

不同水分处理下液膜覆盖对夏玉米生长及产量的影响

强小嫚^{1,2}, 周新国^{1,2*}, 李彩霞^{1,2}, 郭冬冬^{1,2}, 刘祖贵^{1,2}, 张俊鹏^{1,2}

(1. 农业部作物需水与调控重点开放实验室, 新乡 453003; 2. 中国农业科学院农田灌溉研究所, 新乡 453003)

摘要: 针对塑料地膜对农业生产造成的严重污染问题, 运用对照处理方法, 探讨了液体地膜覆盖对夏玉米生长发育及产量等方面的影响。结果表明, 液膜覆盖使夏玉米株高和茎粗均比对照偏大, 其中, 低水分处理下差异最为显著。夏玉米叶面积指数低水分处理时液膜覆盖在生育前期较对照偏大, 生育后期偏小; 而中、高水分下液膜覆盖叶面积指数在整个生育期内均比对照偏大。液膜覆盖使夏玉米光合速率和蒸腾速率显著增大, 有利于光合产物的形成。低水分处理下液膜覆盖增产效果最好, 增产率达到 56.97%, 产投比为 1.695, 高水分下液膜覆盖增产效果最差, 增产率仅为 15.57%, 液膜覆盖产投比小于对照。研究认为, 夏玉米液膜覆盖能有效抵抗干旱逆境从而达到节水增产的显著效果。

关键词: 液体地膜, 作物, 土壤水分, 生长发育, 产量, 产投比

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2010.01.010

中图分类号: S316, S513

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2010)-01-0054-07

强小嫚, 周新国, 李彩霞, 等. 不同水分处理下液膜覆盖对夏玉米生长及产量的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(1): 54-60.

Qiang Xiaoman, Zhou Xinguo, Li Caixia, et al. Effect of liquid film mulching on growth and yield of summer maize under different soil moisture conditions[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(1): 54-60. (in Chinese with English abstract)

0 引言

农田覆盖保墒是一项农业增产增收的有效措施。通过改变土壤与大气的界面层状况, 在土壤表面形成一道物理阻隔层, 减缓土壤与大气层之间的水分交换, 使土壤中的水、肥、气、热状况得到改善, 在中国干旱半干旱地区, 地膜覆盖技术在农田中广泛应用, 已成为一项重要的农业增产技术手段^[1]。中国农业生产中广泛采用的农田覆盖方式为塑料地膜覆盖, 自 20 世纪 80 年代以来, 塑料地膜覆盖栽培技术由于能大幅度提高作物的产量和质量, 在中国得以大面积推广^[2]。然而, 常规塑料地膜降解性差, 长期使用会给农业生产造成严重的白色污染, 主要表现为很难降解的聚乙烯残膜聚集在土壤表层, 破坏土壤的团粒结构和土壤微生物的活动, 不利于耕作, 严重影响了作物根系下扎及水肥的吸收, 进而对农田生态环境也造成了一定的影响^[3-6]。

液体地膜(也称多功能可降解液体地膜)是一种新开发的可降解高分子有机化合物, 兑水喷施后可在土壤表层形成一层很薄的固化膜, 将土壤表面黏结成一个封闭体, 阻止土壤水分的蒸发, 但可以使雨水、农药、营养物质等充分渗入, 该物质经过田间低温氧化和微生物

的作用, 喷施 40~60 d 自然降解, 腐化分解为腐植酸类(有机肥), 彻底解决了塑料地膜对土壤和环境的污染, 而且用后翻压入土, 是优质的土壤改良剂^[7]。在提高地温、节水保墒、改善土壤物理性状、促进作物优质高产等方面效果显著^[8-10]。王小彬等^[11]研究表明, 液膜覆盖明显提高了土壤温度, 促进免耕春玉米的出苗率及生长发育, 增产效果显著。杨青华等^[12-13]研究认为, 液体地膜覆盖对土壤物理性状有明显的影 响, 加快棉花前期生长速度, 加速棉铃干物质积累, 使棉花产量明显增加。张春燕等^[14]研究表明, 液膜覆盖结合大垄沟种植玉米, 明显提高了玉米的出苗率和产量。以往研究多集中在自然条件下液膜覆盖对土壤生态环境效应和作物的影响, 关于不同水分处理下液膜覆盖对作物生长和产量等方面的影响缺乏系统研究。针对上述问题, 本文旨在探讨不同水分处理下液体地膜覆盖对夏玉米生长发育及产量的影响, 以期 为液体地膜在夏玉米生产上的示范推广提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

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℃, 无霜期 210 d, 日照时数 2 398.8 h。测坑为有底测坑, 上口面积为 2 m×3.33 m, 深度为 1.8 m, 下部设 20 cm 厚的砂石滤层, 土层深度为 1.5 m; 测坑区土壤为粉砂壤土, 田间持水率为 24.0%, 有机质质量分数为 0.97%, 土壤体积质量为 1.38 g/cm³; 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。

供试作物为夏玉米, 品种为“浚单 18”, 于 2008-06-02

收稿日期: 2009-01-15 修订日期: 2009-11-26

基金项目: 农业部作物需水与调控重点开放实验室基金; 基本科研业务费专项(2008-9)

作者简介: 强小嫚(1983—), 女, 陕西西安人, 中国农业工程学会会员(E041600013M), 主要从事节水灌溉理论与新技术研究。新乡 中国农科院农田灌溉研究所, 453003。Email: qiangxiaoman@126.com

