

半干旱区全膜覆土穴播对春小麦 耗水特征和产量的影响

侯慧芝¹, 张绪成^{1,2}, 尹嘉德², 方彦杰¹, 于显枫¹, 王红丽¹, 马一凡¹

(1. 甘肃省农业科学院旱地农业研究所 / 甘肃省旱作区水资源高效利用重点实验室, 甘肃 兰州 730070;

2. 甘肃农业大学农学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要:为研究甘肃半干旱地区全膜覆土穴播小麦的耗水特征及其对产量的影响,以春小麦陇春27号为材料,于2012-2014年,通过3年大田定位试验,设全膜覆土穴播(PMS)和露地穴播(CK)2个处理,分析了不同生育阶段耗水量、耗水模系数、耗水速率、生长速率、耗水效率和水分利用效率等指标。结果表明,PMS处理0~300 cm土层土壤贮水量高于CK,苗期、拔节期和灌浆期分别增加了15.6~34.1 mm、20.7~22.1 mm和15.1~42.1 mm。在播种-拔节期,PMS处理在2013、2014年的耗水模系数和耗水速率较CK分别增加了16.9%、10.5%和20.0%、5.8%,灌浆期分别降低了28.2%、10.6%和26.3%、14.4%。在2012-2014年PMS处理的生长速率较CK分别提高了87.0%~153.7%、42.8%~366.1%、87.4%~133.0%;耗水效率分别提高了73.3%~200.2%、93.8%~288.2%、77.1%~155.5%,均差异显著。PMS处理的株高、单株重、小穗数、穗粒数、穗粒重和千粒重均显著高于CK,产量增加了35.4%~61.9%,水分利用效率(WUE)提高了44.6%~63.3%。表明全膜覆土穴播能显著调节春小麦在不同降水年型的耗水进程和耗水特性,提高地上部生物量、生长速率和耗水效率,在全生育期耗水量无显著增加的条件下,显著提高产量和WUE。

关键词:全膜覆土穴播;春小麦;耗水特征;水分利用效率;产量

中图分类号:S512.1⁺2 **文献标志码:**A

Effects of full plastic-film mulching with bunch planting on water consumption characteristics and grain yield of spring wheat in semi-arid region

HOU Hui-zhi¹, ZHANG Xu-cheng^{1,2}, YIN Jia-de², FANG Yan-jie¹,
YU Xian-feng¹, WANG Hong-li¹, MA Yi-fan¹

(1. Institute of Dry-land Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Northwest Drought-Resistant Crop Farming, Lanzhou, Gansu 730070, China; 2. Agronomy College, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: The study on spring wheat water consumption and its effects on grain yield of spring wheat are helpful to understand the mechanism of grain yield increase of soil-plastic mulching technology in semiarid region of northwest Loess Plateau. This is also necessary to explore the technology, which could improve the water use efficiency and yield in the future. The spring wheat (*Triticum aestivum*, longchun 27) was selected as test material and a field experiment was conducted from 2012 to 2014 on northwest Loess Plateau (104°36' E, 35°35' N). The two treatments were: whole field soil with plastic mulching and bunching seeded (PMS), unmulched field and bunching seeded (CK). The seasonal soil water content, aboveground biomass, yield, and its components were measured; the periodical water consumption, water consumption modulus coefficient, water consumption rate, plant growth rate, water consumption efficiency and grain water use efficiency (WUE) had been calculated. The soil water storage in 0~300 cm profile of PMS was higher than that in CK, increased by 15.6~34.1 mm in seedling stage, 20.7~22.1 mm in jointing stage and 15.1~42.1 mm in filling stage from 2012 to 2014. From sowing to jointing sta-

收稿日期:2018-04-09

修回日期:2019-03-14

基金项目:国家自然科学基金(31560355);甘肃省农业科学院农业科技创新专项(2017GAAS27);国家科技支撑计划项目(2015BAD22B04);甘肃省重点研发计划(18YF1WA092)

作者简介:侯慧芝(1980-),女,甘肃西峰人,博士,副研究员,主要从事农业生态学研究。E-mail: houhuizhi666@163.com

通信作者:张绪成(1973-),男,甘肃民勤人,博士,研究员,主要从事农业生态及植物生理生态的研究。E-mail: gszhangxuch@163.com

ges, the water consumption modulus coefficient and water consumption intensity of PMS were higher than that with CK by 16.9%, 10.5%, and 20.0%, 5.8%, from filling to maturity, it was lower than that with CK by 28.2%, 10.6%, and 26.3%, 14.4% in 2013 and 2014, respectively. The growth rate was increased by 87.0%~153.7%, 42.8%~366.1%, 87.4%~133.0% and the water consumption efficiency were increased by 73.3%~200.2%, 93.8%~288.2%, 77.1%~155.5%, respectively. The plant height, plant weight, spike lets, grain number, grain weight per spike, 1000-grain weight of PMS were significantly higher than that with CK, resulted in the increment of 35.4%~61.9% for grain yield, and 44.6%~63.3% for the water use efficiency without significantly increase in evapotranspiration. Consequently, soil-plastic mulching and bunching seeding regulated water consumption process and characteristics of spring wheat in different precipitation years significantly, increased aboveground biomass growth rate and water consumption efficiency, resulted in the significant improvement in grain yield and WUE, where without remarkable increase in evapotranspiration in whole growth season.

