

秸秆覆盖量对旱作小麦耗水特性 及土壤性质的影响

李玉鹏^{1,2,3}, 贾志宽^{1,4}, 韩清芳^{1,4}, 王成社^{3,4}, 谢彦周^{3,4}, 魏红升^{3,4}

(1. 西北农林科技大学中国旱区节水农业研究院, 陕西 杨凌 712100;
2. 南阳市农业科学院, 河南 南阳 473000; 3. 西北农林科技大学南阳小麦试验示范站, 河南 南阳 473000;
4. 西北农林科技大学农学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 为了解秸秆覆盖量对旱作小麦耗水特性和土壤性质的调控作用,在宁夏南部半干旱区连续两年进行了 0(CK), 3 000, 6 000, 9 000 kg·hm⁻² 四种不同秸秆覆盖量处理的栽培试验。结果表明:随着覆盖量的增加,小麦在各个生育阶段的耗水量逐渐减少,3 000, 6 000 kg·hm⁻² 和 9 000 kg·hm⁻² 覆盖量处理的小麦全生育期的平均耗水量较 CK 分别减少了 12.7%, 21.6% 和 27.5%, 秸秆覆盖量与耗水量呈显著负相关 ($P < 0.01$); 进行秸秆覆盖以后,土壤的蓄水保墒能力得到明显提升,3 000, 6 000 kg·hm⁻² 和 9 000 kg·hm⁻² 覆盖量处理的小麦收获后土壤平均含水量较 CK 分别增加了 13.1%, 19.8% 和 26.1%; 小麦的水分利用效率以覆盖量为 9 000 kg·hm⁻² 的处理最大,水分利用效率较 CK 增加了 42.4% ($P < 0.01$); 不同覆盖量处理的小麦平均产量较 CK 增加了 2.9% ~ 16.7%, 仅覆盖量为 3 000 kg·hm⁻² 的处理较 CK 差异达到显著水平 ($P < 0.01$); 秸秆覆盖对表层土壤(0~10 cm)的温度变化有明显的调节作用,能够降低地温的日振幅,避免了地温的剧烈变化,能有效缓解地温的激变对作物根部产生的伤害。秸秆覆盖能够改善土壤肥力,提高土壤中碱解氮、速效钾和有机质的含量,而且有利于作物对土壤磷素的吸收。

关键词: 秸秆覆盖量; 旱作小麦; 耗水特性; 土壤性质

中图分类号: S512.1 **文献标志码:** A

Effects of mulching straw at different rates on water use pattern and soil properties of dry-land wheat

LI Yu-peng^{1,2,3}, JIA Zhi-kuan^{1,4}, HAN Qing-fang^{1,4}, WANG Cheng-she^{3,4}, XIE Yan-zhou^{3,4}, WEI Hong-sheng^{3,4}

(1. Institute of Water Saving Agriculture in Arid Areas of China, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
2. Nanyang Academy of Agricultural Science, Nanyang, Henan 473000, China;
3. Nanyang Experiment and Demonstration Station of Wheat, Northwest A & F University, Nanyang, Henan 473000, China;
4. College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: To yield a penetrating insight into the effects of straw mulching on water use pattern and soil properties of dry-land wheat, we conducted field experiments with four treatments of corn stalk mulching rates, 0 (control rate), 3 000, 6 000, 9 000 kg·hm⁻² in semiarid areas of southern Ningxia for two consecutive years. The result indicated that the water consumption of wheat at different growth stages gradually decreased with the increase of straw mulch. For the straw mulching quantity of 3 000, 6 000 kg·hm⁻² and 9 000 kg·hm⁻², the average water consumption during the whole growth period of wheat was decreased by 12.7%, 21.6% and 27.5%, respectively compared with the control, and the amount of straw showed a significantly negative correlation with that of water consumption ($P < 0.01$). The effect of straw mulching on soil moisture conservation was significant. For the straw mulching quantity of 3 000, 6 000 kg·hm⁻² and 9 000 kg·hm⁻², soil moisture content increased by 13.1%, 19.8% and 26.1% after harvest. After straw mulching, the water use efficiency was the largest in the amount of 9 000 kg·hm⁻², being increased by 42.4% ($P < 0.01$) com-

收稿日期:2016-05-20
基金项目:“十一五”国家科技支撑课题“农田集雨保水关键技术研究”(2006BAD29B03);节水共性技术研究(2007BAD88B10)
作者简介:李玉鹏(1984—),男,河南南阳人,硕士,助理研究员,主要从事旱地农业和小麦遗传育种研究。E-mail:lypeng2000@163.com。
通信作者:贾志宽(1962—),男,山西朔州人,教授,博士生导师,主要从事旱地农业研究。E-mail:zhikuan@tom.com。

pared with the control. With the straw mulching amount of 3 000, 6 000 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ and 9 000 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, the wheat yield in different mulching modes was increased by 2.9% ~ 16.7%, but only the difference between 3 000 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ mulching mode and the control reached the significant level ($P < 0.01$). Straw mulching could apparently adjust soil temperature at the upper layer (0 ~ 10 cm) that can not vary dramatically between extremes. All these effect is useful for the wheat growing. Straw mulching could increase available N, available K and organic matters, which much more helped crops taking up P from soil.