*通信作者: 周新国(1970—), 男, 河南信阳人, 副研究员, 主要从事作物生理和节水灌溉基础理论研究。新乡 中国农科院农田灌溉研究所, 453003。Email: zhouxg01@tom.com

播种, 种植密度为 67 500 株/hm², 行距 60 cm, 株距 40 cm, 于 2008-09-11 收获。

1.2 试验设计与观测项目

试验分液膜覆盖 (Liquid Film, LF) 和无覆盖 2 种方式, 将无覆盖作为对照处理 (Control Treatment, CK), 液膜采用“金膜神牌第四代多功能降解地膜”, 覆盖量为 150 kg/hm² (按推荐用量每 hm² 施用液膜原粉约 150 kg), 在夏玉米苗期 (2008-06-12) 进行喷施。喷洒时将液膜原粉用 2 倍左右的开水化开搅拌均匀, 再用约 3~5 倍的凉水稀释均匀过滤后, 用喷雾器均匀喷洒于整个测坑。在夏玉米生育期内液膜覆盖和对照处理均设置不同的水分控制下限, 分别占田间持水率的 55%、65%、75%, 即低、中、高水分处理, 共 6 个处理, 每个处理重复 3 次, 分别在 18 个测坑中进行, 每个测坑上口面积为 2 m×3.33 m。土壤含水率采用取土烘干法测定, 当土壤含水率达到其设定下限指标时, 进行灌水, 灌水上限控制在田间持水率的 90% 左右, 灌水方式为畦灌, 灌水时将水管放在测坑中间, 在出水口处铺设透水编织袋, 防止水流冲击地面, 测坑面积较小, 能够保证测坑内土壤含水率的均匀一致。灌水量用水表计量, 液膜喷施后能在短期内与土粒联结成理想的团粒体, 灌水时能保证液膜覆盖的完整性。

具体观测项目如下:

1) 地表温度: 采用直管温度计观测, 温度计分别放置在各处理冠层覆盖度相近的位置。播种后 15 d 开始观测, 每 3 d 读一次数据, 观测时间分别为 8:00、14:00 和 20:00。

2) 土壤水分: 采用取土烘干法测定, 每约 7 d 测定 1 次, 每 20 cm 测定 1 层, 测至 1.2 m 深度。灌水前后加测。

3) 光合、蒸腾速率: 采用 CIRAS-1 光合作用系统 (英

国 PP Systems 公司生产) 测定。日变化值每 2 h 观测 1 次。

4) 生长指标、产量及其构成因子: 夏玉米出苗后每 3 d 采用直尺量测叶长、叶宽和株高, 采用游标卡尺量测茎秆直径。每个测区选取 3 株具有代表性的植株进行观测。叶面积的计算系数采用 LI-3000 A 型叶面积仪 (Portable Area Meter) 确定。夏玉米收获时, 各处理取 15 株作为样本, 主要测定指标有干物质质量、籽粒质量、百粒质量等。

2 结果与分析

2.1 液膜覆盖对地表温度的影响

土壤温度是土壤热状况的直接反映, 适宜的土壤热状况是作物生长发育的前提条件。对防雨棚下不同水分处理的 LF 和 CK 地表温度进行测量, 结果见表 1。可以看出, 各水分处理下 LF 土壤表面温度均比 CK 有明显的升高, 整个生育期内低水分 LF 较 CK 地温升高 7.41%, 中水分升高 6.88%, 高水分升高 6.32%。其原因是液体地膜是一种高分子有机化合物, 兑水施用后在土壤表面形成了一层固化膜, 该膜阻碍了土壤水分的蒸发 (从整个生育期灌水次数来看, 以中水分处理为例, 整个生育期 LF 处理共灌水 3 次, 而 CK 处理共灌水 4 次), 这导致土壤中的热量很难能向大气中扩散, 因而地表热量较长时间保持稳定, 同时, 黑色的固化膜也有利于吸收较多的太阳能, 最终使土壤热通量增大^[15]。因此, 液膜覆盖有显著的增温保温效果。

2.2 液膜覆盖对夏玉米生育进程和形态指标的影响

2.2.1 不同处理对夏玉米生育进程的影响

对不同水分处理下 LF 和 CK 夏玉米生育期进行调查, 结果见表 2。

表 1 不同处理下土壤表面温度变化

Table 1 Variations of soil surface temperatures under different treatments

℃

处理		播后天数/d								相对误差/ %	
		15	25	35	45	55	65	75	85		95
低水分	LF	28.56	31.22	32.23	29	27.81	32.01	29.17	26.49	26.07	7.41
	CK	27.25	29.66	30.25	26.55	25.07	29.48	27.21	24.57	24.41	
中水分	LF	27.87	27.98	29.33	30.78	29.94	26.07	30.06	29.03	27.44	6.88
	CK	26.52	26.21	27.29	27.62	27.62	24.17	28.3	27.43	26.69	
高水分	LF	29.13	29.13	30.26	30.73	28.72	25.81	29.2	28.14	26.58	6.32
	CK	27.74	27.26	28.58	28.66	26.57	23.88	27.45	26.79	25.43	