Keywords: whole field soil plastic mulching; spring wheat; water consumption characteristics; water use efficiency; yield

西北黄土高原旱作区作物产量长期低而不稳,其原因一方面在于自然降水和作物需水错位,另外与蒸发强烈和作物水分利用效率低有直接关系^[1-2]。农田全地面地膜覆盖后,实现了自然降水的跨季节利用,部分解决了水分供需错位的问题,增加土壤贮水量,活化土壤养分,促进作物生长发育,提高作物出苗后耗水速度并加大耗水量^[3-4],显著提高作物的养分和水分利用效率,使得作物产量大幅度提高^[4-6]。目前,对于地膜覆盖条件下小麦、玉米、马铃薯、小杂粮等作物的增产效应已有共识^[7-12],认为地膜覆盖后提高了土壤水分和温度,促进了作物群体发育^[6-10]。地膜覆盖的保水效应及其对作物产量和水分利用效率的影响已有很多研究,但对作物的水分利用过程和耗水特征研究较少。作物的耗水特征受养分、覆盖、灌溉制度等因素的显著影响^[13-16]。深耕和深松的耗水模系数在播种-拔节期下降、拔节-成熟期升高^[17];地膜覆盖降低了冬小麦播种-返青期、抽穗-成熟期的耗水量,但提高了拔节-抽穗期的耗水量^[18];使玉米抽雄以后的耗水速率增加,但在拔节-抽雄期下降^[19]。以上耕作栽培措施改变了作物耗水特性的主要原因是影响了农田蒸发,进而影响了作物的耗水过程^[20]。

全膜覆土穴播栽培技术(地膜平铺覆盖全部农田后在地膜上覆土1~2 cm,用专用地膜穴播机播种),通过抑制蒸发(尤其是休闲期和春季播前的蒸发)改善了作物生育前期的土壤水分状况,并显著提高小麦前期土壤温度,有效降低灌浆期土壤温度,从而避免高温导致青干造成的小麦减产,可使小麦增产30%以上,显著提高水分利用效率^[5,7]。土壤水分和热量条件的阶段性改变,必然影响作物的发育进程和需耗水特性。全膜覆土穴播可能会

通过调节农田蒸腾、蒸发关系来影响春小麦的耗水特征,但目前对此缺乏系统研究。因此,本文通过3年大田定位试验,对比分析全膜覆土穴播和露地穴播小麦不同生育期的阶段耗水量、耗水模系数、耗水速率、耗水效率等,探明全膜覆土穴播小麦的耗水特征及其对产量形成和水分利用的影响,为阐明全膜覆土穴播的水分效应和增产机制提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于甘肃省农业科学院定西试验站(104°36' E, 35°35' N)。该区海拔1970 m,年均气温6.2℃,年均降水量415 mm,6~9月降水量占年降水量的68%,降水相对变率为24%,400 mm降水保证率为48%,为典型旱地雨养农业区。试验区土壤为黄绵土,0~30 cm土层平均容重 $1.25 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,田间持水量为21.18%,永久凋萎系数为7.2%。

1.2 试验设计

供试春小麦品种为甘肃省农业科学院小麦研究所选育的陇春27号。试验设全膜覆土穴播(PMS,地膜平铺整个地面,在膜上覆土1~2 cm)和露地穴播(CK)2个处理,每处理3次重复,小区面积 $7 \text{ m} \times 7.5 \text{ m} = 52.5 \text{ m}^2$ 。2个处理均用穴播机播种,每穴播 10 ± 2 粒,行距20 cm,穴距为13 cm;2012年PMS处理在播种前整地、施肥、覆膜,2012年和2013年小麦收获后及时整地、施肥、覆膜,于次年春季播种。各处理施肥量均为 $\text{N } 150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 P_2O_5 $180 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 K_2O $84 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,肥料采用基施。2012年3月16日播种,7月23日收获;2013年3月20日播种,7月30日收获;2014年3月23日播种,7月

30 日收获。

根据甘肃省农业科学院定西试验站气象资料统计(图 1),2012 年试验区全年降雨 484.4 mm,春小麦生育期降雨 219.3 mm,主要集中在 5-7 月;2013 年试验区全年降雨 551.9 mm,春小麦生育期降雨 308.6 mm,但从 2 月 19 日到 4 月 18 日无降雨,7 月份降雨几乎占春小麦整个生育期降雨的 50%;2014 年试验区全年降雨量为 482.2 mm,春小麦生育期降雨量为 205.7 mm,其中 4 月降雨 76.3 mm,5 月降雨 17.2 mm,6 月降雨 81.9 mm,降雨季节分配严重不均,季节性干旱特征非常明显,与春小麦生育期需水规律不吻合。2012 年试验区最低温为 -19.8°C ,最高温为 21.6°C ,平均气温为 6.33°C ;2013 年最低温为 -13.6°C ,最高温为 21.4°C ,平均气温为 7.19°C ;2014 年最低温为 -11.9°C ,最高温为 23.6°C ,平均气温为 6.82°C 。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 土壤贮水量 在小麦播前、苗期、拔节期、孕穗期、灌浆期和成熟期分别用土钻法取各小区 0~300 cm 土样,测定步长为 20 cm,用烘干称重法测定土壤含水量。土壤贮水量 $SWS(\text{mm}) = W_s \times b \times d$,式中, W_s 为土壤含水量(%), b 为土壤容重($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$), d 为土壤深度(mm)。

1.3.2 地上部生物量 在小麦苗期、拔节期、孕穗期、灌浆期和成熟期,每个小区分别选取长势均一的 10 株小麦,用烘干法测定干物质重。

1.3.3 产量及其构成因素 成熟期每小区随机取 20 株小麦进行室内考种,考种指标包括穗长、穗重、穗粒数、千粒重、单株干物质;每个小区单打单收,统计实际产量,折合成公顷产量。

