

不同水分条件和覆盖处理对夏玉米籽粒灌浆特性和产量的影响*

张俊鹏 孙景生** 刘祖贵 高 阳

(中国农业科学院农田灌溉研究所 农业部作物需水与调控重点开放实验室 新乡 453003)

摘 要 采用二因素完全随机试验设计,研究了 3 种水分条件(75%、65%、55%田间持水量)下无覆盖(CK)、地膜覆盖(PM)和秸秆覆盖(SM)处理对夏玉米籽粒灌浆特性、产量、耗水量及水分利用效率的影响。结果表明,不同水分条件下,各处理夏玉米籽粒增重进程符合 Logistic 生长曲线。相对于无覆盖处理,地膜和秸秆覆盖处理提高了夏玉米的灌浆速率、产量和水分利用效率。其中,中水分(65%田间持水量)条件下地膜和秸秆覆盖处理夏玉米产量及水分利用效率(WUE)增幅最大,增产率分别为 21.99%和 35.86%,水分利用效率增加幅度分别为 16.41%和 16.79%;其次为低水分(55%田间持水量)处理,高水分(75%田间持水量)处理增幅最小。

关键词 水分条件 覆盖 夏玉米 灌浆特性 产量

中图分类号: S274.1 文献标识码: A 文章编号: 1671-3990(2010)03-0501-06

Effect of moisture and mulching on filling characteristics and yield of summer maize

ZHANG Jun-Peng, SUN Jing-Sheng, LIU Zu-Gui, GAO Yang

(Institute for Farmland Irrigation Research, Chinese Academy of Agricultural Sciences; Key Lab for Crop Water Requirement and Regulation, Ministry of Agriculture, Xinxiang 453003, China)

Abstract The effects of no mulching (CK), plastic film mulching (PM) and straw mulching (SM) on grain filling characteristics, yield, water consumption and water use efficiency (WUE) of summer maize under 3 water treatments (75%, 65%, 55% field capacity) were studied in a 2-factor complete randomized experiment. Results show that grain weight increase in summer maize under different moisture conditions is in accordance with logistic curve. Grain filling rate, yield, and WUE in treatments PM and SM are greater than those in CK. The degree of increase in yield and WUE in PM and SM under the medium moisture condition (65% field capacity) is highest with increase rate of 21.99% and 35.86% for yield, and 16.41% and 16.79% for WUE respectively. The rate of yield and WUE increase in PM and SM under low (55% field capacity) and high (75% field capacity) moisture conditions ranks second and third respectively.

Key words Moisture condition, Mulching, Summer maize, Filling characteristics, Grain yield

(Received July 30, 2009; accepted Sept. 11, 2009)

覆盖保墒技术作为非工程节水的重要措施之一,近年来受到越来越多的关注^[1]。地膜和秸秆是我国农业生产中应用最为广泛的两种覆盖材料,在作物田间覆盖地膜和秸秆是保蓄田间土壤水分、减少裸间土壤蒸发量、提高灌溉水利用效率的有效措施^[2-4],具有截留和保蓄雨水、保护土壤结构、减少养分损

耗、调节土温、抑制杂草生长等多方面的综合作用^[5-8]。国内外研究表明,农田覆盖地膜和秸秆可以增加夏玉米产量^[9-11],灌浆作为夏玉米生长发育过程中极为重要的生育阶段,籽粒灌浆强度和灌浆速率决定着玉米库容的充实程度,进而决定了玉米的粒重和籽粒产量^[12]。以往关于玉米灌浆的研究多集

* 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD11B02, 2007BAD88B02)和国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(2006AA100203)资助

