

# 小麦秸秆和残茬覆盖对夏玉米耗水量及产量的影响

朱自奎 邓天宏 赵国强 方文松 付祥军

(河南省气象科学研究所, 郑州 450003)

## 提 要

夏玉米田进行小麦秸秆和残茬覆盖,可改变夏玉米耗水规律,减少前期棵间蒸发,增加后期植株蒸腾,促进干物质积累,使玉米产量和水分利用效率均有明显提高。不同土壤水分状况下,秸秆和残茬覆盖的效果是不同的,产量和水分利用效率以土壤湿度较小的地段增加最为明显。说明该技术适用于气候比较干旱的地区,对发展我国北方旱地农业有重要意义。

关键词: 玉米 秸秆覆盖 残茬覆盖 耗水量

## 引 言

当今水资源紧张已成为制约我国工农业发展的重要因素,大力发展节水农业是今后的一项长期任务。随着国民经济的发展,广大农民已不再把作物秸秆作为主要燃料来源,代之而来的是大量作物秸秆被焚烧,不但造成了严重的空气污染,而且使大量有机质丢失。此外,随着大型收割机械的广泛应用,麦茬比传统收割方法留得偏高。如何处理和利用这些小麦秸秆和残茬,发挥其在农业生产中的作用,是摆在广大科技人员面前的新课题。近年来,国内外不少农业科学家在这方面作了大量工作,成功地把它们用于农田覆盖,以减少土壤蒸发。我国西北地区的秸秆覆盖和美国南部大平原的残茬覆盖<sup>[1]</sup>均得到广泛应用。本文对这两种覆盖方式进行比较,揭示其节水增产机理,为发展我国的节水农业探索有效途径。

## 1 试验设计

试验于1994~1997年在郑州市南郊河南省气象科学研究所水分试验场进行。该试验场土壤类型为砂壤土,100cm土层田间持

水量为19.7%,土壤容重为 $1.49\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 。试验分麦秸覆盖和残茬覆盖两种处理,并以传统地段作为对照。其中麦秸覆盖于玉米点播后、出苗前进行,覆盖量 $4500\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ;残茬覆盖在小麦收割时进行高留茬,高度约40cm,行间点播玉米;对照为铁茬点播玉米,麦茬高度约5cm,于七叶期定苗时灭茬。为研究不同土壤水分状况下的覆盖效果,每种处理设3个水分等级,分别为占田间持水量60%以下、60%~80%和80%以上。播种前进行一次适量灌溉,以保证玉米全苗。试验场设有大型活动式防雨棚,用以控制降水,确保规定的水分等级。同时每个小区设置供水管道,用水表确定灌溉量。

供试玉米品种为掖单13。6月上旬点播,密度 $62100\text{株}\cdot\text{hm}^{-2}$ ;9月中旬收获,生育期约100天。拔节时因玉米群体已完全覆盖地面,故在残茬覆盖地段进行灭茬。并普遍追施碳铵 $600\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

每个小区设有中子仪探测管,用美国503DR型中子水分测定仪进行土壤湿度测定。测定时间为每旬旬初,每20cm为一层,

深度至 200cm。为弥补中子仪在测定表层土壤湿度时的精度不足,对每个小区 0~30cm 深湿度用土钻进行同步测定。生长期,按照农业气象观测规范对玉米发育期进行观测,并且每 10 天测定一次叶面积系数,收获时进行考种。

## 2 结果与分析

### 2.1 秸秆和残茬覆盖对玉米田土壤湿度变化的影响

麦秸覆盖地面后,由于部分切断了土壤水分向大气逸散的通道,同时改变了地面热学性质,使地面蒸发明显减小,因而表现出良好的保墒性能。而高留茬地段的残茬则大大削减了近地层空气湍流交换,使潜热通量减小,减少土壤蒸发,从而有利于地面保墒<sup>[2]</sup>。此外,秸秆覆盖和残茬覆盖均能有效地抑制杂草生长,减少杂草对土壤水分的无效消耗。

