

非充分灌溉条件下秸秆覆盖对玉米生长的影响

伊德里萨,张展羽,郭相平,王为木,孔莉莉

(河海大学农业工程学院,江苏 南京 210098)

摘要 通过温室内田间小区试验,研究了玉米全生育期内不同程度的水分胁迫下秸秆覆盖对玉米生长生育、叶绿素荧光参数及产量的影响.结果表明,秸秆覆盖处理可提高土壤保墒能力,促进玉米植株中后期生长发育以及提高单株叶面积和干物质重;与无覆盖相比,秸秆覆盖处理玉米在正常供水和严重水分胁迫时其产量分别增长 4.1% 和 7.5%.在相同土壤水分处理下,秸秆覆盖对玉米叶片基础荧光无明显的影响.在水分胁迫前以及正常供水、轻度水分胁迫后,秸秆覆盖对叶片最大荧光影响显著.

关键词 水分胁迫 玉米 秸秆覆盖 叶绿素荧光参数
中图分类号 S513.071 **文献标识码** A **文章编号** 1000-1980(2008)03-0342-04

玉米是需水较多的作物,除了苗期应适当控制土壤水分进行蹲苗外,自拔节至成熟都必须满足玉米对水分的要求,这样才能使其正常生长发育.在满足玉米生理用水的前提下,减少棵间蒸发是节水的有效途径,而利用植物秸秆覆盖是减少棵间蒸发的有效手段. Adetunji^[1]指出,秸秆覆盖的保墒作用通常会导致作物产量的提高,其原因是秸秆覆盖能够调节土壤温度,提高养分利用率,促进根系生长发育.许多研究还表明,秸秆覆盖可以有效地减少土壤水分蒸发,提高水分利用效率以及减少硝态氮淋失^[2-3].目前,有关水分胁迫对作物生长发育补偿效应的研究已有报道^[4-8],但关于秸秆覆盖对水分胁迫补偿性效应影响的研究报道较为少见.本文研究了在不同水分胁迫与秸秆覆盖组合条件下,玉米生长发育、产量和叶绿素荧光参数的变化规律,旨在为节水灌溉管理提供决策参考.

1 试验设计与方法

1.1 试验场地概况

试验安排在河海大学节水园区的温室大棚内进行.试验区位于 31°95'N,118°83'E,属于半湿润气候,年平均降水量为 1 106 mm.在作物生长生育期间,每月的平均气温、相对湿度和空气湿度见表 1.

试验场的土质为黏壤土,其中黏粒占 33.81%,粉粒占 65%,沙粒占 0.97%,pH 值为 7.96(土与水的比例为 1:2.5).供试玉米品种为生产上大面积种植的“农大 108”,2005 年 6 月 19 日点播,至 10 月 17 日收获,生育期 120 d.

1.2 试验设计

试验采用随机区组排列,3 次重复.每个试验小区面积为 3.375 m² (2.25 m × 1.5 m),播种行间距为 40 cm × 30 cm,播种深为 5 cm.试验小区施用的肥料总量为尿素 375 kg/hm²,按行施用于土壤 10 cm 深处,破垄夹肥,之后合垄.试验共设置了 6 种处理:(a)无覆盖无胁迫(-M-S);(b)秸秆覆盖无胁迫(+M-S);(c)无覆盖并在出苗期轻度水分胁迫(-M+S1);(d)秸秆覆盖并在出苗期轻度水分胁迫(+M+S1);(e)无覆盖并在出苗期严重水分胁迫(-M+S2);(f)秸秆覆盖并在出苗期严重水分胁迫(+M+S2).试验选择与不同水分胁迫程度

表 1 气象参数平均观测值				
Table 1 Mean values of climatic parameters				
月份	干球 温度/℃	湿球 温度/℃	相对 湿度/%	空气湿度/ (g·m ⁻³)
7	36.27	33.00	48.22	30.22
8	32.60	31.82	54.04	32.72
9	31.21	31.13	54.50	32.07
10	22.73	22.50	56.57	23.76

注 表内数据为各月每天上午 8 30 测得的平均值.