** 通讯作者: 孙景生(1963~), 男, 博士, 研究员, 博士生导师, 主要从事灌溉原理与新技术研究。E-mail: jshsun623@yahoo.com.cn

张俊鹏(1983~), 男, 硕士, 研究方向为节水灌溉理论与新技术。E-mail: jpengzhang@163.com

收稿日期: 2009-07-30 接受日期: 2009-09-11

中在生理特性方面^[13], 有关覆盖对玉米籽粒灌浆特征参数的影响鲜有报道, 且前人研究地膜和秸秆的覆盖效应多在自然条件或单一水分控制条件下进行。本文着重研究了不同水分条件下, 地膜和秸秆覆盖对夏玉米籽粒灌浆进程的影响, 分析了夏玉米的增产机理及两种覆盖物覆盖效应的差异, 旨在为田间覆盖保墒技术的应用提供理论支持, 以期更好地服务于农业生产。

1 材料与方法

1.1 研究地概况及试验设计

试验于 2008 年 6~9 月在中国农业科学院农田灌溉研究所作物需水量试验场防雨棚下的测坑中进行。试验场地处北纬 35°19', 东经 113°53', 海拔 73.2 m; 多年平均气温 14.1 °C, 无霜期 210 d, 日照时数 2 398.8 h。试验田土壤类型属轻沙壤土, 土壤容重 1.38 g · cm⁻³, 田间持水量为干土重的 24%。测坑深 1.8 m, 面积 2 m×3.33 m, 为带底钢筋混凝土结构, 防渗处理, 底部有 0.2 m 多级砂石反滤层, 土层深

1.5 m。防雨棚在降雨前关闭, 雨后开启, 可以有效排除降雨对试验的影响。测坑前茬冬小麦收获后整地灭茬, 供试夏玉米品种为“浚单 18”, 6 月 2 日点种, 行距 60 cm, 株距 30 cm。玉米出苗时间为 6 月 8 日, 6 月 16 日定苗, 9 月 11 日收获。试验设不覆盖(CK)、秸秆覆盖(Straw mulching, SM)、地膜覆盖(Plastic film mulching, PM)3 种覆盖处理, 每种覆盖方式设高、中、低 3 个水分控制水平, 其灌水控制下限分别为田间持水量的 75%(W₁)、65%(W₂)和 55%(W₃), 共 9 个处理, 每个处理重复 3 次。其中, 地膜覆盖处理采用 120 cm 宽的薄膜整地后覆盖, 开穴播种夏玉米; 秸秆覆盖处理是玉米定苗后(6 月 17 日), 人工将小麦秸秆均匀覆盖于试验田表面, 覆盖量 7 500 kg · hm⁻²。夏玉米播种~拔节期、拔节~抽雄期、抽雄~成熟期的灌水计划湿润层深度分别为 0.4 m、0.6 m、0.8 m, 当各处理计划湿润层深度内土壤水分达到下限指标时采用常规地面畦灌方式定量灌水, 用水表计量。不同处理夏玉米的灌水定额、灌水时间、灌水次数及灌水总量见表 1。

表 1 不同水分和覆盖条件下夏玉米不同时期的灌水量

Tab. 1 Irrigation quantity under different moisture and mulching conditions at different stages of summer maize m³ · hm⁻²

水分处理 Moisture treatment	覆盖处理 Mulching treatment	灌水次数 Irrigation time	灌水日期(月-日) Irrigation date (month-day)									总计 Total
			06-02	06-22	07-03	07-10	07-18	07-31	08-08	08-18	08-28	
W1	CK	5	750	750		750		750		750		3 750
	PM	5	750		750		750	750		750		3 750
	SM	5	750	750		750		750		750		3 750
W2	CK	4	750	750			750		750			3 000
	PM	3	750			750			750			2 250
	SM	4	750	750			750		750			3 000
W3	CK	3	750			750			750			2 250
	PM	3	750				750				750	2 250
	SM	3	750			750					750	2 250

1.2 观测项目及方法

土壤含水率采用取土烘干法和 CPN-503 中子土壤水分仪联合测定。0~20 cm 土层土壤含水量采用取土烘干法测定, 20~100 cm 土层土壤含水量由中子仪测定, 每 20 cm 土层测定 1 个数据, 每周 1 次, 灌水前后加测。

