

夏闲覆盖和种植方式对黄土旱塬小麦产量及土壤水分的影响

柳玉凤¹, 谢英荷^{1,2,3*}, 杨福田⁴, 李廷亮^{1,2,3}, 李超¹, 黄涛¹, 窦露¹, 纪美娟¹

(1. 山西农业大学 资源与环境学院, 山西 太谷 030801;

2. 山西农业大学 农业资源与环境国家级实验教学示范中心, 山西 太谷 030801;

3. 山西农业大学 山西省土壤肥料研究生教育创新中心, 山西 太谷 030801;

4. 朔州职业技术学院, 山西 朔州 036002)

摘要:【目的】充分利用夏闲期降水, 提高旱地麦田土壤蓄水保墒能力, 增产增收。【方法】通过3 a田间试验, 研究了夏闲期秸秆残膜二元覆盖+垄膜沟播(JCLG)、夏闲期黑网膜覆盖+露地条播(HWLT)与夏闲期秸秆覆盖+露地条播(JLT)3种栽培措施对黄土旱塬冬小麦土壤水分及产量的影响。【结果】JCLG处理可显著提高小麦产量、生物量、降水生产效率, 较JLT处理分别提高9.5%~35.1%, 13.2%~42.2%, 8.8%~35.6%。同时JCLG处理具有良好的休闲期蓄水效率, 较JLT处理平均提高29.5%, 平水年二者差异显著。HWLT处理也具有良好水分休闲效率和增产效果, 较JLT处理平均提高22.5%和18%。播前2 m土壤贮水量和耗水量、产量、生物量均呈极显著相关关系, 一定程度上根据播前土壤贮水量来预测当地冬小麦产量。【结论】JCLG处理和HWLT处理2种覆盖种植方式均适宜在黄土旱塬乃至我国旱地麦区推广应用, 且以夏闲期秸秆残膜二元覆盖+垄膜沟播(JCLG)方式效果更佳。

关键词: 夏闲覆盖; 黄土旱塬; 小麦; 水分土壤

中图分类号: S152.7; S512.1

文献标志码: A

doi: 10.13522/j.cnki.ggps.20180519

柳玉凤, 谢英荷, 杨福田, 等. 夏闲覆盖和种植方式对黄土旱塬小麦产量及土壤水分的影响[J]. 灌溉排水学报, 2019, 38(4): 36-42.

0 引言

山西属于黄土高原半干旱地区, 塬区地下水位埋深较深, 大部分农田少有灌溉条件, 是典型的雨养农业区。旱地小麦占总小麦播种面积的60%以上^[1], 主要集中在晋南地区^[2]。该区降雨量分布不均匀, 60%~70%集中在夏季7—9月^[1], 水分成为限制旱地小麦生产的主要因素。且该区域农田夏闲期无任何雨水集蓄措施, 生育期也多采用露地条播, 严重制约着小麦产量的提高。因此如何保持土壤水分, 提高水分利用效率成为该地区近年来研究的重点。

农田覆盖可以降低土壤水分无效损耗, 增加对降水的拦储和促进水分向土壤下层入渗^[3], 是旱地农业重要且直接有效的蓄水保墒措施之一^[4], 在北方旱作农业区被广泛应用。20世纪80年代至21世纪初, 学者们从不同覆盖方式、不同覆盖时期等方面对地膜覆盖、秸秆覆盖等的纳雨蓄墒、作物生长发育及土壤生态效应等进行了大量研究。地膜覆盖具有普遍的蓄水保墒、增产增收效果。不同地膜覆盖小麦一般较传统露地条播可显著提高水分生产效率, 产量增加30%以上, 甚至成倍增产, 增产效果一般干旱年优于丰水年、冬小麦优于春小麦^[5]。官情等^[6]研究认为旱地小麦采取覆盖措施(秸秆覆盖、地膜覆盖)能够有效减少土壤表层水分的散失和蒸发, 起到保墒蓄水的作用。宗睿等^[7]、张兴隆等^[8]研究发现, 与不覆盖地膜相比, 覆盖地膜能提高作物0~30 cm土层土壤含水率。杨长刚等^[9]在西北黄土旱塬麦田通过对不同地膜覆盖方式的比较表明, 增

收稿日期: 2018-09-26

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项(201503124); 国家重点研发计划项目(2018YFD0200401); 山西省研究生联合培养基地人才培养项目(2016JD21)

作者简介: 柳玉凤(1992-), 女, 山西大同人。硕士研究生, 主要从事土壤与环境研究。E-mail: 87529549@qq.com

通信作者: 谢英荷(1958-), 女, 山西原平人。教授, 博士, 主要从事土壤与环境研究。E-mail: xieyinghe@163.com

产效果:全膜穴播>全膜覆土穴播>垄膜沟播。为了缓解雨养农业区降水不均的问题,近年来有关夏闲期雨水的纳蓄技术成为众多学者关注的重点。夏闲期覆盖有利于储蓄夏闲期降水补充作物生育阶段耗水,改善下季作物土壤水分环境,有利于解决土壤干化和水分可持续利用等问题。雷妙妙等^[10]研究表明,休闲期地膜覆盖后,播种至孕穗期0~100 cm土壤蓄水量显著提高,采用全膜覆盖和起垄半覆盖较不起垄半覆盖提高14 mm和42 mm,较不覆盖提高12 mm和40 mm。温斐斐等^[11]研究表明,不同降雨年型休闲期深翻后地膜覆盖有利于蓄积休闲期降雨,有利于旱地小麦高效生产。