1.3.4 阶段耗水量(ET_i) 参考王红丽等^[8]的方法

$$ET_i = SWS_i - SWS_{i+1} + P_i$$

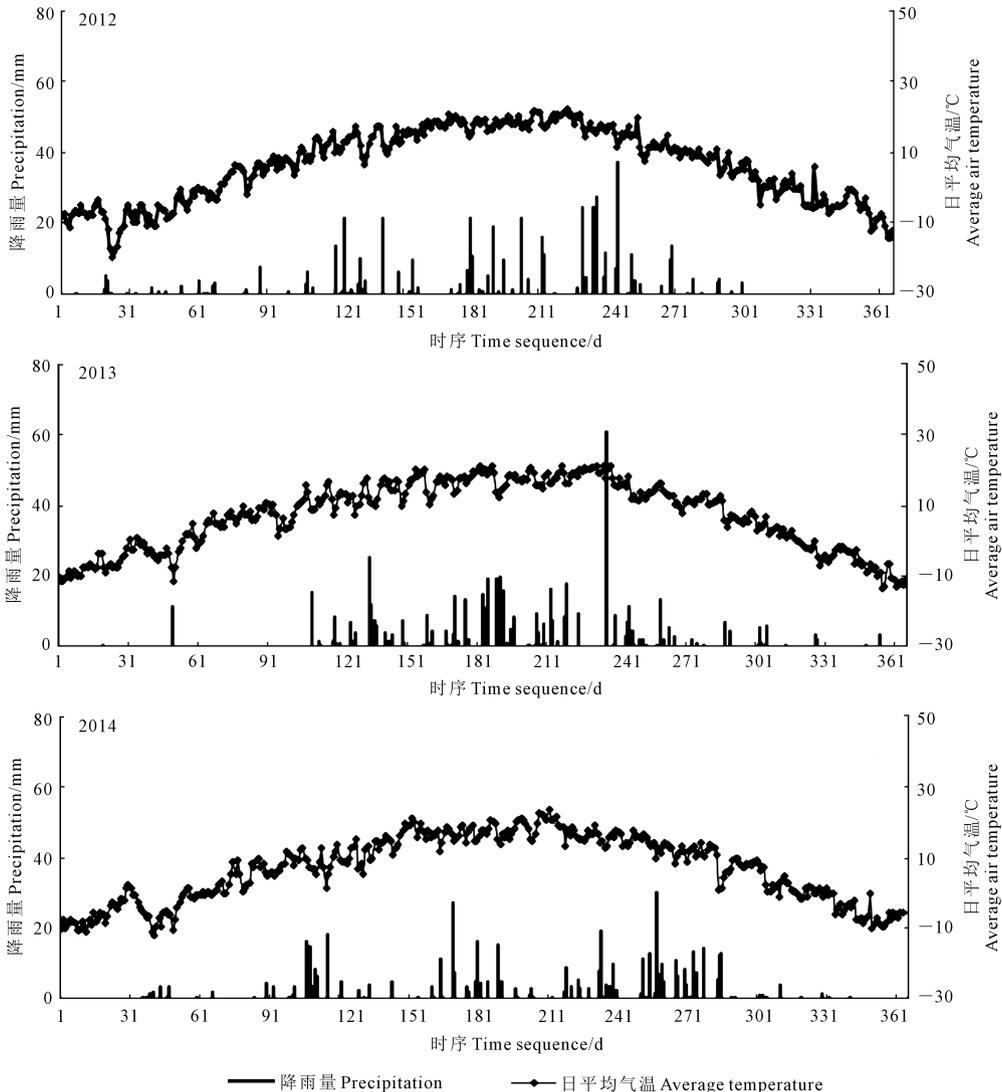


图 1 2012-2014 年定西试验区降水分布和平均气温变化

Fig.1 Distribution of precipitation and average air temperature in study areas (Dingxi) from 2012 to 2014

式中, SWS_i 为某个生育时期初始时的土壤贮水量(mm), SWS_{i+1} 为该生育时期结束时的土壤贮水量(mm), P_i 为该生育期降雨量(mm)。

1.3.5 耗水模系数和耗水速率 参考马尚宇等^[21]的方法:

$$\text{耗水模系数} = ET_i / ET \times 100\%$$

式中, ET_i 为各生育阶段麦田耗水量(mm), ET 为麦田总耗水量(mm)。

$$\text{耗水速率 } CWR = ET_i / d$$

式中, ET_i 为各生育阶段麦田耗水量(mm), d 为生育阶段天数(d)。

1.3.6 生长速率 参考刘军等^[22]的方法略做修改。

$$\text{作物生长速率 } CR = (W_1 - W_2) / d$$

式中, W_1 为生育阶段始期的地上部干物质累积量(g), W_2 为生育阶段末期的地上部干物质累积量(g), d 为该生育期的间隔天数(d)。

1.3.7 耗水效率和水利用效率

$$\text{耗水效率 } V_{CWR} = CR / CWR$$

式中, CR 为作物生长速率($g \cdot d^{-1}$), CWR 为耗水速率($mm \cdot d^{-1}$)。

参考王红丽等的方法^[8],水分利用效率 $WUE = Y / ET$,其中, $ET = SWS_{BF} - SWS_{HA} + P$ 。式中, Y 为小麦单位面积产量($kg \cdot hm^{-2}$), ET 为小麦生育期耗水量(mm), SWS_{BF} 为播前土壤贮水量(mm), SWS_{HA} 为收后土壤贮水量(mm), P 为生育期降雨量(mm)。

