

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

王 昕^{1,2}, 贾志宽¹, 韩清芳¹, 杨保平¹, 聂俊峰¹

(1. 西北农林科技大学干旱半干旱农业研究中心, 农业部作物生产与生态重点开放实验室, 陕西 杨凌 712100;

2. 宁夏农林科学院农作物研究所, 宁夏 银川 750105)

摘 要: 2007~2008年在宁夏南部半干旱地区旱作春玉米播前设置了4种不同秸秆覆盖量(0、0.45、0.9、1.35万 kg/hm²)处理,分析了该区秸秆覆盖量对土壤水分保蓄及水分利用效率的影响。两年定点试验表明,不同秸秆覆盖量对土壤含水量影响存在季节性、层次性差异;0.9 kg/hm²覆盖量处理,在玉米大喇叭口期以前,对保持0~40 cm土层的土壤含水量有显著效果($P < 0.05$),较对照土壤水分含量提高了14.2%;秸秆覆盖量达到1.35万 kg/hm²时,土壤含水量不再显著增加。0.9~1.35万 kg/hm²覆盖量处理较对照增产显著($P < 0.01$),幅度达16.9%;玉米水分利用效率较对照增加了4.3~5.6 kg/(mm·hm²),达到了极显著水平($P < 0.01$)。

关键词: 春玉米; 秸秆覆盖量; 土壤含水量; 水分利用效率

中图分类号: S152.7*5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)04-0196-07

在旱作农业区,水分是作物产量提高的主要限制因素之一,有限水分资源的高效利用是该地区农业生产面临的主要问题。宁夏南部山区降水稀少,气候干燥,蒸发强烈,该区农业生产用水主要依靠自然降水,但有限的降雨有效转化率较低,并多以径流和土壤蒸发损失。覆盖是一种古老的蓄水保墒农业措施,其方式有很多种^[1,2],其中秸秆覆盖栽培在旱作农业中被逐步应用^[3~5],关于秸秆覆盖保墒效果,国内外许多专家学者作了大量的研究工作。试验表明,覆盖措施成本低廉,又能抑制土壤水分的无效蒸发,提高作物的水分利用效率^[6];秸秆覆盖后土壤0~30 cm土壤含水率比常规耕作高1~5个百分点^[7~8]。另有研究结果认为^[9],免耕秸秆覆盖和传统耕作秸秆覆盖土壤贮水量少,但水分利用效率较高。

对于秸秆覆盖量方面的研究,逢焕成等在陕西武功县和乾县进行秸秆覆盖冬小麦的研究表明^[10],6 000 kg/hm²秸秆覆盖的增产效应平均为19.3%;汪丙国在河北冬小麦试验中发现^[11],覆盖4 500 kg/hm²秸秆未增产;卜玉山在晋中进行的秸秆覆盖栽培玉米结果表明^[12],秸秆覆盖10 000 kg/hm²可使玉米增产19.1%;罗义银在贵州的玉米试验中发现^[13],覆盖处理在产量高于未覆盖,但未达到显著差异水平;马忠明在甘肃河西绿洲灌区玉米试验中

发现^[14],早期秸秆覆盖影响玉米出苗和生长,导致玉米减产和水分生产效率降低。

由此可见,不同区域覆盖栽培试验的结果差异较大,其覆盖模式及效果不具有普遍性。对于半干旱区旱作条件下秸秆覆盖栽培的水分保蓄效果及适宜秸秆覆盖量的深入研究目前相关文献报道不少,但未形成相应的技术模式。对此,本文在宁南半干旱区设置不同秸秆覆盖量处理,连续两年对土壤水分保蓄效果及作物水分利用状况进行深入研究,为完善半干旱区秸秆覆盖栽培模式以及节水保墒综合技术的创新提供理论依据及技术基础。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2007~2008年在宁夏南部山区彭阳县水平梯田上进行。该区土壤肥力中等,土壤为细黄土;0~200 cm土壤平均容重1.27 g/cm³,海拔高度1 770 m,年均降雨量413.9 mm,降水年内分布不均,主要集中在6~9月,占全年降水量的75.4%,年均蒸发量1 454.0 mm,年均气温6.8℃,年日照时数2 518 h,≥10℃年积温2 690.4℃,年无霜期145 d。

2007~2008年降雨量偏少(表1),两年玉米生育期降水分别为273.2 mm、267.1 mm,较历年同期少120.8 mm、114.5 mm,其中2007年4~6月份降水