注: LF 为液膜覆盖。下同。

表 2 不同处理对夏玉米生育进程的影响

Table 2 Impacts of different treatments on growth process of summer maize

d

处理		苗期		拔节期		抽雄期		灌浆期		成熟期	
		DAS	LDS	DAS	LDS	DAS	LDS	DAS	LDS	DAS	LDS
低水分	LF	7	—	37	30	55	18	62	7	94	32
	CK	9	—	39	30	60	21	69	9	98	29
中水分	LF	8	—	36	28	54	18	62	8	95	32
	CK	9	—	37	28	59	22	69	10	100	31
高水分	LF	8	—	36	28	55	19	67	12	103	36
	CK	8	—	37	29	56	19	69	13	101	32

注: DAS、LDS——分别表示播种后天数和持续天数。

不同水分处理下, LF 与 CK 相对夏玉米的生育进程影响不一(表 2)。对于低、中水分处理, LF 较 CK 提前了夏玉米的生育进程,出苗、拔节时间提前了 1~2 d,抽雄、灌浆和成熟期提前了 4~7 d。这是由于土壤水分较低时,影响夏玉米生育进程的主要因素是地温和土壤含水率,液膜覆盖在地表形成的固化膜减少了土壤棵间蒸发从而明显增强了土壤温度,所以使生育进程提前,尤其在灌浆期以后,液膜覆盖由于高温造成作物早衰,提前了夏玉米的成熟期,较对照分别提前了 5 d 左右。对于高水分处理,夏玉米生育前期 LF 和 CK 相比差异不是

很显著,原因是前期气温较低且二者的土壤含水率比较接近。LF 较 CK 成熟期推迟了 2 d,在成熟阶段的持续天数上,LF 比 CK 延长了 4 d,原因是土壤含水率较高时,液膜覆盖有增温保墒的作用,使得土壤含水率较高,从而延长了夏玉米的成熟期。

2.2.2 液膜覆盖对夏玉米株高和茎粗的影响

通过对 LF 和 CK 处理的夏玉米株高和茎粗的观测,分别对各生育阶段的株高和茎粗数据进行对比分析,结果见图 1 及表 3。

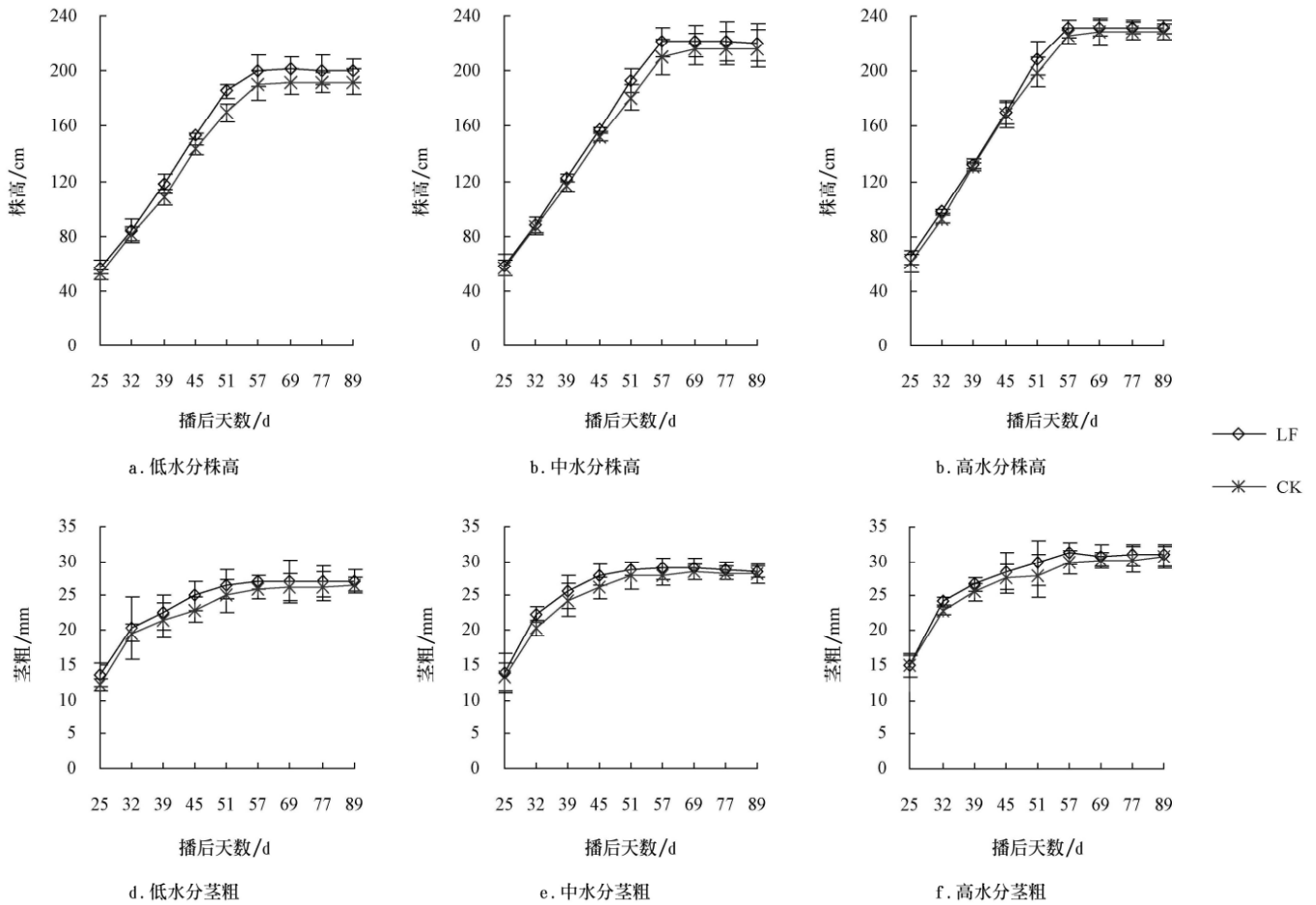


图 1 液膜覆盖和对照处理下株高和茎粗生长变化

Fig.1 Growth variation of plant height and stem diameter under liquid film mulching and CK treatments

