

旱砂田宽膜覆盖籽瓜栽培技术土壤水温效应研究

傅亲民¹, 王彩斌², 刘生学²

(1. 甘肃省农业节水与土壤肥料管理总站, 甘肃 兰州 730020; 2. 会宁县农业技术推广中心, 甘肃 会宁 730700)

摘 要: 采用田间小区试验分析研究了旱砂田宽膜覆盖与其它覆膜方式的籽瓜土壤水分和温度效应。结果表明, 砂田宽膜覆盖能显著保蓄土壤水分, 增加籽瓜土壤水分含量。开花期较播种, 砂田全膜覆盖、砂田宽膜覆盖和砂田半膜覆盖较对照砂田不覆膜 0~20 cm 土壤含水量分别高 3.5、3.4 和 2.6 个百分点, 1 m 土壤贮水量分别多 34.3 mm、33.0 mm 和 20.3 mm。砂田宽膜覆盖大幅度提高了农田降水利用率和籽瓜水分利用效率, 砂田全膜覆盖、砂田宽膜覆盖、砂田半膜覆盖降水利用率分别达到 78.5%、78.2% 和 74.1%, 籽瓜水分利用效率分别达到 10.15 kg/(mm·hm²)、10.05 kg/(mm·hm²) 和 8.22 kg/(mm·hm²)。砂田宽膜覆盖显著地提高了籽瓜生育期土壤有效积温, 并使平均地温达到籽瓜生长发育的最佳温度。在籽瓜膨大期, 砂田全膜覆盖、砂田宽膜覆盖、砂田半膜覆盖较砂田不覆膜 0~20 cm 土壤平均温度较播种分别高 0~4.6℃、0~4.4℃ 和 0~2.4℃, 土壤总积温分别高 484.7℃、465.5℃ 和 242.7℃, 平均地温分别高 3.8℃、3.6℃ 和 1.9℃。与砂田全膜覆盖、砂田半膜覆盖和砂田不覆膜相比, 砂田宽膜覆盖具有显著的经济效益, 是目前旱砂田的最佳覆膜方式。

关键词: 籽瓜; 旱砂田; 宽膜覆盖栽培; 土壤水分效应; 土壤温度效应

中图分类号: S652.9; S604. +7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)06-0097-07

砂田是甘肃中部干旱地区的劳动群众在同干旱、风蚀进行的长期斗争中创造出的一种独特的地表覆盖栽培法^[1], 也叫“铺砂地”或“石子田”。砂田起源于甘肃中部地区, 约在今永登与景泰两县交界处的秦王川一带, 距今大约四、五百年的历史^[2]。我国西北地区的甘肃、宁夏、新疆、青海等地砂田总面积约 1.67×10⁵ hm², 其中, 甘肃省约 6.7×10⁴ hm², 宁夏中部干旱带为 6.8×10⁴ hm²^[3]。这些地区年降雨量小于 300 mm, 且多集中于 7、8、9 三个月, 年蒸发量在 1 000~1 500 mm 以上, 有些地方达 3 000 mm, 是降雨量的 9~15 倍, 经常发生土壤干旱和大气干旱。采用砂田法, 可在年降水量 200~300 mm 的干旱条件下, 夺取粮菜瓜果的高产丰收。铺压砂田, 发展砂田产业, 在干旱地区农业和农村经济的发展中具有极其重要的作用和意义^[2]。

关于旱砂田增产机理和旱砂田籽瓜栽培技术已有大量的研究报道, 研究普遍认为砂田具有明显的蓄水保墒、抑制蒸发、增温保温和保持水土流失的作用^[1~11]。但王天送等^[8]研究认为, 尽管砂田土壤在水分上优于一般土壤, 但是仅用铺盖砂砾造就砂田无法彻底解决农作物缺水问题。究其原因: 砂田不能实现雨水的集流, 使其聚集于作物根部, 雨水利用率和利用效率不高; 同时, 在砂砾的覆盖下, 土壤

温度仍相对较低, 不利于籽瓜早期生长发育。近年来, 为了提高砂田水分利用效率、增加砂田土壤温度, 砂田覆膜技术在西瓜、甜瓜上得到了研究与应用^[12~14], 但关于砂田覆膜籽瓜的研究特别是其水分利用机理和温度效应研究甚少。为此, 2007 年我们在会宁县年降水 300 mm 左右的北部旱塬, 研究提出了旱砂田籽瓜农田降水高效利用的覆膜方式——旱砂田宽膜覆盖籽瓜栽培技术。结果得出: 旱砂田籽瓜宽膜覆盖栽培技术抗旱、增温和增产效果极其显著, 较对照砂田增产 30% 以上, 较砂田半膜覆盖增产 15% 以上。但以上研究仍处于起始阶段, 为了全面揭示旱砂田宽膜覆盖籽瓜栽培技术增产的水分和温度机理, 2008~2009 年连续 2 年选择会宁县北部的草滩乡扎子塬村砂田旱作区, 紧紧围绕旱砂田不同覆膜方式的水分利用机理、温度效应和经济效益等核心问题, 进行了深入的研究与分析, 以期旱砂田宽膜覆盖籽瓜栽培技术提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 试验区概况及供试土壤