收稿日期:2009-01-02

基金项目:十一五国家支撑计划项目“农田集雨节水关键技术研究”(2006BAD29B03);“节水共性技术研究”(2007BAD88B10)

作者简介:王 昕(1975—),男,宁夏银川人,硕士研究生,从事旱区农业研究。E-mail:wxin200312@163.com。

通讯作者:贾志宽,E-mail:zhikuan@tom.com。

109.1 mm,为历年同期的68.1%;7~9月份降水164.1 mm,为历年同期的60.9%;2008年4~6月份降水25.3 mm,为历年同期的15.4%;7~9月份降水241.8 mm,为历年同期的95.6%,且9月降雨达到

126.4 mm,为2008年全年降雨的36.2%;2007、2008年 ≤ 5 mm无效降水次数分别17次、15次,其中玉米生育期间无效降雨达到11次、10次,合计降雨量分别为14.2 mm、13.6 mm。

表1 宁南旱区2007~2008年玉米各生育阶段降雨量

Table 1 The precipitation at different growth stages of maize in 2007~2008 in southern Ningxia semiarid area

年份 Year	降水量(mm) Precipitation				总降雨(mm) The total precipitation
	播种~拔节期 Sowing~jointing	拔节期~大喇叭口期 Jointing~large bugle stage	大喇叭口期~乳熟期 Large bugle~milk stag	乳熟期~成熟期 Milk stag~maturity	
2007	58.5	77.9	56.4	80.6	273.2
2008	24	51.3	52.5	139.2	267.1

1.2 试验设计

试验采用麦草覆盖(整秆),设4个覆盖量处理,即1.35万 kg/hm²(A)、0.9万 kg/hm²(B)、0.45万 kg/hm²(C)、和0万 kg/hm²(CK);采用随机区组排列,3次重复,小区面积30 m²(5 m×6 m)。玉米供试品种为沈单16,密度5.25万株/hm²。播前结合整地基施有机肥1.2万 kg/hm²,尿素(含N \geq 46%)150 kg/hm²,施磷酸二铵(含N \geq 17%,P₂O₅ \geq 45%)525 kg/hm²;两年均于4月23日人工点播后覆草,玉米拔节期追施磷酸二铵150 kg/hm²,尿素150 kg/hm²,9月27日收获。

1.3 测定项目与方法

土壤水分测定采用烘干称重法,在玉米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为一土层单位。

在玉米拔节期、大喇叭口期、乳熟期(吐丝后21 d)和成熟期分别取样5株,于105℃条件下杀青1 h,然后以80℃烘至恒重测定干物质积累。每小区测产2行,每行6 m长,以实际株距折算单位面积穗数,果穗中随机选取10穗,用以考察穗部性状及穗粒数、百粒重,并折算大田实际产量。

土壤耗水量的计算:耗水量(mm)=播种时土壤0~200 cm贮水量+有效降雨量-收获时土壤0~200 cm贮水量;玉米各生育阶段田间耗水量(mm)=本生育阶段初0~200 cm贮水量+本生育阶段降水量-本生育阶段末0~200 cm贮水量;水分利用效率的计算为单位面积产量与全生育期耗水量的比值[kg/(mm·hm²)];各生育阶段水分利用效率=本生育阶段单位面积干物质积累量/本生育阶段耗水量。

2 结果与分析

2.1 不同秸秆覆盖量对土壤剖面含水量的影响

玉米主要生育阶段不同覆盖量处理土壤剖面含

水量变化不同,在玉米拔节期叶面积较小,不能遮盖裸露土地,土壤水分消耗棵间蒸发所占比重较大^[15];此时期两年不同覆盖量处理土壤剖面含水量变化表现为(图1):不同覆盖量处理0~40 cm土层含水量差异较大,而60~200 cm没有明显差异。秸秆覆盖量0.45万 kg/hm²(C),0~40 cm土层两年土壤水分平均土壤含水量分别为9.4%、9.3%,与对照差异不显著;秸秆覆盖量为0.9万 kg/hm²时,0~40 cm土层土壤含水量平均达到了10.7%,显著高于对照($P < 0.01$);秸秆覆盖量增加至1.35万 kg/hm²时为10.9%,较0.9万 kg/hm²覆盖量处理并没有显著提高。

