

秋覆盖的保水效应及对春玉米生长的影响

乔灵芝^{1,2}, 王俊鹏^{1,2}, 张 春^{1,2}, 韩清芳^{1,2*},
张 惠^{1,2}, 贾志宽^{1,2}, 杨宝平^{1,2}

(1. 农业部西北黄土高原作物生理生态与耕作重点实验室, 陕西 杨凌 712100;

2. 西北农林科技大学中国旱区节水农业研究院/旱区作物高效用水工程实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 设置高($9\ 000\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)、中($6\ 000\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)、低($3\ 000\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)3 种不同量秸秆覆盖和平覆、垄覆 2 种不同方式的地膜覆盖, 以全程不覆盖为对照, 研究了秋季雨后覆盖(休闲期加生育期全程覆盖)对土壤水分及春玉米生长状况的影响。结果表明: 在冬闲期, 各覆盖处理(除秸秆覆盖 $3\ 000\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 处理)的土壤蓄水量分别较不覆盖处理(CK)增加了 21.22 mm、20.49 mm、18.37 mm 和 19.5 mm, 使玉米出苗较 CK 至少提前了 3 d。在播种期~大喇叭口期(播后 70 d), 平覆地膜和垄覆地膜平均土壤蓄水量分别较对照增加 15.57 mm 和 15.73 mm; 秸秆覆盖 $6\ 000\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 $9\ 000\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 处理平均土壤蓄水量分别较对照增加 12.05 mm 和 12.03 mm。秸秆覆盖处理在玉米生长后期土壤蓄水量较对照增加不显著。秋覆盖处理均可促进春玉米个体的生长, 地膜覆盖处理可以显著提高春玉米生长前期的单株干重、株高和叶面积, 秸秆覆盖在生育后期较对照显著提高。平覆地膜、垄覆地膜两个处理的玉米籽粒产量和水分生产效率分别较对照增加 14.6%、13.9% 和 11.0%、11.1% ($P < 0.05$), 秸秆覆盖处理增产均不显著。

关键词: 秋覆盖; 土壤水分; 春玉米; 生长

中图分类号: S513.048 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)03-0013-06

Effects of autumn covering on soil water storage and spring maize growth

QIAO Ling-zhi^{1,2}, WANG Jun-peng^{1,2}, ZHANG Chun^{1,2}, HAN Qing-fang^{1,2*},
ZHANG Hui^{1,2}, JIA Zhi-kuan^{1,2}, YANG Bao-ping^{1,2}

(1. Key Laboratory of Crop Physiology and ecology and Tillage in Northwestern loess Plateau, Minister of Agriculture, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Water-saving Agriculture Research in Chinese Arid Areas, Northwest A & F University Engineering Laboratory of Crop Effectively Using Water in Arid Areas, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: To study the influence of mulching in autumn on soil moisture and growth condition of spring maize, three different rates of straw mulching (straw mulching $3\ 000\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, straw mulching $6\ 000\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, straw mulching $9\ 000\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$) and two different patterns of plastic film mulching (film mulching and furrow-film mulching) were tested, no mulch cover treatment (CK) set as control. Results were as follows: except the $3\ 000\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ straw mulching, compared with CK, soil water storage in the rest four treatments was increased by 21.22 mm, 20.49 mm, 18.37 mm and 19.5 mm respectively in the winter fallow period. Maize emergence time with these mulching methods was advanced 3 days earlier than CK. In the period between seeding and Full-grown stage(after sowing 70ds), soil water storages in film mulching and furrow-film mulching treatments were increased 15.57 mm and 15.73 mm, compared to CK; Soil water storages in straw mulching $6\ 000\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ and $9\ 000\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ treatments were increased 12.05 mm and 12.03 mm, compared to CK. In the late stage of corn growth, soil water storage was higher in soils with mulch than in CK, but had no significant difference. Mulching in autumn promoted the individual growth of spring corn. Film mulching significantly enhanced dry matter per plant, plant height and leaf area in the early stage of corn growth, while straw mulching enhanced corn growth in the late stage. By using film mulching and furrow-film mulching treatments, corn grain yield and

收稿日期: 2013-01-15

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划课题(2012BAD09B03, 2011BAD29B09-1-3B); 国家 863 课题(2013AA102902); 陕西科技创新项目(2011NXC01-16); 公益性行业科研专项(201303104); 高等学校学科创新引智计划资助(B12007)

作者简介: 乔灵芝(1987—), 女, 宁夏中宁人, 硕士研究生, 研究方向为植物抗旱栽培。E-mail: qiaolz87@163.com

* 通信作者: 韩清芳, E-mail: hanqf88@nwsuaf.edu.cn。

water production efficiency were increased by 14.6%, 13.9%, and 11.0%, 11.1% ($P < 0.05$), respectively, while straw mulching method had no affect on corn yield.