试验于 2008~2009 年选择在甘肃省会宁县北部的草滩乡扎子塬村, 该区域东经 105°05'34", 北纬 36°08'46", 海拔 1 661 m, 年降雨量 340 mm, 无霜期

收稿日期: 2011-05-07
基金项目: 甘肃省农业科技成果转化资金项目 (5HS065-A91-001-08)
作者简介: 傅亲民 (1964—), 男, 甘肃会宁人, 高级农艺师, 主要从事农业节水、土壤肥料等方面研究。E-mail: fqm615@126.com。

162 d, 年平均气温 7.4°C , 日照时数 $2\,211.8\text{ h}$, $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温 $3\,478^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为 $2\,855^{\circ}\text{C}$, 年太阳辐射总量 $159\text{ kJ}/\text{cm}^2$ 。供试土壤为灰钙土, 地类为沟谷地, 前茬为籽瓜, 耕层土壤有机质含量 $15.7\text{ g}/\text{kg}$ 、全氮 $0.85\text{ g}/\text{kg}$ 、碱解氮 $69\text{ mg}/\text{kg}$ 、速效磷 $15.1\text{ mg}/\text{kg}$ 、速效钾 $197\text{ mg}/\text{kg}$ 。

1.2 试验设计

试验采用旱砂田覆膜方式单因素随机区组设计, 设 4 个处理: 砂田全膜覆盖、砂田宽膜覆盖、砂田半膜覆盖、砂田不覆膜, 采用随机区组排列, 三次重复。

覆膜与种植方式: 砂田覆膜种植带幅均为 160 cm , 其中: 砂田全膜覆盖采用膜宽为 120 cm 地膜全田平铺, 膜与膜相掺 10 cm , 接口处用砂砾压实 (宽 10 cm), 膜面 100 cm , 在小区中间压一砂砾腰带, 以防止大风揭膜; 砂田宽膜覆盖采用膜宽为 140 cm 的地膜平铺, 膜面 120 cm 、操作行 40 cm , 在小区中间压一腰带; 砂田半膜覆盖采用膜宽为 100 cm 的地膜平铺, 膜面 90 cm 、操作行 70 cm , 在小区中间压一腰带。全部处理采取宽窄行低穴播种, 宽行 90 cm 、窄行 70 cm (窄行在膜面上), 株距 50 cm , 并使播种穴形成凹形集水面。小区面积 $4.8\text{ m} \times 6.0\text{ m} = 28.8\text{ m}^2$, 每小区种 6 行、每行种 12 株, 区组间留 30 cm 空白人行道, 所有处理保苗 $25\,000\text{ 株}/\text{hm}^2$ 。试验采用农膜厚 0.008 mm , 膜宽分别为 140 cm 、 120 cm 、 100 cm (甘肃省宏达公司生产), 供试品种为“林籽 1 号”籽瓜杂交种。所有处理施肥水平相同, 均为施纯 $\text{N}105\text{ kg}/\text{hm}^2$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5\,75\text{ kg}/\text{hm}^2$; 管理与大田相同。

1.3 测定项目及数据分析

1.3.1 土壤水分测定时间与方法

测定时期: 分别在籽瓜播种期、出苗期、伸蔓期、开花期、瓜膨大期、成熟期测定土壤水分。

测定深度: 播前、成熟期分别测定 $0\sim 10$ 、 $10\sim 20$ 、 $20\sim 40$ 、 $40\sim 60$ 、 $60\sim 80$ 、 $80\sim 100$ 、 $100\sim 120$ 、 $120\sim 140$ 、 $140\sim 160$ 、 $160\sim 180$ 、 $180\sim 200\text{ cm}$ 的土壤水分, 出苗期、伸蔓期、开花期、果实发育期分别测定 $0\sim 10$ 、 $10\sim 20$ 、 $20\sim 40$ 、 $40\sim 60$ 、 $60\sim 80$ 、 $80\sim 100\text{ cm}$ 的土壤水分。

测定位置: ① 砂田全膜覆盖、砂田宽膜覆盖、砂田半膜覆盖、砂田不覆膜按行方向在两棵籽瓜中间位置测定土壤水分; ② 在宽行中间位置测定土壤水分, 测定方法采用烘干法。

1.3.2 土壤水分计算公式

土壤含水量 (%) = $[(\text{湿土重} - \text{烘干土重}) / \text{烘干土重}] \times 100\%$ 。所取土样在 $105^{\circ}\text{C} \sim 110^{\circ}\text{C}$ 烘箱中烘

$6\sim 8\text{ h}$ 至恒重后称重。

土壤贮水量 (mm) = $C_1 \times M_1 \times D_1 + C_2 \times M_2 \times D_2 + \dots + C_x \times M_x \times D_x = C \times M \times D$ 。 C_x 、 M_x 、 D_x 分别代表第 x 层土壤容重、含水量、测定深度, C 、 M 和 D 分别代表整个测定土层土壤容重、含水量的平均值及测定土壤总深度。

降水利用率 (%) = 作物耗水量 / 生产年度降水量 $\times 100\% = (\text{播前 } 2\text{m 土层贮水量} - \text{成熟期 } 2\text{m 土层贮水量} + \text{生育期降水量}) / \text{生产年度降水量} \times 100\%$ 。

作物水分利用效率 [$\text{kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$] = 经济产量 / 耗水量。