玉米进入大喇叭口期(7月24日),随叶面积的逐渐增加,植株蒸腾作用耗水所占比重逐渐加大^[15]。各覆盖量处理之间0~40 cm土层土壤含水量差异较大(图2),40~200 cm土层差异较小;2007年0.45、0.9、1.35万 kg/hm²覆盖量处理0~40 cm土层土壤平均含水率分别为9.1%、9.5%和9.8%,均高于无覆盖(CK),且差异达到显著水平($P < 0.05$)。2008年对照及0.45万 kg/hm²秸秆覆盖量处理0~40 cm土层土壤平均含水量均下降至8.4%以下,0.9、1.35万 kg/hm²覆盖量处理的该土层土壤平均含水量达到9.8%以上,显著高于对照及0.45万 kg/hm²覆盖量($P < 0.01$)。

在玉米乳熟期,0~20 cm土层随覆盖量的增加土壤含水量增高,而60~120 cm土层土壤含水量却出现随覆盖量增加而减小的趋势(图3),0.9、1.35万 kg/hm²秸秆覆盖量处理在该土层平均土壤含水量下降到10.1%、9.9%,显著低于对照及0.45万 kg/hm²秸秆覆盖量处理($P < 0.05$)。

随降雨量增加,成熟期各覆盖量处理0~80 cm土层土壤水分得到补充,处理间差异不明显(图4);但各处理80~160 cm土层土壤平均含水量都已下降至

10.6%以下(2008)。且高覆盖量处理的土壤含水量依然较低,0.9、1.35 万 kg/hm² 秸秆覆盖量处理 80 ~ 140

cm 土层土壤平均含水量分别较无覆盖(CK)下降了 14.2%和 13.9%,显著低于对照($P < 0.05$)。

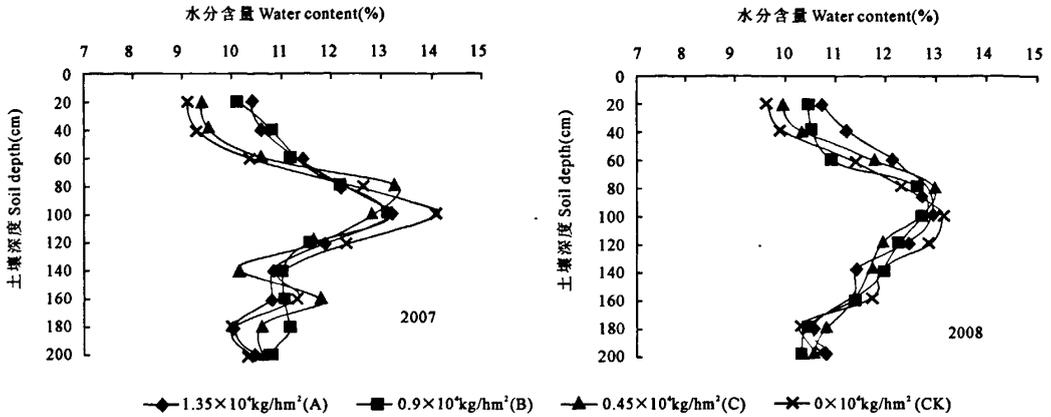


图 1 2007 ~ 2008 年不同秸秆覆盖量对玉米拔节期土壤含水量的影响

Fig.1 Influence of different straw mulching quantity on soil water at jointing stage of maize in 2007 ~ 2008

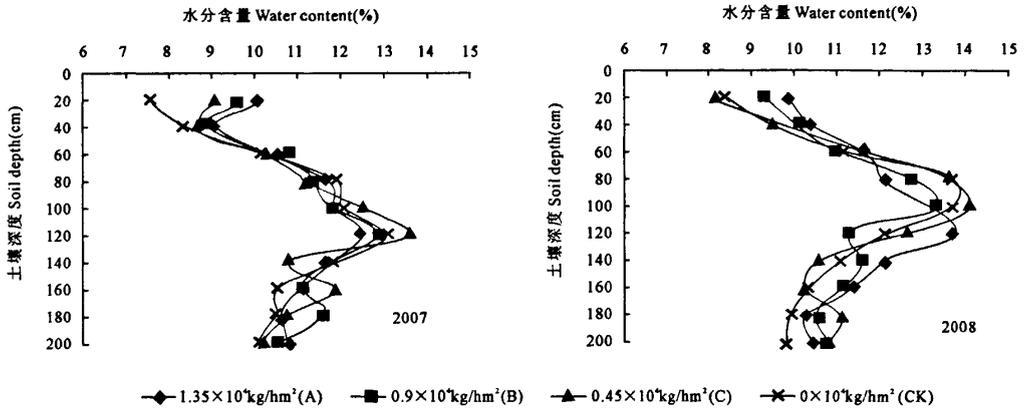


图 2 2007 ~ 2008 年不同秸秆覆盖量对玉米大喇叭口期土壤含水量的影响

Fig.2 Influence of different straw mulching quantity on soil water at large bugle stage of maize in 2007 ~ 2008