下无秸秆覆盖处理相对照.正常供水时土壤含水率控制在田间持水量的 75% 以上.轻度水分胁迫时土壤含水率控制在田间持水量的 65% ~ 75%.严重水分胁迫时土壤含水率控制在田间持水量的 45% ~ 55%.

1.3 试验测定项目与方法

- a. 土壤含水量.采用 FDR 测定仪分层(20 cm 为一层)测定,测定深度 0 ~ 60 cm.
- b. 叶片生理指标与植株干物质累积.采用 OS30P 型植物胁迫测量仪测定基础荧光、最大荧光、可变荧光及 PSⅡ 光化学效率(可变荧光与最大荧光之比)等叶绿素荧光参数.从 7 月 13 日起至 9 月 21 日,每 2 周进行株高、叶片数、叶面积和植株直径的测定,并于 10 月 17 日收获.为进行试验分析,单株干物质质量采取烘箱温度调至 65℃烘 48 h 后称重的方法.
- c. 叶面积.量取待测叶片的长度和最大宽度,用叶面积拟合公式计算,即叶面积 = 长 × 宽 × 校正系数.

1.4 试验数据分析

试验数据分析应用了 SPSS13.0 版软件中的一般线性模型(GLM)程序进行分析.

2 试验结果分析

2.1 田间灌水量

6 种试验处理的田间灌水量见表 2.从表 2 可以看出,在充分灌溉、轻度以及严重水分胁迫条件下,秸秆覆盖会减少土壤蒸发,降低作物需水量,与无秸秆覆盖相对照,灌水量分别降低了 25.54%,8.87%和 31.91%.其主要原因是秸秆覆盖阻断了毛管水上升,同时降低了土壤温度,减少了棵间蒸发.此外,覆盖提高了水分入渗能力和保墒能力,减少了深层渗漏损失.

表 2 夏玉米全生育期内不同处理的田间灌水量

测量日期	Table 2 Water supply for different treatment regimes for the growing summer maize						L
	- M - S	+ M - S	- M + S1	+ M + S1	- M + S2	+ M + S2	
6 月 19 日	187	187	187	187	187	187	
6 月 24 日	80	80	80	80	80	80	
7 月 24 日	91	32	14	0	0	0	
8 月 3 日	108	0	100	0	108	0	
8 月 21 日	90	112	63	112	84	53	
9 月 13 日	129	99	63	83	88	52	
共 计	685	510	507	462	547	372	

2.2 植株直径和叶面积

表 3 给出了 6 种试验处理下植株直径和叶面积的测量数据.可以看出,在玉米生育前期,不同水分胁迫程度下秸秆覆盖对叶面积和植株直径没有明显影响.在整个生育期内叶面积和植株直径之间存在正相关关系,而且在播种后第 9 周叶面积和植株直径都达到峰值.这可能是由于用于覆盖的秸秆已开始慢慢分解,地温上升,使植株生长状况得到改善.

表 3 不同处理下夏玉米的植株直径和叶面积

Table 3 Plant diameter and leaf area of summer maize in response to varying treatments

测量日期	植株直径/mm						叶面积/cm ²					
	- M - S	+ M - S	- M + S1	+ M + S1	- M + S2	+ M + S2	- M - S	+ M - S	- M + S1	+ M + S1	- M + S2	+ M + S2
7 月 13 日	4.833	4.167	4.583	5.417	4.333	5.083	170.00	132.89	165.11	196.43	163.43	166.35
7 月 27 日	11.167	8.750	11.667	12.167	10.917	9.167	890.59	575.91	713.68	837.90	913.45	865.42
8 月 10 日	11.167	8.417	10.583	11.000	11.583	8.917	2978.85	2013.64	3041.71	3315.56	3182.77	2233.02
8 月 24 日	12.000	10.000	12.617	12.250	12.833	9.817	3254.17	2795.26	3706.49	3677.77	3882.19	2744.66
9 月 7 日	13.167	11.330	13.750	12.833	12.583	9.583	3465.98	2809.78	3683.20	3653.33	3853.41	2691.65
9 月 21 日	11.667	11.000	13.250	12.417	12.000	9.417	3327.71	2762.94	3596.07	3586.80	3569.57	2627.95

2.3 植株叶片数和株高

表 4 给出了 6 种试验处理下植株叶片数和株高.从表 4 可以看出,秸秆覆盖对玉米植株的叶片数没有明显影响,但水分胁迫会明显影响叶片数.拔节期复水后,轻度水分胁迫会使叶片数达到最大值(13.83).