1.3.3 温度测定时间与方法 用曲管地温表分别在籽瓜播种期、出苗期、伸蔓期、开花期、瓜膨大期、成熟期, 选择天气晴朗的一天, 于上午 11 点在任意两株中间测定不同土层的地温。测定深度分别为 0 、 5 、 10 、 15 、 20 cm 5 个层次。

1.3.4 测定生物学性状及产量 成熟期每小区取 10 株考种, 测定生物学性状; 按小区收获, 单收单打, 测定鲜瓜产量和瓜籽产量。

1.3.5 数据分析 对数据进行方差分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同覆膜方式的水分效应

2.1.1 不同覆膜方式土壤水分含量的差异 从不同生育期看 (见表 1), 各处理土壤水分含量均表现为: 播种 $\rightarrow$ 苗期 $\rightarrow$ 伸蔓期 $\rightarrow$ 开花期逐渐减少, 到开花期达到最小; 瓜膨大期以后逐渐增大, 到成熟期达到最大。但不同覆膜方式的变化有明显差异, 播种 $\rightarrow$ 开花期 $0\sim 20\text{ cm}$ 土壤含水量砂田全膜覆盖降低 2.7 个百分点, 砂田宽膜覆盖降低 2.8 个百分点, 砂田半膜覆盖降低 3.6 个百分点, 而砂田不覆膜降低 6.2 个百分点; 其它各层次土壤含水量也有相似变化趋势。表明砂田全膜覆盖和砂田宽膜覆盖蓄水保墒能力较强, 而砂田不覆膜失墒比较严重。

不同层次土壤水分含量表现为: 砂田全膜覆盖 $\geq$ 砂田宽膜覆盖 $>$ 砂田半膜覆盖 $>$ 砂田不覆膜, 上层比下层这种差异更加明显, 生育前期比生育后期这种差异更加明显, 播种 $\rightarrow$ 苗期 $\rightarrow$ 伸蔓期 $\rightarrow$ 开花期差异增大, 开花期 $\rightarrow$ 瓜膨大期 $\rightarrow$ 成熟期差异缩小, 至成熟期差异消失。开花期较播种期, 与对照砂田不覆膜相比, 砂田全膜覆盖、砂田宽膜覆盖、砂田半膜覆盖 $0\sim 20\text{ cm}$ 土壤含水量分别高 3.5、3.4 和 2.6 个百分点, $20\sim 40\text{ cm}$ 土壤含水量分别高 3.2、3.0 和

2.0个百分点,40~60 cm 土壤含水量分别高 2.8、2.7 和 1.6 个百分点,60~80 cm、80~100 cm 差异减小。

分析还可以看出:砂田全膜覆盖和砂田宽膜覆盖土壤含水量最高,但二者差异不明显。这是由于这两种覆膜方式均能最大限度地抑制土壤蒸发和保蓄土壤水分,均能对雨水进行集流并汇集于作物根部。所以,二者集雨保墒效果极其相似,土壤含水量差异极小。

表 1 旱砂田不同覆膜方式籽瓜不同生育期 0~100 cm 土壤水分含量

Table 1 Soil water content in 0~100 cm soil layer during different growth periods of seed-melon under different plastic-film mulching modes on dryland covered with sand

覆膜方式 Mulching mode	土层 Soil layer (mm)	播种期 Sowing (%)	出苗期 Emergence (%)	伸蔓期 Vine extending (%)	开花期 Anthesis (%)	瓜膨大期 Melon expanding (%)	成熟期 Maturity (%)
砂田全膜覆盖 Full film mulching	0~20	18.2	17.8	16.4	15.5	16.6	17.5
	20~40	17.6	16.7	15.6	14.7	15.9	16.6
	40~60	16.8	15.6	14.8	13.8	15.1	15.4
	60~80	16.1	14.8	13.3	12.6	14.2	15.1
	80~100	15.4	13.2	12.7	11.6	13.1	14.2
砂田宽膜覆盖 Wide film mulching	0~20	18.2	17.7	16.2	15.4	16.5	17.6
	20~40	17.6	16.6	15.4	14.5	15.8	16.7
	40~60	16.8	15.5	14.7	13.7	15.0	15.6
	60~80	16.1	14.7	13.2	12.5	14.1	15.2
	80~100	15.4	13.2	12.6	11.6	13.1	14.2
砂田半膜覆盖 Half flat film mulching	0~20	18.2	17.0	15.6	14.6	16.2	17.8
	20~40	17.6	16.1	14.4	13.5	15.5	17.0
	40~60	16.8	15.1	13.5	12.6	14.7	16.2
	60~80	16.1	14.4	12.7	11.5	13.8	15.4
	80~100	15.4	13.0	12.2	10.6	12.7	14.8
砂田不覆膜 No film mulching	0~20	18.2	16.0	13.4	12.0	15.0	18.0
	20~40	17.6	15.3	13.0	11.5	14.5	17.3
	40~60	16.8	14.5	12.6	11.0	13.9	16.7
	60~80	16.1	14.0	12.0	10.5	13.2	16.1
	80~100	15.4	12.9	11.9	10.0	12.5	15.5

注:表中土壤水分含量数据为不同覆膜方式 2008~2009 年的平均值,表 2、3、4 同表 1。

Note: values of soil water content are means in different mulching modes during 2008~2009, and they are the same in tables 2, 3 and 4.