夏玉米定苗后每个小区标记 5 株生长基本一致的植株, 每隔 7 d 测定株高和单株叶面积。叶面积测定方法是用钢尺测定每株各叶片的叶长(L_{ij})和最大叶宽(B_{ij}), 叶面积指数(LAI)由式(1)求得^[14]:

$$LAI = 0.75\rho \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (L_{ij} \times B_{ij})}{m} \quad (1)$$

式中, n 为第 j 株玉米的总叶片数, m 为测定株数, ρ 为夏玉米种植密度。

夏玉米抽丝期选择有代表性、生长一致的植株挂牌标记, 在授粉后每隔 5 d 每小区取 2 个果穗的中部籽粒 20 粒, 烘干称其干重。夏玉米收获前每个测坑随机取样 15 个果穗考种, 测定果穗长度、穗粗、单株穗重、百粒重。每个测坑实行单打单收。

夏玉米各生育阶段的耗水量用水量平衡法计算, 其方程如下:

$$W_2 = W_1 + P + I + G - R - F - ET_c \quad (2)$$

式中, W_2 为时段结束时根区土壤储水量, W_1 为时段开始时根区土壤储水量, P 为时段内降雨量, I 为时段内灌水量, G 为时段内地下水对作物根系的补给

量, R 为时段内测定区域的地表径流量, F 为时段内根区深层渗漏量, ET_c 为时段内作物蒸散量。由于供试玉米为北方旱植作物, 且试验在防雨棚下的有底测坑中进行, 故可忽略降雨量、地表径流量、根区深层渗漏量及地下水对作物根系的补给量, 因此水量平衡方程可以简化为:

$$W_2 = W_1 + I - ET_c \tag{3}$$

夏玉米水分利用效率可用式(4)计算:

$$WUE = Y / ET \tag{4}$$

式中, WUE 为作物水分利用效率($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$), Y 为单位面积产量($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$), ET 为作物生育期耗水量($\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$)。

采用 SPSS 软件进行数据处理分析。

2 结果与分析

2.1 不同水分条件和覆盖处理夏玉米叶面积指数动态变化

叶片是作物的主要光合器官, 叶面积指数作为反映作物群体结构的一项重要参数, 直接决定着作物群体对辐射的截获能力, 对作物产量的形成至关重要。

由图 1 可知, 所有处理夏玉米生育期内叶面积指数的变化过程都近似呈单峰曲线。统计结果显示, 各

处理叶面积指数的变化规律符合作物普适生长函数。

夏玉米不同生育期叶面积指数差异分析见表 2。结果表明, 苗期(6 月 30 日)、拔节期(7 月 15 日)、抽雄期(8 月 4 日)和灌浆期(8 月 25 日)不同水分和覆盖处理之间叶面积指数都存在一定差异。在拔节期、抽雄期和灌浆期, 不同水分条件下叶面积指数都以 CK 处理最小, 说明所有覆盖处理都不同程度地促进了夏玉米的生长, 提高了叶面积指数。从苗期到拔节期, 各处理都以 PM 处理叶面积指数最大, 且极显著高于 SM 和 CK 处理, SM 与 CK 处理间差异不显著; 拔节期高水分(W_1)条件下 PM、SM 和 CK 处理间叶面积指数差异不显著, 但中、低水分(W_2 、 W_3)环境下, SM 处理的叶面积指数极显著高于 CK 处理; 抽雄期高、中水分(W_1 、 W_2)条件下 SM 处理叶面积指数高于 PM 和 CK 处理; 灌浆期所有 SM 处理叶面积指数都高于相同水分条件的 PM 和 CK 处理。以上结果表明地膜覆盖对玉米生长发育的促进作用在玉米生育前期相对较大, 随着玉米生育进程的推进, 秸秆覆盖对玉米生长的促进作用赶上甚至超过地膜覆盖; 玉米全生育期中、低水分(W_2 、 W_3)条件下地膜和秸秆覆盖对夏玉米叶面积的促进效应比高水分条件大。

