

麦秆覆盖对夏玉米的生长及水分利用的影响*

孟毅, 蔡焕杰, 王健, 张西平

(西北农林科技大学 水利与建筑工程学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘要] 通过2002、2003年2年的田间试验,研究了不同小麦秸秆覆盖量(0, 1 030, 2 060, 3 090和4 120 kg/hm²)对夏玉米田土壤含水量、棵间蒸发、地温以及玉米生长状况和产量的影响。结果表明,覆盖量4 130 kg/hm²处理的棵间蒸发量比不覆盖处理少10%;覆盖量越大,总耗水量越小,1 030, 2 060, 3 090和4 120 kg/hm²4种覆盖处理的两年平均总耗水量依次比对照减少约13.5%, 9.5%, 5.4%和3.8%;覆盖处理的地温在各生育阶段均高于不覆盖处理,尤其是表层0~10 cm土层,覆盖量由低到高,分别比不覆盖处理增温0.7, 1.5, 0.7和0.2;覆盖处理的株高和叶面积指数在不同生育阶段均高于不覆盖处理,各覆盖处理之间的差别不明显;水分利用率随着覆盖量的增加而提高,覆盖量4 120 kg/hm²处理的产量及水分利用率最优。

[关键词] 夏玉米; 秸秆覆盖; 棵间蒸发; 土壤水分; 土壤温度; 产量

[中图分类号] S513.048

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2005)06-0131-05

在节水农业研究中,利用农艺措施提高农田水分利用效率是节水农业的重要组成部分,如减少农田的无效棵间蒸发和优化供水制度等^[1]。大量研究^[2~5]表明,秸秆覆盖阻碍了土壤与大气间的水分和能量交换,不仅有效地抑制了土壤蒸发,而且还具有提高降水储蓄率、保持土壤肥力和节水节能、增产增收等优点,且取材方便,价格低廉,易于操作,适合我国国情^[6]。本文通过分析2002及2003年两年的试验资料,研究了不同小麦秸秆覆盖量对夏玉米田的水分状况、土壤温度、玉米生长以及产量的影响,试图确定最优的夏玉米田秸秆覆盖量,最终为秸秆覆盖措施的推广提供量化依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点和试验安排

试验分别于2002和2003年6~10月在西北农林科技大学旱区农业水土工程教育部重点实验室的灌溉试验站(34°18'N~108°24'E)进行,该站位于陕西关中地区,地下水埋深较大。多年平均气温12.5,年平均降水量632 mm,年均蒸发量1 500 mm。试验设计为小区试验,小区面积20 m²。试验以不同秸秆覆盖率为处理,共设5个水平:不覆盖,25%,50%,75%和100%(分别为T1, T2, T3, T4, T5),覆

盖量分别约为0, 1 030, 2 060, 3 090和4 120 kg/hm²,每个处理设3次重复,顺序排列,以不覆盖(T1)为对照。覆盖水平的确定考虑了干旱地区农业生产的实际情况,100%覆盖率即以实验小区面积上收割的全部小麦秸秆覆盖该块小区,然后再折算为公顷覆盖量,其他处理以次类推。

1.2 测定项目和方法

1.2.1 土壤含水量 采用DMNER 2000型土壤水分测定仪,定期测定分层土壤水分含量。测定范围为0~80 cm深,每10 cm分为1层。

1.2.2 土壤温度 玉米种植后,选择5个不同处理的小区,埋设直角地温计,温度记录层次为5, 10, 15, 20和25 cm。从06-25起,于每日8:00, 14:00, 20:00记录各层温度。

1.2.3 夏玉米生长状况 于每小区内随机选取样本3株并固定,每2周测定1次叶面积和株高。收获后进行考种,收获各小区产量并折算公顷产量。

1.2.4 夏玉米生长期间的逐日棵间蒸发量 用高15 cm,内径为10 cm的微型棵间蒸发器(Micro-Lysimeter)逐日称重测定水分蒸发量。Micro-Lysimeter内的土每3 d更换1次,以保证其与周围土体的一致性。

1.2.5 实际蒸发蒸腾量 用田间大型称重式蒸渗

* [收稿日期] 2004-08-13

[基金项目] 国家重大科技专项(2002AA2Z4031);教育部青年教师资助项目(200139)。

[作者简介] 孟毅(1979-),男,陕西西安人,在读硕士,主要从事节水灌溉研究。

[通讯作者] 蔡焕杰(1962-),男,河北藁城人,教授,博士生导师,主要从事节水农业理论与技术研究。

E-mail: hcail@pub.xaonline.com

仪测定作物的实际蒸发蒸腾量, 蒸渗仪的面积为 $2.5\text{ m} \times 2.5\text{ m}$, 深 3 m , 重 23.8 t , 测量精度为 0.032 mm 。