1.4 数据处理与分析

运用 Microsoft Excel 2007 软件计算并作图, DPS 9.50 数据处理软件进行方差分析,用 Tukey 法检验处理间的差异显著性。

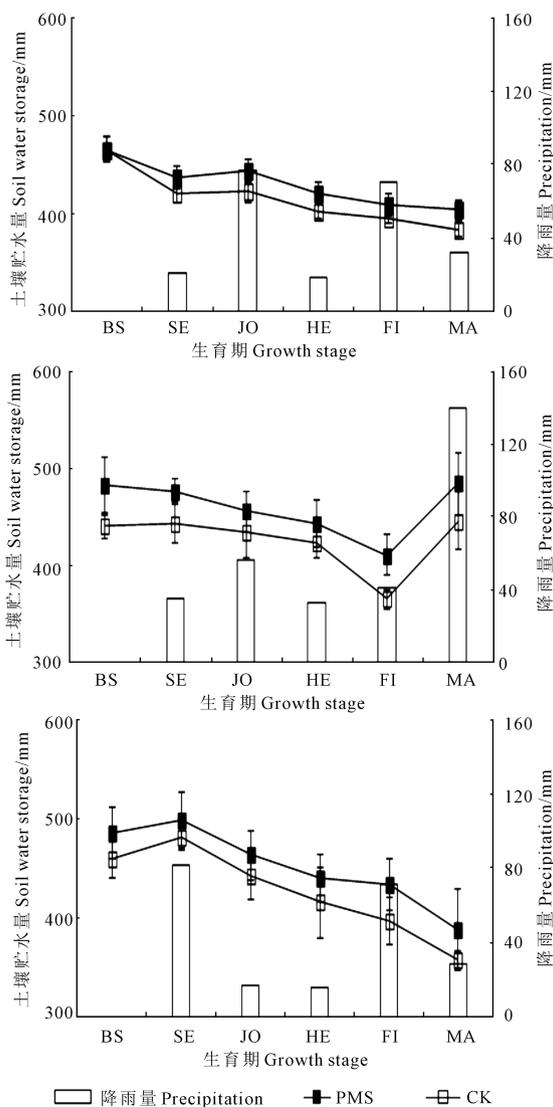
2 结果与分析

2.1 全膜覆土穴播对春小麦不同生育期 0~300 cm 土层土壤贮水量的影响

春小麦农田土壤贮水量随生育进程呈下降趋势,且受降水影响显著(图2)。PMS处理在0~300 cm土层土壤贮水量高于CK,并在部分生育期达到显著差异($P < 0.05$):2012~2014年苗期PMS处理0~300 cm的土壤贮水量分别比CK增加了15.6、34.1 mm和18.0 mm,拔节期分别增加了21.9、22.1 mm和20.7 mm,灌浆期分别增加了15.1、42.1 mm和37.4 mm;并在2013年和2014年播前分别增加了42.1 mm和27.4 mm。

2.2 全膜覆土穴播对春小麦阶段耗水量的影响

春小麦阶段耗水量在2个处理间有显著差异,而且在不同降水年型明显不同(图3)。2012年在



注: BS: 播种前; SE: 苗期; JO: 拔节期; HE: 抽穗期; FI: 灌浆期; MA: 成熟期

Note: BS: before sowing; SE: seeding; JO: jointing; HE: heading; FI: filling; MA: maturing

图2 全膜覆土穴播小麦田0~300 cm 土层土壤贮水量随生育期的变化

Fig.2 Variation of soil water storage in 0~300 cm profile of PMS in different growth stages of spring wheat

播种-拔节期PMS处理的耗水量较CK降低了18.3% ($P < 0.05$),其余生育阶段处理间耗水量无显著差异。2013年在播种-拔节期、拔节-抽穗期,PMS处理耗水量较CK增加了20.0%和18.0%,均呈显著差异($P < 0.05$);在灌浆-成熟期,PMS处理的耗水量显著低于CK ($P < 0.05$),下降了36.7%。2014年PMS处理与CK耗水量差异不显著。

2.3 全膜覆土穴播对春小麦耗水模系数的影响

PMS对春小麦的耗水模系数有影响,而且在不同降水年型有明显变化(图4)。2012年在播种-拔节期,PMS处理的耗水模系数显著低于CK ($P < 0.05$),

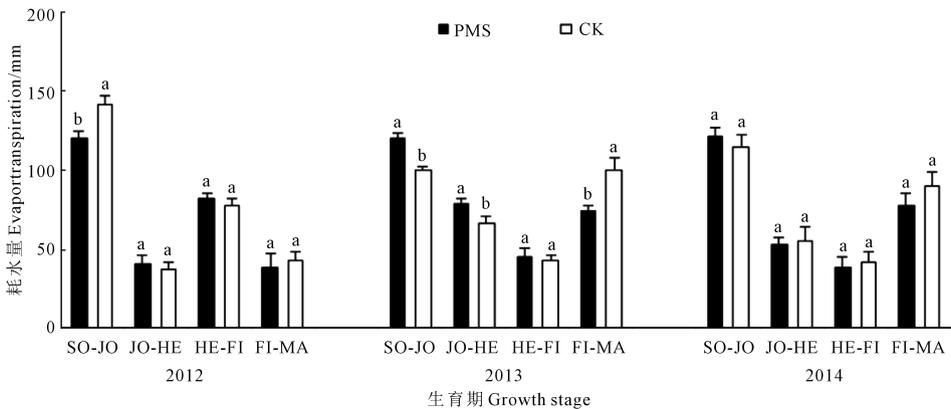
下降了 9.8%;在拔节-抽穗期、抽穗-灌浆期,PMS 处理的耗水模系数则显著高于 CK ($P<0.05$),增加了 15.2%和 12.1%;而在灌浆-成熟期处理间无显著差异。2013 年在播种-拔节期、拔节-抽穗期,PMS 处理的耗水模系数较 CK 分别增加了 16.9%和 14.9% ($P<0.05$);在灌浆-成熟期,PMS 处理显著低于 CK ($P<0.05$),下降了 28.2%;在抽穗-灌浆期,处理间差异不显著。2014 年在播种-拔节期,PMS 处理的耗水模系数显著高于 CK ($P<0.05$),增加了 10.5%;在灌浆-成熟期,PMS 处理显著低于 CK ($P<0.05$),下降了 10.6%;其它生育期处理间差异不显著。