表 3 液膜覆盖与对照处理下株高和茎粗的显著性分析

Table 3 Notability analysis of liquid film mulching and CK treatments on plant height and stem diameter

处理	苗期(播后25 d)		拔节期(播后45 d)		抽雄期(播后60 d)		灌浆期(播后77 d)		
	株高/cm	茎粗/mm	株高/cm	茎粗/mm	株高/cm	茎粗/mm	株高/cm	茎粗/mm	
低水分	LF	57.2a	13.5a	152.9a	25.0a	199.8a	27a	200.3a	27.2a
	CK	52.2b	12.1b	142.8b	23.2b	189.7b	25.7b	192.5b	26.3b
中水分	LF	58.9a	13.9a	157.6a	28.1a	221.3a	28.8a	221.5a	28.9a
	CK	56.8a	13.2a	151.7b	26.2b	210.4b	27.9b	216.6a	28.2a
高水分	LF	64.9a	15.1a	170.3a	28.6a	231.4a	31.2a	231.9a	31.0a
	CK	60.7b	14.9a	168.5b	27.5b	225.1b	29.9b	228.8a	30.2a

注:同一水分处理下 LF 和 CK 有相同字母者表示差异未达 0.05 (小写字母) 显著水平,不同字母表示差异达到显著水平。下同。

如图 1 所示, 播种后随着夏玉米的不断生长, LF 与 CK 在 3 个水分处理下株高和茎粗具有相似的变化规律, 即从苗期到抽雄期有逐渐增加的趋势, 抽雄期以后夏玉米由营养生长向生殖生长转变, 形态指标变化比较缓慢, 基本呈直线状态。整个生育期, 3 个水分处理下 LF 株高和茎粗值均较 CK 偏大, 并且在低水分处理时, 2 项指标偏大的程度比其他 2 个水分处理明显。说明液膜覆盖能有效提高夏玉米株高和茎粗的生长。这种促进作用在营养生长的拔节期和生殖生长的抽雄期表现最为突出。

对夏玉米各生育期典型日液膜覆盖和对照不同水分处理下株高和茎粗进行显著性分析, 结果见表 3。可知, 低水分处理下各生育阶段 LF 和 CK 相比株高和茎粗均达到显著性差异; 中水分处理在拔节期和抽雄期株高和茎粗均差异显著, 其他阶段差异不显著; 高水分处理在拔节期和抽雄期株高和茎粗均达到显著性差异, 苗期株高差异显著。以上分析可知, 整个生育期内, 3 种水分处理下液膜覆盖对夏玉米株高和茎粗影响表现最明显的阶段为拔节期和抽雄期。

经数据分析得出, 低、中、高 3 个水分处理, 与 CK 相比, LF 夏玉米株高在拔节期分别增加了 10.372%、8.412%、5.740%, 抽雄期分别增加了 6.563%、4.798%、4.536%; 茎粗在拔节期分别增加了 6.414%、5.420%、5.129%, 抽雄期分别增加了 5.544%、4.948%、4.560%。可见, 液膜覆盖明显促进了夏玉米株高和茎粗发育, 2 项

指标在低水分处理时增加的幅度最大, 原因是液膜对土壤有良好的增温和保墒效果, 使夏玉米能更好地抵抗干旱逆境, 为其生长发育提供了有利的生长环境。

2.2.3 液膜覆盖对夏玉米叶面积指数的影响

液膜覆盖促进了夏玉米株高和茎粗的生长发育, 进而影响着夏玉米叶面积指数 (LAI) 的变化。叶面积指数的大小, 直接决定着作物群体对光能的截获能力和光能利用率, 最终影响作物的产量。

如图 2 所示, 不同水分处理下 LF 和 CK 在夏玉米整个生育期内 LAI 变化规律基本一致, 拔节期以后, 随着气温的升高, LAI 迅速增加, 近于直线增长, 到抽雄期达到最大, 进入抽雄期以后, 营养生长逐渐被生殖生长所取代, 黄叶数开始增多, 之后 LAI 开始逐渐减小。低水分处理时, 与 CK 相比, 灌浆期 (播种后 65 d 左右) 以前, 液膜覆盖下 LAI 偏大; 灌浆期以后, LAI 偏小。原因是当土壤水分较低时, 由于液膜覆盖的增温作用, 使得夏玉米生育期提前, 叶片提前衰老且生育后期叶片衰老速度较快, 所以, 低水分处理使得灌浆期之后 LF 比 CK 叶面积指数小。对于中、高水分处理, 整个生育期内 LF 比 CK 叶面积指数偏大。由此也说明液膜有很好的增温作用, 而且其中含有一定量的植物生长调节剂、土壤调理剂和肥料, 能有效地改善土壤的结构、养分和热量状况, 对夏玉米的生长非常有利。