Keywords: autumn cover; soil moisture; spring maize; growth

我国是一个干旱面积较大的国家,旱作农田占耕地面积的 50% 以上^[1],其中降雨量 550 ~ 600 mm 的半湿润易旱区,耕地占全国的 4.1%,为北方旱区热量条件最好的农区,农业生产潜力较大。该区降雨不足,年际变化大,蒸发强烈,且季节分布不均,自然降雨的分布与作物需水关键期错位等自然条件,严重制约着农作物的生长与产量提高^[2]。如何通过田间管理措施,减少水分无效消耗,高效利用有限降雨是该区域节水抗旱农业发展的关键。

覆盖技术通过避免地表裸露降低径流和蒸发等水分损失,是旱地农业中行之有效的栽培措施,它的形成与发展已有六七十年的历史^[3],已被广泛地运用在玉米^[4]、小麦^[5]、马铃薯^[6]及苜蓿^[7]等作物的栽培中。目前形成体系的地面覆盖技术主要有砂田覆盖、秸秆覆盖、地膜覆盖和化学覆盖 4 种,应用最为广泛的是秸秆覆盖和地膜覆盖^[8-9]。秸秆覆盖措施主要利用麦秸、玉米秸、稻草、绿肥等覆盖于已翻耕或免耕的地面,成本低廉^[8]。已有研究认为秸秆覆盖能有效提高作物的水分利用效率^[10],并使作物增产^[11]。也有试验认为秸秆覆盖不能增产^[12],且早期秸秆覆盖会影响玉米出苗和生长,导致减产和水分生产效率降低^[13]。塑料地膜覆盖方式因自然条件、生产季节、栽培习惯及作物种类而不同,产生的效果也不相同^[9]。塑料地膜覆盖能够促进玉米根系对土壤水分、养分的吸收,增加粒重^[14]。在半干旱

区的研究表明^[15],普通塑料地膜覆盖可提高玉米不同生育阶段 0 ~ 60 cm 土层土壤贮水量,增强 0 ~ 200 cm 土层土壤含水率的稳定性。

目前,国内外对不同作物不同覆盖时期、不同秸秆覆盖量和不同覆盖方式对土壤环境及作物生长的影响已进行了大量研究^[16-18],但由于农田覆盖技术存在极大的区域性差异,所得研究结论并不相同,形成的覆盖模式也不具有普遍性。本试验结合沟垄集雨种植模式,在降雨量 550 ~ 600 mm 的半湿润易旱区,于秋季雨后进行不同量的秸秆覆盖和不同方式地膜覆盖,研究秋覆盖秸秆和普通地膜对土壤水分应用及玉米生长的影响,为提高旱作区降水利用效率和促使作物高产提供技术途径及理论基础。

1 试验材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2010—2011 年设在西北农林科技大学农作试验一站,该站位于秦岭北麓、渭河平原西部的头道塬上(34°21' N,108°10' E),海拔 454.8 m。该区属于暖温带季风半湿润区,年均气温 12℃ ~ 14℃,多年平均降水量 580.5 mm,蒸发量 993 mm。春季降水偏少、干旱,雨量主要集中在 7、8、9 三个月。土壤为塬土,土层深厚、通气良好,田间土壤持水量为 21.12%,地下水埋深约 80 m。试验地 0 ~ 60 cm 土壤基础养分如表 1,试验点覆盖期间月降雨量如图 1。

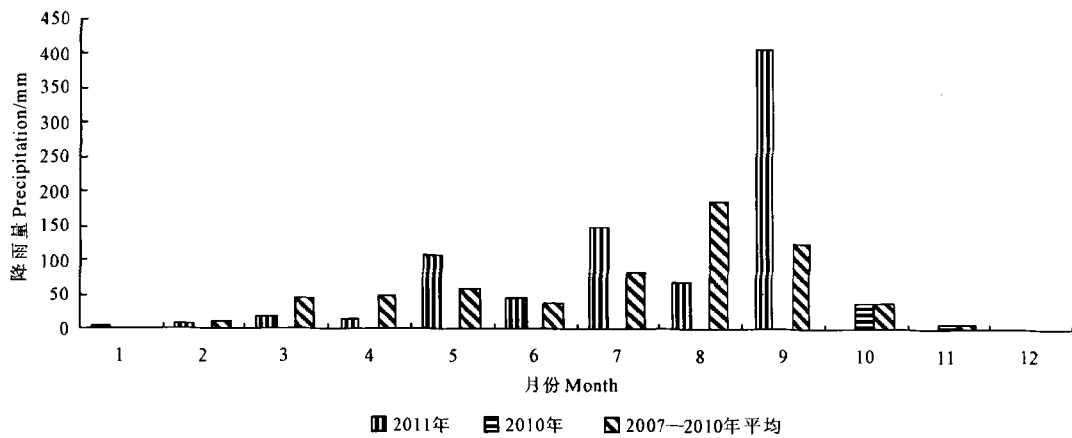
表 1 试验地基础养分含量
Table 1 Foundation nutrient in test field