2012 年,耗水模系数 PMS 处理以播种-拔节期最高,抽穗-灌浆期次之,拔节-抽穗期和灌浆-成熟期相近;CK 以播种-拔节期最高,抽穗-灌浆期次之,拔节-抽穗期最低。2013、2014 年各处理的耗水模系数表现出相似的规律,均以播种-拔节期最高,灌浆-成熟期次之,抽穗-灌浆期最低,虽然 2013 年

PMS 处理拔节-抽穗期较灌浆-成熟期下降了 6.2%,但两个生育阶段间无显著差异。比较不同生育期耗水模系数在不同降水年型之间的变化,以播种-拔节期、灌浆-成熟期的耗水模系数在不同降水年型之间的变化最大,表明这两个生育期的耗水特征受耕作栽培等措施的显著影响,水分调控可取得更为显著的效果。

2.4 全膜覆土穴播对春小麦耗水速率的影响

春小麦的耗水速率在不同处理、生育期和降水年型间的差异见图 5。2012 年 PMS 处理在播种-拔节期的耗水速率显著低于 CK ($P<0.05$),下降了 15.5%,其余生育期差异不显著。2013 年在播种-拔节期、拔节-抽穗期,PMS 处理的耗水速率显著高于 CK ($P<0.05$),分别增加了 20.0%和 18.0%;在灌浆-成熟期,PMS 处理显著低于 CK ($P<0.05$),下降了 26.3%。2014 年 PMS 处理和 CK 的耗水速率在 4 个生育阶段均无显著差异。



注:SO-JO:播种到拔节期;JO-HE:拔节期到抽穗期;HE-FI:抽穗期到灌浆期;FI-MA:灌浆期到成熟期。不同字母表示同一生育阶段不同处理间差异显著 ($P<0.05$)。下同。

Note: SO-JO: sowing-jointing; JO-HE: jointing-heading; HE-FI: heading-filling; FI-MA: filling-maturing. Different letters in the same growth stage mean significant difference among treatments ($P<0.05$). The same below.

图 3 全膜覆土穴播对春小麦阶段耗水量的影响

Fig.3 Effects of PMS on periodical water consumption of spring wheat

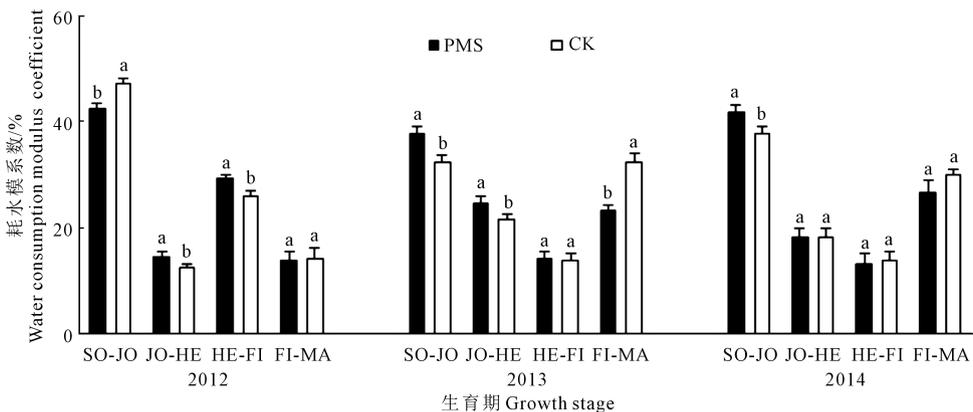


图 4 全膜覆土穴播对春小麦耗水模系数的影响

Fig.4 Effects of PMS on water consumption modulus coefficient of spring wheat

2.5 全膜覆土穴播对春小麦地上部生物量、生长速率和耗水效率的影响

PMS 处理的春小麦地上部生物量在 2012–2014 年显著高于 CK ($P < 0.05$) (图 6), 3 a 成熟期分别增加了 95.7%、42.8% 和 108.7%。春小麦生长速率在抽穗–灌浆期最高, PMS 处理在整个生育期均显著高于 CK ($P < 0.05$), 在 2013 年依生育期分别增加了 366.1%、222.1%、165.0% 和 42.8%, 在 2012 年和

2014 年, 分别增加了 153.7%、87.0%、101.9%、95.7% 和 87.4%、129.2%、133.0%、108.7%。PMS 的耗水效率在不同年份均显著高于 CK ($P < 0.05$), 且不同年份表现出不同的特征, 2012 年在灌浆–成熟期最高, 而 2013 年和 2014 年都是在抽穗–灌浆期最高。PMS 与 CK 的耗水效率在不同年份有明显不同, 如灌浆–成熟期 2013 年 PMS 较 CK 增加了 93.8%, 2012 年和 2014 年分别增加了 115.5% 和 143.7%。