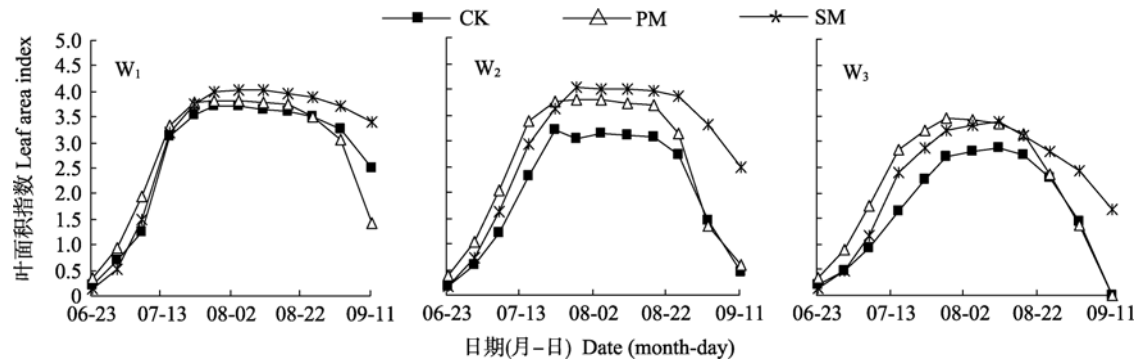


图 1 不同水分和覆盖条件下夏玉米叶面积指数变化
Fig. 1 Variation of leaf area index under different soil moisture and mulching conditions

表 2 不同水分和覆盖条件下夏玉米叶面积指数差异分析

Tab. 2 Difference analysis of leaf area index under different soil moisture and mulching conditions

水分处理 Moisture treatment	覆盖处理 Mulching treatment	生育阶段 Growth stage			
		苗期 Seedling	拔节期 Jointing	抽雄期 Tasseling	灌浆期 Grouting
W ₁	CK	0.69bC	3.12abcAB	3.70bcABC	3.50bcBC
	PM	0.93aA	3.34aA	3.82abAB	3.51abAB
	SM	0.62bCD	3.21abAB	4.04aA	3.89aA
W ₂	CK	0.60bcCD	2.33dD	3.13deDE	2.72cdCD
	PM	1.02aA	3.38aA	3.78abAB	3.13bcBC
	SM	0.73bBC	2.94bcAB	4.01abA	3.87aA
W ₃	CK	0.46cD	1.65eE	2.80eE	2.29eD
	PM	0.90aAB	2.84cBC	3.41cdBCD	2.35deD
	SM	0.47cD	2.41dCD	3.32dCD	2.82cCD

不同小写和大写字母分别表示差异达显著($P=0.05$)和极显著水平($P=0.01$), 下同。 Different small letters and capital letters in the table express difference at 5% significant level and 1% extremely significant level respectively. The same below.

2.2 不同水分条件和覆盖处理对夏玉米籽粒灌浆进程的影响

不同水分和覆盖条件下,夏玉米籽粒的灌浆过程可用 Logistic 生长方程模拟:

$$Y = K / (1 + e^{-bt}) \tag{5}$$

式中, Y 为单粒重(g), t 为授粉后的天数(d), K 为理论最大粒重(g), a、b 均为回归参数, 模拟结果见表 3。

由表 3 可知, Logistic 方程能很好地拟合夏玉米籽粒的灌浆过程, 决定系数为 0.997 7~0.999 5。就土壤水分环境而言, 高水分(W₁)处理的理论最大粒重、平均灌浆速率和最大灌浆速率最大, 其次是中水分(W₂)处理, 低水分(W₃)处理最小。其中, 高水分(W₁)条件下 PM 处理的理论最大粒重、平均灌浆速率和最大灌浆速率与低水分(W₃)条件下相比分别增加 15.01%、14.80%和 21.90%, SM 处理分别增加 12.08%、12.50%和 14.41%。最大灌浆速率出现时间以及第 1 拐点和第 2 拐点出现时间有随土壤水分的增高而滞后的趋势。对覆盖处理而言, 同一水分条件下理论最大粒重、平均灌浆速率以及最大灌浆速率的大小顺序均为 SM>PM>CK, 说明地膜和秸秆覆盖可以提高夏玉米籽粒灌浆速率和粒重。地膜覆