综上所述,近年的研究多集中在夏闲期或生育期不同覆盖方式对小麦土壤水分及产量的影响,但关于周年覆盖和夏闲期不同覆盖材料对水分高效利用和增产稳产机理的探讨还较为少见。因此,在生育期垄膜沟播的基础上进行夏闲期秸秆残膜二元覆盖等处理,研究其对土壤水分生产效率、产量形成的影响,旨在为晋南地区旱作小麦提高水分利用效率,增产增收提供一定理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验基地设在山西洪洞县刘家垣镇东梁村(36°22'N, 111°35'E, 海拔 648 m),为长期定位的试验区,该区地形平坦,土层深厚,年平均日照时间 2 417 h 左右,年均气温 12.6 ℃,有效积温 3 327 ℃,无霜期 180~210 d;年均降雨量 500 mm,其中 6—9 月降水量占全年降水量的 70%以上;试验地土壤为石灰性褐土,pH 值为 7.9,表土质地为中壤,耕层土壤有机质量为 14.6 g/kg,有效磷量为 10.4 mg/kg,有效钾量为 168.2 mg/kg,阳离子交换量(CEC)为 27.29 cmol/kg。试验期间(2014 年 6 月—2017 年 6 月)降水量分布见图 1。

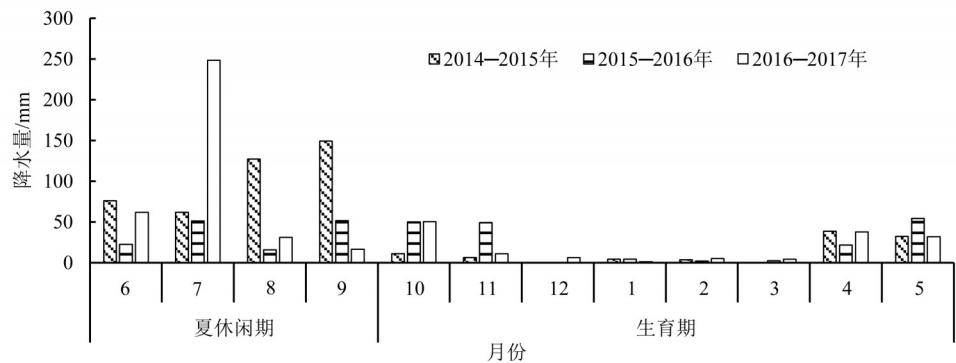


图1 2014—2017年试验区降水情况

1.2 试验设计

试验共设 3 个处理,4 次重复,采用随机区组排列,小区面积为 210~520 m²(15 m×14 m、25 m×20.8 m)。试验方案见表 1,处理 1 为夏闲期秸秆覆盖+露地条播(JLT),处理 2 为夏闲期黑网膜覆盖+露地条播(HWLT),处理 3 为夏闲期秸秆残膜二元覆盖+垄膜沟播(JCLG)。

播种时间分别为 2014 年 10 月 2 日、2015 年 9 月 30 日、2016 年 10 月 9 日,收获时间分别为 2015 年 6 月 8 日、2016 年 6 月 5 日、2017 年 6 月 10 日。种植方式利用现代农机进行播种,供试小麦品种为长 8744 号,播量均为 150 kg/hm²,冬小麦生育期不进行灌溉。不同种植方式所施的 N、P₂O₅ 和 K₂O 养分供应量相同,具体施肥量采用“1 m 硝态氮监控施肥,磷钾恒量施肥”^[12-13]原则,均作为底肥在播前施入土壤并翻入耕层耙平。

表 1 试验方案

处理	夏闲期覆盖耕作方式	栽培种植方式
JLT	冬小麦收获后,留茬 30 cm,伏天耕 1 次,播前旋 1 次	常规平作,不覆膜,直接播种,行距 20 cm
HWLT	冬小麦收获后,采用黑色遮阳网覆盖麦田	常规平作,不覆膜,直接播种,行距 20 cm
JCLG	冬小麦收获后,行间留茬 30 cm 覆盖地表,并继续保持垄上残膜覆盖,伏天耕 1 次,播前旋 1 次	垄上覆膜、沟内膜侧播种,播种 2 行,行距 20 cm,垄宽 35 cm,垄高 10 cm,沟宽 30 cm

1.3 测定项目与方法

1)土壤样品的采集。分别于 2014—2017 年冬小麦播种前收获后,每个小区进行多点采样,每 20 cm 为 1 层,采集 2 m 土层土壤样品;同时,收获期每小区取不同样方,脱粒计产;并收获小区中所标记的 3 m×1 m 的小麦样段,测定并计算穗数、穗粒数及千粒质量等产量构成指标。