图 1 是 1994 年测定的不同覆盖方式下 0~30cm 土壤湿度变化曲线。从图中可以看

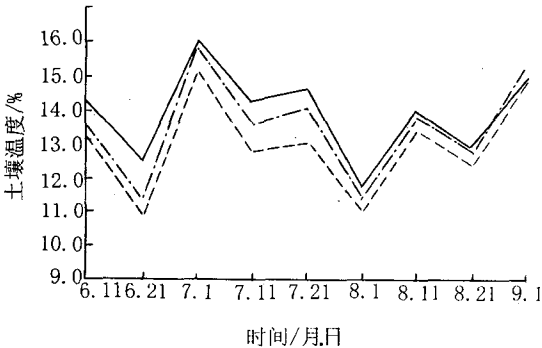


图 1 不同覆盖方式下 0~30cm 土壤湿度变化曲线  
实线:秸秆覆盖 点划线:留茬 虚线:裸地

出,秸秆和残茬覆盖地段的土壤湿度明显大于未覆盖地段,特别是在 7 月中旬玉米拔节以前更为突出。就全生育期而言,覆盖地段的平均土壤湿度可比裸地提高 0.9%,留茬地段的土壤湿度可比裸地提高 0.6%。而在 7 月中旬玉米拔节以前,覆盖地段平均提高 1.3%,残茬地段平均提高 0.8%。我们对

1995~1997 年的土壤湿度资料也进行了分析,都表现了类似的特性。可见,秸秆和残茬覆盖的保墒作用主要在于前期,玉米植株封行后,其作用逐渐减小。其前期保存的土壤水分可有效地促进植株后期的生长,对提高产量有重要作用。

### 2.2 秸秆和残茬覆盖对玉米耗水量的影响

在平原地区,土壤水分平衡方程可简化如下:

$$C = W_1 - W_2 + R + I \quad (1)$$

式中  $C$  为旬耗水量(mm), $W_1$  为旬初 100cm 深土壤含水量(mm), $W_2$  为旬末 100cm 深土壤含水量(mm), $R$  为旬内有效降水量(mm), $I$  为旬内灌溉量(mm)。

我们利用公式(1)计算了 1994~1997 年玉米田的逐旬耗水量。图 2 是 1997 年不同覆盖方式下耗水量变化曲线。从图中可以看出,在玉米生长前期,麦秸覆盖地段和留茬地段的旬耗水量要比裸地偏小 1~4mm,7 月中旬拔节前累计减少 4~16mm。而到 7 月中旬以后,则情况发生相反的变化。覆盖地段和留茬地段的旬耗水量反而比裸地偏大 1~6mm,累计 4~24mm。这是由于玉米前期耗水以土壤蒸发为主,覆盖和留茬减少了棵间的无效蒸发,使得旬耗水量减小。而到了玉米生育后期,由于前期秸秆和残茬覆盖地段中所积蓄的土壤水分被作物所利用,形成了比较大的植株群体,使玉米的蒸腾作用加强,耗水量增加,并因此促进干物质的积累。使土壤水分从物理过程向生物学过程转化,并最终使产量增加。由于秸秆和残茬覆盖地段的耗水前少后多,使得夏玉米全生育期的总耗水量与裸地相差不多,大致范围在 330mm 左右,如表 1 所示。覆盖改变了玉米的耗水过程,使之从无效消耗向有效消耗转化。不同土壤水分等级之间,耗水量差异较大,随着土壤湿度的增大耗水量明显增加,其范围在 260~390mm 之间。

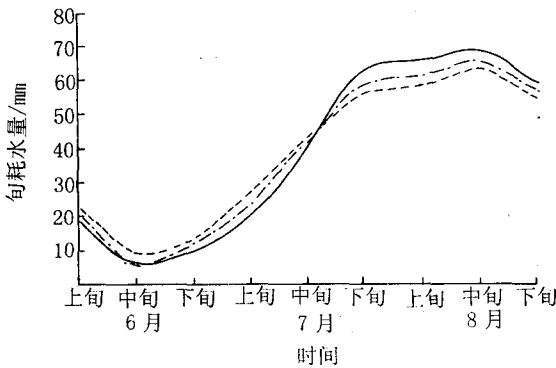


图2 不同覆盖方式下耗水量变化曲线

实线: 秸秆覆盖; 点划线: 留茬; 虚线: 裸地

表1 1994~1997年平均耗水量及差值/mm

水分等级	<60%		60%~80%		>80%		平均	
	耗水量	差值	耗水量	差值	耗水量	差值	耗水量	差值
裸地	257.1		349.0		390.2		332.1	
覆盖	250.7	-6.4	361.0	+12.0	381.4	-8.8	331.1	-1.0
留茬	261.9	+4.8	355.9	+6.9	387.0	-3.2	334.9	+2.8