2.1.2 不同覆膜方式土壤贮水量的差异 各处理 1 m 土壤贮水量与土壤水分含量的变化趋势一致,各处理 1 m 土壤贮水量均表现为:播种→苗期→伸蔓期→开花期逐渐减少,到开花期达到最小,果实发育期逐渐增加,到成熟期达到最大。

不同覆膜方式 1 m 土壤贮水量明显地表现为:砂田全膜覆盖≥砂田宽膜覆盖>砂田半膜覆盖>砂田不覆膜,且砂田全膜覆盖和砂田宽膜覆盖 1 m 土壤贮水量均显著地高于砂田半膜覆盖和砂田不覆膜。砂田全膜覆盖、砂田宽膜覆盖、砂田半膜覆盖较对照砂田不覆膜 1 m 土壤贮水量的差异(见表 2):播种期均为 0 mm;苗期各处理较对照分别多 14.0 mm、13.0 mm 和 7.5 mm,相当于 1 m 土壤每公顷多 140 m³、130 m³ 和 75 m³;伸蔓期分别多 25.8 mm、23.9 mm 和 14.3 mm,相当于 1 m 土壤每公顷多 258 m³、239 m³ 和 143 m³;开花期分别多 34.3 mm、33.0 mm 和 20.3 mm,相当于 1 m 土壤每公顷多 343 m³、330 m³ 和 203 m³;瓜膨大期至成熟期,差异进一步缩小,至成熟时差异消失,后者甚至还有高于前者的趋势。这是由于后期砂田全膜覆盖和砂田宽膜覆盖籽瓜蒸散量高于砂田不覆膜,导致前者土壤耗水量较大的原因。

以上分析可以得出,籽瓜生育期,砂田全膜覆盖和砂田宽膜覆盖 1 m 土壤贮水量均极其显著地高于对照砂田不覆膜,开花期较播种期分别比砂田不覆膜多 34.3 mm、33.0 mm,相当于每公顷分别多 343 m³、330 m³ 水;而瓜膨大期以后差异缩小,至成熟时差异基本消失。同样可以看出:砂田全膜覆盖和砂

田宽膜覆盖 1 m 土壤贮水量二者差异不明显。这也是与二者具有相似的集雨保墒效果有关。

表 2 旱砂田不同覆膜方式籽瓜不同生育期 1 m 土壤贮水量(mm)
Table 2 Soil water storage in 1m soil layer (mm) during different growth periods of seed-melon under different plastic film mulching modes on dryland covered with sand

覆膜方式 Mulching mode	播种期 Sowing	出苗期 Emergence	伸蔓期 Vine extending	开花期 Anthesis	瓜膨大期 Melon expanding	成熟期 Maturity
砂田全膜覆盖 Full film mulching	218.7	203.1	189.3	177.3	194.7	204.9
砂田宽膜覆盖 Wide film mulching	218.7	202.0	187.5	176.0	193.7	206.2
砂田半膜覆 Half flat film mulching	218.7	196.6	177.8	163.3	189.5	211.1
砂田不覆膜 No film mulching	218.7	189.0	163.5	143.0	179.7	217.4

2.1.3 不同覆膜方式的降水利用率 降水利用率在覆膜方式上表现为:砂田全膜覆盖≥砂田宽膜覆盖>砂田半膜覆盖>砂田不覆膜(见表 3)。从结果也可以看出,砂田全膜覆盖与砂田宽膜覆盖均能较砂田不覆膜显著提高降水利用率,且二者差异不明显,这也与其相似的集雨增温效果有关。砂田全膜覆盖、砂田宽膜覆盖、砂田半膜覆盖降水利用率分别为 78.5%、78.2%、74.1%,而对照砂田不覆膜降水

利用率为 68.6%。
与对照砂田不覆膜相比,砂田全膜覆盖降水利用率提高 9.9 个百分点,砂田宽膜覆盖提高 9.6 个百分点,砂田半膜覆盖提高 5.5 个百分点。甘肃中北部类似旱砂田平均年降雨量按 320 mm 计算,采用砂田全膜覆盖可增加利用降水资源 316.8 m³/hm²,采用砂田宽膜覆盖可增加利用降水资源 307.2 m³/hm²,显著地提高了降水利用率。

表 3 旱砂田不同覆膜方式降水利用率与籽瓜水分利用效率
Table 3 Rainfall use rate and seed-melon water use efficiency under different plastic-film mulching modes on dryland covered with sand

覆膜方式 Mulching mode	播前 2m 土壤贮水量 Soil water storage before sowing (mm)	收获时 2m 土壤贮水量 Soil water storage during harvesting (mm)	生育期降水量 Rainfall in growth period (mm)	耗水量 Evapo- transpiration (mm)	瓜籽产量 Seed yield (kg/hm ²)	生产年度 降水量 Rainfall (mm)	降水利用率 Rainfall use rate (%)	水分利用效率 Water use efficiency [kg/(mm·hm ²)]
砂田全膜覆盖 Full film mulching	393.9	369.9	227.8	251.8	2555.6	320.9	78.5	10.15
砂田宽膜覆盖 Wide film mulching	393.9	370.7	227.8	251.0	2523.2	320.9	78.2	10.05
砂田半膜覆盖 Half flat film mulching	393.9	384.0	227.8	237.7	1954.9	320.9	74.1	8.22
砂田不覆膜 No film mulching	393.9	401.5	227.8	220.2	1428.2	320.9	68.6	6.49