1.2.6 气象资料整理 夏玉米生长期间的气象资料, 包括逐日气压、气温、水面蒸发、湿度、日照、降水、风速等的测量和记录。

2 结果与分析

2.1 试验期间降雨情况

根据降水统计资料分析, 夏玉米全生育期多年

表 1 2002 和 2003 年玉米生育期降雨情况统计

Table 1 Rainfall information in the growth of summer maize in 2002 and 2003

年份 Year	苗期 Seeding	拔节孕穗 Jointing to heading	抽穗吐丝 Heading to filling	灌浆成熟 Filling to pre-harvest	总量 Total
2002	44.6	60.7	19.5	68.1	192.9
2003	53.1	241.7	232.2	158.9	685.9

2.2 秸秆覆盖的土壤水分效应

2.2.1 不同覆盖处理对棵间蒸发的影响 图 1 是 2003 年使用微型棵间蒸发器测得的 T1 和 T5 处理夏玉米日棵间蒸发量在生育期内的变化情况。图 1 结果显示, 日棵间蒸发量的总体变化趋势是前高后低, 即苗期最高, T1 可达 5.6 mm/d , T5 可达 5.1 mm/d 。拔节期结束后(7月下旬), 日棵间蒸发量明

平均降水量 350 mm 左右。2002 年夏玉米生长期间降雨量为 192.9 mm , 属干旱年, 2003 年夏玉米生长期间降雨量达 685.9 mm , 为丰水年。

显降低, 两种处理的日棵间蒸发量均不高于 2.3 mm 。有部分时段, 处理 T5 的日棵间蒸发量有大于 T1 的情况, 主要出现在雨后, 这是由于覆盖秸秆拦蓄了一部分降水, 从而使晴天后的土壤棵间蒸发量增大。对于累积棵间蒸发量, T5 一直低于 T1, 整个生育期 T5 的棵间蒸发量可比 T1 减少约 16 mm 。

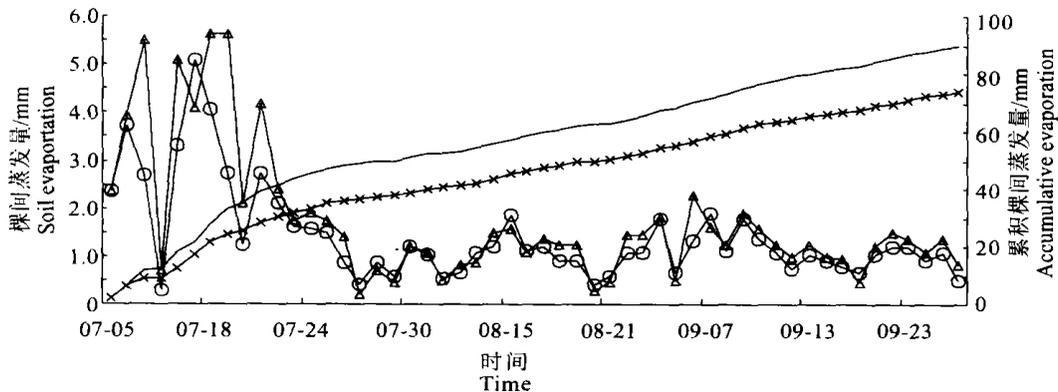


图 1 覆盖处理与对照的逐日及累积棵间蒸发量

- - - 对照逐日蒸发量; - - - T5 逐日蒸发量; — 对照累积蒸发量; - × - T5 累积蒸发量

Fig. 1 Daily and accumulative evaporation of different treatments

- - - Daily evaporation of CK; - - - Daily evaporation of T5; — Accumulative evaporation of CK;

- × - Accumulative evaporation of T5

2.2.2 秸秆覆盖对夏玉米耗水量的影响 根据土壤水量平衡方程, 即

$$ET = (\theta_0 - \theta_1) \times H + R + I \quad (1)$$

式中, ET 为阶段耗水量(mm); θ_0 为阶段初 $0\sim 80\text{ cm}$ 深土壤体积含水量(mm); θ_1 为阶段末 $0\sim 80\text{ cm}$ 深土壤储水量(mm); H 为计划湿润层深度(mm);

