

# 沟垄覆膜聚水改土耕作措施对小南瓜耗水特性和产量的影响

文宏达<sup>1,2</sup>, 李淑文<sup>2</sup>, 毕淑芹<sup>2</sup>, 张立峰<sup>3</sup>, 黄元仿<sup>1\*</sup>

(1. 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100094; 2. 河北农业大学资源与环境科学学院, 保定 071001;

3. 河北农业大学农学院, 保定 071001)

**摘要:** 针对冀西北高原砂质栗钙土干旱、粗骨、土层薄等限制农业稳产和高产的障碍因子, 该文通过田间试验, 以稀植经济作物小南瓜为试材, 研究了沟、垄不同覆膜方式和积聚不同厚度熟土(聚土)措施的聚水保墒与增产作用。结果表明: 沟覆膜方式聚集降水和保蓄土壤水分的作用好于垄膜处理, 收获后 1 m 土体贮水量比播前盈余 56.79 mm。与垄膜处理相比, 沟膜平均少耗水 51.61 mm, 水分利用效率平均高 16.42 kg·mm<sup>-1</sup>·hm<sup>-2</sup>。垄膜条件下, 聚土处理的产量差异达显著水平; 沟膜条件下, 聚土 40 cm 与 60 cm 处理产量差异不显著, 以沟膜+ 积聚 40 cm 厚度熟土+ N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>处理产量最高, 达到 9812.5 kg/hm<sup>2</sup>。该技术可作为冀西北高原旱砂地农田提高作物产量和水分利用效率的一种种植模式。

**关键词:** 沟垄覆膜; 聚土; 聚水; 小南瓜; 砂质栗钙土

**中图分类号:** S642.1; S273.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-6819(2006)11-0053-05

文宏达, 李淑文, 毕淑芹, 等. 沟垄覆膜聚水改土耕作措施对小南瓜耗水特性和产量的影响[J]. 农业工程学报, 2006, 22(11): 53-57.

Wen Hongda, Li Shuwen, Bi Shuqin, et al. Effects of film mulching on ridge and over furrow for rainwater harvesting and increasing soil thickness on water consumption and yield of pumpkins[J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(11): 53-57. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

地膜覆盖因其能改善耕层土壤的水热状况和水分利用状况而在中国北方干旱半干旱地区大面积应用<sup>[1-6]</sup>。田间沟垄微型集雨与覆膜结合不仅可以使垄上降雨富集并叠加到沟内, 水分入渗加深, 蒸发损失减少, 而且可以加快植株水分代谢, 增加蒸腾量, 提高水分利用效率<sup>[7-10]</sup>。沟垄覆膜集雨栽培研究主要集中在小麦、玉米、水稻等大田作物的产量、土壤温度、水分集蓄特性及生态效应等方面<sup>[5-9, 11-14]</sup>, 而在冀西北高寒半干旱区砂质栗钙土农田上, 土壤干旱、粗骨、贫瘠、土层浅薄(熟土层厚 20 cm)等障碍因子<sup>[15]</sup>的存在, 使莜麦、春小麦等大田作物的产量水平低而不稳, 因此本试验以稀植经济作物小南瓜替代传统大田作物, 研究沟、垄覆膜、化肥用量和积聚不同厚度熟土(聚土)的聚水、保墒及对小南瓜产量和水分利用效率的影响, 以期冀冀西北高原农业高效生产和农民增收提供理论基础和技术支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

试验设覆膜、化肥用量和聚土 3 个因子。覆膜分为

垄覆膜(垄膜, R)和沟覆膜(沟膜, F)两种方式; 化肥用量分为无肥(N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>)和施肥(N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>)两种用量; 聚土分为沟内积聚熟土层厚度 20 cm、40 cm 和 60 cm 3 种水平。田间试验采用 3 因子完全方案, 共 12 个处理(表 1), 每处理重复 3 次, 共 36 个小区。