2)土壤含水率的测定:分别于2014—2016年冬小麦播前(10月1、4、9日)和2015—2017年冬小麦收获期(6月8、9、10日)每20 cm为1层采集0~200 cm土层土壤样品,采用烘干法测定土壤含水率。

3)相关指标计算式。年降水量(mm)=生育期降水量(mm)+夏季休闲期降水量(mm);土壤贮水量(mm)=土壤质量含水率(%)×土壤体积质量(g/cm³)×土层厚度(cm)×10;休闲期蓄水效率(%)=休闲期2 m土壤贮水量变化量(mm)/休闲期降水量(mm)×100%;休闲期蒸散耗水量(mm)=休闲期降水量(mm)-休闲期2 m土壤贮水量变化量(mm);耗水量(mm)=播前2 m土壤贮水量(mm)-收获后2 m土壤贮水量(mm)+生育期降水量(mm)^[14-16];水分生产效率(kg/(hm²·mm))=籽粒产量(kg/hm²)/耗水量(mm)^[14-16];年降水生产效率(kg/(hm²·mm))=籽粒产量(kg/hm²)/年降水量(mm);收获指数HI(%)=籽粒产量/地上部分生物量×100%。

本研究参考以往有关黄土高原冬小麦耗水特征^[13-15],采用0~200 cm土层贮水量变化来计算冬小麦生育期和休闲期耗水量,可一定程度上反映黄土旱塬冬小麦生育期和休闲期耗水情况。试验期间冬小麦生育期降水仅96~187 mm,2 m以下渗漏现象可以忽略不计,休闲期降水在300~400 mm左右,但各处理160 cm以下土层土壤贮水量变化量(当年小麦播种前0~200 cm土壤贮水量—当年小麦收获后0~200 cm贮水量)<3 mm,因此,200 cm以下渗漏现象也可以忽略不计。同时本试验区地下水位埋深(均大于100 m),不存在地下水补给现象。

运用Excel和DPS软件进行试验数据处理和统计分析,并用LSD法进行分析比较。

2 结果与分析

2.1 不同夏闲覆盖和种植方式对麦田土壤夏闲期蓄水的影响

不同夏闲覆盖和种植方式对黄土旱塬冬小麦夏闲期蓄水量和蓄水效率有显著影响。图2、图3为各年份不同处理农田夏闲期土壤蓄水量和蓄水效率。由图2、图3可知,JCLG和HWLT处理的夏闲期蓄水量和蓄水效率均显著高于JLT处理,除欠水年(2015年)外,其他2个年度夏闲期蓄水量较JLT处理平均提高15.7%和18.0%,蓄水效率平均提高25%($p<0.05$)和24%($p<0.05$),差异显著。说明秸秆残膜二元覆盖和黑网膜的夏闲期蓄水效果在平水年更为显著。2015年夏闲期降水较平水年减少217.3~273.0 mm,但夏闲期蓄水效率却较平水年提高45%~123%,各处理之间差异虽不明显,但JCLG和HWLT处理的夏闲期蓄水量和蓄水效率较JLT处理仍有一定提高,分别提高16.8%、8.1%和38.5%、20.0%。说明秸秆残膜二元覆盖和黑网膜较秸秆覆盖更有利于减少土面蒸发,提高小麦夏闲期蓄水量和蓄水效率,一定程度上有利于维持周年土壤水分平衡,弥补黄土旱塬冬小麦生育期降水不足。