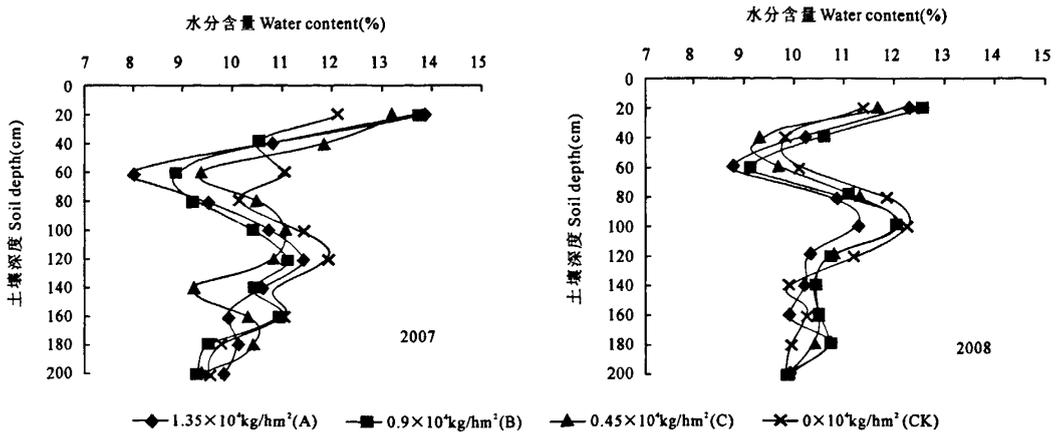


图 3 2007 ~ 2008 年不同秸秆覆盖量对玉米乳熟期土壤含水量的影响

Fig.3 Influence of different straw mulching quantity on soil water at milk stage of maize in 2007 ~ 2008

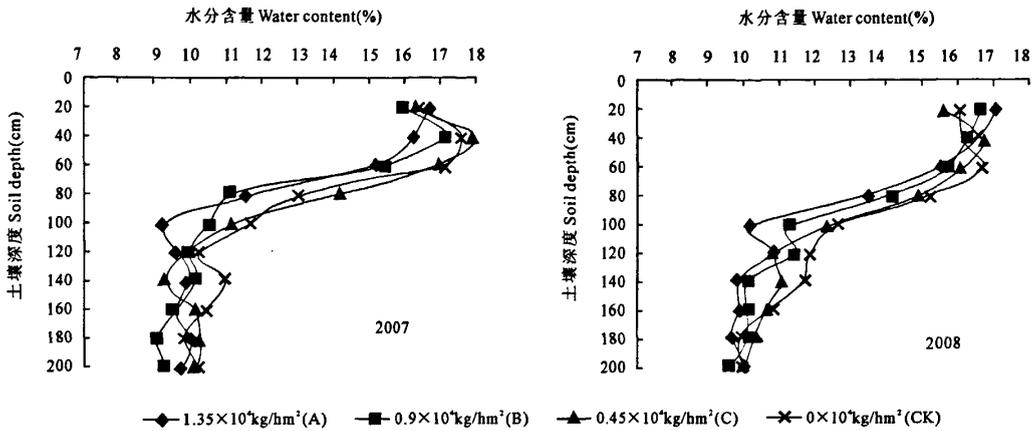


图 4 2007~2008 年不同秸秆覆盖量对玉米成熟期土壤含水量的影响

Fig.4 Influence of different straw mulching quantity on soil water at maturity of maize in 2007~2008

2.2 不同秸秆覆盖量对玉米生育期间土壤水分消耗的影响

表 2 显示,2007、2008 年在播种~拔节阶段(4 月 23 日~6 月 15 日),0.9、1.35 万 kg/hm² 覆盖量处理分别比同年对照少耗水 14.9~19.7 mm 和 11.9~17.4 mm;水分利用效率是对照的 1.9~2.5 倍,0.45 万 kg/hm² 覆盖量处理两年试验中,较 CK 平均少耗水 3.2 mm,水分利用效率略比 CK 高(未达到显著水平)。从拔节到大喇叭口期(6 月 16 日~7 月 23 日),玉米各处理的耗水量基本相当,两年此时期水分利用效率 0.45 万 kg/hm² 覆盖量处理是 CK 的 1.1~1.2 倍,达到显著水平($P < 0.05$),0.9 万 kg/hm² 覆盖量处理是 CK 的 1.3~1.7 倍,与 CK 相比达到极显著水平($P < 0.01$),覆盖量加至 1.35 万 kg/hm² 时,其保水作用及水分利用效率和 0.9 万 kg/hm² 覆盖量处理相比再没有明显提高。