2.1.4 不同覆膜方式的籽瓜水分利用效率 籽瓜水分利用效率在覆膜方式上也表现为:砂田全膜覆盖≥砂田宽膜覆盖>砂田半膜覆盖>砂田不覆膜(见表 3),同样可以看出,砂田全膜覆盖与砂田宽膜覆盖均能较砂田不覆膜和砂田半膜覆盖显著提高水分利用效率,且二者差异不明显,这也与其相似的集雨保墒效果有关。砂田全膜覆盖、砂田宽膜覆盖、砂田半膜覆盖籽瓜水分利用效率分别为 10.15 kg/(mm·hm²)、10.05 kg/(mm·hm²)和 8.22 kg/(mm·hm²);而砂田不覆膜水分利用效率为 6.49 kg/(mm·hm²)。

与对照砂田不覆膜相比,砂田全膜覆盖籽瓜水分利用效率增加 3.66 kg/(mm·hm²),增长 56.4%;

砂田宽膜覆盖增加 3.56 kg/(mm·hm²),增长54.9%;砂田半膜覆盖增加 1.73 kg/(mm·hm²),增长26.7%。甘肃省中北部旱作农业区平均年降雨量 320 mm,砂田全膜覆盖每公顷可增产瓜籽 1 171.2 kg;砂田宽膜覆盖每公顷则可增产瓜籽 1 139.2 kg,显著地提高了籽瓜水分利用效率。

2.2 不同覆膜方式的温度效应

2.2.1 不同覆膜方式不同层次土壤温度的差异 从不同生育期看(见表 4),各覆膜方式不同层次土壤温度的变化趋势均表现为:播种→苗期→伸蔓期→开花期→瓜膨大期逐渐增加,到成熟期明显降低,这与气候的变化规律是一致的;同一覆膜方式不同层次土壤温度的差异均表现为上层高,下层低的规

律。不同覆膜方式土壤温度的差异表现为:砂田全膜覆盖>砂田宽膜覆盖>砂田半膜覆盖>砂田不覆膜,上层比下层这种差异更加明显,不同生育期表现为:播种→苗期→伸蔓期→开花期→瓜膨大期差异增大,成熟期差异降低,这与后期土壤温度降低和后期瓜蔓封垄后覆膜效果降低有关。瓜膨大期较播种期,与对照砂田不覆膜相比,砂田全膜覆盖、砂田宽膜覆盖、砂田半膜覆盖 0 cm 土壤温度分别增加

6.1℃、6.0℃和 3.3℃,5 cm 土壤温度分别增加 5.6℃、5.5℃和 2.8℃,10 cm 土壤温度分别增加 4.7℃、4.5℃和 2.2℃,15 cm 土壤温度分别增加 3.7℃、3.5℃和 2.0℃,20 cm 土壤温度分别增加 2.7℃、2.5℃和 1.7℃,各层次差异均很明显。

分析还可以看出:砂田全膜覆盖和砂田宽膜覆盖土壤温度差异不明显。这是由于这两种覆膜方式增温效果比较接近。

表 4 旱砂田籽瓜不同覆膜方式不同生育期 0~20 cm 土壤温度

Table 4 Soil temperature in 0~20 cm soil layer during different growth periods of seed melon under different plastic-film mulching modes on dryland covered with sand

覆膜方式 Mulching mode	土层 Soil layer (mm)	播种期 Sowing (℃)	出苗期 Emergence (℃)	伸蔓期 Vine extending (℃)	开花期 Anthesis (℃)	瓜膨大期 Melon expanding (℃)	成熟期 Maturity (℃)
砂田全膜覆盖 Full film mulching	0	15.2	21.6	28.6	33.5	36.3	33.1
	5	14.5	20.1	27.0	30.2	34.5	29.5
	10	13.2	17.5	23.8	27.2	30.0	27.0
	15	11.4	14.4	20.1	24.8	26.7	24.7
	20	9.6	12.3	18.6	23.2	24.2	23.1
砂田宽膜覆盖 Wide film mulching	0	15.2	21.4	28.5	33.4	36.2	33.0
	5	14.5	19.9	26.8	30.0	34.4	29.4
	10	13.2	17.4	23.6	27.1	29.8	26.6
	15	11.4	14.3	20.0	24.7	26.5	24.4
	20	9.6	12.2	18.5	23.1	24.0	22.9
砂田半膜覆盖 Half flat film mulching	0	15.2	19.6	26.2	30.8	33.5	30.2
	5	14.5	18.1	24.2	27.7	31.7	26.8
	10	13.2	15.9	21.7	24.9	27.5	25.2
	15	11.4	13.0	18.5	23.1	25.0	23.2
	20	9.6	11.0	17.5	22.2	23.2	22.4
砂田不覆膜 No film mulching	0	15.2	17.5	23.5	27.7	30.2	27.4
	5	14.5	16.4	22.1	25.1	28.9	24.7
	10	13.2	14.5	19.8	22.9	25.3	23.5
	15	11.4	12.0	16.9	21.3	23.0	21.9
	20	9.6	10.2	16.3	20.7	21.5	21.3