### 2.3 秸秆和残茬覆盖对杂草的抑制作用

由于秸秆覆盖的郁蔽作用,使得大多数杂草因得不到充足的阳光而不能正常生长。另外由于麦秸残体可释放出抑制杂草生长的化学物质,使得覆盖玉米田的杂草明显减少。据1996年观测,在1m<sup>2</sup>地面,秸秆覆盖地段有杂草7株,留茬地段22株,裸地52株。杂草的减少一方面减少了与作物争夺肥料,另一方面也减少了水分的无效消耗。

### 2.4 秸秆和残茬覆盖对玉米出苗率和株高的影响

玉米播种后立即进行麦秸覆盖,可以保持表层土壤湿润,从而提高出苗率。从表2可以看出,覆盖地段的出苗率比裸地提高2%,拔节期株高增加10cm;留茬地段的出苗率和株高比裸地略有提高。

表2 麦秸覆盖和留茬对玉米出苗率和株高的影响

处理方式	裸地	覆盖	留茬
出苗率/%	93.5	95.5	94.0
拔节期株高/cm	105	115	108

### 2.5 秸秆和残茬覆盖对夏玉米群体的影响

土壤-植物-大气是一个连续的整体,麦

秸和残茬覆盖地段前期积累的土壤水分必将被作物所利用,使其叶面积明显增大。以1995年为例,图3是该年不同处理方式下玉米叶面积系数变化曲线,从图中可以看出,在8月中旬开花之前,裸地叶面积系数与覆盖和留茬地段无明显差异,而到8月中旬进入灌浆期以后,裸地绿叶面积减少得较快,而覆盖和留茬地段绿叶面积衰减得较缓,延长了光合有效期,为玉米后期灌浆和产量形成提供了更为有利的条件。

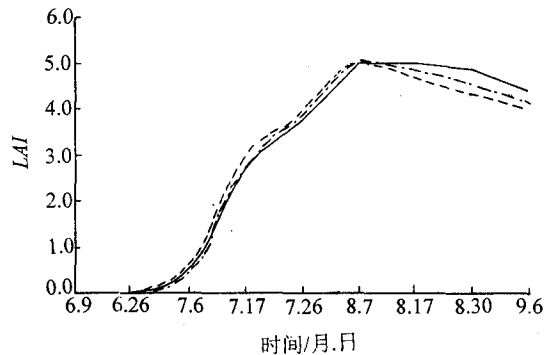


图3 不同覆盖方式玉米叶面积系数变化曲线

实线: 秸秆覆盖; 点划线: 留茬; 虚线: 裸地

### 2.6 秸秆和残茬覆盖对玉米产量的影响

秸秆和残茬覆盖为玉米生长提供了良好的水分条件<sup>[3]</sup>,同时也创造了一个适宜于玉米生长的小气候环境;还可以培肥地力,增加土壤微生物数量,改善表层土壤物理结构,增加土壤透气性<sup>[4]</sup>;减少田间杂草。这些效应最终通过作物产量表现出来。表3是1994~1997年度玉米平均产量。可以看出,麦秸覆盖玉米田的增产效果十分明显。平均增产在576~702kg·hm<sup>-2</sup>之间,增幅为10.1%~12.0%,其中以60%~80%土壤水分等级的增产最大。而残茬覆盖地段增产为154.5~255kg·hm<sup>-2</sup>,增幅为2.5%~3.8%。对于不同土壤水分等级,其增产率以土壤水分较小的地段最为明显,土壤水分较大的地段较小。这说明该技术对于干旱和半干旱地区具有更高的实用价值。

表3 1994~1997年度夏玉米产量/kg·hm<sup>-2</sup>

水分等级	<60%			60%~80%			>80%			平均		
	产量	增产量	增产率/%	产量	增产量	增产率/%	产量	增产量	增产率/%	产量	增产量	增产率/%
裸地	4800.0			6297.0			6769.5			5955.5		
覆盖	5376.0	576.0	12.0	6999.0	702.0	11.1	7456.5	687.0	10.1	6610.5	655.0	11.0
留茬	4957.5	157.5	3.3	6451.5	154.5	2.5	7024.5	255.0	3.8	6144.5	189.0	3.2

2.7 秸秆和残茬覆盖对夏玉米水分利用效率(WUE)的影响

与裸地相比,秸秆和残茬覆盖地段尽管总体耗水量相差无几,但由于产量的提高,使水分利用效率明显提高(表4)。其中覆盖地段水分利用效率达到1.94~2.14kg·m<sup>-3</sup>,比裸地提高0.14~0.27kg·m<sup>-3</sup>,提高幅度