Keywords: stalk rate; dry-land wheat; water consumption characteristic; soil properties

农业水资源紧缺已经成为制约中国特别是西北干旱半干旱地区经济可持续发展的一个重要限制因素^[1-4]。宁南半干旱区农业生产用水主要依赖天然降水,该区年降水量仅 350 ~ 450 mm,且时空分布不均,无效、微效降水次数多,气候干燥,蒸发强烈,因此,干旱被认为是农业生产的主要限制因素^[5-6]。农作物秸秆富含多种营养元素,是一种宝贵的生物资源。秸秆覆盖耕作法是针对干旱地区土壤蒸发量大、地力贫瘠、耕作粗放等问题而采用的一项旱作农业技术。秸秆覆盖保墒是用人工的方法,用秸秆在土壤表面设置一道物理隔离层,阻隔土壤与大气层间的水分和能量交换,有效减少作物棵间的无效蒸发,改变棵间蒸发耗水与叶面蒸腾耗水的比例关系,增加作物的叶面蒸腾量,变无效耗水为有效耗水,从而达到增产的目的。大量研究表明,秸秆覆盖是一种重要的保墒技术,不仅可以改善土壤结构,增强土壤的蓄水能力,还能使土壤表层疏松,增加雨水入渗,提高土壤含水量^[7-8]。亢青选等^[9-11]认为随着秸秆的逐渐分解,淋溶于土壤,土壤中的有机质和速效养分会明显提高。土壤温度是作物生长的重要生态因子,与土壤生物、化学特性及作物的生长发育密切相关^[12-13],研究秸秆覆盖条件下土壤的温度变化,是合理促进作物生长发育,制定适宜保护性栽培措施的重要前提。巩杰等^[14]认为秸秆覆盖以后可以改变大气与土壤热交换的界面状况,在低温时期有增温效应,在高温时期有降温效应。对于常规秸秆覆盖对水分利用和产量、温度等影响的研究国内外都做了很多工作^[15-19],而对不同覆盖量条件下小麦耗水特性和土壤环境变化的研究还不多见。因此,研究半干旱地区不同覆盖量条件下小麦的耗水特性和温度、养分变化,对于节水农业具有重要的意义。本文对宁南半干旱区不同秸秆覆盖量条件下小麦的耗水特性、水分利用效率、土壤温度、养分等状况进行了分析,旨在探讨半干旱地区不同秸秆覆盖量条件下的节水、增产、培肥效果,为完善秸秆覆盖模式及应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2007 年 9 月至 2009 年 6 月在宁夏回族自治区彭阳县旱作农业试验区进行。该试验区位于宁夏回族自治区南部边缘、六盘山东麓,介于 E106°32' ~ 106°58'、N35°41' ~ 36°17' 之间,海拔 1 800 m,属温带半干旱气候,年平均气温 6℃ ~ 8.5℃,日照时数 2 518 h,无霜期 147 ~ 168 d,年降雨量 350 ~ 450 mm。

全年 56% 降水集中分布在 7—9 月,无效、微效降水次数多,气候干燥,蒸发强烈,土壤蓄墒率不足 30%。

试验过程中降雨量偏少,两年冬小麦生育期降水分别为 157.4、146.9 mm。两年生育期内 ≤ 5 mm 无效降水次数分别为 8、11 次。

试验田为旱平地,土壤质地为黄绵土,前茬作物为玉米,肥力较低。0 ~ 200 cm 土层土壤平均容重 1.27 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$,土壤饱和含水量为 29.81%,田间持水量为 24.26%,pH 值为 8.47。

1.2 试验设计

连续两年在同一地块上进行小麦栽培试验,采用单因素试验设计,设 4 种覆盖量处理,即 0 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (CK)、3 000 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (S1)、6 000 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (S2)、9 000 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (S3)。试验采用随机区组排列,3 次重复,小区面积 24 m^2 (4 m × 6 m),小麦供试品种为西峰 26,播种量 150 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,播种前各处理均基施纯氮 150 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 P_2O_5 120 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 K_2O 90 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,人工播种出苗后覆草。2007 年冬小麦于 9 月 16 日播种,翌年 6 月 23 日收获,2008 年冬小麦于 9 月 16 日播种,翌年 6 月 22 日收获,其田间管理与当地大田水平一致。