土层 Soil Layer /cm	有机质 Organic /(g·kg ⁻¹)	全氮 Total N /(g·kg ⁻¹)	全钾 Total K /(g·kg ⁻¹)	全磷 Total P /(g·kg ⁻¹)	碱解氮 Available N /(mg·kg ⁻¹)	速效钾 Available K /(mg·kg ⁻¹)	速效磷 Available P /(mg·kg ⁻¹)
0 ~ 20	13.57	0.68	0.55	11.32	45.17	133.69	11.04
20 ~ 40	11.25	0.48	0.48	11.04	33.34	101.72	6.93
40 ~ 60	7.23	0.36	0.42	10.39	19.05	85.37	5.64

1.2 试验设计

试验在平衡施肥(复合肥 337.5 kg·hm⁻²,纯氮 67.5 kg·hm⁻² + 40.5P₂O₅ kg·hm⁻² + 27K₂O kg·hm⁻²)基础上,采取随机区组排列,重复 3 次。试验共设 6 个处理:高(GJ)、中(ZJ)、低(DJ)秸秆覆盖量分别为 9 000 kg·hm⁻²、6 000 kg·hm⁻²和 3 000 kg·hm⁻²,全部平种;沟垄种植设垄覆地膜(LM)和平地覆盖(PM),以全程不覆盖平种为对照(CK)。于 2010 年

10 月 20 日进行覆盖,覆盖至玉米收获后,覆盖材料为小麦秸秆(整秆)和普通 PE 地膜。小区面积为 49.5 m²(5.5 m × 9 m),沟垄种植模式下垄宽 50 cm、沟宽 10 cm,玉米种于沟中。供试玉米品种为郑单 958,播种密度 48 075 株·hm⁻²,行距 60 cm,株距 30 cm。玉米于 2011 年 4 月 22 日人工点播,播种时秸秆覆盖均匀度较好,残破地膜在播前进行了补覆,玉米拔节期追施尿素 300 kg·hm⁻²,9 月 2 日收获。



注:降雨资料来源于杨凌示范区气象站 Note: precipitation data from Yangling weather station

图 1 2010—2011 年试验期降雨量月分布

Fig.1 Distribution of whole growth precipitation at experiment sites in 2010—2011

1.3 试验测定指标及方法

采用土钻取样烘干法,在覆盖后每 2 个月、播种后每 1 个月测定 0~200 cm 土壤含水量直至玉米成熟,其中 0~20 cm 土层每 10 cm 分层取样,20 cm 以下土层 20 cm 分层取样。在玉米各生育期分别取样 5 株,测定其株高、叶面积(单株完全展开叶)及干物质积累量(105℃条件下杀青 1 h,然后以 80℃烘至恒重测定)。玉米收获后进行常规考种和测产。

1.4 数据处理

采用 Microsoft Excel 2007 和 DPS 7.05 数据处理软件进行数据处理和分析。

2 结果与分析

2.1 秋覆盖下的土壤水分变化

2.1.1 冬闲期土壤的蓄水保墒作用及对玉米出苗的影响 秋季覆盖为冬闲期(近半年的时间内)的裸露地表提供了一层保护屏障,能有效地蓄水保墒,为春玉米前期生长提供有利条件。PM、LM、ZJ 和 GJ

处理玉米覆盖至播前 0~200 cm 土壤蓄水量分别较 CK 增加 21.22、20.49、18.37 mm 和 19.5 mm ($P < 0.05$),土壤蓄水效率分别较 CK 增加 26.1%、25.2%、22.8% 和 23.7%,各处理间差异不显著 ($P > 0.05$)。各覆盖处理苗期 0~200 cm 蓄水量较播前(冬闲末期)显著提高,其中,地膜处理与其它处理和 CK 差值差异显著,分别为 41.19 mm、42.30 mm ($P < 0.05$),秸秆覆盖处理差值与 CK 差异不显著。

PM、LM、ZJ 和 GJ 覆盖处理使得苗期耕层的含水量较 CK 显著增加了 1.72%、1.88%、0.97% 和 1.32%(表 2),同时还增加了土壤温度,播后 10 d, PM、LM 和 ZJ、GJ 处理 0~25 cm 土层的平均地温显著比对照高 3.8℃、3.5℃、2.1℃ 和 2.8℃。良好的水热条件使其出苗期分别较 CK 和 DJ 提前了 5 d、5 d 和 3 d、3 d(表 3),DJ 处理由于覆盖度低,增温保湿效果较差,其播前、播后 10 d 土壤水分和苗期生长趋势与 CK 无差异(表 2)。

表 2 秋季不同覆盖方式冬闲期 0~200 cm 土壤的蓄水效应

Table 2 Effect of different mulching treatments on soil water storage (0~200 cm) during winter fallow

处理 Treatment	冬闲期降水量 Precipitation during winter fallow/mm	土壤蓄水量/mm Soil water storage during winter fallow		蓄水效率 Water storage efficiency/%	播后 10 天耕层 0~20 cm 含水量 water at sowing 10 days/%	播后 10 天 0~25 cm 日平均地温 Daily average temperature at 0~25 cm soil layer sowing 10 days/℃
		冬闲初期 Initial	冬闲末期 Terminal			
PM	81.4	560.47	590.24a	36.57a	21.27a	30.5a
LM			589.51a	35.67a	21.43a	30.2a
CK			569.02b	10.50b	19.55c	26.9c
DJ			571.31b	13.32b	19.69c	26.7c
ZJ			587.39a	33.07a	20.52b	28.8b
GJ			588.52a	34.46a	20.86b	29.5b

注:同一列内数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。下同。

Note: Different small letters in the same column data represents the significantly difference at 5% level. Hereinafter the same.