盖处理最大灌浆速率、第 1 拐点、第 2 拐点的出现时间最早, 其次是对照处理, 秸秆覆盖处理出现的时间最晚。

不同水分和覆盖条件下夏玉米籽粒灌浆速率的差异主要表现在:同一水分条件下, PM 处理的灌浆速率前期速升后期速降, 而 SM 处理则是前期渐增中期速升后期缓降。在灌浆开始后的前 15 d, PM 处理的灌浆速率最大, CK 处理其次, SM 处理最小; 之后 SM 处理的灌浆速率迅速跃居至最大, 至灌浆开始后的 25 d, 各处理的灌浆速率开始下降, 其中以 PM 处理下降幅度最大, 其次是 CK 处理, SM 处理下降幅度最小。

2.3 不同水分条件和覆盖处理对夏玉米产量构成的影响

不同水分和覆盖条件下夏玉米考种和测产结果见表 4。可以看出, 不同土壤水分条件下, PM 和 SM 处理的穗部性状和产量优于对照处理。PM 和 SM 处理夏玉米的果穗长、穗粗、穗行数、百粒重等穗部性状指标基本都大于同水分条件下的 CK 处理。经过对产量构成因素的主成分分析可知, 第 1 主成分为百粒重, 其权重系数为 0.507 8, 第 2 主成分为穗

表 3 不同水分和覆盖处理的夏玉米籽粒灌浆参数与籽粒灌浆模型
Tab. 3 Grain filling parameters and grain filling process model of summer maize under different soil moisture and mulching conditions

水分处理 Moisture treatment	覆盖处理 Mulching treatment	理论最大粒重 Theoretical maximum grain weight (mg · grain ⁻¹)	平均灌浆速率 Average filling rate (mg · grain ⁻¹ · d ⁻¹)	最大灌浆速率 Maximum filling rate (mg · grain ⁻¹ · d ⁻¹)	最大灌浆速率 出现时间 Appearance time of maximum filling rate (d)	第 1 拐点 The first inflection point (d)	第 2 拐点 The second inflection point (d)
W ₁	CK	242.2	5.90	11.84	21.30	14.57	28.04
	PM	243.7	6.01	12.06	19.69	13.04	26.35
	SM	251.4	6.19	13.27	21.84	15.60	28.07
W ₂	CK	214.6	5.28	10.56	20.40	13.71	27.09
	PM	226.5	5.56	10.77	19.00	12.08	25.92
	SM	243.5	5.91	12.10	21.66	15.03	28.28
W ₃	CK	207.0	5.08	9.84	20.22	13.29	27.15
	PM	211.9	5.24	9.90	18.22	11.17	25.27
	SM	224.3	5.50	11.60	20.82	14.46	27.18
籽粒灌浆模型 Model of grain filling process							
W ₁	CK	$y = 0.242 \ 2/[1 + \exp(4.167 \ 1 - 0.195 \ 6t)]$					$R^2=0.997 \ 7^{**}$
	PM	$y = 0.243 \ 7/[1 + \exp(3.899 \ 5 - 0.198 \ 0t)]$					$R^2=0.999 \ 1^{**}$
	SM	$y = 0.251 \ 4/[1 + \exp(4.611 \ 7 - 0.211 \ 2t)]$					$R^2=0.999 \ 5^{**}$
W ₂	CK	$y = 0.214 \ 6/[1 + \exp(4.014 \ 6 - 0.196 \ 8t)]$					$R^2=0.998 \ 8^{**}$
	PM	$y = 0.226 \ 5/[1 + \exp(3.613 \ 5 - 0.190 \ 2t)]$					$R^2=0.999 \ 2^{**}$
	SM	$y = 0.243 \ 5/[1 + \exp(4.303 \ 0 - 0.198 \ 7t)]$					$R^2=0.999 \ 1^{**}$
W ₃	CK	$y = 0.207 \ 0/[1 + \exp(3.843 \ 9 - 0.190 \ 1t)]$					$R^2=0.998 \ 3^{**}$
	PM	$y = 0.211 \ 9/[1 + \exp(3.403 \ 6 - 0.186 \ 8t)]$					$R^2=0.998 \ 8^{**}$
	SM	$y = 0.224 \ 3/[1 + \exp(4.307 \ 6 - 0.206 \ 9t)]$					$R^2=0.998 \ 8^{**}$