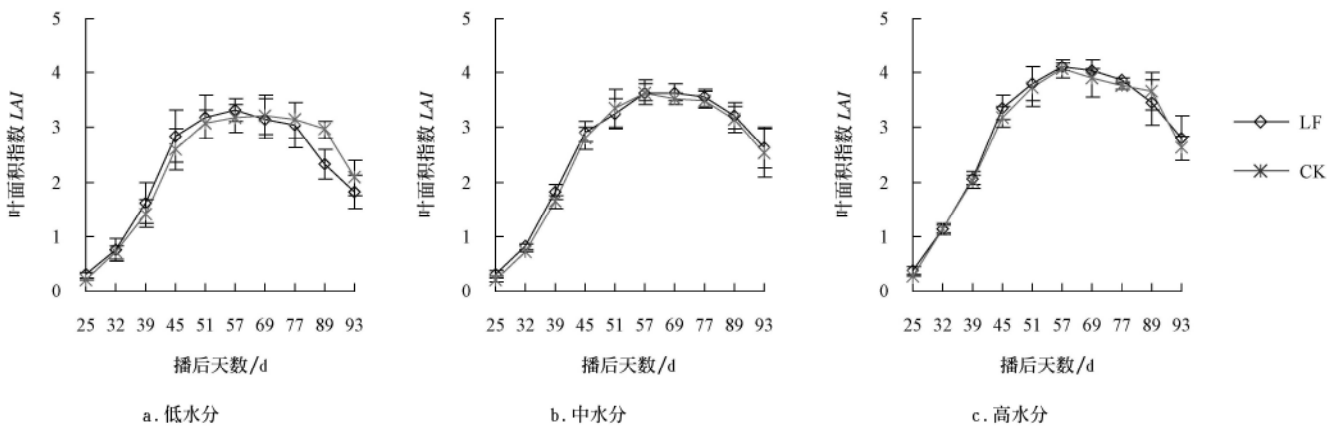


图 2 液膜覆盖和对照处理下叶面积指数变化

Fig.2 Variations of LAI under liquid film mulching and CK treatments

2.3 液膜覆盖对夏玉米光合特性的影响

光合作用和蒸腾作用是作物维持水分代谢和营养物质传输、吸收的重要途径, 同时也是干物质积累和作物消耗水分的主要方式。为了研究液膜覆盖对夏玉米光合特性的影响, 对高水分处理下夏玉米抽雄期典型日 (2008-08-01) 的光合速率 (P_n) 和蒸腾速率 (Tr) 日变化进行分析, 结果如图 3 所示。

图 3 中, 夏玉米抽雄期液膜覆盖和对照处理下 P_n 和 Tr 的日变化曲线均呈“单峰型”趋势, 表现出早晨和傍晚较低而中午较高的变化规律, 峰值均出现在中午 12:00 左右, 之后又开始逐渐减小。这与 Kalt-Torres 等^[16]人的研究结果基本一致, 认为夏玉米 P_n 的峰值出现在光强最

强的中午, 且夏玉米是高光效的 C_4 作物, 不会出现“光合午休”现象^[17]。图 3 可知, LF 和 CK 处理下光合速率日变化趋势基本一致, 且 LF 要比 CK 光合速率偏大。日变化从早上开始逐渐上升, CK 处理下中午 12:00 P_n 值达到 $27.028 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 此时 LF 处理下 P_n 值达到 $29.867 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 之后随时间的延长二者的 P_n 值缓慢下降。整个日变化过程中液膜覆盖的 P_n 值要高于对照处理。

图 3b 表明, 早上 8:00 开始, Tr 值开始急剧上升, 12:00 左右达到峰值, 之后缓慢下降。上午 8:00—10:00 这一阶段液膜覆盖的 Tr 和对照很接近, 中午时刻, 液膜覆盖 Tr 值达到 $5.224 \text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 对照达到

4.877 mmol/(m²·s), 之后二者 T_r 值均逐渐下降, 12:00—18:00 这一阶段液膜覆盖的 T_r 值均明显高于对照处理。整个日变化过程中, 液膜覆盖的 T_r 值大于对照处理, 且 12:00 以后尤为明显。这是因为液膜覆盖不仅有保墒作用并增强了土壤的温度, 早上开始由于温度较低, 二者差异不是很明显。中午太阳辐射强烈, 气温增加, 对于液膜覆盖而言, 其温度和水分都优于对照处理, 更有利于

此阶段夏玉米的高蒸腾, 故中午 12:00 以后液膜覆盖的夏玉米 T_r 值明显大于对照处理。液膜覆盖使得土壤温度升高, 不仅影响了土壤中微生物的活动、有机物质的分解矿化等过程, 而且还影响着土壤水分、空气和养分等肥力因素的变化, 从而促进了夏玉米光合和蒸腾过程, 有利于夏玉米光合产物的形成^[18]。