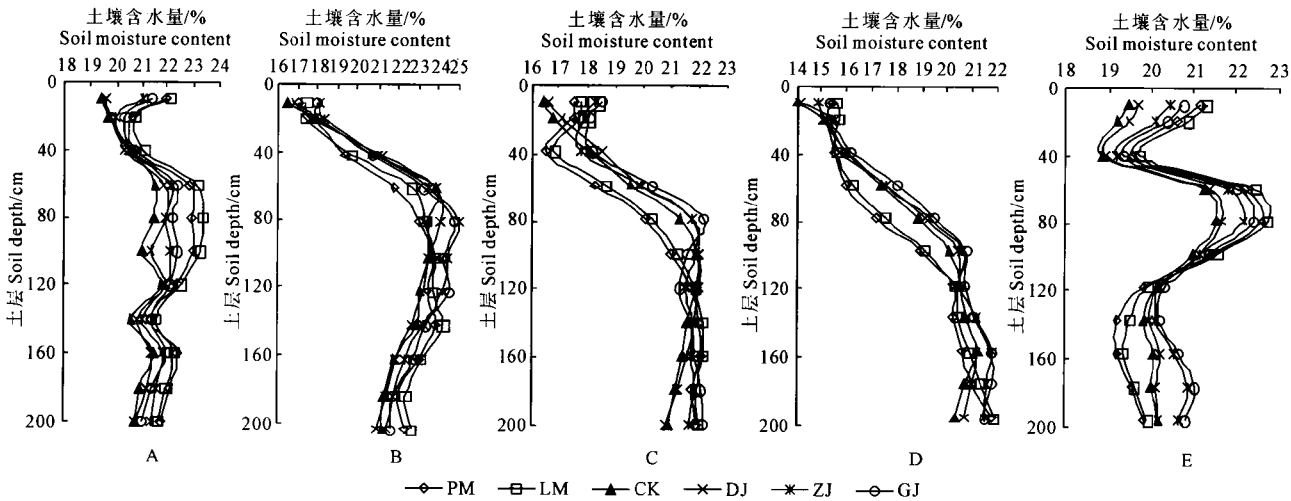
表 3 秋季不同覆盖下春玉米的出苗情况
Table 3 The emergence of different mulching treatments
of spring maize

处理 Treatment	播种(月-日) Sowing(m-d)	出苗(月-日) Emergence(m-d)	出苗期/d Emergence day
PM	04-22	04-30	13
LM	04-22	04-30	13
CK	04-22	05-05	18
DJ	04-22	05-05	18
ZJ	04-22	05-03	16
GJ	04-22	05-03	16

2.1.2 玉米生育期内 0~200 cm 土壤含水量时空变化 玉米不同生长阶段的土壤含水量受到降雨、作物吸收、蒸腾等因素的影响。播后 20 d(05-12)(图 2A),处于玉米出苗后到拔节初期,各覆盖处理

0~200 cm平均土壤含水量均显著高于 CK ($P < 0.05$)。在 0~40 cm 和 60~120 cm 土层,PM、LM、ZJ 和 GJ 处理显著高于 CK 和 DJ 处理,而在 120~200 cm 土层各覆盖处理间土壤含水量差异不显著。

播后 50 d(06-12)(图 2B),处于玉米拔节后到大喇叭口初期,随着玉米生长的加快,耗水增加,加上此期间降雨较少,各处理 0~60 cm 土壤含水量明显下降,不同处理 0~200 cm 土层平均土壤含水量在 21.6%~22.1% 之间,均无显著差异。地膜覆盖处理接纳降雨的能力较差,且受增温效应的影响,玉米生长相对较快,对土壤水分的消耗高于其它处理,20~80 cm 土层土壤含水量低于其它处理。而 ZJ 和 GJ 处理 80~120 cm 土层土壤含水量显著高于其它处理。



注:A:播后 20 天 B:播后 50 天 C:播后 70 天 D:播后 90 天 E:播后 130 天
Note: A: 20 d after sowing B: 50 d after sowing C: 70 d after sowing D: 90 d after sowing E: 130 d after sowing
图 2 玉米生育期不同覆方式的土壤含水量动态

Fig.2 The dynamics change of soil water content with different mulching treatments

播后 70 d(07-02)(图 2C),处于玉米大喇叭口向抽雄期过渡期。PM、LM、ZJ 和 GJ 处理 0~20 cm 土层土壤含水量显著高于 CK 和 DJ 处理 ($P < 0.05$);40~100 cm 土层秸秆覆盖处理的 DJ、ZJ 和 GJ 与 CK 无差异,显著高于 PM 和 LM 处理 ($P < 0.05$),这可能由于秸秆覆盖处理前期的低温效应影响了玉米对该层次的土壤水分的吸收消耗,而连续降雨下渗又使得 140~200 cm 土层各覆盖处理土壤含水量略高于 CK。
播后 90 d(07-22)(图 2D),此时玉米至灌浆期。7 月较高的温度导致玉米植株叶片的蒸腾加强,增加了土壤水分的消耗,PM 和 LM 处理平均土壤含水量 0~200 cm 土层均低于 CK。在 40~120 cm 土层