如表 4 所示,对照播种后的第 3,11 和 13 周玉米植株生长状况,还可以看出秸秆覆盖对株高有显著的影响($p < 0.05$),表明在营养生长阶段,株高受秸秆覆盖和水分胁迫影响较小,而当玉米从营养生长向生殖生长过渡时,秸秆覆盖对株高影响较大,并且在生育期内株高与叶片数存在正相关关系.

2.4 植株生物量和根冠比

植株干物质累积主要是光合作用的产物,也是作物最终产量的基础,而作物产量的高低,不但取决于光合产物的生产总量,还与其在不同器官间的分配有关.

表 4 不同处理下夏玉米的叶片数和株高

Table 4 Leaf number and plant height of summer maize in response to varying treatments

测量日期	叶片数						株高/cm					
	- M - S	+ M - S	- M + S1	+ M + S1	- M + S2	+ M + S2	- M - S	+ M - S	- M + S1	+ M + S1	- M + S2	+ M + S2
7 月 13 日	4.16	4.16	3.66	3.83	3.66	3.50	61.28	60.01	63.21	66.46	63.00	62.96
7 月 27 日	7.16	5.66	6.66	6.83	6.50	6.16	106.01	96.75	105.31	113.68	108.55	100.95
8 月 10 日	8.66	8.16	11.33	11.00	9.66	7.83	158.75	127.03	166.21	162.66	169.26	138.38
8 月 24 日	10.00	11.66	13.83	12.16	11.66	10.50	171.25	140.00	189.53	173.51	196.05	148.46
9 月 7 日	11.16	12.66	13.16	12.16	11.50	11.50	169.16	142.75	188.96	174.50	195.35	148.66
9 月 21 日	10.66	12.00	12.33	11.83	10.83	10.33	161.33	142.12	188.16	174.00	195.00	147.95

不同处理下植株生物量和根冠比见表 5。从表 5 可以看出,无秸秆覆盖时轻度胁迫下植株生物量达最大值,显著高于充分灌溉和严重水分胁迫条件下的植株生物量;水分胁迫条件下,无秸秆覆盖时植株的根冠比大于秸秆覆盖处理,且随着胁迫程度的增加而提高。在充分灌溉与严重水分胁迫下,秸秆覆盖使地上部分生物量增加,与无秸秆覆盖处理相比分别增加了 4.1% 和 7.5%。同时,秸秆覆盖使根系干物质累积减小,与无秸秆覆盖处理相比分别减少了 34%,48.5% 和 52.4%。这可能是由于秸秆覆盖不仅具有保墒作用,而且改变了根系层土壤含水量的垂直分配,使得上部根系密集层含水率较高,促进了植株地上部分生物量累积,根系胁迫程度相对较小,从而改变了根冠之间同化物分配的比例所致^[9]。但在充分灌溉与严重水分胁迫条件下的秸秆覆盖处理与无秸秆覆盖相比植株生物量总体上无显著差异。

2.5 叶绿素荧光参数

叶绿素荧光参数试验结果如表 6 所示,在充分灌溉及轻度水分胁迫前后秸秆覆盖处理下基础荧光和最大荧光会降低,而 PSⅡ 光化学效率则有所增加;在严重水分胁迫前后秸秆覆盖处理下基础荧光和最大荧光会增加,而 PSⅡ 光化学效率则有所降低。在相同土壤水分处理下秸秆覆盖对基础荧光没有明显的影响,但在各种水分胁迫前以及正常供水、轻度水分胁迫后,秸秆覆盖对最大荧光都有显著影响。在水分胁迫后,观察到基础荧光与最大荧光的降低可能是由玉米叶片中的叶绿素含量改变所致。

表 6 不同处理下夏玉米叶绿素荧光参数

Table 6 Chlorophyll fluorescence parameters of summer maize in response to varying treatments