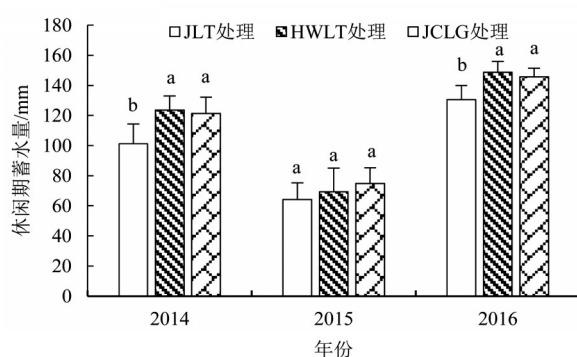


图2 不同处理农田夏闲期0~200 cm土层蓄水量

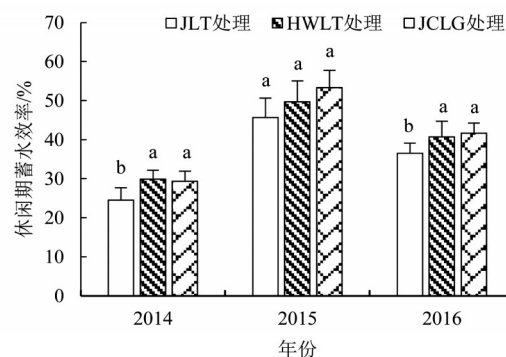


图3 不同处理农田夏闲期0~200 cm土层蓄水效率

2.2 不同夏闲覆盖和种植方式对旱地冬小麦产量构成的影响

综合3 a各处理生物产量和籽粒产量的平均数据(表2)可以看出,不同处理的生物产量和籽粒产量总体表现为JCLG处理>HWLT处理>JLT处理。JCLG处理的籽粒和生物产量均显著高于JLT处理,较JLT处理分别提高9.5%~35.1%($p<0.05$)和13.2%~42.2%($p<0.05$)。HWLT处理的籽粒产量和生物产量较JLT处理提高5.3%~27.7%和3.5%~28.4%,在2015—2016、2016—2017年差异显著。且该2种覆盖方式在欠水年(2015—2016,年降水量324.1 mm)具有更大的调控效应,虽然欠水年各处理小麦籽粒产量较其他2 a减产24.3%~38.7%,生物产量减产27.8%~42.5%,但JCLG、WLT处理的籽粒产量却较JLT处理分别提高35.1%、24.2%,生物产量分别提高42.2%、28.4%,差异极显著。此外,JCLG处理的籽粒产量较HWLT处理也有一定

提高,欠水年差异显著,平水年差异不显著。说明JCLG和HWLT处理均有利于黄土旱塬冬小麦产量的形成,且在欠水年覆盖效果更明显,尤其以JCLG处理效果更为显著。

从产量构成看,JCLG处理虽较JLT处理缩小了株距,但从整体成穗数来看,由于其良好的保水效果,仍可显著提高单位面积总穗数,3 a较JLT处理提高8.8%($p<0.01$)、40.4%($p<0.01$)、24.3%($p<0.01$),对穗粒数、千粒质量的影响不显著。可见不同夏闲覆盖和种植方式主要是通过提高穗数实现增产的。从收获指数来看,各处理之间差异不显著,说明不同覆盖方式和种植方式对冬小麦收获指数的影响不明显。

表2 各年份不同处理冬小麦产量及产量构成

年份	处理	籽粒产量/ (kg·hm ⁻²)	生物产量/ (kg·hm ⁻²)	产量构成要素			收获指数/%
				穗数/(10 ⁴ 个·hm ⁻²)	穗粒数/粒	千粒质量/g	
2014—2015	JLT	4 614.2b	10 221.6b	589.4b	23.6b	41.5b	45.1a
	HWLT	4 859.3ab	10 583.3b	638.6a	25.6a	43.6a	45.9a
	JCLG	5 050.9a	11 572.7a	641.3a	24.5ab	42.5ab	43.6a
2015—2016	JLT	2 830.8c	5 881.1c	346.9b	22.4a	41.5b	48.1a
	HWLT	3 514.5b	7 553.9b	348.3b	23.1a	42.0b	46.5ab
	JCLG	3 825.5a	8 360.2a	487.2a	21.3a	44.0a	45.8b
2016—2017	JLT	4 261.5b	9 724.1b	442.7b	22.3a	41.5a	43.8a
	HWLT	5 442.0a	11 668.0a	509.6a	24.4a	42.6a	46.6a
	JCLG	5 582.7a	12 244.7a	550.2a	24.8a	43.5a	45.6a
平均值	JLT	3 902.2b	8 608.9b	459.7b	22.8a	41.5a	45.7a
	HWLT	4605.3ab	9 935.1ab	498.8ab	24.4a	42.7a	46.3a
	JCLG	4 819.7a	10 725.9a	559.6a	23.5a	43.3a	45.0a

注 同列不同小写字母表示0.05水平下差异显著。

2.3 不同夏闲覆盖和种植方式对旱地冬小麦水分生产效率的影响

综合分析各处理3 a平均生育期耗水量可以看出(表3),各处理播前土壤贮水量无显著差异,JCLG处理生育期耗水量较JLT处理显著提高了4.1%,但HWLT处理与其他2个处理的差异均不显著。说明周年覆盖下小麦的高产是建立在高耗水基础之上的。此外,2015—2016年相对干旱导致各覆盖处理耗水量较平水年降低了11.1%~32.2%。

表3 各年份不同处理冬小麦水分生产效率

年份	处理	年降水量/mm	播前土壤贮水量/mm	生育期耗水量/mm	水分生产效率/(kg·hm ⁻² ·mm ⁻¹)	夏闲期降水量/mm	夏闲期蒸散耗水量/mm	年降水生产效率/(kg·hm ⁻² ·mm ⁻¹)
2014—2015	JLT	509.2	315.9a	239.4b	19.3a	413.3	312.1a	9.1b
	HWLT	509.2	345.8a	246.8ab	19.7a	413.3	292.0b	9.5ab
	JCLG	509.2	333.9a	263.6a	19.2a	413.3	289.8b	9.9a
2015—2016	JLT	324.1	241.3a	210.7b	13.4b	140.3	71.4a	8.7c
	HWLT	324.1	251.1a	219.4ab	16.0a	140.3	70.0a	10.8b
	JCLG	324.1	236.6a	225.9a	16.9a	140.3	73.7a	11.8a
2016—2017	JLT	504.3	344.9a	310.7a	13.7b	357.6	227.1a	8.5b
	HWLT	504.3	345.5a	308.2a	17.6a	357.6	211.9b	10.8a
	JCLG	504.3	340.2a	302.8a	18.5a	357.6	208.9b	11.1a
平均值	JLT	445.9	300.7a	253.6b	15.5b	303.7	203.5a	8.8b
	HWLT	445.9	314.1a	258.1ab	17.8a	303.7	191.3b	10.4a
	JCLG	445.9	303.6a	264.1a	18.2a	303.7	190.8b	10.9a