1.3 测定项目与方法

记录各生育期降雨量,土壤水分测定采用烘干称重法,在小麦主要生育时期对不同处理 0 ~ 200 cm 土层进行土壤水分动态监测,以 20 cm 为一个土层单位进行采样测定。每小区取中间 10 m^2 测定产

量,折算大田实际产量,土壤水分及产量测定均为 3 次重复。

分别于两年的灌浆期将 5、10、15、20、25 cm 地温计布置在各个处理的小区对地温日变化进行观测,于 8:00、10:00、12:00、14:00、16:00、18:00、20:00 各观测一次,定时记录,观测为两次重复。

在小麦播种前和每年收获后对不同处理的土壤养分进行测定,利用 UV2550 紫外可见分光光度计测定速效钾、速效磷的含量;利用重铬酸钾外加热法测定有机质含量;利用碱解扩散法测定碱解氮含量。土样采集采用多点采集的方法,分别在每个小区采集 5 个样品,取样深度为 0~20 cm,然后通过充分混合、阴干、研磨、过筛、浸提、消解等步骤后测定。

土壤贮水量计算公式:

$$W = \sum_{i=1}^{10} V_i H_i$$
式中, W 为土壤贮水量(mm); V_i 为土壤体积含水量; H_i 为土层厚度(mm)。

农田蒸散量计算公式:

$$ET = I + P - R - D - SW$$
式中, ET 为农田蒸散量; I 为灌溉量; P 为降雨量; R 为径流; D 为深层渗漏量; SW 为土壤剖面的水量变化。本试验中 R 和 D 可以忽略不计, $I = 0$, 农田蒸散量可简化为:

$$ET = P - SW$$

农田水分利用效率用下列公式计算:

$$WUE = Y/ET$$

式中: WUE 为水分利用效率; Y 为籽粒产量; ET 为农田蒸散量。

1.4 统计分析

数据分析采用 spss12.0 版本分析,多重比较采用 LSD 法。

2 结果与分析

2.1 不同秸秆覆盖量条件下小麦的耗水量

两年小麦不同生长阶段的耗水量见表 1,各个生长时期随着覆盖量的增加,小麦的耗水量逐渐减少。2007 年冬小麦从 CK 到 S3,耗水量由 337.05 mm 减少到 247.35 mm,三种处理 S1、S2、S3 的耗水量较 CK 分别减少了 12.0%、20.7%、26.6% ($P < 0.01$),2008 年冬小麦从 CK 到 S3,耗水量由 324.35 mm 减少到 232.01 mm,三种处理 S1、S2、S3 的耗水量较 CK 分别减少了 13.4%、22.5%、28.5% ($P < 0.01$)。两年平均,秸秆覆盖量与耗水量呈显著的直线相关(图 1):

$$y = -0.0101x + 324.95, R^2 = 0.9732$$

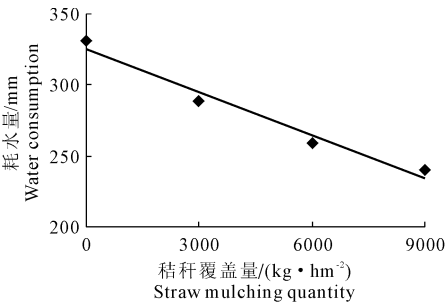


图 1 秸秆覆盖量与耗水量的相关性

Fig. 1 Correlation between stalk returning rate and water consumption

以上结果表明,进行覆盖以后,会减少棵间无效蒸发,使土壤墒情明显好转。生育前期小麦叶面积较小,裸露地表面积较大,棵间蒸发为主要的土壤水分消耗形式,覆盖处理能够起到较好的保水作用,减少作物生长过程的前期耗水,为作物的旺盛生长阶段提供充足的水分,且随着覆盖量的增加保墒效果更加明显。