处 理	水分胁迫前(7 月 27 日)			水分胁迫后(8 月 8 日)		
	基础荧光	最大荧光	PSⅡ 光化学效率	基础荧光	最大荧光	PSⅡ 光化学效率
- M - S	37.33	180.33	0.79	33.50	159.00	0.78
+ M - S	35.33	172.33	0.79	32.00	155.50	0.79
- M + S1	36.00	160.00	0.77	30.50	157.50	0.80
+ M + S1	35.00	171.00	0.78	29.50	154.00	0.80
- M + S2	29.33	130.00	0.77	31.00	157.00	0.80
+ M + S2	26.33	141.00	0.81	32.50	155.50	0.79

3 结 论

- a. 秸秆覆盖可显著减少玉米灌溉用水量。棵间蒸发减少是灌溉用水量减少的主要因素。
- b. 秸秆覆盖处理可以显著提高玉米的植株生物量,降低根冠比。土壤含水量垂直分布的改变是产生此种现象的主要因素。
- c. 在充分灌溉及轻度水分胁迫前后秸秆覆盖处理下基础荧光和最大荧光会降低,而 PSⅡ 光化学效率则有所增加;在严重水分胁迫前后秸秆覆盖处理下基础荧光和最大荧光会增加,而 PSⅡ 光化学效率则有所降低。在相同土壤水分处理下秸秆覆盖则对基础荧光没有明显的影响。

本试验是在温室大棚内完成的,作物生长环境条件及各项参数测定均受温室大棚条件限制.因此,上述研究成果还有待大田试验进一步验证.

参考文献:

[1] ADETUNJI I A. Effects of mulches and irrigation on growth and yield of lettuce in semi arid region[J]. Biotronics,1990,19 :93-98.

[2] ZHANG Y M,HU C S,ZHANG J B,et al. Nitrate leaching in irrigated wheat-maize rotation field in the north China Plain[J]. Pedosphere, 2005,15(2) :196-203.

[3] 刘玉含,张展羽,伊德里萨,等. 农田秸秆覆盖技术及其发展趋势分析[J]. 水利经济,2007,25(2) :53-56.

[4] 郭相平,朱成立. 考虑水分胁迫后效应的作物水模型[J]. 水科学进展,2004,15(4) :463-466.

[5] 郭相平,张烈君,王琴,等. 作物水分胁迫补偿效应研究进展[J]. 河海大学学报 :自然科学版,2005,33(4) :634-637.

[6] 郭相平,刘展鹏,王琴,等. 采用 PEG 模拟干旱胁迫及复水玉米光合补偿效应[J]. 河海大学学报 :自然科学版,2007,35(3) :286-290

[7] 郝树荣,郭相平,王为木,等. 水稻拔节期水分胁迫及复水对叶片叶绿体色素的影响[J]. 河海大学学报 :自然科学版,2006,34(4) :397-400.

[8] 邵孝侯,朱成立,郝树荣,等. 土壤水分胁迫与调控对冬小麦生育指标的影响[J]. 河海大学学报 :自然科学版,2004,32(2) :155-158.

[9] XU W,LU B. Effect of no tillage mulch farming on newly reclaimed saline wastelands soils[J]. Pedosphere,1990,22(3) :17-19.

Effects of straw mulch on the growth of maize under insufficient irrigation

ABARCHI Idrissa, ZHANG Zhan-yu, GUO Xiang-ping, WANG Wei-mu, KONG Li-li
(College of Agricultural Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract : The effects of straw mulch in combination with water stress on the growth of maize, chlorophyll fluorescence parameters and yield during different growth period were studied in a greenhouse. The results show that the mulch can increase the soil water retention, advance the growth of maize, and improve the leaf area per plant and dry matter weight : the maize biomass increased by 4.1% and 7.5%, respectively, under full irrigation and serious water stress when there was straw mulch, compared to when there was no straw mulch. The research also reveals that mulch had no significant effects on minimum fluorescence of maize leaves. However, mulch significantly affects maximum fluorescence at the beginning of stress time and after full irrigation and mild water stress treatments.

Key words : water stress ; maize ; straw mulch ; chlorophyll fluorescence parameters