从小麦的水分生产效率可以看出,JCLG和HWLT处理的3 a平均值比JLT处理分别提高了17.4%和14.8%,且差异显著,说明JCLG和HWLT处理可以有效地促进冬小麦对土壤水分的利用,且以JCLG处理的促进作用更明显。水分生产效率的高低主要取决于光合产物的形成和水分蒸散2个过程^[17]。覆盖减少了作物前期蒸发,增加了后期蒸腾,使水分消耗由无效消耗转向有效消耗,从而提高了水分利用率^[18-19]。

由表3可以看出,JCLG和HWLT处理可显著降低土壤夏闲期蒸散耗水量,较JLT处理平均分别降低了6.2%和6.0%,且差异达显著水平。说明JCLG和HWLT处理可有效降低夏闲期麦田土壤水分的蒸散损失,一定程度上有利于夏闲期土壤水分的补充与恢复。

不同覆盖和种植方式的年降水生产效率总体表现为JCLG处理>HWLT处理>JLT处理。3 a期间JCLG处理和JLT处理相比,年降水生产效率分别提高8.8%($p<0.05$)、35.6%($p<0.01$)和30.6%($p<0.01$),HWLT处理较JLT处理分别提高4.4%、24.1%($p<0.01$)和27.0%($p<0.01$),且在欠水年2015年3个处理间的差异更明显。说明周年覆盖和夏闲期黑网膜覆盖能有效地提高降水生产效率,且前者效果更好。

2.4 产量与土壤贮水量及耗水量的相关性分析

播前土壤贮水量是影响冬小麦产量形成的关键因素。播前土壤贮水量可一定程度上缓解旱地小麦生长旺盛阶段降水与需水矛盾^[20],起到稳产的作用^[21-22]。图4为产量(y)与播前0~200 cm土壤贮水量(x)的关系。各处理产量随播前土壤贮水量的增加而增加,且当播前土壤贮水量在250~350 mm时,在播前土壤贮水量相同情况下,JCLG与HWLT处理的产量都明显高于JLT处理,尤其以JCLG处理的增产效果更为显著。说明周年覆盖更有利于黄土旱塬冬小麦产量的提高。

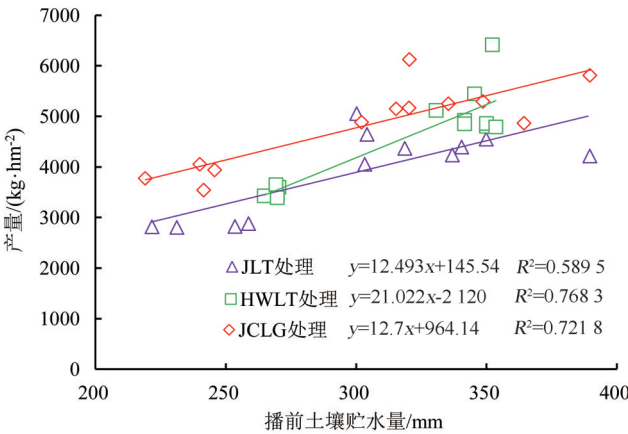


图4 黄土旱塬麦区冬小麦产量和播前2 m土壤贮水量的关系

表4为产量与土壤贮水量及耗水量的相关性分析结果。由表4可知,耗水量与产量存在极显著的相关性,耗水量与籽粒产量的决定系数为0.69,与生物产量的决定系数为0.72,说明黄土旱塬小麦高产是建立在高耗水基础之上的。但耗水量与穗数的决定系数为0.31,与穗粒数的决定系数为0.15,均未达到显著水平。同时,播前土壤贮水量与冬小麦产量、穗数和穗粒数存在极显著的相关性,播前土壤贮水量与冬小麦籽粒产量的决定系数为0.75,与生物产量的决定系数为0.80,与穗数的决定系数为0.61,与穗粒数的决定系数为0.44,说明播前土壤贮水量对产量及产量构成因素起主要作用。

表4 产量与土壤贮水量及耗水量的相关性

项目	播前土壤贮水量	耗水量	籽粒产量	生物产量	穗数	穗粒数	千粒质量
播前土壤贮水量	1.00						
耗水量	0.77**	1.00					
籽粒产量	0.75**	0.69**	1.00				
生物产量	0.80**	0.72**	0.94**	1.00			
穗数	0.61**	0.31	0.71**	0.76**	1.00		
穗粒数	0.44**	0.15	0.53**	0.43**	0.36*	1.00	
千粒质量	0.05	0.03	0.22	0.18	0.29	0.06	1.00