2.2.2 不同覆膜方式 0~20 cm 土壤平均温度的差异 各覆膜方式 0~20 cm 土壤平均温度的变化趋势也均表现为:播种→苗期→伸蔓期→开花期→瓜膨大期逐渐增大,成熟期降低。不同覆膜方式 0~20 cm 土壤平均温度的差异明显地表现为:砂田全膜覆盖>砂田宽膜覆盖>砂田半膜覆盖>砂田不覆膜,且砂田全膜覆盖和砂田宽膜覆盖均显著地高于砂田半膜覆盖和砂田不覆膜;不同生育期表现为:播种→苗期→伸蔓期→开花期→瓜膨大期差异增大,成熟期差异降低。砂田全膜覆盖、砂田宽膜覆盖、砂田半膜覆盖较对照砂田不覆膜 0~20 cm 土壤平均温度的差异(见表 5);播种前相同,均为 0℃;苗期分

别增加 3.1℃、2.9℃和 1.4℃,伸蔓期分别增加 3.9℃、3.8℃和 1.9℃,开花期分别增加 4.2℃、4.1℃和 2.2℃,瓜膨大期分别增加 4.6℃、4.4℃和 2.4℃,成熟期分别增加 3.7℃、3.5℃和 1.8℃,各生育期差异均很明显。

比较可以得出,砂田全膜覆盖、砂田宽膜覆盖和砂田半膜覆盖 0~20 cm 土壤平均温度均显著地高于对照砂田不覆膜,瓜膨大期较播种期分别增加 4.6℃、4.4℃、2.4℃。同样可以看出,砂田全膜覆盖和砂田宽膜覆盖 0~20 cm 土壤平均温度最高,且差异不明显。这也是与二者具有相似的增温效果有关。

表 5 早砂田籽瓜不同覆膜方式不同生育期 0~20 cm 土壤平均温度(℃)

Table 5 Average soil temperature in 0~20 cm soil layer during different growth periods of seed-melon under different plastic-film mulching modes on dryland covered with sand

覆膜方式 Mulching mode	播种期 Sowing	出苗期 Emergence	伸蔓期 Vine extending	开花期 Anthesis	瓜膨大期 Melon expanding	成熟期 Maturity
砂田全膜覆盖 Full film mulching	12.8	17.2	23.6	27.8	30.3	27.5
砂田宽膜覆盖 Wide film mulching	12.8	17.0	23.5	27.7	30.2	27.3
砂田半膜覆盖 Half flat film mulching	12.8	15.5	21.6	25.7	28.2	25.6
砂田不覆膜 No film mulching	12.8	14.1	19.7	23.5	25.8	23.8

2.2.3 不同覆膜方式土壤积温的差异 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 土壤积温各生育期均明显地表现为:砂田全膜覆盖>砂田宽膜覆盖>砂田半膜覆盖>砂田不覆膜,砂田全膜覆盖、砂田宽膜覆盖、砂田半膜覆盖较砂田不覆膜土壤总积温分别增加:484.7℃、465.5℃和 242.7℃,平均地温分别达到 25.1℃、24.9℃和 23.2℃,分别增加 3.8℃、3.6℃和 1.9℃(见表 6)。特别是砂田全膜覆盖和砂田宽膜覆盖不仅总积温增加极其显著,而且平均地温达到了籽瓜生长发育的最佳温度。

表 6 早砂田不同覆膜方式籽瓜不同生育期 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 土壤积温(℃)

Table 6 Average soil temperature in 0~20 cm soil layer during different growth periods of seed-melon under different plastic-film mulching modes on dryland covered with sand

覆膜方式 Mulching mode	播种期~ 出苗期 Sowing~ emergence	出苗期~ 伸蔓期 Emergence~ vine extending	伸蔓期~ 开期花 Vine extending ~anthesis	开花期~ 瓜膨大期 Anthesis~ melon expanding	瓜膨大期~ 成熟期 Melon expanding ~maturity	总积温 Total accumulated temperature	平均积温 Average accumulated temperature
砂田全膜覆盖 Full film mulching	194.7	612.0	488.3	639.3	1301.0	3235.3	25.1
砂田宽膜覆盖 Wide film mulching	193.8	607.8	485.8	636.2	1292.4	3216.1	24.9
砂田半膜覆盖 Half flat film mulching	184.0	557.1	449.9	593.1	1209.2	2993.2	23.2
砂田不覆膜 No film mulching	174.9	507.6	411.0	542.5	1114.7	2750.6	21.3

2.3 不同覆膜方式籽瓜的经济效益比较

按照 2009 年底价格计算得出(表 7),不同覆膜方式的产值表现为:砂田全膜覆盖>砂田宽膜覆盖>砂田半膜覆盖>砂田不覆膜,而纯收入和产投比均表现为:砂田宽膜覆盖>砂田全膜覆盖>砂田半膜覆盖>砂田不覆膜。分析可以看出:砂田全膜覆盖的土壤水分含量、贮水量及水分利用率略高于砂田宽膜覆盖,而砂田全膜覆盖纯收入和产投却低于砂田宽膜覆盖。这是由于砂田宽膜覆盖与砂田全膜覆盖都具有极其显著的集雨增温效果,二者蓄水保墒、增温和增产效果相似,但砂田宽膜覆盖投入成本相对较低,所以效益相对较高;同时,在生产上,砂田全膜覆盖因没有保留操作行,不利于田间追肥、病虫害防治等生产环节操作和实施,也常常因人为使农膜破损,集雨、保墒及增温效果下降。由以上分析我们可以得出结论:在旱砂田籽瓜生产中,砂田宽膜覆