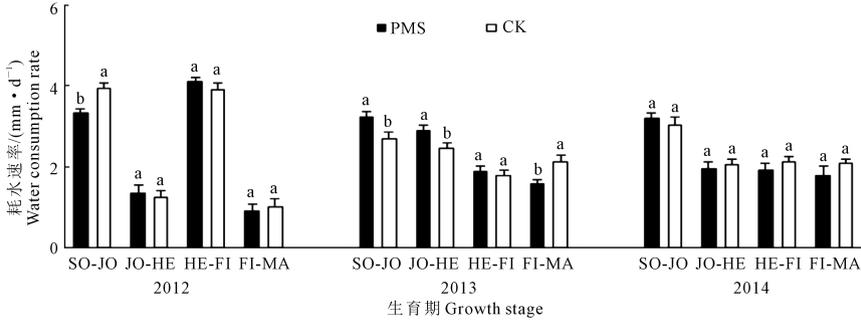


图 5 全膜覆土穴播对春小麦耗水速率的影响

Fig.5 Effects of PMS on water consumption rate of spring wheat

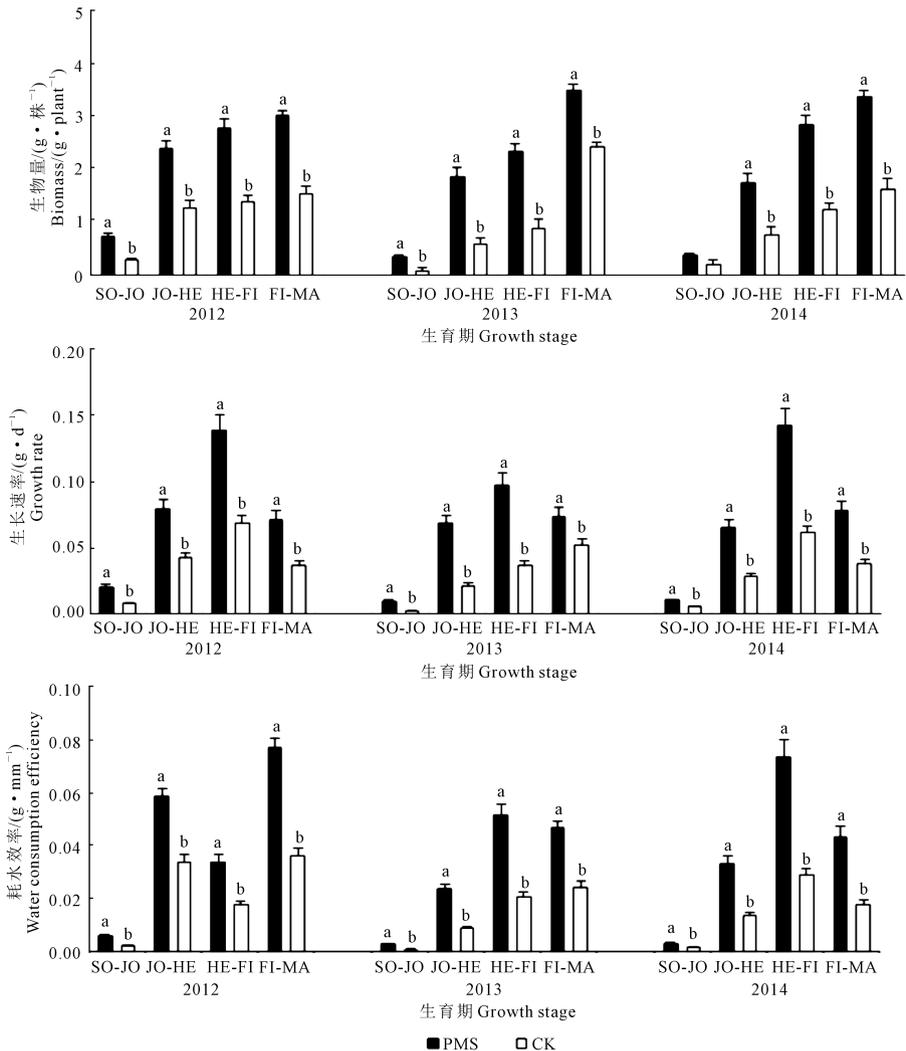


图 6 全膜覆土穴播对春小麦生物量、生长速率和耗水效率的影响

Fig.6 Effects of PMS on aboveground biomass, growth rate and water consumption efficiency of spring wheat

2.6 全膜覆土穴播对春小麦产量构成因子的影响

地膜覆盖对小麦产量构成因子有显著影响(表 1)。与 CK 相比, PMS 处理的株高、单株重、小穗数、穗粒数、穗粒重和千粒重显著增加($P<0.05$), 3 a 试验期间的株高增加了 15.8%~39.0%, 单株重增加了 53.1%~141.6%, 小穗数增加了 26.1%~55.8%; 穗粒数增加了 36.9%~102.9%, 穗粒重增加了 51.7%~133.8%, 千粒重增加了 10.8%~18.9%。