2.2 不同秸秆覆盖量条件下小麦的产量和水分利用效率

由表 2 可以看出,随着覆盖量的增加,0~200 cm 土层土壤贮水利用量逐渐减少,2007 年冬小麦从 CK 到 S3,贮水利用量由 179.65 mm 逐渐减少到 89.98 mm,2008 年冬小麦从 CK 到 S3,贮水利用量由 177.45 mm 逐渐减少到 85.11 mm。两年平均贮水利用量由 178.55 mm 逐渐减少到 87.53 mm。收获后对各个处理 0~200 cm 土层土壤贮水量进行测定,两年的结果表现出一致的规律,0~200 cm 土层贮水量 $S3 > S2 > S1 > CK$ 。2008 年收获后处理 S1、S2、S3 土壤贮水量比 CK 分别增加 13.8%、23.8%、29.2%,2009 年收获后比 CK 分别增加 12.3%、15.6%、23.0%。两年平均收获后的贮水量处理 S1、S2、S3 比 CK 分别增加 13.1%、19.8%、26.1%。2007 年冬小麦产量 $S1 > S2 > S3 > CK$,仅处理 S1 较 CK 达到极显著差异水平 ($P < 0.01$),增产达到 12.9%;2008 年冬小麦产量 $S1 > S2 > S3 > CK$,三个处理较 CK 均达到极显著差异水平 ($P < 0.01$),S1、S2、S3 较 CK 分别增产 20.5%、11.2%、4.8%。两年平均各处理的小麦产量顺序为 $S1 > S2 > S3 > CK$,仅处理 S1 较 CK 达到极显著差异水平 ($P < 0.01$),增产达到 16.7%。随着覆盖量的增加,小麦的水分利用效率也逐渐提高,2007 年从 CK 到 S3 水分利用效率由 $8.51 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1}$ 增加到 $11.71 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1}$,2008 年从 CK 到 S3 水分利用效率由 $8.76 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1}$ 增加到 $11.71 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1}$ 。

hm⁻²·mm⁻¹增加到 12.89 kg·hm⁻²·mm⁻¹。相对于 CK,处理 S3 的水分利用效率提高幅度最大,两年分别达到了 37.6 %和 47.1%。两年平均各处理的水分利用效率大小为 S3>S2>S1>CK,处理 S1、S2、S3 的水分利用效率较 CK 分别增加 33.8%、36.8%、42.4%。

表 1 不同秸秆覆盖量处理下小麦不同生育阶段耗水量/mm

Table 1 Effect of corn stalk mulching on water consumption of wheat at the different growth stages

年份 Year	处理 Treatment	生长阶段(M-d) Growing period						全生育期 Total stage
		播种~出苗 Sowing to seedling	出苗~返青 Seedling to turning green	返青~拔节 Turning green to jointing	拔节~抽穗 Jointing to heading	抽穗~灌浆 Heading to filling	灌浆~成熟 Filling to mature	
		9-16~10-22	10-23~4-2	4-3~4-21	4-22~5-10	5-11~5-28	5-28~6-23	
2007—2008	CK	46.12	108.67	53.69	44.35	40.19	44.03	337.05A
	S1	38.31	99.37	45.63	40.26	33.68	39.32	296.57B
	S2	33.59	90.26	40.16	35.62	31.24	36.31	267.18C
	S3	29.65	85.69	36.73	32.16	28.97	34.15	247.35D
2008—2009	CK	51.24	95.15	49.15	41.10	38.15	49.56	324.35A
	S1	43.29	86.05	39.85	36.17	33.26	42.14	280.76B
	S2	36.75	78.37	32.81	33.46	32.51	37.52	251.42C
	S3	33.69	74.99	29.12	29.36	30.66	34.19	232.01D

注:同列数据后标不同大写字母者表示不同处理间差异极显著($P<0.01$),下表同。
Note: different lowercase letters within the same column mean significant difference among different treatments at $P<0.01$ level, the same as in Table 2.

表 2 不同秸秆覆盖量处理下小麦产量和水分利用效率

Table 2 Yields and water use efficiency of wheat at different stalk mulching rates

年份 Year	处理 Treatment	降雨量 Raifall /mm	贮水利用量 Consumption of soil water /mm	耗水量 Water consumption /mm	收获后贮水量 Water storage after harvest /mm	产量 Yield /(kg·hm ⁻²)	水分利用效率 WUE /(kg·hm ⁻² ·mm ⁻¹)
2007—2008	CK	157.4	179.65	337.05	192.17	2868.63B	8.51D
	S1	157.4	139.17	296.57	218.72	3239.49A	10.92C
	S2	157.4	109.78	267.18	237.99	2958.43B	11.07B
	S3	157.4	89.95	247.35	248.23	2896.36B	11.71A
2008—2009	CK	146.9	177.45	324.35	186.49	2840.01D	8.76D
	S1	146.9	133.86	280.76	209.36	3423.35A	12.19C
	S2	146.9	104.52	251.42	215.57	3156.75B	12.56B
	S3	146.9	85.11	232.01	229.29	2976.68C	12.89A
平均 Average	CK	152.2	178.55	330.70	189.33	2854.32B	8.64D
	S1	152.2	136.52	288.67	214.04	3331.42A	11.56C
	S2	152.2	107.15	259.3	226.78	3057.59B	11.82B
	S3	152.2	87.53	239.68	238.76	2936.52B	12.30A