地膜覆盖 (PM 和 LM) 处理显著低于对照 ($P < 0.05$),而秸秆覆盖 (DJ、ZJ 和 GJ)略高于对照;120~200 cm 土层,ZJ 和 GJ 处理平均土壤含水量较 CK 提高 3% 和 3.2%,差异不显著。
播后 130 d(09-02)(图 2E),由于灌浆后期向成熟期过渡时的 7 次集中有效降雨,使得玉米收获后各处理 0~80 cm 土层土壤含水量明显高于播后 90 d;0~40 cm 和 60~100 cm 土层,各处理土壤含水量显著高于 DJ 和 CK 处理;40~60 cm 土层各处理间无差异;120~200 cm 土层,ZJ 和 GJ 处理平均土壤含水量显著高于 CK 和 DJ 处理 ($P < 0.05$),而 PM 和 LM 处理较其它处理明显降低。

2.2 秋覆盖下的玉米生长状况

由于秋覆盖处理影响了玉米生育期的土壤水热状况,进而对玉米的生长发育产生影响。秋覆盖各处理春玉米的株高和叶面积在生育前期都显著高于CK,生长后期差异不显著。PM 和 LM、ZJ 和 GJ 处理间无显著差异,DJ 和 CK 无显著差异。

在生长前期,地膜覆盖处理的玉米株高显著高于秸秆覆盖,生长后期,由于气温增加及植株对太阳辐射的拦截捕获,覆盖对地温的影响开始减小(图 3),秸秆覆盖下株高赶上甚至超过地膜覆盖,株高随着覆盖量的增大而增高。受土壤水分差异的影响,在整个生育期内,PM 和 LM 处理平均单株叶面积分别较 CK 提高了 66.1%和 70.4% ($P < 0.05$),ZJ 和 GJ 处理分别较 CK 提高了 31.0%和 36.0% ($P < 0.05$)(图 4)。

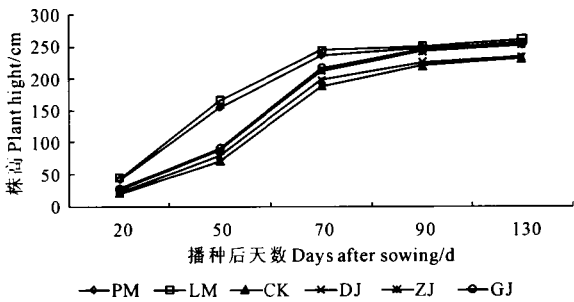


图 3 不同处理下玉米株高动态变化
Fig.3 The dynamics change of maize plant height with different treatments

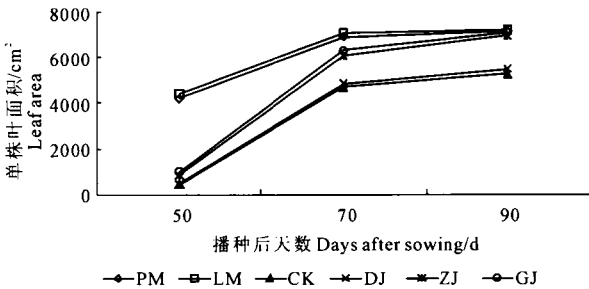


图 4 不同处理下春玉米单株叶面积的变化
Fig.4 The change of leaf area of spring maize with different treatments

播后 20 d,PM 和 LM 处理地上部单株干物质量显著($P < 0.05$)高于 CK,分别较对照高 1.68 g 和 1.78 g;秸秆覆盖在春玉米生长前期具有明显的低温效应,作物生长缓慢,与对照无显著性差异(表 4)。播后 50 d,PM 和 LM 处理玉米单株干重显著高于 CK 处理($P < 0.05$),而秸秆覆盖处理与 CK 差异不显著,主要受生育进程的影响:此时 PM 和 LM 处理已进入拔节后期,而 CK 和秸秆处理刚进入拔节

期,PM 和 LM 分别较对照提高 50.79 g 和 59.76 g。播后 70 d、90 d、130 d,PM、LM、ZJ 和 GJ 玉米单株干重分别都较 CK 显著提高($P < 0.05$),其增加的幅度随着生育进程的推进而提高。播后 70 d,增幅在 28.06 ~ 76.18 g 之间;播后 90 d,增幅在 19.05 ~ 122.02 g 之间;播后 130 d,其增幅在 111.5 ~ 127.36 g 之间。而 DJ 在整个生育期地上部单株干物质量与 CK 无显著性差异。

表 4 不同处理下春玉米地上部单株干重动态变化
Table 4 The dynamics change of dry matter of spring maize with different treatments