2.7 全膜覆土穴播对春小麦耗水量、产量和水分利用效率的影响

与 CK 相比, PMS 处理没有显著提高春小麦全

生育期的耗水量, 但产量在 2012-2014 年分别增加了 35.4%、58.9%和 61.9%, 水分利用效率(WUE)增加了 44.6%、56.7%和 63.3%, 均达显著差异水平($P<0.05$) (图 7)。2013 年降雨较多, 但产量较 2012 年和 2014 年分别下降了 24.9%和 18.2%, WUE 分别下降了 36.1%和 16.7% ($P<0.05$), 这主要是由于 2013 年 2 月 19 日-4 月 18 日 2 个月无降雨, 严重影响了小麦苗期生长, 而且在灌浆期的 7 月份降雨较多, 达到 150 mm, 严重影响了籽粒灌浆, 导致产量和 WUE 显著下降。

表 1 全膜覆土穴播对春小麦产量构成因子的影响
Table 1 Effects of PMS on yield components of spring wheat

年份 Year	处理 Treatment	株高/cm Plant height	单株重/g Single plant weight	小穗数 Spike lets	穗粒数 Grain number	穗粒重/g Grain weight per spike	千粒重/g 1000-grain weight
2012	FMS	94.92a	3.84a	15.48a	41.31a	1.67a	40.4a
	CK	76.63b	2.24b	11.43b	27.45b	0.99b	36.1b
2013	FMS	80.65a	3.47a	14.87a	36.83a	1.52a	41.3a
	CK	74.64b	2.43b	12.00b	30.43b	1.16b	38.1b
2014	FMS	78.05a	3.36a	17.00a	38.27a	1.63a	42.6a
	CK	60.04b	1.61b	11.73b	20.57b	0.77b	37.4b

注: 不同字母表示同一年份不同处理间差异显著($P<0.05$)。

Note: Different letters in the same year mean significant difference among treatments ($P<0.05$).

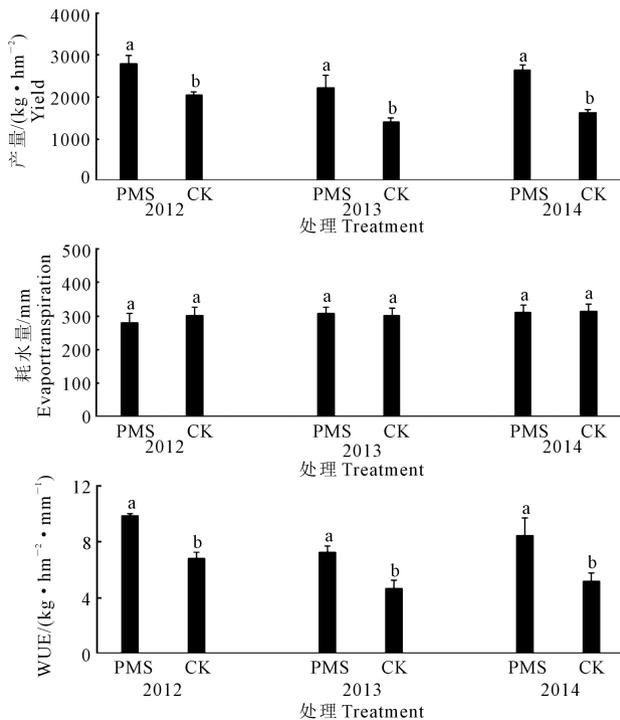


图 7 全膜覆土穴播对春小麦产量、耗水量和水分利用效率的影响

Fig.7 Effects of PMS on yield, evapotranspiration and water use efficiency of spring wheat

3 讨论

调节蒸腾蒸发比能够显著改变作物的耗水特征^[20,23-24], 耕作栽培措施、养分管理模式、灌溉制度等因素均能通过调节作物蒸腾蒸发比来显著影响作物的耗水特征^[13-15]。地膜覆盖降低了土面蒸发量, 使苗期耗水量下降, 提高土壤贮水量^[7-8,18-19], 但土面蒸发受降水量和土壤温度的直接影响^[14,25]。本试验中, 受年际降水量差异的影响, 春小麦阶段耗水量、耗水模系数、耗水速率和耗水效率在不同年份有明显不同。在降水稍多的 2013 年, 全膜覆土穴播(PMS)在播种-拔节期的耗水量、耗水模系数、耗水速率和耗水效率较 CK 分别增加了 20.0 mm、16.9%、20.1%和 288.2%; 但在 2012 年, 相同生育期的耗水量、耗水模系数和耗水速率分别下降了 21.9 mm、9.8%和 15.5%, 耗水效率增加了 200.1%, 差异均达到显著水平。生育前期 PMS 处理和 CK 所消耗水分的用途不同, 前者主要用于作物蒸腾, 而后者主要是土面蒸发。在全生育期, PMS 和 CK 的阶段耗水量、耗水模系数、耗水速率和耗水效率在不同年份的变化不同, 在降水较多的年份, PMS 处理的耗水速率在播种-拔节期、拔节-抽穗期显著高于