2.3 不同秸秆覆盖量条件下的土壤温度

土壤温度是植物生长发育的重要生态因子,对植物根系吸收水分和矿质元素有重要的影响,也可以通过对植物的光合作用、植物激素等的作用而间接影响植物生长^[20-23]。这里以 2008 年冬小麦灌浆期从 8:00 至 20:00 每隔两小时的温度日变化为例,分析不同秸秆覆盖量条件下温度的日变化情况。由图 2 可以看出,各个处理下 5、10、15 cm 土层日变化

均呈现先上升后下降的变化趋势,其中 5 cm 土层日变化最为明显,且随着土层的加深影响效应逐渐减弱,20 cm 和 25 cm 土层日变化呈缓慢上升趋势。由上至下不同土层增温峰值依次后移,5 cm 土层处最高温出现在 14:00,随着土层深度的增加,最高温出现滞后现象。
进行秸秆覆盖以后,相当于人工在地表设置了一道物理隔离层,对太阳辐射起到有效的拦截和吸

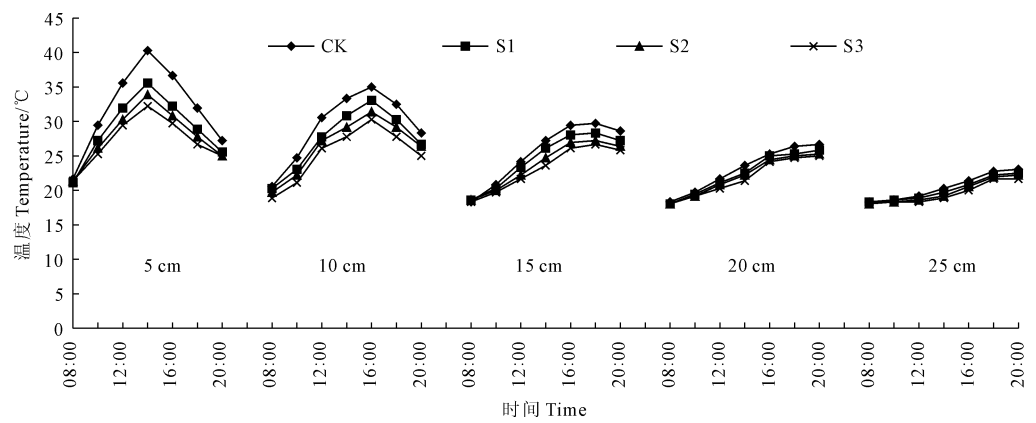


图 2 不同秸秆覆盖量处理下不同土层的温度日变化

Fig.2 Daily soil temperatures variations of different soil layers for the corn stalk mulching treatments

收作用,阻碍了土壤与大气之间的水热交换,所以进行覆盖处理的小区升温 and 降温的速度均比较缓慢,且随着覆盖量的增加,升温和降温的幅度逐渐变小。各处理 5 cm 土层处温度在 8:00 至 14:00 处于升温阶段,CK 在 5 cm 土层处温度日最高振幅为 18.6℃,处理 S1、S2、S3 在 5 cm 土层处温度日最高振幅为 14.4℃、12.6℃、10.6℃,较 CK 分别降低了 4.2℃、6℃、8℃;各处理 10 cm 土层处温度在 8:00 至 16:00 处于升温阶段,CK 在 10 cm 土层处温度日最高振幅为 14.3℃,处理 S1、S2、S3 在 10 cm 土层处温度日最高振幅为 12.8℃、11.9℃、11.3℃,较 CK 分别降低了 1.5℃、2.4℃、3℃;各处理 15 cm 土层处温度在 8:00至 18:00 处于升温阶段,CK 在 15 cm 土层处温度日最高振幅为 11.5℃,处理 S1、S2、S3 在 15 cm 土层处温度日最高振幅为 9.7℃、8.7℃、8.4℃,较 CK 分别降低了 1.8℃、2.8℃、3.1℃;各处理 20 cm 土层处温度日变化呈现出缓慢上升趋势,CK 在 20 cm 土层处温度日最高振幅为 8.4℃,处理 S1、S2、S3 在 20 cm 土层处温度日最高振幅为 7.7℃、7.4℃、6.8℃,较 CK 分别降低了 0.7℃、1℃、1.6℃;各处理 25 cm 土层处温度日变化也表现出缓慢上升趋势,CK 在 25 cm 土层处温度日最高振幅为 4.7℃,处理 S1、S2、S3 在 25 cm 土层处温度日最高振幅为 4.3℃、4℃、