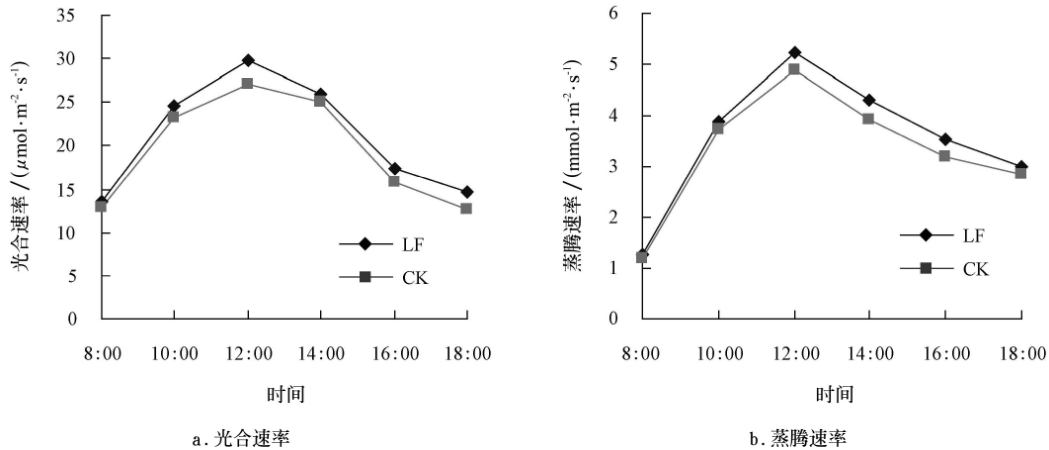


图3 液膜覆盖和对照处理下光合速率和蒸腾速率日变化

Fig.3 Daily variations of photosynthetic rate and transpiration rate under liquid film mulching and CK treatments

2.4 液膜覆盖对夏玉米产量的影响

液膜覆盖措施对土壤肥力、作物个体性状和生理性状等方面不同程度的影响将最终体现在对作物产量以及产量构成因素的影响上。对不同水分处理 LF 和 CK 夏玉米产量及其结构进行分析, 结果见表 4。

表 4 不同处理对夏玉米产量的影响

Table 4 Impacts of different treatments on yield of summer maize

处理	经济产量/ (kg·hm ⁻²)	经济产量较 对照增产/%	生物产量/ (kg·hm ⁻²)	生物产量较 对照增产/%	
低水分	LF	6993a	56.97	13239.1a	14.21
	CK	4455b		11591.8b	
中水分	LF	7398a	35.42	14216.7a	5.65
	CK	5463b		13456.2a	
高水分	LF	9153a	15.57	16700.0a	4.97
	CK	8820a		15909.7a	

表 4 所示, 各水分处理中, 高水分处理夏玉米经济产量和生物产量均优于中水分处理和低水分处理。从耕作措施来看, LF 条件下经济产量和生物产量均高于 CK, 说明液膜覆盖对产量的形成有良好的促进作用。就经济产量而言, 低、中水分处理下 LF 较 CK 增产显著, 分别增加了 56.97% 和 35.42%, 高水分下二者差异不显著, 增产率为 15.57%; 就生物产量而言, 低水分处理下 LF 较 CK 差异显著, 生物产量增加了 14.21%, 中、高水分下二者差异不显著, 增产率分别为 5.65% 和 4.97%。以上分析可知, 液膜覆盖在低水分处理下相比对照增产效果最为显著, 中水分处理次之, 高水分处理增产效果最

差。说明液膜覆盖的增温保墒作用为夏玉米的生长发育提供了有利的生长环境, 使得液膜覆盖夏玉米能有效抵抗干旱逆境达到增产的效果, 具有显著的节水增产效应。

2.5 液膜覆盖夏玉米的经济效益

液膜覆盖是一项有效调节土壤—农作物间水分条件的栽培技术, 液膜覆盖有效抑制了土壤水分的无效蒸发, 具有增温保墒、早熟增产的效果。衡量其是否有推广价值, 不仅要看其节水增产效果, 还要看它的经济效益。对夏玉米不同水分处理条件下 LF 和 CK 的投入和产出各指标进行分析, 如表 5 所示, 3 个水分处理中, 低、中水分条件下 LF 产出值、纯收入和产投比均大于 CK, 高水分处理下 LF 产出值虽大于 CK, 但 LF 纯收入和产投比均小于 CK。由表 5 分析可知, 低水分 LF 较 CK 产出值、纯收入分别增加了 3 553.2、2 353.2 元/hm², LF 产投比大于 CK, LF 为 1.695, CK 仅为 1.363; 中水分 LF 较 CK 产出值、纯收入分别增加了 2 709、1 509 元/hm², LF 产投比较 CK 稍大, LF 为 1.770, CK 为 1.645; 高水分 LF 虽产出值大于 CK, 但纯收入和产投比方面, LF 均小于 CK。说明低水分处理下液膜覆盖促进夏玉米产值增加, 农民纯收入增加, 产投比增加, 使夏玉米经济效益显著增加; 中水分处理液膜覆盖夏玉米经济效益次之; 高水分处理条件下液膜覆盖较对照虽产出值有所增加, 但纯收入和产投比均小于对照处理。以上分析表明, 在中国干旱半干旱地区土壤含水量较低情况下, 夏玉米采用液膜覆盖栽培模式能达到节水增产的目的, 明显提高其经济效益、生态效益和社会效益。

表 5 液膜覆盖条件下夏玉米的经济效益分析
Table 5 Economic benefit analysis of summer maize under liquid film mulching