R 为时段内有效降雨量(mm), 即实际降雨量减去地面径流量和深层渗漏量; I 为时段内灌溉量(mm)。利用公式(1)计算了 2002 和 2003 年度夏玉米的阶段耗水量, 结果如表 2 所示。由于 2003 年降雨量较多, 产生了深层渗漏, 该年度的有效降雨量为实际降雨量减去蒸渗仪测得的深层渗漏量。由表 2 可见, 苗

期覆盖量越大, 总耗水量越少, 节水效果越明显。

表 2 2002, 2003 年不同秸秆覆盖处理的夏玉米各生育期耗水量

Table 2 Water consumption of different straw mulching treatments in every growth stage of summer maize mm

处理 Treatment	苗期 Seeding		拔节孕穗 Jointing to heading		抽穗吐丝 Heading to filling		灌浆成熟 Filling to pre-harvest		全期 Total	
	2002-06-23 ~ 07-06	2003-06-26 ~ 07-07	2002-07-07 ~ 08-10	2003-07-08 ~ 08-18	2002-08-11 ~ 09-09	2003-08-19 ~ 09-10	2002-09-10 ~ 09-22	2003-09-11 ~ 10-08	2002-06-21 ~ 09-21	2003-06-23 ~ 10-08
T1	52.4	92.6	130.2	150.4	115.2	136.9	35.0	94.2	332.8	474.0
T2	47.9	78.8	122.0	167.1	108.8	132.5	33.9	91.1	312.7	470.6
T3	43.8	80.0	114.5	158.6	103.1	136.0	32.5	91.5	293.9	464.9
T4	43.5	70.8	113.1	161.3	101.4	139.0	31.3	86.7	289.2	457.8
T5	41.5	62.7	107.2	162.4	96.1	128.9	30.5	92.2	275.3	446.2

2.2.3 不同覆盖处理对土壤含水量的影响 秸秆覆盖影响表层土壤的蒸发, 尤其对表层土壤的含水量有一定影响^[7]。图 2 是各处理小区内, 0~ 30 cm 土层平均土壤体积含水量的变化情况。

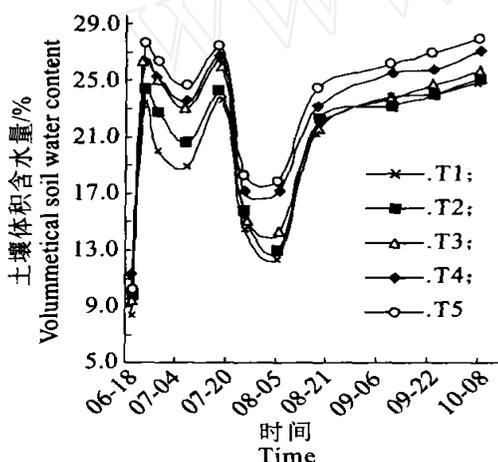


图 2 不同秸秆覆盖处理的 0~ 30 cm 土层土壤含水量

Fig. 2 Soil water content of different straw mulching treatments

由图 2 可以看出, 秸秆覆盖处理有明显的保墒

作用。在玉米生长的各个阶段, 覆盖处理的土壤含水量均高于对照。在抽穗前, 覆盖量越大, 保墒效果越明显, 各覆盖处理的含水量平均比对照高 7.5%~ 25.4%。抽穗期以后, 由于叶面积指数增大, 覆盖的秸秆部分腐烂, 覆盖量相对较少的处理 T2 和 T3 的保墒作用不明显, 其含水量与对照比较接近, 这一时期, 处理 T4 和 T5 的覆盖量相对较多, 其保墒作用依然比较明显, 两处理的含水量分别比对照高约 7% 和 10%。

2.3 不同覆盖率对土壤温度的影响

秸秆覆盖处理对太阳辐射的吸收转化和热量传导都有较大的影响^[8]。表 3 是玉米不同生育期 0~ 10 cm 和 10~ 20 cm 土层的平均温度, 各覆盖处理的土壤温度均有所增加, 而且覆盖处理主要影响表层 0~ 10 cm 土层, 对下层如 10~ 20 cm 土层的影响较小。在不同生育期, 不同的秸秆覆盖量对土壤温度的影响幅度不一样: 在玉米苗期, 各覆盖处理的土壤温度变化较小, 均比对照高 0.5; 在其他生长发育阶段, 随覆盖量的增加, 升温幅度呈驼峰形, 峰顶是处理 T3, 平均高于对照 1.8, 处理 T5 的升温幅度最小, 平均比对照高 0.3。

表 3 玉米全生育期秸秆覆盖处理后不同深度的平均土壤温度

Table 3 Average soil temperature under different straw mulch treatments in the whole life of summer maize