3.6℃,较 CK 分别降低了 0.3℃、0.7℃、1.1℃。由此可见,进行覆盖以后具有缓解地温剧烈变化的作用,这与逢焕成^[24]的研究结果基本一致。

2.4 不同秸秆覆盖量条件下的土壤肥力

从表 3 可以看出,覆盖处理对土壤养分中的碱解氮、速效钾、有机质的含量影响比较大。经过两年的覆盖以后,处理 S1、S2、S3 的碱解氮含量较 2007 年播种前分别增加了 11.8%、13.7%、15.7%,速效钾含量较 2007 年播种前分别增加了 6.4%、10.9%、11.8%,可见覆盖量越大,对碱解氮、速效钾含量的提高幅度越大。覆盖处理后速效磷的含量降低了 1~2 mg·kg⁻¹,这主要是因为进行秸秆覆盖处理以后,增加了土壤表层中磷素的有效性,使磷素更容易被植物吸收,随着植物移走^[25~28]。土壤有机质是土壤的重要组成部分,是农业生态系统中极其重要的生态因子,其含量显著影响着农业生态系统的生产力。土壤腐殖质是土壤有机质的核心,也是土壤肥力的重要物质基础,随着小麦的生长,秸秆逐渐腐烂、分解产生了大量的腐殖质,提高了有机质的含量。进行两年的秸秆覆盖以后,三种覆盖量处理的土壤有机质含量较 2007 年播种前都增加了 1~2 g·kg⁻¹,各个处理之间的提高幅度差异不大。

表 3 不同秸秆覆盖量处理下的土壤肥力
Table 3 Soil fertilities at different corn stalk rates

测定时期 Period	CK				S1				S2				S3			
	N	P	K	O	N	P	K	O	N	P	K	O	N	P	K	O
播前 Before sowing	51	12	110	9	51	12	110	9	51	12	110	9	51	12	110	9
2008 收获后 After 2008 harvesting	52	12	112	10	55	13	115	10	52	12	122	10	51	12	124	10
2009 收获后 After 2009 harvesting	51	11	114	10	57	11	117	10	58	10	122	10	59	10	123	11

注:表中 N、P、K 分别表示碱解氮、速效磷、速效钾,其单位为 mg·kg⁻¹;O 表示有机质,其单位为 g·kg⁻¹。
Note: N, P, K mean available N, available P, available K, respectively (mg·kg⁻¹). O means organic matter (g·kg⁻¹).

3 结论与讨论

试验结果表明,在小麦各个生育期覆盖秸秆均能够取得较好的保水效果,阶段耗水量较对照明显减少,且覆盖量越大,各个生育期的耗水量越少。原因在于秸秆覆盖后,相当于在地表形成了一层保护层,不仅能增强土壤的蓄水保墒能力,增加土壤对水分的吸持;而且能改善土壤结构,使土壤表层疏松,减少土壤毛细管的作用,相应也减少了土壤水分进入大气的机会;同时,当水蒸气遇到秸秆时冷凝成液态水又返回到土壤中,相应减少了土壤水分的损失量,使有效水维持时间延长^[8,29]。在两年的试验中,三种处理 S1、S2、S3 的耗水量较 CK 平均减少了 12.7%、21.6%、27.6%。覆盖后,可使作物根部的土壤水分保持相对稳定,两年冬小麦收获后 S1、S2、S3 的土壤贮水量平均比 CK 增加 13.1%、19.7%、26.1%,明显高于 CK,为下一季作物的生长提供了良好的水分条件。随着覆盖量的增加,不仅抑制了棵间土壤水分的无效蒸发,而且改善了农田小气候,空气温度降低,相对湿度增加,还有调节小麦叶面蒸腾强度的作用,使土壤水分得到更充分的利用,从而提高了小麦水分利用效率,两年冬小麦处理 S1、S2、S3 的水分利用效率较 CK 平均增加 33.8%、36.8%、42.4%,均达到极显著水平($P < 0.01$)。

覆盖量过大虽然能够大量减少水分的无效消耗,但并不完全有利于小麦的生长。覆盖量过大,会造成有害气体增加,小麦根部呼吸减弱,不利于小麦的正常生长^[30],所以在试验当中,覆盖量最大的处理 S3 没有取得最高的产量。刘婷等^[31]在陕西省合阳县连续两年进行了不同秸秆覆盖量的冬小麦栽培试验,结果表明,在生育期覆盖秸秆可以明显提高冬小麦的产量,并且以 $3\ 000\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 覆盖量的处理较对照增产幅度最大。上述研究结果与本研究结论基本一致。在本研究的两年试验中,小麦产量均表现为 $S1 > S2 > S3 > CK$ 的规律,处理 S1、S2、S3 较 CK 平均提高 16.7%、7.2%、2.9%,S1 较 CK 连续两年均达到极显著差异水平($P < 0.01$)。

秸秆覆盖下的土壤温度变化明显变缓,且覆盖量越大,土壤升温越缓慢^[32]。所以在炎热的夏季,覆盖秸秆可以有效降低土壤温度,为小麦根部创造良好的生长环境,相对较低的温度也为保墒起到了积极作用。覆盖处理后也会明显提高土壤中碱解氮、速效钾、有机质的含量,覆盖量越大,提高的幅度越大,而且会更有利于作物对土壤中磷素的吸收利用^[33]。综合考虑以上耗水特性、温度、肥力等的状