盖优于砂田全膜覆盖,与砂田全膜覆盖特别是与砂田半膜覆盖和砂田不覆膜相比,砂田宽膜覆盖具有显著的经济效益,是今后该区域旱砂田籽瓜覆膜的最佳模式。

3 结 论

1) 砂田宽膜覆盖栽培技术能显著地增加籽瓜土壤水分含量,从而充分满足了旱砂田籽瓜生长发育对水分的需求。各层次土壤水分含量均表现为:砂田全膜覆盖 $\geq$ 砂田宽膜覆盖>砂田半膜覆盖>砂田不覆膜,上层比下层这种差异更加明显。开花期较播种期比对照砂田不覆膜,砂田全膜覆盖、砂田宽膜覆盖、砂田半膜覆盖 0~20 cm 土壤含水量分别高 3.5、3.4 和 2.6 个百分点;1 m 土壤贮水量分别多 0~34.3 mm、0~33.0 mm 和 0~20.3 mm。

表 7 旱砂田不同覆膜方式籽瓜经济效益比较分析

Table 7 Analysis and comparison of the seed-melon economic benefits under different plastic-film mulching modes on dryland covered with sand

覆膜方式 Mulching mode	籽瓜产量 Seed yield (kg/hm ²)	鲜瓜产量 Fresh melon yield (kg/hm ²)	产值 Value (yuan/hm ²)	投入 Input (yuan/hm ²)	纯收入 Pure benefit (yuan/hm ²)	产投比 Value/input (yuan/yuan)
砂田全膜覆盖 Full film mulching	2555.6	59117.2	38656.9	4635.0	34021.9	8.34
砂田宽膜覆盖 Wide film mulching	2523.2	58460.9	38185.4	3997.5	34187.9	9.55
砂田半膜覆盖 Half film mulching	1954.9	46970.1	29920.2	3660.0	26260.2	8.17
砂田不覆膜 No film mulching	1428.2	32960.8	21588.8	2685.0	18903.8	8.04

注:瓜籽 10.5 元/kg,鲜瓜 0.20 元/kg,地膜 15.0 元/kg,纯氮 4.2 元/kg,五氧化二磷 3.0 元/kg,杂交籽瓜种子 80 元/kg,农药 30 元/kg,人工 25 元/(人·天)。

Note: Seed 10.5 yuan/kg, fresh melon 0.20 yuan/kg, plastic film 15.0 yuan/kg, pure N 4.2 yuan/kg, P₂O₅ 3.0 yuan/kg, hybridized seed 80 yuan/kg, pesticide 30 yuan/kg, labor 25 yuan/(peron·day).

2) 砂田宽膜覆盖栽培技术能极其显著地提高降水利用率和籽瓜水分利用效率,在降水高效利用方面取得明显突破。砂田全膜覆盖、砂田宽膜覆盖、砂田半膜覆盖较砂田不覆膜降水利用率分别提高 9.9、9.6 和 5.5 个百分点;籽瓜水分利用效率分别增加 3.66 kg/(mm·hm²)、3.56 kg/(mm·hm²)和 1.73 kg/(mm·hm²),分别增长 56.4%、54.9%和 26.7%。

3) 砂田宽膜覆盖栽培技术能显著地增加籽瓜土壤温度。瓜膨大期较播种期,砂田全膜覆盖、砂田宽膜覆盖、砂田半膜覆盖比砂田不覆膜 0 cm 土壤温度分别高 6.1℃、6.0℃和 3.3℃,5 cm 土壤温度分别高 5.6℃、5.5℃和 2.8℃,且各层次增温均很明显;0~20 cm 土壤平均温度分别增加 4.6℃、4.4℃和 2.4℃。

4) 砂田宽膜覆盖栽培技术能显著地增加土壤≥0℃有效积温,并使平均地温达到了籽瓜生长发育所需的最佳温度。砂田全膜覆盖、砂田宽膜覆盖、砂田半膜覆盖较对照砂田不覆膜土壤总积温分别增加 484.7℃、465.5℃和 242.7℃,平均地温分别增加 3.8℃、3.6℃和 1.9℃。

5) 与砂田全膜覆盖、砂田半膜覆盖和砂田不覆膜相比,砂田宽膜覆盖具有显著的经济效益,是旱砂田覆膜的最佳方式。砂田宽膜覆盖、砂田全膜覆盖、砂田半膜覆盖、砂田不覆膜籽瓜纯收入分别为:34 187.9 元/hm²、34 021.9 元/hm²、26 260.2 元/hm²和 18 903.8 元/hm²,产投比分别为:9.55、8.34、8.17 和 8.04。砂田全膜覆盖集雨、保墒、增温效果显著,

但其在操作上的不可行性和经济效益上的低效性决定了其不是旱砂田的最佳覆膜方式。

参考文献:

[1] 宋维峰. 甘肃砂田[J]. 甘肃水利水电技术, 1994, (2): 56—58.