注 **表示显著水平为 $p<0.01$, * 表示显著水平为 $p<0.05$ 。

3 讨论

夏闲期是土壤水分恢复的关键时期,此期土壤存储的水量决定着旱地小麦播前土壤墒情^[23]。廖允成等^[24]研究表明,夏闲期采用地膜秸秆二元覆盖,可以最大限度蓄保夏闲期降水。张锦朝等^[25]研究表明,休闲期提早地膜覆盖有利于蓄保休闲期降水,且采用全覆盖效果最好,其保水效果可延续至孕穗期。本研究结果与廖允成等的研究保持一致,夏闲期秸秆残膜二元覆盖和夏闲期黑网膜覆盖均表现出良好的蓄水效果,较夏闲期秸秆覆盖平均分别提高16.1%和14.7%,原因可能是不同覆盖物对降水入渗和土壤表层水分蒸发影响不同^[26]。黑网膜和秸秆残膜二元覆盖可以最大限度地拦截利用降雨,减少土面蒸发,其土壤水分增加量高于仅秸秆覆盖,土壤水分恢复深度也最大^[27],因此提高了小麦的休闲效率。但也有研究表明,地膜易破碎、难以回收,大量地膜残留于土壤会恶化土壤生态环境,影响土壤水肥运移和作物根系的生长发育^[28]。因此,夏闲期残膜覆盖一定程度上减少了地膜投入,从而减缓了地膜使用造成的环境问题,但其覆盖后地膜的回收问题还有待进一步探讨。许多研究^[23,29-30]表明,降水是黄土旱塬土壤水分补给的唯一来源,不同降雨年型各处理对播种前土壤蓄水量的影响趋势一致,但影响强度存在差异,丰水年较干旱年份补给效果更明显。

本研究结果表明,夏闲期降水越多越有利于蓄积休闲期降雨补给土壤水分。但干旱年份更有利于提高水分休闲期蓄水效率。

周年地膜覆盖利于旱地麦田土壤扩蓄增容,显著提高产量和水分利用效率^[30-31],本研究结果也得出类似结论,夏闲期秸秆残膜二元覆盖+垄膜沟播(JCLG)的周年覆盖模式能够显著提高产量,效果优于仅夏闲期秸秆覆盖和仅夏闲期黑网膜覆盖。主要原因是夏闲期秸秆残膜二元覆盖良好的播前底墒克服了冬小麦水分利用的供需矛盾以及生育期地膜覆盖下水分高效利用综合作用的结果。说明周年覆盖能最大限度地提高土壤水分利用效率,达到增产增收的效果。夏闲期黑网膜覆盖也具有良好的增产效应,说明夏闲期黑网膜覆盖较夏闲期秸秆覆盖更有利于土壤保蓄休闲期降水,提高产量。此外,覆盖可以在低温时表现出增温效应,高温时表现出降温效应,有效地改善了土壤热状况,因此对于促进作物生长和增产同样具有不可磨灭的贡献^[32-33]。研究^[34]发现,冬小麦在平水年土壤供水量约占总耗水量的35.4%,灌浆成熟期的降水满足率仅34.5%,播前土壤贮水量可一定程度上缓解旱地小麦生长旺盛阶段降水与需水矛盾^[20],在降水量相对较低时起到稳产作用^[20-21]。也有研究表明,产量的47%来自于播前底墒^[35]。本试验结果2015—2016年度生育期降水充沛但各处理小麦籽粒产量却较其他2年减产24.3%~38.7%,生物产量减产27.8%~42.5%,主要原因可能是2015—2016年度夏闲期降水(140.3 mm)偏少,导致播前底墒低于其他年份。

小麦从播种到收获整个生育期间的总耗水量为400~600 mm,主要包括植株叶面蒸腾(占总耗水的60%~70%)、棵间土壤蒸发(占30%~40%)和渗漏损失^[36]。有研究指出^[37],地膜覆盖增加了深层用水比例和消耗量,比对照在0~90 cm土层多耗水6.7 mm,在90~200 cm土层多耗水19.7 mm,其中,在90~120 cm土层耗水量差异最显著。本研究表明,周年覆盖有助于促进小麦生长耗水,平均比夏闲期秸秆覆盖+露地条播(JLT)高4.1%。但也有研究表明^[38],地膜覆盖处理不同土层土壤水分变化幅度较大,土壤深层水亏缺。且由于单季耗水量较高,随着连作年限增加,土壤水分亏缺日益严重,不利于土壤水分的持续利用和产量的稳定增加。本试验由于夏闲期覆盖良好的保蓄效果促进了土壤水分的恢复,因此,在连续3 a定位试验中并未出现由过量耗水引起的产量不稳定甚至减产。但关于长期进行周年覆盖是否会对土壤水分及产量造成负面影响这一问题还有待进一步研究。

诸多研究表明,产量对肥的响应与供水量相关,随着水分亏缺,产生最大产量需要的肥料用量随之降低。根据土壤含水率调整施肥量,可以有效提高作物产量,并降低对环境的负面影响。研究表明,播前2 m土壤贮水量与产量呈极显著相关,因此一定程度上可以根据播前土壤贮水量进行产量预测,以便为科学以产定肥提供理论依据。