况,生产中进行覆盖秸秆时,建议采用适当的覆盖量,应以 $3\ 000\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 为宜。

参 考 文 献:

- [1] 员学锋,吴普特,汪有科,等.免耕条件下秸秆覆盖保墒灌溉的土壤水、热及作物效应研究[J].农业工程学报,2006,22(7):22-26.
- [2] 成向荣,黄明斌,邵明安.基于 SHAW 模型的黄土高原半干旱区农田土壤水分动态模拟[J].农业工程学报,2007,23(11):1-7.
- [3] 王幼奇,樊军,邵明安,等.黄土高原地区近 50 年参考作物蒸散量变化特征[J].农业工程学报,2008,24(9):6-10.
- [4] 吴钦孝,杨文治.黄土高原植被建设与可持续发展[M].北京:科学出版社,1998:156-188.
- [5] 王俊鹏,蒋骏,韩清芳,等.宁南半干旱地区春小麦农田微集水种植技术研究[J].干旱地区农业研究,1999,17(2):8-13.
- [6] 李军,王龙昌,孙小文,等.宁南半干旱偏旱区旱作农田沟垄径流集水蓄墒效果与增产效应研究[J].干旱地区农业研究,1997,15(1):16-20.
- [7] 张树兰,Lars Iovdahl,同延安.渭北旱塬不同田间管理措施下冬小麦产量及水分利用效率[J].农业工程学报,2005,21(4):20-24.
- [8] 于舜章,陈雨海,周勋波,等.冬小麦期覆盖秸秆对夏玉米土壤水分动态变化及产量的影响[J].水土保持学报,2004,18(6):175-178.
- [9] 亢青选,王解丑,孟晓民,等.高麦茬覆盖复播效应及技术研究[J].华北农学报,1999,14(2):102-106.
- [10] 晋凡生,张宝林.免耕覆盖玉米秸秆对旱源地土壤环境的影响[J].生态农业研究,2000,8(3):47-50.
- [11] 沈裕琥,黄相国,王海庆.秸秆覆盖的农田效应[J].干旱地区农业研究,1998,16(1):45-50.
- [12] 陈素英,张喜英,刘孟雨.玉米秸秆覆盖麦田下的土壤温度和土壤水分动态规律[J].中国农业气象,2002,23(4):34-37.
- [13] 谢军飞,李玉娥.土壤温度对北京旱地农田 N₂O 排放的影响[J].中国农业气象,2005,26(1):8-11.
- [14] 巩杰,黄高宝,陈利顶.旱作麦田秸秆覆盖的生态综合效应研究[J].干旱地区农业研究,2003,21(3):69-73.
- [15] 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.
- [16] 脱云飞,费良军,杨路华,等.秸秆覆盖对夏玉米农田土壤水分与热量影响的模拟研究[J].农业工程学报,2007,23(6):27-32.
- [17] 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.
- [18] 陈林,杨新国,翟德苹,等.柠条秸秆和地膜覆盖对土壤水分和玉米产量的影响[J].农业工程学报,2015,31(2):108-116.
- [19] 胡实,彭娜,谢小立,等.农田秸秆覆盖保墒研究[J].中国农业气象,2007,28(1):49-53.
- [20] 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.
- [21] 方日尧,同延安,梁东丽,等.黄土旱塬不同覆盖对春玉米产量及土壤环境影响[J].应用生态学报,2003,14(11):1897-1900.

(下转第 229 页)

1418-1427.

[9] 徐培智,解开治,陈建生,等.一季中晚稻的稻菜轮作模式对土壤酶活性及可培养微生物群落的影响[J].植物营养与肥料学报,2008,14(5):923-928.

[10] Liebman M, Dyck E. Crop rotation and intercropping strategies for weed management[J]. Ecological Applications, 1993,3(1):92-122.

[11] Mason h E, Navabi A, Frick B L, et al. The weed – competitive-ability of Canada western red spring wheat cultivars grown underorganic management[J]. Crop Science, 2007,47:1167-1176.

[12] 王瑞龙,张墨溪,宋圆圆,等.豆科牧草对 4 种农田常见杂草和水稻化感作用的研究[J].生态环境学报,2010,19(10):2307-2312.

[13] Cardina J, Herms C P, Doohan D J. Crop rotation and tillage system effects on weed seedbanks[J]. Weed Science, 2002,50:448-460.

[14] 魏守辉,强 胜,马 波,等.不同作物轮作制度对土壤杂草种子库特征的影响[J].生态学杂志,2005,24(4):385-389.