当玉米转入生殖生长期(7 月 24 日至 8 月 27 日),各处理耗水强度加大,水分利用效率也明显提高。试验表明,覆盖的作用使玉米在生育前期生物量增加,相对大的叶面蒸腾,造成秸秆覆盖处理后玉米耗水强度高于无覆盖(CK),0.9 万 kg/hm² 覆盖量处理玉米在此阶段比 CK 多耗水 17.2~22.5 mm,覆盖量继续增加到 1.35 万 kg/hm² 时,耗水强度略有增加;此生育阶段对照及 0.45 万 kg/hm² 覆盖量处理的水分利用效率较高,较 1.35 万 kg/hm² 覆盖量处理达到显著水平($P < 0.05$)。

从乳熟期到成熟阶段(8 月 28 日至 9 月 27 日),两年 0.45、0.9、1.35 万 kg/hm² 覆盖量处理与无覆盖(CK)阶段耗水量差异不大;但 0.9~1.35 万 kg/hm² 覆盖量处理水分利用效率是 CK 的 1.2~1.3 倍,均

达到极显著差异水平($P < 0.01$)。

从玉米全生育期来看,各处理耗水量差异不大,但水分利用效率差异较大。0.9 万 kg/hm² (B) 覆盖量处理 2007 年比 CK 多耗水 9.6 mm,2008 年少耗水 7.8 mm,2007、2008 年水分利用效率为 29.8~31.9 kg/(mm·hm²),较 CK 提高了 13.9%~20.2% ($P < 0.01$);覆盖量继续增加 1.35 万 kg/hm² (A),耗水没有明显变化,但水分利用效率有所提高,两年分别达到了 33.3、30.4 kg/(mm·hm²),较 CK 达到极显著水平($P < 0.01$);0.45 万 kg/hm² (C) 覆盖量比 CK 两年少耗水 2.5~4.1 mm,水分利用效率较 CK 增加了 1.2%~1.8%,作用不明显(未达到显著水平)。总体而言,在半干旱区 0.9~1.35 万 kg/hm² 覆盖量处理可显著提高作物水分利用效率,0~0.45 万 kg/hm² 覆盖量的保水和提高水分利用效率的作用不明显。

2.3 不同秸秆覆盖量对玉米产量的影响

两年结果表明(表 3),较高覆盖量处理(0.9、1.35 万 kg/hm²)比无覆盖(CK)穗粒数多 31.1~47.1 粒,百粒重高 1.58~2.62 g,均达到极显著水平($P < 0.01$);覆盖量 0.45 万 kg/hm² (C) 处理两年穗粒数分别较 CK 增幅为 3.5%、5.8%,达到显著水平($P < 0.05$),但百粒重与 CK 差异不明显。在产量表现上,1.35 万 kg/hm² (A) 覆盖量处理的 2007、2008 年产量分别为 5 512.1 kg/hm²、4 848.1 kg/hm²,分别同比无覆盖(CK)增产 13.9%、23.8%,均达到极显著水平($P < 0.01$);0.9 万 kg/hm² (B) 覆盖量处理 2007、2008 年产量分别为 5 449.6 kg/hm²、4 895.4 kg/hm²,较 CK 增产 12.6%、25.1%,差异达到极显著水平($P < 0.01$),且与 1.35 万 kg/hm² (A) 覆盖量处理之间无明显差异。0.45 万 kg/hm² (C) 覆盖量处理 2007、

2008 年产量分别为 4 855.1 kg/hm²、3 974.5 kg/hm²，与 CK 比较未有显著差异。

表 2 不同秸秆覆盖量玉米不同生育阶段的水分利用效果

Table 2 Water use efficiency with different straw mulching quantity in various growing stages of maize