*表示显著相关(P<0.05), **表示极显著相关(P<0.01)。* means significant correlation (P<0.05); ** means extremely significant correlation (P<0.01).

粗，权重系数为 0.501 5，两者所构成的信息量为总信息量的 94.25%。

同一水分条件下地膜和秸秆覆盖处理的玉米产量都极显著高于对照处理。高水分(W_1)条件下 PM 处理玉米产量和 SM 处理间差异不显著，但中、低水分(W_2 、 W_3)条件下 PM 处理都极显著低于 SM 处理。高、中、低 3 种水分条件下 PM 处理玉米产量与 CK 处理相比依次增加 9.48%、21.99%和 15.15%，SM 处理分别增加 9.22%、35.86%、25.02%，可见中水分(W_2)条件下覆盖处理玉米增产效果最好。

2.4 不同水分条件和覆盖处理对夏玉米水分利用效率的影响

由不同水分条件下各处理夏玉米生育期耗水量的变化趋势(图 2)可以看出，除高水分(W_1)条件下 PM 处理外，3 种水分环境下地膜和秸秆覆盖并未降低夏玉米生育期的耗水量。究其原因 是地膜和秸秆覆盖为夏玉米生长提供了较为适宜的土壤水、热状况，夏玉米植株长势明显优于对照处理。不同水分条件下 PM 和 SM 处理夏玉米的株高、茎粗、地上部生物量等生长指标均高于 CK 处理，以中水分(W_2)条件为例，PM 和 SM 处理夏玉米收获时的株高比 CK 处理增加 13.91%和 17.11%，地上部生物量增加

25.35%和 28.17%。因此，尽管农田覆盖可以降低土壤蒸发量，但同时大大增加了植株蒸腾耗水量，最终覆盖夏玉米的生育期总耗水量大于对照。

作物水分利用效率(WUE)是评价节水效果的一项重要指标。图 2 表明，各覆盖处理夏玉米的 WUE 有随土壤水分增加而减小的趋势；同一水分条件下，PM 和 SM 处理夏玉米的 WUE 高于 CK 处理，其中，高水分(W_1)环境下 PM 和 SM 处理比 CK 处理增加 12.81%和 6.20%，中水分(W_2)环境下分别增加 16.41%和 16.79%，低水分(W_3)环境下分别增加 7.87%和 22.85%。由此可见，中、低水分(W_2 、 W_3)条件下覆盖对夏玉米 WUE 增加的贡献率大于高水分(W_1)处理，秸秆覆盖尤其明显。

3 结论与讨论

不同水分环境下，地膜和秸秆覆盖都可以促进夏玉米植株的生长发育，提高叶面积指数，其中，地膜覆盖的促进效应主要体现在夏玉米生长前期，秸秆覆盖主要体现在生长中、后期。中、低水分(W_2 、 W_3)条件下覆盖对叶面积增加的贡献率大于高水分(W_1)条件，其原因是中、低水分(W_2 、 W_3)条件下，对照处理土壤水分不足，地膜和秸秆覆盖措施由于保

表 4 不同水分和覆盖处理对夏玉米穗部性状及产量的影响
Tab. 4 Effects of different soil moisture and mulching treatments on ear characters and yield of summer maize