处理		生产投资/(元·hm ²)						产出值/ (元·hm ²)	纯收入/ (元·hm ²)	产投比	
		种子	化肥	农药	水电费	液膜	人工费				总投入
低水分	LF	375	2 250	150	600	750	1 650	5 775	9 790.2	4 015.2	1.695 : 1
	CK	375	2 250	150	600		1 200	4 575	6 237.0	1 662.0	1.363 : 1
中水分	LF	375	2 250	150	675	750	1 650	5 850	10 357.2	4 507.2	1.770 : 1
	CK	375	2 250	150	675		1 200	4 650	7 648.2	2 998.2	1.645 : 1
高水分	LF	375	2 250	150	750	750	1 650	5 925	12 814.2	6 889.2	2.163 : 1
	CK	375	2 250	150	750		1 200	4 725	12 348.0	7 623.0	2.613 : 1

注: 夏玉米按市场价 1.4 元/kg 计算。

3 结论与讨论

本研究就液体地膜在不同的水分处理下对夏玉米形态指标、光合特性、产量、经济效益等的影响进行了初步探讨, 结果表明:

1) 液膜覆盖使低、中水分处理的夏玉米生育期提前, 高水分处理成熟期延迟。在株高、茎粗方面, 液膜覆盖均比对照偏大, 其中, 低水分处理下液膜覆盖和对照的差异最为显著。在叶面积指数方面, 低水分条件下生育前期液膜覆盖较对照叶面积指数偏大, 灌浆期之后, 则偏小; 对于中、高水分处理, 整个生育期内液膜覆盖比对照叶面积指数偏大。说明低水分处理下液膜覆盖使得夏玉米表现出明显的早衰现象。

2) 夏玉米的光合速率和蒸腾速率日变化均呈典型的“单峰型”曲线, 液膜覆盖下的光合速率和蒸腾速率日变化值均较对照偏大。液膜覆盖更利于夏玉米光合产物的形成。

3) 低水分处理下夏玉米液膜覆盖相比对照增产效果最为显著, 经济产量增加 56.97%; 中水分处理次之, 增产 35.42%; 高水分处理增产效果最差, 增产 15.57%。说明在旱地夏玉米采用液膜覆盖栽培模式能有效达到节水增产的效果。

4) 低水分处理夏玉米液膜覆盖条件下的产出值、纯收入和产投比均明显大于对照, 中水分处理次之, 高水分处理液膜覆盖产出值虽大于对照, 但纯收入和产投比均小于对照。其中, 低水分处理下液膜覆盖较对照产出值增加了 3 553.2 元/hm², 纯收入增加了 2 353.2 元/hm², 液膜覆盖的产投比为 1.695, 对照仅为 1.363。液膜覆盖使夏玉米能有效抵抗干旱逆境从而达到增产的效果, 显著提高其经济效益, 在水资源紧缺的干旱半干旱地区, 液膜覆盖是利于粮食安全生产的一种有效途径。

本研究仅就液膜覆盖对夏玉米生长发育与产量的影响进行了初步探讨, 以上结论还有待进一步研究验证, 以期得到更精确的结果。

[参 考 文 献]

[1] 张德奇, 廖允成, 贾志宽. 旱区地膜覆盖技术的研究进展及发展前景[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(1): 208—213.
Zhang Deqi, Liao Yuncheng, Jia Zhikuan. Research advances

and prospects of film mulching in arid and semi-arid areas[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2005, 23(1): 208—213. (in Chinese with English abstract)

[2] 河南省农业科学院. 棉花优质高产栽培[M]. 北京: 农业出版社, 1992.

[3] 付国占, 李潮海, 王俊忠, 等. 残茬覆盖与耕作方式对土壤性状及夏玉米水分利用效率的影响[J]. 农业工程学报, 2005, 21(1): 52—56.
Fu Guozhan, Li Chaohai, Wang Junzhong, et al. Effects of stubble mulch and tillage managements on soil physical properties and water use efficiency of summer maize[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2005, 21(1): 52—56. (in Chinese with English abstract)

[4] 马爱平, 靖华, 亢秀丽, 等. 旱地冬小麦覆盖黑色液膜对土壤微生境及产量的影响[J]. 水土保持学报, 2006, 20(5): 103—105.
Ma Aiping, Jing Hua, Kang Xiuli, et al. Influence of black fluid-film mulched covered winter wheat in dry land on soil microhabitats and yield[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2006, 20(5): 103—105. (in Chinese with English abstract)

[5] 严昌荣, 梅旭荣, 何文清, 等. 农用地膜残留污染的现状与防治[J]. 农业工程学报, 2006, 22(11): 269—272.
Yan Changrong, Mei Xurong, He Wenqing, et al. Present situation of residue pollution of mulching plastic film and controlling measures[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2006, 22(11): 269—272. (in Chinese with English abstract)

[6] 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.
Mai Zizhen, Cheng Bingwen, Wang Yong, et al. Effects of plastic film and straw mulching on field environment and yield of maize[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2007, 15(2): 66—68. (in Chinese with English abstract)

[7] 田原宇, 乔英云, 黄伟, 等. 白色污染与腐植酸多功能可降解黑色液态地膜[J]. 腐植酸, 2006, (2): 19—23.
Tian Yuanyu, Qiao Yingyun, Huang Wei, et al. The white pollution vs humic acid multi-function degradable black liquid mulching film[J]. Humic Acid, 2006, (2): 19—23. (in Chinese with English abstract)