处理 Treatment	深度/cm Depth	苗期 (06-26~ 07-07) Seeding	拔节孕穗 (07-08~ 08-18) Jointing to heading	抽穗吐丝 (08-19~ 09-10) Heading to filling	灌浆成熟 (09-11~ 10-08) Filling to pre-harvest	全期 (06-23~ 10-08) Total
T1	0~ 10	26.0	27.8	24.3	21.4	24.9
	10~ 20	25.1	26.9	24.1	21.5	24.4
T2	0~ 10	26.5	28.5	25.2	22.1	25.6
	10~ 20	25.2	27.0	24.4	21.8	24.6
T3	0~ 10	26.5	30.1	26.1	22.8	26.4
	10~ 20	25.2	26.9	24.4	21.7	24.6
T4	0~ 10	26.5	28.2	25.5	22.4	25.6
	10~ 20	25.6	27.1	24.7	22.3	24.9
T5	0~ 10	26.4	27.8	24.8	21.6	25.1
	10~ 20	25.8	27.1	23.5	22.3	24.7

2.4 秸秆覆盖对夏玉米叶面积指数(LAI)和株高的影响

用钢尺测定叶片的长(a_i)和宽(b_i),其叶面积指数可由式(2)求得,即

$$LAI = 0.75\rho \sum_{i=1}^n (a_i \times b_i) \quad (2)$$

式中, ρ 为玉米种植密度。

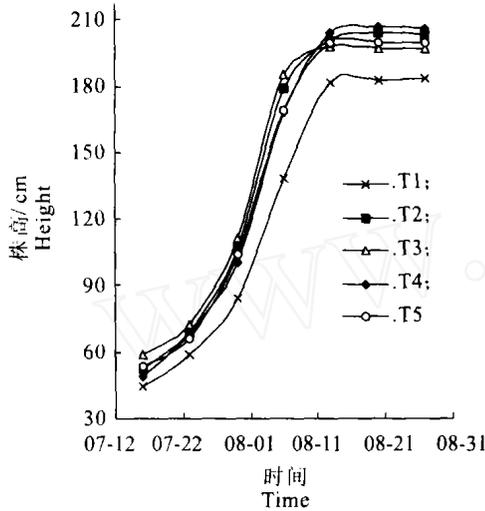


图 3 不同秸秆覆盖处理对叶面积指数的影响

Fig. 3 LAI of summer maize under different straw mulching treatments

2.5 秸秆覆盖对玉米产量及水分利用率的影响

由表 4 可见,不同秸秆覆盖量对玉米产量、耗水量和水分利用率有一定的影响。从试验结果来看,玉米耗水量随覆盖量的增加而减少,处理 T2, T3, T4 和 T5 的耗水量分别较对照减少 6%, 11.7%, 13.1% 和 17.3%。覆盖处理的产量和水分利用率均

表 4 2002 年不同秸秆覆盖处理对夏玉米产量、耗水量及水分利用率的影响(2002)

Table 4 Variation of yield, water consumption and WUE under different straw mulchings (2002)

处理 Treatment	净产量/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) Yield	生育期降雨量/mm Rainfall	灌水量/mm Irrigation	土壤储水 利用量/mm Soil water	总耗水量/mm Water consumption	水分利用率/ ($\text{kg} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$) WUE
T1	4 608.5	194.5	75.0	63.3	332.8	1.38
T2	6 364.3	194.5	75.0	43.2	312.7	2.04
T3	5 875.3	194.5	75.0	24.4	293.9	2.00
T4	5 908.6	194.5	75.0	19.7	289.2	2.04
T5	6 818.8	194.5	75.0	5.8	275.3	2.48

3 结论

本研究表明,秸秆覆盖能明显抑制农田作物的棵间蒸发,覆盖量 $4\ 120\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 处理的棵间蒸发量比对照降低 17.8%;秸秆覆盖具有一定的节水保墒作用,且随着覆盖量的增加,保墒效果愈好。秸秆覆盖对土温变化有明显的调节作用,特别是对 0~10

图 3 和图 4 是 2002 年度各处理的叶面积指数(以下简称 LAI)和株高在不同生育期的变化情况。LAI 在播种至七叶期增长慢,而后增长率逐渐增大,趋于最大值,到抽穗期后, LAI 增长率为负,表明叶面积有所减小。株高的变化规律总体上和 LAI 相同。覆盖处理的玉米 LAI 和株高在不同阶段均高于对照,但各覆盖处理之间的差别不明显。

