 -1118.
- [12] Chen L, Kost D, Dick W A. Flue gas desulfurization products as sulfur source for corn[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 2008, 72:1464-1470.
- [13] Agustín P, Hemún E E, Fernando H A, et al. Effects of nitrogen and sulfur application on grain yield, nutrient accumulation, and harvest indexes in maize[J]. *Journal of Plant Nutrition*, 2012, 35:1080-1097.
- [14] Scherer H W. Sulphur in crop production[J]. *European Journal of Agronomy*, 2001, 14:81-111.
- [15] 谢瑞芝.玉米基因型的硫效率差异及氮硫互作对产量、品质影响的研究[D].泰安:山东农业大学,2002:13-15.
- [16] 田文仲,朱云集,郭天财,等.水硫及其互作对冬小麦光合特性及产量的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2009, 27(2):114-119.
- [17] 许 洁,曲 东,周莉娜.硫营养对锌和干旱胁迫下玉米叶片中叶绿素含量的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2008, 26(2):33-37.
- [18] 孔祥瑞,曲 东,周莉娜.硫营养对重金属胁迫下玉米和小麦根系导水率的影响[J]. *西北植物学报*, 2007, 27(11):2257-2262.
- [19] 曲 东,邵丽丽,王保莉,等.干旱胁迫下硫对玉米叶绿素及MDA含量的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2004, 22(2):91-94.
- [20] Dominguez G F, Studdert G A, Echeverria H E, et al. Crop systems and nitrogen nutrition in corn[J]. *Ciencia del Suelo*, 2001, 19:47-56.
- [21] Sainz Rozas H R, Echeverria H E, Herfuth E, et al. Nitrate in corn stalks. II. Diagnostic of nitrogen nutrition[J]. *Ciencia del Suelo*, 2001, 19:125-135.
- [22] Singer J W, Logsdon S D, Meek D W. Tillage and compost effects on corn growth, nutrient accumulation, and grain yield[J]. *Agronomy Journal*, 2007, 99:80-87.
- [23] Irshad M, Eneji A E, Khattak R A, et al. Influence of nitrogen and saline water on the growth and partitioning of mineral content in maize [J]. *Journal of Plant Nutrition*, 2009, 32:458-469.
- [24] Weil R R, Mughogho S K. Sulfur nutrition of maize in four regions of Malawi[J]. *Agronomy Journal*, 2000, 92:649-656.
- [25] 刘崇群.中国南方土壤硫的状况和对硫肥的需求[J]. *磷肥与复肥*, 1995, (3):14-18.
- [26] 王 利,高祥照,马文奇,等.中国低浓度磷肥的使用现状与发展展望[J]. *植物营养与肥料学报*, 2006, 12(5):732-737.

(上接第 78 页)

- [13] 赵久然,王荣焕.30年来我国玉米主要栽培技术发展[J]. *玉米科学*, 2012, 20(1):146-152.
- [14] 宋淑亚,刘文兆,王 俊,等.覆盖方式对玉米农田土壤水分、作物产量及水分利用效率的影响[J]. *水土保持研究*, 2012, 19(2):210-212, 217.
- [15] 汤文光,唐海明,肖小平,等.不同保水措施对南方季节性干旱区春玉米的影响[J]. *中国农业科技导报*, 2011, 13(2):102-107.
- [16] 卜玉山,苗果园,周乃健,等.地膜和秸秆覆盖土壤肥力效应分析与比较[J]. *中国农业科学*, 2006, 39(5):1069-1075.
- [17] 刘 伟,张吉旺,吕 鹏,等.种植密度对高产夏玉米登海 661 产量及干物质积累与分配的影响[J]. *作物学报*, 2011, 37(7):

1301-1307.

- [18] 黄振喜,王永军,李登海,等.产量  $15\ 000 \text{ kg}/\text{hm}^2$  以上夏玉米灌浆期间的的光合特性[J]. *中国农业科学*, 2007, 40(9):1898-1906.
- [19] 李 飒,彭云峰,于 鹏,等.不同年代玉米品种干物质积累与钾素吸收及其分配[J]. *植物营养与肥料学报*, 2011, 17(2):325-332.
- [20] 马赞花,薛吉全,张仁和,等.不同高产玉米品种干物质积累转运与产量形成的研究[J]. *广东农业科学*, 2010, (3):36-40.
- [21] 陈国平.玉米的干物质生产与分配[J]. *玉米科学*, 1994, 2(1):48-53.