水分处理 Moisture treatment	覆盖方式 Mulching treatment	果穗长 Ear length (cm)	秃尖长 Bare top length (cm)	穗粗 Ear diameter (cm)	穗行数 Row number per ear	百粒重 100-grain weight (g)	产量 Yield (kg · hm ⁻²)	增产率 Increasing rate (%)
W_1	CK	18.11	0.64	5.12	15.2	27.84	7 845.0bB	—
	PM	18.77	0.56	5.02	15.8	28.31	8 589.0aA	9.48
	SM	18.84	0.51	5.17	15.8	29.26	8 568.0aA	9.22
W_2	CK	15.84	0.90	4.62	15.1	22.74	5 538.0eE	—
	PM	17.26	1.04	4.83	15.8	25.45	6 756.0dD	21.99
	SM	17.77	0.59	5.13	16.0	26.90	7 524.0cC	35.86
W_3	CK	15.52	1.12	4.40	14.8	21.27	4 455.0gG	—
	PM	15.56	1.29	4.44	16.2	22.19	5 130.0fF	15.15
	SM	17.53	0.84	4.82	15.0	25.61	5 569.5eE	25.02

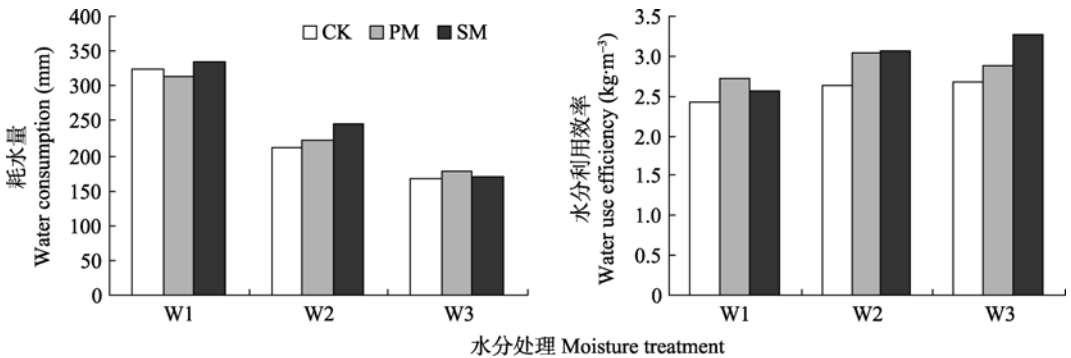


图 2 不同水分环境下各覆盖处理夏玉米的耗水量和水分利用效率
Fig. 2 Water consumption and water use efficiency of summer maize under different moisture and mulching conditions

墒抑蒸效应提供了较多的土壤水分,使夏玉米受干旱威胁的程度减小,而在高水分(W_1)条件下,各处理土壤中保持有相对充足的水分状况,夏玉米的生命活动未受干旱胁迫。

地膜覆盖处理夏玉米灌浆开始时间早,灌浆速率前期速升而后期速降;秸秆覆盖处理延长了灌浆时间,灌浆速率前期渐增中期速升后期缓降,说明地膜覆盖可以加快籽粒灌浆进程,而秸秆覆盖延迟了籽粒的灌浆进程。不同土壤水分条件下,地膜和秸秆覆盖与对照处理相比均增大了夏玉米籽粒粒重和灌浆速率,其中以中水分(W_2)条件下增幅最大,高水分(W_1)处理增幅最小。

水分环境和覆盖处理对夏玉米生长发育和耗水规律的影响作用最终会反映在产量和水分利用效率上。同一水分条件下,地膜和秸秆覆盖处理的产量极显著高于对照处理,其中,中水分(W_2)环境下 PM 和 SM 处理的增产效果最好,分别增产 21.99% 和 35.86%。地膜和秸秆覆盖明显提高了夏玉米的水分利用效率,3 种水分环境下,PM 处理的 WUE 比 CK 处理增加 7.87%~16.41%,SM 处理增加 6.20%~22.85%,且中、低水分(W_2 、 W_3)条件下覆盖对 WUE 增大的促进效应大于高水分(W_1)条件。然而,以往研究表明,若覆盖方式不当,地膜和秸秆覆盖不增产甚至减产的现象是客观存在的^[15-16]。生产实践中,地膜和秸秆覆盖的实施应遵循因地制宜的原则。今后,针对地膜和秸秆覆盖导致玉米减产的机理尚有待深入研究。