为7.8%~14.4%,留茬地段水分利用效率达到1.77~1.89kg·m<sup>-3</sup>,比对照提高0.6%~2.3%。而不同水分等级之间以<60%地段的水分利用效率最高,60%~80%次之,>80%的最小。这是由于土壤含水量较小的地区,产量对土壤水分的增加十分敏感,而土壤含水量较大的地区,则敏感性减小。

表4 1994~1997年度夏玉米水分利用效率/kg·m<sup>-3</sup>

水分等级	<60%			60%~80%			>80%			平均		
	WUE	增加值	增加率/%	WUE	增加值	增加率/%	WUE	增加值	增加率/%	WUE	增加值	增加率/%
裸地	1.87			1.80			1.73			1.80		
覆盖	2.14	0.27	14.4	1.94	0.14	7.8	1.95	0.22	12.7	2.01	0.21	11.7
留茬	1.89	0.02	1.0	1.81	0.01	0.6	1.77	0.04	2.3	1.82	0.02	1.11

3 小结

试验表明,把每年麦收后剩余的秸秆在玉米播种后覆盖于田间,或者在机收后的小麦残茬之间直接点播,可减少夏玉米前期对土壤水分的无效消耗,增加土壤水分贮存量,并且促进玉米后期的蒸腾和干物质积累,提高玉米产量,秸秆覆盖可使玉米产量提高10.1%~12.0%,水分利用效率提高7.8%~14.4%;残茬覆盖则分别提高2.5%~3.8%和0.6%~2.3%。这不但利用了剩余的秸秆资源,起到涵养水源、提高水分利用效率的目的,同时保护了生态环境,建立了良性循环的耕作体系,在一年二熟冬麦区具有普遍意义。

为确保秸秆覆盖和残茬覆盖节水增产作用,生产中还应注意以下问题:第一、调节碳氮比。在微生物分解过程中会发生与作物争夺氮素的矛盾,秸秆本身所含氮磷不多,不能满足作物高产要求,所以必须配合施用一定量的氮肥和磷肥,施氮量和施磷量分别占秸秆干重的1.8%和1.0%为好<sup>[5]</sup>。第二、覆盖和高留茬对杂草有明显的抑制作用,但在丰雨年份仍会使杂草严重发生,所以应及时喷

洒化学除草剂防治杂草生长<sup>[6]</sup>。第三、秸秆还田也可使病虫害基数增大,播前要进行药剂拌种,并适时组织田间防治。

参考文献

- Steiner J. L., Crop Residue effects on water conservation. In *Managing Agricultural Residues*, Lewis Publishers. Boca Raton, Florida, U. S. A., 1994; 41~76.
- Van Doren, Jr. D. M. and Allmaras, R. R. Effect of residue management practices on the soil physical environment, microclimate, and plant growth. In *Crop Residue Management Systems* (Ed. W. R. Oschwald). ASA Special Publication, 1978, Number 31, 49~83. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, U. S. A.
- Unger, W. Paul and Parker, J. J. Evaporation reduction with wheat, sorghum, and cotton residues. *Soil Science Society of America Journal*. 1976, 40:938~942.
- 吕晓男, 陆允甫等. 覆盖对改善土壤的物理性状和春玉米产量影响的研究初报. *土壤通报*, 1994, 25(3):102~103.
- 杜守宇, 田恩平等. 秸秆覆盖还田的整体功能效应与系列化技术研究. *干旱地区农业研究*, 1994, 12(2):88~93.
- 亢青选, 王解丑等. 高麦茬覆盖复播效应技术研究. *华北农学报*, 1999, 14(2):102~106.

# Effects of Straw Mulching and Residue on Water Consumption and Yields of Summer Corn

Zhu Zixi Deng Tianhong Zhao Guoqiang Fang Wensong Fu Xiangjun

(Henan Research Institute of Meteorology, Zhengzhou 450003)

## Abstract

Straw mulching and residue practices have great influence on growth and water consumption of summer corn. It can reduce soil water evaporation in early stages and increase crop transpiration in late stages. These are benefits to dry matter accumulation and yield-increasing and water use efficiency of corn. The effects of straw mulching and residue are different under different soil water conditions. The increasing of yield and water use efficiency reduce with increasing of soil water content. It demonstrates that straw mulching and residue practices are applicable in arid and semi-arid regions. It is significant for developing dry land farming in North China.

**Key Words:** corn straw mulching residue water consumption