处理 Treatment	播后天数 Days after sowing/d				
	20	50	70	90	130
PM	1.88a	57.20ab	147.05a	271.03a	397.00b
LM	1.98a	66.17a	156.73a	278.00a	402.16b
CK	0.20b	6.41d	80.55c	155.95c	290.66c
DJ	0.26b	7.11cd	88.83c	158.58c	313.29c
ZJ	0.26b	11.72c	112.54b	175.78b	408.87a
GJ	0.36b	12.60c	113.61b	185.93b	418.02a

2.3 秋覆盖下的玉米产量及水分利用效率

秋覆盖处理对玉米的产量构成因素均产生影响(表 5)。不同覆盖处理的穗粒数 PM 和 LM 处理显著高于其它处理($P < 0.05$);PM、LM、ZJ 和 GJ 处理百粒重显著高于 CK 和 DJ 处理($P < 0.05$);亩穗数 PM 和 LM 处理显著高于其它处理($P < 0.05$)。

秋季不同覆盖处理下,PM 和 LM 处理产量分别较 CK 提高了 14.6%和 13.9%,DJ、ZJ 和 GJ 处理与 CK 无差异(表 5)。各覆盖处理较 CK 的耗水量未显著增加,但 PM 和 LM 处理的水分利用效率均显著高于 CK($P < 0.05$),较 CK 提高了 11.0%和 11.1%,秸秆覆盖处理与 CK 差异不显著。

3 结论与讨论

1) 在我国北方干旱半干旱地区,雨量主要集中在 7、8、9 三个月,春季降水偏少,在春玉米播种期易发生严重“春旱”,影响出苗。试验结果表明:在降雨量 550 ~ 650 mm 的半湿润易旱区雨养农田,秋季进行不同方式覆盖均可显著提高冬闲期(除 DJ 处理)和玉米生长前期 0 ~ 200 cm 土层土壤蓄水量,且秸秆覆盖处理在玉米生长后期土壤蓄水量较不覆盖对照略有增加。在冬闲期,各覆盖处理(除 DJ 处理)的土壤蓄水效率分别较 CK 显著增加 26.1%、25.2%、22.8%和 23.7%;PM、LM、ZJ 和 GJ 处理玉米播后 100 ~ 200 cm 土壤蓄水量分别较 CK 显著增加 31.7、36.11、15.28 mm 和 18.95 mm,各覆盖处理不但改善

表 5 不同处理对春玉米产量构成因素、产量及水分利用效率的影响
Table 5 Effect of different treatments on yield components of maize, yield and water use efficiency

处理 Treatment	穗粒数 Kernels per row	百粒重 Hundred-kernels weight/g	亩穗数 Acres panicles	籽粒出产率 Rate of production/%	籽粒产量 Grain yield /(kg·hm ⁻²)	耗水量 Water consumption/mm	水分利用效率 WUE /(kg·mm ⁻¹ ·hm ⁻²)
PM	586.82a	39.85a	2906a	89.95a	12309.22a	416.34a	29.57a
LM	568.67a	39.85a	2886a	90.04a	12239.53a	413.67a	29.59a
CK	534.90b	36.79b	2618b	88.99a	10741.62b	403.35a	26.63b
DJ	540.01b	36.20b	2672b	88.37a	10741.01b	402.89a	26.66b
ZJ	547.82b	37.09a	2718b	89.86a	11038.8b	417.53a	26.44b
GJ	547.55b	38.56a	2758b	89.87a	11057.4b	418.25a	26.43b

了土壤水分条件,还增加了土壤温度,使玉米出苗较 CK 至少提前了 3 d。在作物生长前期,地膜覆盖保墒效果显著,覆膜处理土壤含水量较对照提高,在 0~80 cm 土层最明显,到作物生长中后期,受作物生长耗水影响,地膜覆盖表层土壤含水量较对照高,但中下层土壤含水量低于对照,这与王俊等^[19]在甘肃、李荣等^[20]在陕西合阳的研究结果一致。这说明秋季覆盖地膜能够在作物出苗及生长前期及时蓄水保墒,为半湿润易旱区作物的春旱提供一条合理的解决措施。李爽等^[21]在辽宁半干旱雨养农业区的研究结果表明:秸秆覆盖能不同程度地增加土壤含水量,且显著高于对照,这与本试验结果并不一致。这是由于秸秆覆盖处理下春玉米在玉米生长阶段降雨量较多,使其土壤含水量与 CK 差异不显著,这也是导致本研究秸秆覆盖处理与对照相比增产不显著的主要因素。但秸秆覆盖的前期蓄水效果是明显的。