表 1 试验设计方案

Table 1 Scheme of experimental design

处理 编号	试验设计	处理 编号	试验设计
R1	垄膜+ N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> + 20 cm 熟土	F1	沟膜+ N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> + 20 cm 熟土
R2	垄膜+ N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> + 40 cm 熟土	F2	沟膜+ N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> + 40 cm 熟土
R3	垄膜+ N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> + 60 cm 熟土	F3	沟膜+ N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> + 60 cm 熟土
RF1	垄膜+ N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> + 20 cm 熟土	FF1	沟膜+ N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> + 20 cm 熟土
RF2	垄膜+ N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> + 40 cm 熟土	FF2	沟膜+ N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> + 40 cm 熟土
RF3	垄膜+ N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> + 60 cm 熟土	FF3	沟膜+ N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> + 60 cm 熟土

每个处理小区面积 24 m<sup>2</sup>(6 m×4 m), 在长边一侧每隔 2 m 划分为一个种植带区(2 m×4 m), 每带区起垄(图 1), 垄面弓形, 垄高 15 cm, 垄宽 150 cm, 沟宽 50 cm, 此即为聚 20 cm 熟土厚度处理(保持原土层结构不改变)。40 cm 和 60 cm 熟土厚度处理是先将带区内厚约 20 cm 的表土全部翻到相邻的带区内, 然后挖宽 50 cm、深分别为 40 cm 和 60 cm 的沟, 沟内挖出的生土放在垄背上, 并按要求培成垄, 沟内再分别填入 40 cm、60 cm 厚的熟土。垄沟相间排列, 每小区 3 垄 3 沟。垄膜处理是在垄上覆盖薄膜, 膜厚 0.08 mm, 宽 160 cm, 薄膜上再覆盖 1.5 cm 厚的土。沟膜处理是在瓦垄状沟的两侧开小沟, 将宽 90 cm 的薄膜的两边埋入小沟内, 用土压实, 使薄膜呈腾空状(图 1), 降雨时瓦垄状沟膜即可形成约 70 cm 的集水面。

收稿日期: 2005-12-13 修订日期: 2006-06-22

基金项目: 河北省科学技术研究与发展规划资助项目(03220134D)

作者简介: 文宏达(1970-), 男, 副教授, 博士生, 主要从事土壤水资源与水肥耦合方面的研究。保定 河北农业大学资源与环境科学学院, 100094。Email: wenhd@163.com

\*通讯作者: 黄元仿(1968-), 男, 教授, 博士生导师, 研究方向为土壤水分、养分模型与水土资源管理。北京 中国农业大学资源与环境学院, 100094。Email: yfhuang@china.com

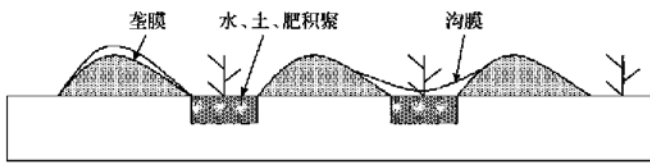


图1 沟垄覆膜、聚土种植模式示意图

Fig.1 Diagrammatic presentation of film mulching on ridge and over furrow and increasing soil surface thickness

## 1.2 供试材料

供试材料为小南瓜, 选用韩国品种“太阳”, 2004年5月18日播种, 株距40 cm, 8月29日收获。化肥集中施入种植沟内。磷肥施用二铵, 每公顷施纯磷45 kg, 作基肥一次施入; 氮肥为尿素, 与二铵配合, 纯氮用量 $60 \text{ kg/hm}^2$ , 分为基肥和追肥两次施入(基肥、追肥各占一半用量), 基肥与磷肥一并施入, 追肥则在苗长到4~5片真叶时, 结合除草施入。沟膜处理先将薄膜揭开, 除草、施追肥后再把膜压好, 将瓜苗从膜下放出, 用土压实苗根部, 固定薄膜。小南瓜生育期内不灌溉。