4 结 论

1)夏闲期黑网膜覆盖和夏闲期秸秆残膜二元覆盖可显著提高夏闲期蓄水量和蓄水效率,除2015年(干旱年)外,其他2个年度夏闲期黑网膜覆盖较夏闲期秸秆覆盖平均提高18.0%和24%,夏闲期秸秆残膜二元覆盖平均提高15.7%和25%,差异显著。2)不同夏闲覆盖和种植方式对冬小麦籽粒产量、水分生产效率和降水生产效率的提高率总体表现为JCLG处理>HWLT处理>JLT处理。因此,JCLG和HWLT处理两种覆盖种植方式均适宜在黄土旱塬乃至我国旱地麦区推广应用,且以夏闲期秸秆残膜二元覆盖+垄膜沟播种植(JCLG)方式效果更佳。3)播前2 m土壤贮水量和耗水量与产量均呈极显著相关,因此可以一定程度上根据播前土壤贮水量来预测当地冬小麦产量,以便为科学以产定肥提供理论依据。

参考文献:

- [1] 郭媛,孙敏,任爱霞,等.夏闲期地表覆盖对旱地土壤水分、小麦氮素吸收运转及产量的影响与施氮调控[J].生态学杂志,2015,34(7):1 823-1 829.
- [2] 赵晓东,李廷亮,谢英荷,等.覆盖对旱地麦田土壤水分及氮素平衡的影响[J].生态学报,2018,38(5):1-10.
- [3] 张秋英,李发东,欧国强,等.土壤水对降水和地表覆盖的响应[J].北京林业大学学报,2005,27(5):37-41.
- [4] 范颖丹,柴守玺,程宏波,等.覆盖方式对旱地冬小麦土壤水分的影响[J].应用生态学报,2013,24(11):3 137-3 144.
- [5] 程宏波.覆盖与秸秆还田对旱地小麦土壤水热条件及产量形成的影响[D].兰州:甘肃农业大学,2016.
- [6] 官情,王俊,宋舒亚,等.黄土旱塬区不同覆盖措施对土壤水分及冬小麦水分利用效率的影响[J].地下水,2011,33(1):21-24.
- [7] 宗睿,马玉诏,高超,等.不同地膜覆盖对夏玉米产量及水分利用效率的影响[J].灌溉排水学报,2017,36(12):31-35.
- [8] 张兴隆,李志新,王宗铠,等.全覆膜平作与沟播对谷子生理性状及产量的影响[J].灌溉排水学报,2018,37(8):58-63.
- [9] 杨长刚,柴守玺,常磊,等.不同覆膜方式对旱作冬小麦耗水特性及籽粒产量的影响[J].中国农业科学,2015,48(4):661-671.
- [10] 雷妙妙,孙敏,高志强,等.一年一作旱地麦田休闲期地膜覆盖保水对植株氮素利用的影响[J].山西农业大学学报(自然科学版),2017,37(8):540-546.
- [11] 温斐斐,孙敏,邓联峰,等.旱地小麦休闲期深翻覆盖对土壤水分及其利用效率的影响[J].中国生态农业学报,2013,21(11):1 358-1 364.