CK,而灌浆-成熟期显著低于CK。

地膜覆盖显著提高了作物生育前期的土壤含水量,促进了作物生长发育^[7-8],这对植株形态建成有积极意义。本试验中,PMS处理的小麦株高显著高于CK。PMS处理的土壤贮水量在拔节-抽穗期、抽穗-灌浆期高于CK,PMS处理的耗水量较CK无显著提高,但地膜覆盖处理耗散的水分主要用于作物蒸腾,而CK的土面蒸发较强,所以PMS处理的小穗数、穗粒数、穗粒重和千粒重均显著高于CK;另外,PMS处理在抽穗-灌浆期、灌浆-成熟期的耗水量较CK不但无显著增加,且在降水较为充裕的2013年其灌浆-成熟期耗水量显著低于CK,表明CK在这一生育阶段有较多土壤水分被蒸发。PMS不仅对春小麦阶段耗水量、耗水模系数、耗水速率和耗水效率有显著影响,而且调节了春小麦的耗水过程。在降水较多年份,PMS处理阶段耗水量以播种-拔节期最高,灌浆-成熟期次之,抽穗-灌浆期最低;但CK在播种-拔节期、灌浆-成熟期最高,抽穗-灌浆期最低。在降水较少的2012年,播种-拔节期PMS处理的耗水量较CK有较明显的降低趋势,但显著提高了春小麦的生长速率和耗水效率。表明全膜覆土穴播能够降低土面蒸发,调节作物的蒸腾蒸发关系,影响春小麦在不同降水年型的耗水过程和耗水特性,提高耗水效率,所以PMS处理的地上生物量、产量及其构成因子和水分利用效率均显著高于CK。

4 结 论

全膜覆土穴播能显著调节春小麦在不同降水年型的耗水进程和耗水特性,使地上部生物量、生长速率和耗水效率分别提高42.8%~108.7%、42.8%~366.1%和73.3%~288.2%。在全生育期耗水量无显著增加的条件下,PMS产量提高35.4%~61.9%,水分利用效率提高44.6%~63.3%。

参 考 文 献:

[1] 山仑,陈国良.黄土高原旱地农业的理论与实践[M].北京:科学出版社,1993.

[2] 肖国举,王静.黄土高原集水农业研究进展[J].生态学报,2003,23(5):1003-1011.

[3] 史晓霞.黄土高原半干旱区主要作物生育期土壤水分变化[J].干旱气象,2011,29(4):461-465.

[4] 王红丽,宋尚有,张绪成,等.半干旱区旱地春小麦全膜覆土穴播对土壤水热效应及产量的影响[J].生态学报,2013,33(18):5580-5588.

[5] 侯慧芝,吕军峰,郭天文,等.旱地全膜覆土穴播对春小麦耗水、产量和土壤水分平衡的影响[J].中国农业科学,2014,47(22):4392-4404.

[6] 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(2):205-210.

[7] 侯慧芝,吕军峰,郭天文,等.西北黄土高原半干旱区全膜覆土穴播对土壤水热环境和小麦产量的影响[J].生态学报,2014,34(19):5503-5513.

[8] 王红丽,张绪成,宋尚有,等.西北黄土高原旱地全膜双垄沟播种植对玉米季节性耗水和产量的调节机制[J].中国农业科学,2013,46(5):917-926.

[9] 张小红,张绪成.半干旱区旱地不同覆盖方式对糜子耗水和产量的影响[J].水土保持研究,2012,19(5):29-33.

[10] 杨封科,高世铭,张绪成,等.旱地玉米覆盖栽培的土壤水热及产量效应[J].核农学报,2014,28(2):302-308.

[11] 王连喜,钱蕊,曹宁,等.膜覆盖对粉用马铃薯生长发育及产量的影响[J].作物杂志,2011,(5):68-72.

[12] 张绪成.旱地糜子全生育期地膜覆盖穴播栽培试验研究及栽培技术[J].甘肃农业科技,1999,(8):24-26.

[13] 郑成岩,于振文,张永丽,等.不同施氮水平下灌水量对小麦水分利用特征和产量的影响.应用生态学报[J],2010,21(11):2799-2805.

[14] 余坤,冯浩,李正鹏,等.秸秆还田对农田土壤水分与冬小麦耗水特征的影响[J].农业机械学报,2014,45(10):116-123.

[15] 许翠平,刘洪禄,车建明,等.秸秆覆盖对冬小麦耗水特征及水分生产率的影响[J].灌溉排水,2002,21(3):24-27.

[16] 吕晓东,马忠明.不同耕作方式对春小麦田土壤水分过程的影响[J].核农学报,2015,29(11):2184-2191.

[17] 赵亚丽,薛志伟,郭海斌,等.耕作方式与秸秆还田对冬小麦-夏玉米耗水特性和水分利用效率的影响[J].中国农业科学,2014,47(17):3359-3371.

[18] 黄明镜,晋凡生,池宝亮,等.地膜覆盖条件下旱地冬小麦的耗水特征[J].干旱地区农业研究,1999,17(2):20-23.

[19] 樊向阳,齐学斌,郎旭东,等.不同覆盖条件下春玉米田耗水特征及提高水分利用率研究[J].干旱地区农业研究,2002,20(2):60-64.

[20] 王珍,冯浩,吴淑芳.秸秆不同还田方式对土壤低吸力段持水能力及蒸发特性的影响[J].土壤学报,2011,48(3):533-539.

[21] 马尚宇,于振文,张永丽,等.不同畦宽灌溉对小麦耗水特性和产量及水分利用效率的影响[J].中国农业科学,2014,47(8):1531-1540.

[22] 刘军,刘美菊,官玉范,等.水稻覆膜湿润栽培体系中的作物生长速率和氮素吸收速率[J].中国农业大学学报,2010,15(2):9-17.

[23] 张喜英.提高农田水分利用效率的调控机制[J].中国生态农业学报,2013,21(1):80-87.

[24] 陈素英,张喜英,裴冬,等.玉米秸秆覆盖对麦田土壤温度和土壤蒸发的影响[J].农业工程学报,2005,21(10):171-173.

[25] 王金牛,谢忠奎,郭志鸿,等.砂田退化对土壤温度和蒸发影响的模拟研究[J].中国沙漠,2010,30(2):388-393.