供试土壤为砂质栗钙土, 理化性质见表2。

表2 砂质栗钙土理化性质

Table 2 Physical and chemical characteristics of sandy chestnut soil

土壤类型	土层深度/cm	有机质/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	pH 值	< 0.01 mm 土粒/%	质地	容重/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$
栗钙土	0~20	9.23	7.42	14.94	砂壤	1.41

## 1.3 样品采集及收获

在播前、苗期、开花座果期和收获后分别采集种植

沟内0~100 cm土样, 每20 cm一层, 用烘干法测定含水率。成熟期从每处理小区的中间沟选取有代表性的小南瓜地上部(茎和叶)5株, 按鲜样测定, 计算茎叶生物量。小南瓜成熟时, 每个小区实际收获测产, 记录小南瓜个数和经济产量。

## 2 结果与分析

### 2.1 覆膜、聚土与化肥用量对土壤水分和小南瓜水分利用效率的影响

#### 1) 土体贮水量变化

由表3、表4可知, 覆膜、聚土条件下, 砂质栗钙土农田的土壤水分状况明显不同。播种前, 由于聚土, 各小区土体贮水量有所不同。到收获时, 垄膜处理1 m土体贮水量比沟膜处理明显偏少, 平均值相差达67.83 mm。垄膜处理播前与收获后土体贮水量变化较小, 而沟膜处理收获后1 m土体平均比播前多贮水56.79 mm。施用化肥增加了土壤水分消耗, 使收获后土体盈余量减少。沟膜条件下,  $\text{N}_{60}\text{P}_{45}$ 与 $\text{N}_{0}\text{P}_{0}$ 处理收获后土体贮水量比播前分别盈余50.48 mm和63.11 mm。聚土处理中, 随熟土层厚度增加, 土体贮水量略有下降。

覆膜、聚土和施肥处理下0~60 cm土体贮水量的变化趋势与1 m土体贮水量相似(表3)。收获后0~60 cm土体贮水量占1 m土体贮水量比例在垄膜下较高, 平均值达72.61%, 而在沟膜下的比例均值仅为55.23%, 表明沟膜处理所截蓄保留在土体中的水分, 有44.77%进入到土体下层(60~100 cm), 还有可能渗入更深的土层, 这些深层水分的有效性有待于进一步研究。

表3 不同处理土体贮水量

Table 3 Soil water storages under different treatments

处 理	60 cm 土体贮水量/mm		1 m 土体贮水量/mm		60 cm 占 1 m 土体贮水量的比例/%	
	播前	收获后	播前	收获后	播前	收获后
垄膜	66.19	77.07	100.86	106.14	65.63	72.61
沟膜	74.84	96.09	117.18	173.97	63.87	55.23
垄膜 $\text{N}_{0}\text{P}_{0}$	59.32	73.31	92.4	102.68	64.20	71.40
垄膜 $\text{N}_{60}\text{P}_{45}$	73.06	80.83	109.32	109.61	66.83	73.74
沟膜 $\text{N}_{0}\text{P}_{0}$	79.34	105.38	120.41	183.52	65.89	57.42
沟膜 $\text{N}_{60}\text{P}_{45}$	70.34	86.80	113.95	164.43	61.73	52.79
垄膜	20 cm	65.11	77.85	105.59	61.67	63.54
	40 cm	64.76	74.22	89.20	72.60	79.09
	60 cm	68.69	79.15	107.79	63.73	77.56
沟膜	20 cm	69.46	100.45	122.18	56.85	53.79
	40 cm	79.71	91.96	128.49	62.03	52.01
	60 cm	75.36	95.86	100.86	74.72	60.53