[15] 李儒海,强 胜,邱多生,等.长期不同施肥方式对稻油轮作制水稻田杂草群落的影响[J].生态学报,2008,28(7):3236-3243.

[16] 古巧珍,杨学云,孙本华,等.不同施肥条件下黄土地杂草生物多样性[J].应用生态学报,2007,18(5):1038-1042.

[17] Buhler D D, Liebman M, Obrycki J J. Theoretical and practical challenges to an IPM approach to weed management[J]. Weed Science, 2000,48(3):274-280.

[18] 陈 欣,王兆萼,唐建军.农业生态系统杂草多样性保持的生态学功能[J].生态学杂志,2000,19(4):50-52.

[19] 胡文诗,刘秋霞,任 涛,等.提高冬油菜播种量和施氮量抑制杂草生长的机理研究[J].植物营养与肥料学报,2017,23(1):137-143.

[20] 朱文达,魏守辉,张朝贤.稻油轮作田杂草种子库组成及其垂直分布特征[J].中国油料作物学报,2007,29(3):313-317.

[21] Sosnoskie L M, Herms C P, Cardina J, et al. Seedbank and emerged weed communities following adoption of glyphosate-resistant crops in a long-term tillage and rotation study[J]. Weed Science, 2009,57(3):261-270.

[22] Mohammaddoust e Chamanabad H R, Baghestani M A, Tulikov A M, et al. The impact of agronomic practies on weed community in winter rye[J]. Pakistan Journal of Weed Science Research, 2006,12(4):281-291.

[23] Ulber L, Steinmann H H, Klimek S, et al. An on-farm approach to investigate the impact of diversified crop rotations on weed species richness and composition in winter wheat[J]. Weed Research, 2009,49(5):534-543.

[24] Cathcart R J, Topinkab A K, Kharbanda P, et al. Rotation length, canola variety and herbicide resistance system affect weed populations and yield[J]. Weed Science, 2006,54(4):726-734.

[25] 许艳丽,李兆林,李春杰.连作、迎茬和轮作大豆对田间杂草群落变化的影响[J].大豆科学,2003,22(4):283-286.

[26] 许艳丽,李春杰,李兆林.玉米连作、迎茬和轮作对田间杂草群落的影响[J].生态学杂志,2004,23(4):37-40.

[27] 许艳丽,李兆林,李春杰.小麦连作、迎茬和轮作对麦田杂草群落的影响[J].植物保护,2004,30(3):26-29.

[28] 向佐湘,单武雄,何秋虹,等.两种生态控草措施对丘陵茶园杂草群落及物种多样性的影响[J].中国生态农业学报,2009,17(5):857-861.

[29] 程传鹏,万开元,陶 勇,等.不同轮作制度下施肥对冬小麦田间杂草群落及小麦生长的影响[J].生态环境学报,2013,22(3):370-378.

(上接第 222 页)

[22] 冯玉龙,姜淑梅.番茄对高根温引起的叶片水分胁迫的适应[J].生态学报,2001,21(5):747-751.

[23] 高亚军,李生秀,李世清,等.农田秸秆覆盖对冬小麦水氮效应的影响[J].应用生态学报,2005,16(8):1450-1454.

[24] 逢焕成.秸秆覆盖对土壤环境及冬小麦产量状况的影响[J].土壤通报,1999,30(4):174-175.

[25] 张志国.长期秸秆覆盖免耕对土壤某些理化性质及玉米产量的影响[J].土壤学报,1998,35(3):384-390.

[26] Donald D Howard. Rotation and fertilization effects on corn and soybean yield and soybean cyst nematode population in a no – tillage system[J]. Agronomy Journal, 1998,90(4):518-522.

[27] Charles A Norwood. Water use and yield of dryland row crops as affected by tillage system[J]. Agronomy Journal, 1999,91(1):108-115.

[28] Ronald E Phillips, Shirley H Phillips. No-tillage agriculture principles and practices[M]. New York: Nostrand Reinhold Company, 1984.

[29] 刘立晶,高焕文,李洪文.秸秆覆盖对降雨入渗影响的试验研究[J].中国农业大学学报,2004,9(5):12-15.

[30] 周凌云,徐梦雄.秸秆覆盖对麦田耗水量与水分利用率影响的研究[J].土壤通报,1997,28(5):14-15.

[31] 刘 婷,贾志宽,张 睿,等.秸秆覆盖对旱地土壤水分及冬小麦水分利用效率的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2010,38(7):68-76.

[32] 陈素英,张喜英,裴 冬,等.秸秆覆盖对夏玉米田棵间蒸发和土壤温度的影响[J].灌溉排水学报,2004,23(4):32-36.

[33] 袁家富.麦田秸秆覆盖效应及增产作用[J].生态农业研究,1996,4(3):61-65.