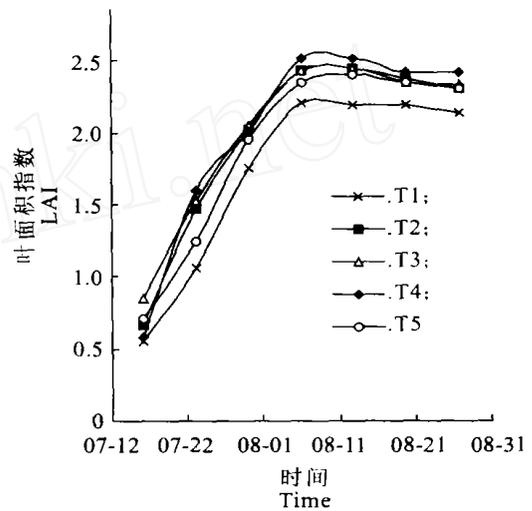


图 4 不同秸秆覆盖处理对株高的影响

Fig. 4 Height of summer maize under different straw mulching treatments

优于对照处理,但并不完全随覆盖量的增加而提高,其中 T5 的产量和水分利用率均最高,各覆盖处理的产量依次较对照增加 1 756, 1 267, 1 300.3 和 2 210.5 kg/hm^2 ,水分利用率依次较对照提高 0.66, 0.62, 0.66 和 1.1 $\text{kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$ 。

cm 土层,其增温效应十分明显。秸秆覆盖处理的叶面积指数和株高均高于对照,表明秸秆覆盖有利于夏玉米的营养生长。秸秆覆盖处理的产量和水分利用率也优于对照,以覆盖量 $4\ 120\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 处理的增产效果最好,因此,在小麦收获后应将全部秸秆用于覆盖,以提高农田水分利用率及产量。

[参考文献]

- [1] 张喜英, 陈素英, 裴冬, 等. 秸秆覆盖下的夏玉米蒸散、水分利用效率和作物系数的变化[J]. 地理科学进展, 2002, (6): 583- 682
- [2] 陈素英, 张喜英, 胡春胜, 等. 秸秆覆盖对夏玉米生长过程及水分利用的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2002, (4): 55- 57.
- [3] 周凌云, 徐梦雄. 秸秆覆盖对麦田耗水量与水分利用率影响的研究[J]. 土壤通报, 1997, 28(5): 205- 206
- [4] 李富宽, 姜慧新. 秸秆覆盖的作用与机理[J]. 当代畜牧, 2003, (6): 38- 40
- [5] 胡芬, 梅旭荣, 陈尚谟. 秸秆覆盖对春玉米农田土壤水分的调控作用[J]. 中国农业气候, 2001, 22(1): 15- 18
- [6] 朱自玺, 赵国强, 邓天宏, 等. 秸秆覆盖麦田水分动态及水分利用率研究[J]. 生态农业研究, 2000, (1): 34- 37.
- [7] 陈风, 蔡焕杰, 王健. 秸秆覆盖条件下玉米需水量及作物系数的试验研究[J]. 灌溉学报, 2004, (1): 41- 43
- [8] 巩杰, 黄高宝, 陈利顶, 等. 旱作麦田秸秆覆盖的生态综合效应研究[J]. 干旱地区农业研究, 2003, (3): 69- 73

Effect of straw mulching on the growth of summer maize and soil water utilization

MENG Yi, CAI Huan-jie, WANG Jian

(College of Water Resources and Architectural Engineering, Northwest A & University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Based on the field experimental data, this paper analysed the soil water content, soil evaporation, soil temperature, maize plant height, leaf area index and yield under various quantity of straw mulching (0, 1 030, 2 060, 3 090 and 4 120 kg/hm²). Results showed that soil evaporation of the straw-mulching of 4 130 kg/hm² was 10% less than that of the unmulched. The more field was mulched, the less the water consumption was. The water consumption of the mulched treatments of 1 030, 2 060, 3 090, 4 120 kg/hm² were less than the unmulched by 13.5%, 9.5%, 5.4% and 3.8% respectively. Soil temperatures of the mulched treatments were all generally higher than those of the unmulched, especially in the 0- 10 cm upper soil. With the increase of straw mulching quantity, temperatures of the mulched treatments were higher variously from 0.2 to 1.5 than those of the unmulched in the upper layer. In each growth stage, maize leaf area index and height of the mulched treatments were higher than those of the unmulched, but differences among the treatments were not very clear. The more the field was mulched, the higher the water use efficiency was, and the treatment of 4 120 kg/hm² mulched straw promised best in yield and water use efficiency.

Key words: summer maize; straw mulching; soil evaporation; soil water content; soil temperature; yield