#### 2) 小南瓜耗水量与水分利用效率

不同处理小南瓜耗水量各不相同。由表4可知, RF2处理耗水量最高, 达到266.78 mm。垄膜和沟膜处理耗水量均值分别为252.72 mm和201.21 mm, 垄膜比沟膜平均多耗水51.61 mm。垄、沟膜下 $\text{N}_{60}\text{P}_{45}$ 处理比 $\text{N}_{0}\text{P}_{0}$ 分别多耗水10.0 mm和12.63 mm。不同聚土处理之间以聚20 cm熟土处理耗水量最小, 垄膜下60 cm熟土层处理耗水最多, 达263.74 mm, 沟膜下则以40 cm

熟土层处理耗水最多为209.69 mm。

水分利用效率(Water Use Efficiency,  $WUE$ )是指每公顷农田消耗每毫米土壤贮水所生产出的小南瓜的经济产量。 $WUE$ 值的变化趋势与耗水量基本相反(表4)。沟膜处理 $WUE$ 均值达到 $42.77 \text{ kg} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 比垄膜处理 $WUE$ 平均高出 $16.42 \text{ kg} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。两种覆膜方式下,  $\text{N}_{60}\text{P}_{45}$ 处理 $WUE$ 均值分别比 $\text{N}_{0}\text{P}_{0}$ 高 $1.44 \text{ kg} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $3.7 \text{ kg} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 聚土

处理一般以 40 cm 厚度处理较高(沟膜施肥处理例外)。综合分析耗水量与  $WUE$  的变化可知, 垄覆膜的集雨面积虽较大, 但集水效果较差, 加之种植沟内土壤水的无效蒸发损失, 使小南瓜耗水较多, 降低了水分利用效率。而沟覆膜处理因减少了沟内水分的蒸发损失, 保水效果

较好, 所消耗土壤水的产出效率 ( $WUE$ ) 较高, 剩余的水分则保留在土体中。增施化肥使小南瓜耗水增多, 产量提高。聚熟土厚度达到 40 cm 可以较好的增加水分在土壤上层的储蓄(表 3), 有利于小南瓜根系对于水分和养分的吸收以及产量的提高。

表 4 不同处理小南瓜耗水量与水分利用效率

Table 4 Water consumption and water use efficiency of pumpkins under different treatments

处理	播前 1 m 土体 贮水量/mm	收获后 1 m 土体 贮水量/mm	土壤供水量 $\Delta W$ /mm	耗水量 /mm	产量 /kg · hm <sup>-2</sup>	水分利用效率 /kg · mm <sup>-1</sup> · hm <sup>-2</sup>
R1	96.02	116.12	- 20.10	237.90	6388.9 ef	26.86 e
R2	74.18	92.26	- 18.08	239.92	7333.4 cd	30.57 d
R3	107.00	99.65	7.35	265.35	5166.7 g	19.47 g
RF1	115.16	128.93	- 13.77	244.23	6930.6 de	28.38 de
RF2	104.23	95.44	8.78	266.78	7875.0 bc	29.52 de
RF3	108.57	104.44	4.13	262.13	6111.1 f	23.31 f
F1	153.33	192.75	- 39.41	218.59	6729.2 def	30.79 d
F2	101.75	192.62	- 90.86	167.14	8277.8 b	49.53 a
F3	106.14	165.19	- 59.05	198.95	8444.5 b	42.44 b
FF1	91.03	180.74	- 89.71	168.29	8000.0 bc	47.54 a
FF2	155.23	160.98	- 5.76	252.24	9812.5 a	38.90 c
FF3	95.59	151.56	- 55.97	202.03	9583.4 a	47.44 a

注: 标记字母相同, 表示差异不显著 ( $P < 0.05$ ), 下同。

## 2.2 不同覆膜方式下小南瓜的生物产量

由表 5 可知, 覆膜、化肥用量和聚土措施使小南瓜生物产量差异显著 ( $P < 0.05$ )。垄膜下, N<sub>60</sub>P<sub>45</sub> 处理比 N<sub>0</sub>P<sub>0</sub> 生物产量增加 9.46% ~ 73.93%。积聚 40、60 cm 熟土分别比 20 cm 熟土处理产量增加 20.25% ~ 65.10% 和 10.91% ~ 28.36%。沟膜条件下, 施肥处理生物产量比无肥增加 2.68% ~ 55.54%, 说明集中施用化肥可以较好地促进小南瓜的生长, 生物产量最高可达 23750.7 kg/hm<sup>2</sup>。无肥条件下, 单纯聚土可使生物产量增加 10.85% ~ 55.03%, 施肥条件下 3 种聚土处理的生物产量差异不显著。