生育期 Growing stage	项目 Items	1.35 × 10 ⁴ kg/hm ² (A)		0.9 × 10 ⁴ kg/hm ² (B)		0.45 × 10 ⁴ kg/hm ² (C)		0 × 10 ⁴ kg/hm ² (CK)	
		2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008
播种 ~ 拔节 04 - 23 ~ 06 - 15 Sowing ~ jointing stage Apr. 23 ~ June 15	阶段耗水量(mm) Field water consumption	48.4	32.9	50.7	35.9	64.9	43.7	68.1	47.8
	阶段生物量累积(kg/hm ²) Stage biomass accumulation	683.4	402.5	643.8	428.8	402.5	315.0	381.5	294.0
	水分利用效率[kg/(mm·hm ²)] Water use efficiency	14.1**	12.2**	12.7**	11.9**	6.2*	7.2	5.6	6.2
拔节 ~ 大喇叭口期 06 - 16 ~ 07 - 23 Jointing stage ~ large bugle stage June 16 ~ July 23	阶段耗水量(mm) Field water consumption	66.9	57.2	68.2	58.9	73.4	61.5	74.1	63.1
	阶段生物量累积(kg/hm ²) Stage biomass accumulation	2051.4	1513.7	1955.7	1417.5	1913.6	1038.6	1817.3	887.3
	水分利用效率[kg/(mm·hm ²)] Water use efficiency	30.7**	26.5**	28.7*	24.1**	26.1*	16.9*	24.5	14.1
大喇叭口期 ~ 乳熟期 07 - 24 ~ 08 - 26 Large bugle stage ~ milk stage July 24 ~ Aug 26	阶段耗水量(mm) Field water consumption	94.1	80.6	92.5	78.6	71.4	64.9	69.8	61.4
	阶段生物量累积(kg/hm ²) Stage biomass accumulation	5030.5	4539.3	4923.7	4423.0	4189.4	3984.3	4125.8	3879.4
	水分利用效率[kg/(mm·hm ²)] Water use efficiency	53.5	56.3	53.2	56.3	58.7*	61.4*	59.1*	63.2*
乳熟期 ~ 成熟 08 - 27 ~ 09 - 28 Milk stage ~ maturity Aug. 27 ~ Sep. 28	阶段耗水量(mm) Field water consumption	63.7	81.8	66.4	79.3	64.5	84.9	66.2	88.2
	阶段生物量累积(kg/hm ²) Stage biomass accumulation	1337.7	1230.7	1334.6	1268.3	1210.3	1063.3	1190.1	1129.4
	水分利用效率[kg/(mm·hm ²)] Water use efficiency	21.0**	15.0**	20.1**	16.0**	17.2	12.5	16.2	12.8
全生育期 The whole growth period	耗水量(mm) Field water consumption	273.1	252.5	277.8	252.7	264.2	255.0	268.2	260.5
	阶段生物量累积(kg/hm ²) Stage biomass accumulation	9103.0	7686.2	8857.8	7537.6	7715.8	6401.2	7514.7	6190.1
	水分利用效率[kg/(mm·hm ²)] Water use efficiency	33.3**	30.4**	31.9**	29.8**	29.2	25.1	28.0	23.8

注: * 表示达到显著水平($P < 0.05$); ** 表示达到极显著水平($P < 0.01$)。

Note: * Statistical significance at $P < 0.05$ level; ** Statistical significance at $P < 0.01$ level.

表 3 2007 ~ 2008 年不同覆盖量处理玉米穗部性状与产量构成

Table 3 Ear characters and yield components of maize with different straw mulching quantity in 2007 ~ 2008

年份 Year	处理 Treatments (10 ⁴ kg/hm ²)	穗长 Spike length (cm)	秃尖 Bald needle (cm)	穗粒数 Grain number per spike(粒)	百粒重 100-grain weight(g)	产量 Yield (kg/hm ²)
2007	1.35(A)	18.1**	1.36	441.5**	33.34**	5512.1**
	0.9(B)	18.71**	1.82	432.9**	33.78**	5449.6**
	0.45(C)	17.17	2.16*	413.9*	31.33	4855.1
	0(CK)	16.25	2.74**	401.8	31.16	4839.2
2008	1.35(A)	18.02	1.61	426.9**	30.33**	4848.1**
	0.9(B)	18.31*	1.63	425.4**	30.73**	4895.4**
	0.45(C)	16.27	2.13**	401.7*	28.07	3974.5
	0(CK)	18.26	2.01*	379.6	28.75	3915.6

注: * 表示达到显著水平($P < 0.05$); ** 表示达到极显著水平($P < 0.01$)。

Note: * statistical significance at $P < 0.05$ level; ** statistical significance at $P < 0.01$ level.