- [12] 章孜亮, 刘金山, 王朝辉, 等. 基于土壤氮素平衡的旱地冬小麦监控施氮[J]. 植物营养与肥科学报, 2012, 18(6): 1 387-1 396.
- [13] 曹寒冰, 王朝辉, 师源超, 等. 渭北旱地冬小麦监控施氮技术的优化[J]. 中国农业科学, 2014, 47(19): 3 826-3 838.
- [14] 王玉玲, 李军. 黄土旱塬区平衡施肥下不同土壤耕作模式的蓄水纳墒及作物增产增收效应研究[J]. 植物营养与肥科学报, 2016, 22(1): 151-163.
- [15] 张建军, 樊廷录, 党翼, 等. 黄土旱塬耕作方式和施肥对冬小麦产量和水分利用特性的影响[J]. 中国农业科学, 2017, 50(6): 1 016- 1030.
- [16] 邓振镛, 张强, 王强, 等. 黄土高原旱作区土壤贮水力和农田耗水量对冬小麦水分利用率的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(14): 3 672-3 678.
- [17] 李廷亮, 谢英荷, 高志强, 等. 周年覆盖对黄土旱塬冬小麦产量及降水利用率的影响[J]. 水土保持学报, 2018, 32(1): 332-338.
- [18] 朱自玺, 赵国强, 邓天宏, 等. 秸秆覆盖麦田水分动态及水分利用效率研究[J]. 生态农业研究, 2000, 8(1): 34-37.
- [19] 方文松, 朱自玺, 刘荣花, 等. 秸秆覆盖农田的小气候特征和增产机理研究[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(6): 123-128.
- [20] 林文. 地膜和秸秆覆盖对黄土高原旱作农田土壤水库与作物产量的影响[D]. 杨凌: 中国科学院教育部水土保持与生态环境研究中心, 2017.
- [21] 罗俊杰, 王勇, 樊廷录. 旱地不同生态型冬小麦水分利用效率对播前底墒的响应[J]. 干旱地区农业研究, 2010(1): 62-66.
- [22] 韩思明, 王虎全. 早作地膜覆盖穴播小麦底墒与产量关系[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2001, 29(2): 91-94.
- [23] 任爱霞, 孙敏, 高志强, 等. 夏闲期覆盖配施氮肥对旱地小麦土壤水分及氮素利用的影响[J]. 中国农业科学, 2017, 50(15): 2 888-2 903.
- [24] 廖允成, 温晓霞, 韩思明, 等. 黄土高原旱地小麦覆盖保水技术效果研究[J]. 中国农业科学, 2003, 36(5): 548-552.
- [25] 张锦朝, 孙敏, 高志强, 等. 旱地小麦休闲期覆盖保水与产量构成因素的关系[J]. 生态学杂志, 2015, 34(4): 1 004-1 012.
- [26] 常春丽, 刘丽平, 张立峰, 等. 保护性耕作的发展研究现状及评述[J]. 中国农学通报, 2008, 24(2): 167-172.
- [27] 周玉红, 董建国, 汪有科, 等. 几种典型覆盖下的土壤水分恢复研究[J]. 水土保持研究, 2015, 22(2): 334-339.
- [28] 哈斯图亚, 陈仲新. 农田覆膜效益、环境影响与监测研究进展分析[J]. 中国农业资源与区划, 2017, 38(4): 1- 8, 16.
- [29] 邓妍, 高志强, 孙敏, 等. 夏闲期深翻覆盖对旱地麦田土壤水分及产量的影响[J]. 应用生态学报, 2014, 25(1): 132-138.
- [30] 杨海迪, 海江波, 贾志宽, 等. 不同地膜周年覆盖对冬小麦土壤水分及利用效率的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(2): 27-34.
- [31] 杨小敏, 郝明德, 李龙, 等. 黄土区旱地覆盖对小麦养分吸收及水分利用的影响[J]. 麦类作物学报, 2013, 33(5): 1 001-1 005.
- [32] 赵晓东. 不同覆膜方式对旱地冬小麦产量及水肥效应的影响[D]. 太谷: 山西农业大学, 2016.
- [33] 张俊鹏, 冯棣, 曹彩云, 等. 覆膜棉田土壤温度变化特征与地表温度估算[J]. 灌溉排水学报, 2016, 35(12): 12-18.
- [34] 李开元, 李玉山. 黄土高原农田水量平衡研究[J]. 水土保持学报, 1995(9): 39-44.
- [35] LI Y, SHU S. A Comprehensive Research on High Efficient EcoEconomic System in Wangdonggou Watershed of Changwu [M]. Beijing: Sci-Tech Document Press, 1991.
- [36] 于振文. 作物栽培学各论: 北方本[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 58-59.
- [37] 范颖丹. 不同覆盖和秸秆还田方式对旱地小麦土壤水分的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2013.
- [38] 谢军红, 柴强, 李玲玲, 等. 黄土高原半干旱区不同覆膜连作玉米产量的水分承载时限研究[J]. 中国农业科学, 2015, 48(8): 1 558- 1 568.

Effects of Summer Mulch and Planting Methods on Soil Water and Winter Wheat Yield at Dryland in Loess Plateau

LIU Yufeng¹, XIE Yinghe^{1,2,3,*}, YANG Futian⁴, LI Tingliang^{1,2,3}, LI Chao¹, HUANG Tao¹, DOU Lu¹, JI Meijuan¹

(1. College of Resources and Environment, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China; 2. National Demonstration Center for Agricultural Resources and Environment Experimental Teaching, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China;

3. Shanxi Soil and Fertilizer Postgraduate Education Innovation Center, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China;

4. Shuozhou Vocational and Technical College, Shuozhou 036002, China)

Abstract: 【Objective】 There is a fallow period during summer in the loess plateau region. The purpose of this paper is to study how to make most of precipitation in this period by mulching, thereby improving soil water storage and the ultimate field of winter wheat. **【Method】** A three-year experiment was conducted with three summer mulching and planting method combinations: Straw and plastic film mulch with furrow sowing (JCLG), black net film mulch with flatten surface sowing (HWLT), straw mulch with flatten surface sowing (JLT). **【Result】** JCLG significantly increased wheat yield, biomass and precipitation use efficiency by 9.5%~35.1%, 13.2%~42.2% and 8.8%~35.6% respectively, compared to JLT, due to its 29.5% increase in storing the summer precipitation in soil. HWLT also increased water storage and yield by 22.5% and 18% respectively, compared to JLT. We found that the water stored in 0~2 m soil prior to sowing was significantly related to water consumption, yield and biomass of the wheat. **【Conclusion】** Both JCLG and HWLT are effective in improving soil storage of summer precipitation at the dryland in the loess plateau regions, with JCLG most efficient in improving yield and rainfall use efficiency. The method tested in this paper might be applicable to drylands in other areas in China and beyond.

Key words: summer fallow mulch; dryland in Loess Plateau; wheat yield, water effect

责任编辑: 陆红飞