沟膜与垄膜相比, 各处理生物产量有不同程度的增加(F<sub>2</sub>、R<sub>2</sub> 处理除外, 其原因有待进一步研究), 增加幅度在 0.98% ~ 71.04% 之间。这是由于沟覆膜减少了棵间土壤水分的无效蒸发, 水分供应较好, 促进了小南瓜的营养与生殖生长, 因而生物产量较高。

表 5 垄、沟覆膜下施肥及聚土对小南瓜生物产量的影响

Table 5 Effects of fertilization and increasing surface soil thickness of film mulching on ridge and over furrow on biograss of pumpkins biomass

处理	生物产量 /kg · hm <sup>-2</sup>	施肥增加 /%	聚土增加/%	沟膜比垄膜 增加/%
R1	12139.2 h	—	—	—
R2	20042.3 c	—	65.10	—
R3	13464.0 g	—	10.91	- 32.82
RF1	18243.7 d	50.29	—	—
RF2	21938.2 b	9.46	20.25	—
RF3	23417.6 a	73.93	28.36	6.74
F1	14854.6 f	—	—	22.37
F2	16465.7 e	—	10.85	- 17.85
F3	23028.5 a	—	55.03	39.86
FF1	23105.0 a	55.54	—	26.65
FF2	23750.7 a	44.24	2.80	8.26
FF3	23646.6 a	2.68	2.34	- 0.44

## 2.3 覆膜、施肥与聚土对小南瓜经济产量的影响

1) 覆膜方式与聚土对小南瓜产量(鲜重)影响的差异显著性

方差分析表明(表 6), 聚土处理中以积聚 40 cm 熟土处理平均产量最高, 与 20 cm、60 cm 熟土处理的差异显著。而 20 cm 与 60 cm 熟土处理产量差异不显著。在相同施肥条件下, 沟膜处理与垄膜的差异均达到显著水平 ( $P < 0.05$ ), 沟膜处理产量显著高于垄膜处理(表 6、表 8)。这是由于沟覆膜的集雨保墒效果好于垄膜, 而且薄膜覆盖在种植沟上可以提高出苗阶段土壤温度, 促进小南瓜早发芽、早出苗, 为提高小南瓜产量奠定了水分和温度基础。

表 6 无肥及施肥下覆膜、熟土二因素两项分组方差分析结果

Table 6 Variance analysis of yield affected by film mulchings and surface soil thickness with and without fertilization

聚熟土厚度 /cm	产量/kg · hm <sup>-2</sup>		覆膜方式	产量/kg · hm <sup>-2</sup>	
	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub>		N <sub>0</sub> P <sub>0</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub>
20	6805.6 b	7847.3 b	沟膜	7817.1 a	9132.0 a
40	7805.6 a	8843.8 a	垄膜	6296.3 b	6972.3 b
60	6559.1 b	7465.3 b			

### 2) 化肥用量与聚土对小南瓜产量的影响

通过对化肥用量与聚土对小南瓜产量的影响分析(表 7、表 8)可知, 垄膜处理积聚不同厚度熟土使小南瓜产量差异达显著水平 ( $P < 0.05$ ), 以 40 cm 厚度处理产量最高。与 20 cm 厚度处理相比, 40 cm 和 60 cm 厚度处理分别增产 13.63% ~ 14.78% 和 - 11.82% ~ - 29.55%。而在沟膜条件下, 40 cm 与 60 cm 厚度处理产量较高, 差异不显著, 与 20 cm 处理相比产量分别增加 22.66% ~ 23.01% 和 19.79% ~ 25.49%, 差异达到