综合产量、耗水量和水分利用效率 3 个指标,从节水增产角度考虑,中水分(W_2)环境下地膜和秸秆覆盖可取得较好效果。地膜覆盖抑蒸、保温、增温等效应明显,但塑料地膜不易降解,成本亦较高;秸秆覆盖保墒抑蒸效果显著,能明显改善土壤结构和土壤肥力,但秸秆还田的生化他感效应会对某些作物生长极为不利,如杨思存等^[17]试验结果表明,玉米、大豆和小麦秸秆对小麦幼苗生长都有他感相克作用,使幼苗生物量减产 45.0%~60.8%。总之,地膜覆盖和秸秆覆盖各有优劣,在生产过程中,应根据地理位置、作物类型、覆盖季节、土壤结构等合理选择覆盖方式,在二者均适用的情况下,秸秆覆

盖措施更有利于资源的合理利用和农业生产的可持续发展。

参考文献

- [1] 段爱旺,孙景生,刘钰,等. 北方地区主要农作物灌溉用水定额[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2004: 111-113
- [2] Huang Y L, Chen L D, Fu B J, et al. The wheat yields and water-use efficiency in the Loess Plateau: Straw mulch and irrigation effects[J]. *Agricultural Water Management*, 2005, 72: 209-222
- [3] Al Darby A M, Mustafa M A, Al-Omaran A M, et al. Effect of wheat residue and evaporative demands on intermittent evaporation[J]. *Soil & Tillage Research*, 1989, 15: 105-116
- [4] 侯保俊,王秀琴,李恒胜. 大同地区春小麦全生育期地膜覆盖技术的试验与推广[J]. *麦类作物*, 1999, 19(3): 61-63
- [5] 曹建生,张万军,刘昌明,等. 石子和秸秆覆盖条件下降雨水量转化特征试验研究[J]. *水利学报*, 2007, 38(3): 378-382
- [6] 许静,唐晓红,陈松柏,等. 秸秆覆盖对坡耕地土壤性状和马铃薯产量的影响[J]. *中国农学通报*, 2006, 22(6): 333-336
- [7] 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
- [8] 李洪勋,吴伯志. 地膜和秸秆覆盖对夏玉米的调温保墒效应[J]. *玉米科学*, 2006, 14(3): 96-98
- [9] Mohapatra B K, Lenka D, Naik D. Effect of plastic mulching on yield and water use efficiency in maize[J]. *Annals of Agricultural Research*, 1998, 19: 210-211
- [10] 卜玉山,王建程,邵海林,等. 不同覆盖材料土壤生态效应与玉米增产效应研究[J]. *中国生态农业学报*, 2005, 13(2): 138-141
- [11] 买自珍,程炳文,王勇,等. 麦草与地膜覆盖对玉米田间生态环境及产量的影响[J]. *中国生态农业学报*, 2007, 15(2): 66-68
- [12] 范仲学,王璞. 育苗移栽夏玉米灌浆特性研究[J]. *玉米科学*, 2001, 9(2): 47-49
- [13] 闫淑琴,苏俊,李春霞. 玉米籽粒灌浆速率的配合力分析[J]. *玉米科学*, 2007, 15(3): 99-106
- [14] 张旭东,蔡焕杰,付玉娟,等. 黄土区夏玉米叶面积指数变化规律的研究[J]. *干旱地区农业研究*, 2006, 24(2): 25-29
- [15] 张冬梅,池宝亮,黄学芳,等. 地膜覆盖导致旱地玉米减产的负面影响[J]. *农业工程学报*, 2008, 24(4): 99-102
- [16] 马忠明,徐生明. 甘肃河西绿洲灌区玉米秸秆覆盖效应的研究[J]. *甘肃农业科技*, 1998(3): 14-16
- [17] 杨思存,霍琳,王建成. 秸秆还田的生化他感效应研究初报[J]. *西北农业学报*, 2005, 14(1): 52-56