2) 本研究表明,秋覆盖处理可促进春玉米个体的生长,缩短整个生育进程。其中,地膜覆盖处理可以显著提高春玉米生长前期的单株干重、株高和叶面积,秸秆覆盖在生育后期较对照显著提高;地膜覆盖处理全生育期较对照缩短了 11 d,秸秆覆盖和对照差异不显著。平覆地膜、垄覆地膜均可显著增产和提高水分利用效率,分别较对照增加 14.59%、13.94%和 11.04%、11.11%。这与王学兰^[22]在甘肃临夏进行的秋季全膜覆盖及蔡太义等^[23]在渭北旱塬的研究结果相似。王昕等^[24]在宁夏南部半干旱区的研究表明,秸秆覆盖可以有效提高作物的产量,且随着覆盖量的加大,增产效应增强。而本研究发现,由于试验当年降雨量较大,秸秆覆盖处理增产不明显,高覆盖量(9 000 kg·hm⁻²)的产量虽高于中覆盖量(6 000 kg·hm⁻²),但差异并不显著。秸秆覆盖的增产效果需通过多年定位试验验证。

参 考 文 献:

[1] 刘永忠,张克强,王根全,等.旱地农业覆盖栽培技术研究进展[J].中国农学通报,2005,21(5):202-205.

[2] 张正茂,任广鑫,闵安成.渭北旱塬冬小麦不同栽培方式初探[J].干旱地区农业研究,1999,17(4):36-40.

[3] 李生秀.中国旱地农业[M].北京:中国农业出版社,2005:39.

[4] 李尚中,王 勇,樊廷录,等.旱地玉米不同覆膜方式的水温及增产效应[J].中国农业科学,2010,43(5):922-931.

[5] Zhang Jiyang, Sun Jingsheng, Duan Aiwang, et al. Effects of different planting patterns on water use and yield performance of winter wheat in the Huang-Huai-Hai Plain of China[J]. Agricultural Water Management, 2007,92(1/2):41-47.

[6] Wang Xiaoling, Li Fengmin, Jia Yu, et al. Increasing potato yields with additional water and increased soil temperature[J]. Agricultural Water Management, 2005,78(3):181-194.

[7] 寇江涛,师尚礼,蔡卓山.垄沟集雨种植对旱作紫花苜蓿生长特性及品质的影响[J].中国农业科学,2010,43(24):5028-5036.

[8] 张宝生,宋志文.植物生产与环境[M].北京:高等教育出版社,2006:162.

[9] 吴普特,牛文全.现代高效节水灌溉设施[M].北京:化学工业出版社,2002,1(5):63-66.

[10] 赵聚宝,梅旭荣,薛军红,等.秸秆覆盖对旱地作物水分利用效率的影响[J].中国农业科学,1996,29(2):59-61.

[11] 卜玉山,苗果园,邵林海,等.对地膜和秸秆覆盖玉米生长发育与产量的分析[J].作物学报,2006,32(7):1090-1093.

[12] 汪丙国,勒孟贵,方连玉,等.衡水试验场冬小麦田土壤水流动系统分析[J].水土保持研究,2001,8(1):89-93.

[13] 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.

[14] 李建奇.地膜覆盖对春玉米产量、品质的影响机理研究[J].玉米科学,2008,6(5):87-92,97.

[15] 张 杰,任小龙,罗诗峰,等.环保地膜覆盖对土壤水分及玉米产量的影响[J].农业工程学报,2010,26(6):14-19.

[16] Lar R. Tillage and mulching effects on maize yield for seventeen conservation seasons on a tropical alfisol[J]. Sustain Agric, 1995,5:79-93.

[17] 付占国,李潮海,王俊忠.残茬覆盖与耕作方式对土壤性状及玉米水分利用效率的影响[J].农业工程学报,2005,21(1):52-56.

(下转第 65 页)

旬,日均增长量为3.2 cm。就不同灌水量与新梢生长的关系来看,两者之间呈正相关性,灌水量最大的T1处理其全生育期的新梢生长量为146.3 cm,显著高于灌水量最小的T3处理的112.3 cm,这与杨素苗等人在红富士苹果上的研究结果一致^[14]。同等灌水量条件下采取秸秆覆盖措施可显著增加新梢的增长量,这是因为秸秆覆盖收集雨水促进了下渗,减少了无效蒸发而使更多水分转化为有效的生物蒸腾,有效的抑制了农田水分的非目标性输出^[15],进而改善了土壤水分状况,促进了新梢生长。

作物耗水量主要由三部分组成,分别为降雨量、灌水量和土壤水^[16],王淑芬等^[17]研究表明,灌溉水占到了冬小麦耗水量的18%~68%。本试验结果表明,灌水量对枸杞的耗水量贡献最大,在48.1%~65.3%之间。从耗水量的构成趋势来看,耗水量与灌溉定额呈正比,呈现出耗水量越大,灌溉定额所占比例越大,反之,耗水量与降雨量和土壤供水量的大小呈负相关,这与宋爱红等人研究结论一致^[18]。就总耗水量的大小而言:CK>T1>T2>T3,其中CK的耗水量为1305.95 mm,T3为977.33 mm。

试验中枸杞产量、水分利用效率与灌水量之间呈二次曲线关系,这与王淑芬等人在冬小麦上的研究结果相似^[17]。从产量、水分利用效率与灌水定额的关系图可以看出,在秸秆覆盖措施下,灌水量为6270 m³·hm⁻²的T2处理在所有处理中表现为耗水量较低,而产量和水分利用效率最高的覆盖及灌溉模式;但是从理论层面上讲,要同时使得枸杞产量和水分利用效率出现最佳耦合的灌水量应在6270 m³·hm⁻²至7840 m³·hm⁻²区间,因此更进一步的枸杞精确定量灌溉需要多年多梯度的细化研究。