2.4 秸秆覆盖量对玉米产量水分利用效率的影响

两年处理间玉米产量水分利用效率有所不同(图5)。1.35万 kg/hm²(A)、0.90万 kg/hm²(B)覆盖量处理的水分生产效率在2 a试验中分别为19.6~20.2、19.2~19.4 kg/(mm·hm²),都显著高于无覆盖(CK),达到极显著水平(P<0.01);0.45万 kg/hm²(C)覆盖量处理与无覆盖(CK)水分生产效率差异不大。进一步分析表明,不同秸秆覆盖量处理与水分利用效率呈S型变化(图6),说明在该区随覆盖量的增加作物的水分利用效率有提高的趋势,当覆盖从0增加到0.45万 kg/hm²时水分利用效率增幅较小,覆盖量由0.45万 kg/hm²增加到0.9万 kg/hm²,作物水分利用效率急剧增大,达到1.35万 kg/hm²覆盖量时水分利用效率有减小的趋势。

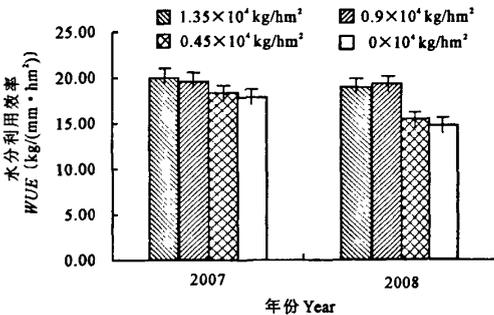


图5 不同秸秆覆盖量对不同年份玉米水分利用效率的影响(2007~2008)

Fig.5 Influence of different straw mulching quantity on water use efficiency of maize in 2007~2008

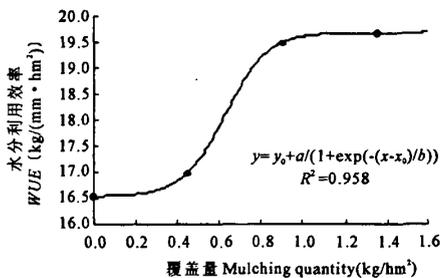


图6 秸秆覆盖量对水分利用效率的影响

Fig.6 Influence of straw mulching quantity on water use efficiency

3 结论与讨论

试验表明,宁夏南部半干旱区作物播前一定秸秆覆盖量处理有较好的保水效果,这与其他一些研究者的结果一致[17~21]。0.45万 kg/hm²覆盖处理的保墒效果不理想,0.9万 kg/hm²覆盖量处理保水效果明显高于无覆盖,但是当秸秆量达到1.35万

kg/hm²不再明显提高覆盖层的保水效果。该结论与其他一些研究结果略有不同,李玲玲认为在定西地区覆盖量为0.6万 kg/hm²时有较好的保水作用[17]。

不同秸秆覆盖量对土壤含水量的影响存在季节性和层次性差异。覆盖对生育前期土壤含水量影响较大,且影响范围在40 cm土层以内。由于在玉米生育前期叶面积较小,土壤水分消耗主要以棵间蒸发为主,覆盖处理可起到较好的保水作用;随玉米叶面积的增大,土壤水分消耗逐步转向以植株蒸腾为主,覆盖处理除0~20 cm土层土壤含水量保持随覆盖量增加保水效果越好外,60~120 cm土层土壤含水量低于无覆盖处理(图3、4),其原因可能是较高覆盖量处理的玉米生长旺盛,因作物蒸腾使土壤深层耗水强烈所致。在半干旱区域,一定量的秸秆覆盖均能一定程度上提高农田表层土壤含水量[17~21],这一土层的厚度,不同的研究者其结论有所不同,马春梅[19]及侯连涛等[20]认为厚度为30 cm,员学锋等[17]认为是50 cm,0~20 cm的影响最为明显。本研究结论表明,一定量秸秆覆盖在作物生育前期对保蓄0~40 cm土层含水量有显著效果,在作物生长后期对0~20 cm土层土壤含水量保蓄效果较为明显。

覆盖量对于作物水分利用效率的影响因生长阶段的不同而异。试验结果表明,玉米生长前期(4月23日至7月23日)无覆盖处理的耗水强度是0.9万 kg/hm²以上覆盖量处理的1.23~1.42倍,大喇叭口期以后(7月24日至9月28日),较高覆盖量(0.9~1.35万 kg/hm²)处理的玉米阶段干物质积累明显高于无覆盖,同期耗水量则高于无覆盖处理,其水分利用效率较无覆盖(CK)增幅达到19%~30.4%,达到极显著水平(P<0.01);且覆盖量与水分利用效率呈现二次非线性相关关系。表明覆盖量的增加有促进植物水分利用效率提高的趋势,在半干旱区覆盖量达到1.35万 kg/hm²时作物水分利用效率将不再提高。覆盖对于产量影响的结果表明,较高覆盖量(0.9~1.35万 kg/hm²)处理具有较好的增产效果,较无覆盖(CK)增产幅度平均达到17.6%,达到了极显著水平(P<0.01)。