[8] 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(3): 29—32.
Yang Qinghua, Han Jinfeng, He Dexian, et al. Study on water-retention effect of liquid film mulching[J]. Journal of

- Soil and Water Conservation, 2004, 18(3): 29–32. (in Chinese with English abstract)
- [9] 曹元英, 卮振德, 朱坤永. 液态地膜在大豆上的应用效果研究[J]. 现代化农业, 2000, (6): 11–12.
Cao Yuanyin, Nie Zhende, Zhu Kunyong. Application effect of liquid film in soybean[J]. Modern Agriculture, 2000, (6): 11–12. (in Chinese with English abstract)
- [10] 王建红, 李英法, 陶晓东. 液体生态地膜不同用量对小米草生长及产量的影响[J]. 草原与草坪, 2003, (2): 47–48.
Wang Jianhong, Li Yingfa, Tao Xiaodong. Effect of ecological fluid soil conditioner on echinocloa frumentacea link at different application rate[J]. Grassland and Turf, 2003, (2): 47–48. (in Chinese with English abstract)
- [11] 王小彬, 蔡典雄. 旱作农田保护性耕作—液膜—施肥综合技术研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(6): 22–25.
Wang Xiaobin, Cai Dianxiong. Integrated management of conservation tillage, emulsified bituminous mulch and fertilization in dryland farming[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2005, 21(6): 22–25. (in Chinese with English abstract)
- [12] 杨青华, 韩锦峰, 刘华山. 液体地膜对棉花成铃与产量的影响[J]. 华北农学报, 2003, 18(2): 36–38.
Yang Qinghua, Han Jinfeng, Liu Huashan. Effect of liquid film mulching on the retained bolls and yield of cotton[J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2003, 18(2): 36–38. (in Chinese with English abstract)
- [13] 杨青华, 韩锦峰, 贺德先, 等. 液体地膜覆盖棉花高产机理研究[J]. 中国农业科学, 2008, 41(8): 2520–2527.
Yang Qinghua, Han Jinfeng, He Dexian, et al. Study on high-yielding mechanism of liquid film mulching on cotton[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2008, 41(8): 2520–2527. (in Chinese with English abstract)
- [14] 张春艳, 杨新民. 液态地膜对玉米生长及产量的影响[J]. 青岛农业大学学报: 自然科学版, 2008, 25(3): 227–230.
Zang Chunyan, Yang Xinmin. Affects of liquid film on growth and yield of maize[J]. Journal of Qingdao Agricultural University: Natural Science, 2008, 25(3): 227–230. (in Chinese with English abstract)
- [15] 杨青华, 贺德先, 刘华山. 液体地膜覆盖对棉花产量与土壤环境的影响[J]. 农业工程学报, 2005, 21(5): 123–126.
Yang Qinghua, He Dexian, Liu Huashan. Effect of liquid film mulching on cotton yield and soil environment[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2005, 21(5): 123–126. (in Chinese with English abstract)
- [16] Kalt-Torres W, Kerr P S, Usuda H, et al. Diurnal changes in maize leaf photosynthesis. I. carbon exchange rate, assimilate export rate, and enzyme activities[J]. Plant Physiology, 1987, 83: 283–288.
- [17] Crafts-Brandner S J, Salvucci M E. Sensitivity of photosynthesis in a C₄ plant, maize, to heat stress[J]. Plant Physiology, 2002, 129(4): 1773–1780.
- [18] 刘庚山, 郭安红, 任三学, 等. 不同覆盖对夏玉米叶片光合和水分利用效率日变化的影响[J]. 水土保持学报, 2004, 18(2): 152–156.
Liu Gengshan, Guo Anhong, Ren Sanxue, et al. Effects of different mulching methods on diurnal variation of leaf photosynthesis and water use efficiency for summer maize[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2004, 18(2): 152–156. (in Chinese with English abstract)

Effect of liquid film mulching on growth and yield of summer maize under different soil moisture conditions

Qiang Xiaoman^{1,2}, Zhou Xinguo^{1,2*}, Li Caixia^{1,2}, Guo Dongdong^{1,2}, Liu Zugui^{1,2}, Zhang Junpeng^{1,2}

(1. Key Laboratory for Crop Water Requirement and Regulation, Ministry of Agriculture, Xinxiang 453003, China;

2. Farmland Irrigation Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Xinxiang 453003, China)

Abstract: Aiming at decreasing agricultural pollution caused by plastic mulching, impacts of liquid film mulching (LF) on crop growth and grain yield of summer maize were studied, which results were compared to the control treatment (CK). Results indicated that plant height and stem diameter of LF were greater than that of CK, and the difference was the most significant under lower soil moisture condition. Under lower soil moisture condition, leaf area index (LAI) of LF was greater than that of CK in the earlier growing stage, while smaller in the later growing stage. Under medium and higher soil moisture conditions, however, LAI of LF was higher than that of CK in the whole growing period. LF increased the photosynthetic and transpiration rate significantly. Under lower soil moisture condition, the grain yield of LF increased by 56.97%, and the ratio of output to input was 1.695. Under higher soil moisture condition, the grain yield of LF only increased by 15.57%, and the ratio of output to input of LF was smaller than that of CK. The study indicates that liquid film mulching is effective for drought-resistance, saving irrigation water amount and improving yield.

Key words: liquid films, crops, soil moisture, growing development, yield, the ratio of output to input