参考文献:

- [1] Doring T F, Brandt M, et al. Effects of strawmulch on soil ni-trate dynamics, weeds, yield and soil erosion in organically grown potatoes[J]. Field Crops Research, 2005, 94: 238-249.
- [2] 虎胆·吐马尔拜. 秸秆覆盖保墒效果探讨[J]. 灌溉排水学报, 1997, 16(3): 23-27.
- [3] 刘超, 汪有科, 湛景武, 等. 秸秆覆盖量对夏玉米产量影响的试验研究[J]. 灌溉排水学报, 2008, 27(4): 64-66.
- [4] 赵聚宝, 梅旭荣, 薛军红, 等. 秸秆覆盖对旱地作物水分利用效率的影响[J]. 中国农业科学, 1996, 29(2): 59-66.
- [5] 孟毅, 蔡焕杰, 王健, 等. 麦秆覆盖对夏玉米的生长及水分利用的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2005, 33(6): 131-135.
- [6] 卜玉山, 苗果园, 邵林海, 等. 对地膜和秸秆覆盖玉米生长发育与产量的分析[J]. 作物学报, 2006, 32(7): 1090-1093.
- [7] 郑国琦, 马宏伟, 许兴. 盐胁迫下宁夏枸杞盐分、甜菜碱累积及其与光合作用关系的研究[J]. 中国生态农业学报, 2003, 19(3): 58-60.
- [8] 尚德福. 节水灌溉是宁夏引(扬)黄灌区改造的必由之路[J]. 宁夏大学学报(自然科学版), 2002, 21(2): 170-173.
- [9] 朱金霞, 张源沛, 郑国保, 等. 不同灌水量对枸杞光合特性和产量的影响[J]. 节水灌溉, 2012, (1): 28-30.
- [10] 郑国琦, 张磊, 郑国保, 等. 不同灌水量对干旱区枸杞叶片结构、光合生理参数和产量的影响[J]. 应用生态学报, 2010, 21(11): 2806-2813.
- [11] 张广忠, 王有科, 樊辉, 等. 不同覆盖材料的保水效果及其对枸杞生长发育的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(2): 49-52.
- [12] 强生才, 张恒嘉, 莫非, 等. 微集雨模式与降雨变律对燕麦大田水生态过程的影响[J]. 生态学报, 2011, 31(9): 2366-2370.
- [13] 于舜章, 陈雨海, 余松烈, 等. 沟播和垄作条件下冬小麦田的土壤水分动态变化研究[J]. 水土保持学报, 2005, 19(2): 133-137.
- [14] 杨素苗, 李保国, 齐国辉, 等. 灌溉方式对红富士苹果根系活力和新梢生长及果实产量质量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(5): 181-184.
- [15] 樊廷录. 旱地农田微集水种植的水分生产潜力增进机理研究[J]. 水土保持研究, 2003, 10(1): 98-100.
- [16] 管建慧, 张永平, 蒋阿宁. 不同灌水处理对春小麦耗水特性及产量的影响[J]. 农学通报, 2009, 25(08): 272-276.
- [17] 王淑芬, 张喜英, 裴冬. 不同供水条件对冬小麦根系分布、产量及水分利用效率的影响[J]. 农业工程学报, 2006, 22(2): 27-32.
- [18] 宋爱红, 王文龙, 王仰仁. 灌水对麦田水分状况及耗水量的影响[J]. 人民黄河, 2010, 32(3): 76-78.
- [18] Kishor, Atreya, Subodh Sharma, et al. Developing a sustainable agro-system for central Nepal using reduced tillage and straw mulching[J]. Journal of Environmental Management, 2008, 88: 547-555.
- [19] 王俊, 李凤民, 宋秋华, 等. 地膜覆盖对土壤水温和春小麦产量形成的影响[J]. 应用生态学报, 2003, 14: 205-210.
- [20] 李荣, 王敏, 贾志宽, 等. 渭北旱塬区不同沟垄覆盖模式对春玉米土壤温度、水分及产量的影响[J]. 农业工程学报, 2012, 28(2): 106-113.
- [21] 李爽, 孙占祥, 张莹, 等. 不同覆盖方式对春玉米土壤水分及生长发育的影响[J]. 辽宁农业科学, 2010, (1): 1-4.
- [22] 王学兰. 全膜双垄沟播方式对旱地玉米产量和水分利用效率的影响[J]. 甘肃科技, 2011, 27(19): 183-185.
- [23] 蔡太义, 贾志宽, 孟蕾, 等. 渭北旱塬不同秸秆覆盖量对土壤水分和春玉米产量的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(3): 43-48.
- [24] 王昕, 贾志宽, 韩清芳, 等. 半干旱区秸秆覆盖量对土壤水分保蓄及作物水分利用效率的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(4): 196-202.

(上接第18页)