[2] 陈年来, 刘东顺, 王晓巍, 等. 甘肃砂田的研究与发展[J]. 中国瓜菜, 2008, (2): 29—31.

[3] 许强, 强力, 吴宏亮, 等. 砂田水热及减尘效应研究[J]. 宁夏大学学报, 2009, 30(2): 180—182.

[4] 杨国强, 杨敬青, 张明玺. 砂田在干旱山区农业持续发展中的作用与效益[J]. 中国水土保持, 1995, (5): 31—33.

[5] 杜延珍. 砂田在干旱地区的水土保持作用[J]. 中国水土保持, 1993, (4): 36—39.

[6] 刘谦和, 李志强. 砂田土壤的水蒸发特征和温度变化[J]. 甘肃农业科技, 1993, (8): 26—28.

[7] 田媛, 苏德荣, 席全正. 集雨滴灌技术在砂地西瓜种植中的应用[J]. 甘肃水利水电技术, 2001, 37(1): 65—69.

[8] 王天送, 苏贺昌, 杨世维. 兰州地区砂田土壤的水分特征[J]. 干旱地区农业研究, 1991, (1): 66—69.

[9] 张浚渤. 旱砂田籽瓜丰产栽培技术[J]. 甘肃农业科技, 1994, (10): 35.

[10] 罗崇明. 景泰县旱砂田籽瓜栽培与贮藏技术[J]. 甘肃农业科技, 2002, (11): 46—47.

[11] 宫建军. 旱砂田籽瓜整蔓丰产栽培技术[J]. 甘肃农业科技, 2001, (12): 28—29.

[12] 吴建义, 郑新瑞. 砂田地膜塑料大棚覆盖白兰瓜优质丰产栽培技术[J]. 中国西瓜甜瓜, 1995, (4): 18—19.

[13] 王亚军, 谢奎奎, 张志山, 等. 甘肃砂田西瓜覆膜补灌效应研究[J]. 中国沙漠, 2003, 23(3): 300—305.

[14] 张永福, 罗崇明, 杨佑强, 等. 旱砂田西瓜覆膜栽培技术[J]. 甘肃农业科技, 2002, (3): 24.

(英文摘要下转第 114 页)

Recent progress of research on comprehensive effects of different rates of straw mulch on rained farming areas in China

II. Problems and prospects of study on effects of different rates of straw mulch on physiological ecology of crops

CAI Tai-yi^{1,2}, HUANG Hui-juan², HUANG Yao-wei³, JIA Zhi-kuan^{2*},
YANG Bao-ping¹, ZHANG Rui¹, HAN Qing-fang¹, NIE Jun-feng¹

(1. Henan Polytechnic University, Jiaozuo, Henan 454000, China; 2. Research Institute of
Water-saving Agriculture in China's Arid Area, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
3. Henan Provincial Department of Agriculture, Zhengzhou, Henan 450008, China)

Abstract: Firstly, effects of different rates of straw mulch on crop physiology, yield and water use efficiency are reviewed in the paper. Secondly, the difficulties on the research are summarized. Finally, the possible solutions for the future are discussed.

Keywords: straw mulch rate; ecological effect; rained farming areas

(上接第 103 页)

Study on effects of technique of wide plastic-film mulching on soil water and soil temperature for seed-melon on dryland covered with sand

FU Qin-min¹, WANG Cai-bin², LIU Sheng-xue²

(1. Gansu Provincial Station of Water-saving Agriculture and Soil and Fertilizer Management, Lanzhou, Gansu 730020, China;
2. Huining County Agro-technical Extension Center, Huining, Gansu 730100, China)

Abstract: Field plot experiments were conducted to analyze and investigate the effect of technique of wide plastic-film mulching on soil water and soil temperature for seed-melon on dryland covered with sand. The results showed that the technique of wide film mulching could collect and keep soil water and increase soil water content for seed-melon significantly. Compared with no film mulching (CK), full film mulching, wide film mulching and half film mulching increased water content of 0~20 cm soil layer by 0~3.5%, 0~3.4% and 0~2.6% respectively, and increased water storage of 1m soil layer by 0~34.3 mm, 0~33.0 mm and 0~20.3 mm respectively before seed-melon anthesis. The technique increased field rainfall use rate and seed-melon water use efficiency remarkably. The rainfall use rates of field with full film mulching, wide film mulching and half film mulching reached 78.5%, 78.2% and 74.1% respectively, while the seed-melon water use efficiencies of them reached 10.15 kg/(mm·hm²), 10.05 kg/(mm·hm²) and 8.22 kg/(mm·hm²) respectively. The technique enhanced soil effective accumulated temperature significantly in seed-melon growing period and made the average temperature reach the best for seed-melon growing. Compared with no film mulching, full film mulching, wide film mulching and half film mulching increased the average temperature of 0~20 cm soil layer by 0~4.6°C, 0~4.4°C and 0~2.4°C respectively before melon expanding, increased total accumulated temperature by 484.7°C, 465.5°C and 242.7°C respectively, and increased average accumulated temperature by 3.8°C, 3.6°C and 1.9°C respectively. Compared with the technique of full film mulching, half film mulching and no film mulching, the technique of wide film mulching had remarkable economic effects. So it was the best mulching mode for dryland covered with sand at present.

Keywords: seed-melon; dryland covered with sand; wide film mulching; effect on soil water; effect on soil temperature