参考文献:

[1] 韩鲁佳, 闫巧娟, 刘向阳. 中国农作物秸秆资源及其利用现状[J]. 农业工程学报, 2002, 18(3): 87-91.
 [2] 高银奎. 玉米二元组合覆盖增产机理及其配套栽培技术研究[J]. 山西农业科学, 1993, 21(3): 45-51.

- [3] 廖允成,温晓霞,韩思明,等.黄土台原旱地小麦覆盖保水技术效果研究[J].中国农业科学,2003,36:548—552.
- [4] 赵秉宝,梅旭荣,薛军红.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] 薛少平,朱琳,姚万生,等.麦草覆盖与地膜覆盖对旱地可持续利用的影响[J].农业工程学报,2002,18(6):71—73.
- [6] 赵秉宝,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.
- [7] 赵兰坡.施用作物秸秆对土壤培肥的作用[J].土壤通报,1996,27(2):76—78.
- [8] Tebrugge R A. Bohrsen. Farmers and experts opinion on no-tillage in West-Europeand Nebraska[R]. Madrid: World congress on conservation agriculture, 2002:774—779.
- [9] 晋小军,黄高宝.陇中半干旱地区不同耕作措施对土壤水分及利用效率的影响[J].水土保持学报,2005,19(5):109—112.
- [10] 连焕成.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.
- [11] 汪丙国,鞠孟贵,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.
- [12] 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.
- [13] 罗义银,胡德平.小麦秸秆覆盖对玉米产量及土壤理化性质的影响[J].耕作与栽培,2000,(6):26—29.
- [14] 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.
- [15] 张吉祥,汪有科,员学锋,等.不同秸秆覆盖量对夏玉米耗水量和生理性状的影响[J].灌溉排水学报,2007,26(3):69—71.
- [16] 孙景生,肖俊夫,段爱旺,等.夏玉米耗水规律及水分胁迫对其生长发育和产量的影响[J].玉米科学,1999,7(2):45—48.
- [17] 李玲玲,黄高宝,张仁陟,等.免耕秸秆覆盖对旱作农田土壤水分的影响[J].水土保持学报,2005,19(6):94—96.
- [18] 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.
- [19] 马春梅,孙莉,唐远征,等.保护性耕作土壤肥力动态变化的研究[J].农机化研究,2006,5:54—56.
- [20] 侯连涛,熊念元,韩斌,等.不同覆盖方式对土壤水分分布的影响[J].灌溉排水学报,2007,26(1):47—50.
- [21] 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.
- [22] 李洪勋,吴伯志.地膜和秸秆覆盖对夏玉米的调温保墒效应[J].玉米科学,2006,14(3):96—98.
- [23] 于稀水,廖允成,袁泉,等.秸秆覆盖条件下冬小麦田间蒸发规律研究[J].干旱地区农业研究,2007,25(3):58—61.

Effects of different straw mulching quantity on soil water and WUE in semiarid region

WANG Xin^{1,2}, JIA Zhi-kuan¹, HAN Qing-fang¹, YANG Bao-ping¹, NIE Jun-feng¹

(The Agriculture Research Center in Arid and Semiarid Areas of Northwest A & F University,

Key Laboratory of Crop Production and Ecology of Agricultural Ministry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The study on the effects of different straw mulching quantity (0, 4 500, 9000 and 13 500 kg/hm²) on soil water and water use efficiency of spring maize was conducted in semiarid area of Ningxia from 2007 to 2008. The results showed that the effects of straw mulching treatments on soil water varied in different crop growth stages and soil layers. Straw mulching treatment of 9 000 kg/hm² had significant effect on soil water content of 0 ~ 40 cm soil layer compared with CK ($P < 0.05$), and the soil water content increased by 14.2%. The treatment of 13 500 kg/hm² raised soil water content insignificantly compared with treatment of 9 000 kg/hm². 9 000 ~ 13 500 kg/hm² treatments could increase the yield by 16.9% ($P < 0.01$), water use efficiency of spring maize increased by 4.3 ~ 5.6 kg/(mm·hm²) compared with CK ($P < 0.01$).

Key words: spring maize; straw mulching quantity; soil water content; water use efficiency