显著水平,由此可以确定人工积聚熟土厚度达到 40 cm 即可,厚度再增加,不仅无增产效果,而且加大了人力、物力投入,甚至还会减产。

表 7 垄膜、沟膜下施肥、熟土层二因素两项分组方差分析结果

Table 7 Variance analysis of yield affected by fertilization and surface soil thickness with film mulching ridge and over furrow treatments

聚熟土厚度 /cm	产量/kg·hm <sup>-2</sup>		覆膜方式	产量/kg·hm <sup>-2</sup>	
	垄膜	沟膜		垄膜	沟膜
20	6659.8b	7364.6b	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub>	6972.3a	9132.0a
40	7604.2a	9045.2a	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub>	6296.3b	7817.1b
60	5638.9c	9013.9a			

表 8 不同熟土层厚度处理的小南瓜产量

Table 8 Yields of pumpkins under different surface soil thickness treatments

处理	产量 /kg·hm <sup>-2</sup>	聚土 增产 /%	相同覆膜 条件下施肥 增产/%	施肥量相同 条件下覆膜 增产/%	沟膜无肥比 垄膜施肥处理 增产/%
R1	6388.9±254.6b	—	—	—	—
R2	7333.4±273.2a	14.78	—	—	—
R3	5166.7±416.7c	-29.55	—	—	—
RF1	6930.6±354.4b	—	8.48	—	—
RF2	7875.0±401.8a	13.63	7.39	—	—
RF3	6111.1±254.6c	-11.82	18.28	—	—
F1	6729.2±469.1b	—	—	5.33	-2.91
F2	8277.8±468.8a	23.01	—	12.88	5.11
F3	8444.5±567.2a	25.49	—	63.44	38.18
FF1	8000.0±410.4b	—	18.89	15.43	—
FF2	9812.5±178.0a	22.66	18.54	24.60	—
FF3	9583.4±416.7a	19.79	13.49	56.82	—

垄、沟覆膜处理施肥比无肥处理增产作用显著(表 7, 表 8)。垄膜下 N<sub>60</sub>P<sub>45</sub> 比 N<sub>0</sub>P<sub>0</sub> 处理增产 7.39%~18.28%, 沟膜下增产 13.49%~18.89%。两种施肥水平下, 沟膜比垄膜处理产量分别增加 5.33%~63.44% 和 15.43%~56.82%, 与方差分析的结果(表 6)具有一致性。而且沟膜无肥处理与垄膜施肥处理相比, 除 20 cm 厚度处理略有减产外, 40 cm 和 60 cm 厚度处理仍有 5.11%~38.18% 的增产效果, 这更充分说明沟覆膜方式可以作为改善土壤水、气、热状况, 提高稀植瓜类蔬菜产量的重要管理措施。

综合覆膜、聚土和化肥用量 3 因子的作用, 可以确定沟膜结合积聚 40 cm 厚度熟土, 再配以合理施肥, 是该区砂质栗钙土农田较好的小南瓜高产栽培技术措施, 产量可达到 9812.5 kg/hm<sup>2</sup>。

## 4 结论与讨论

垄沟种植与覆膜、聚土措施相结合在旱区可起到集蓄降水、增加土体贮水量及提高作物产量和水分利用效率的作用<sup>[7-10, 16-18]</sup>。本研究发现, 不同覆膜方式对于降水的集蓄作用不同, 沟膜处理收获后 1 m 土体贮水量比播前盈余 56.79 mm, 比垄膜处理平均少耗水 51.61

mm, 水分利用效率(WUE)平均高 16.42 kg·mm<sup>-1</sup>·hm<sup>-2</sup>。这说明沟覆膜的集雨面积虽低于垄膜, 但可以将一次降水强度小于 5 mm 的雨水集蓄到种植沟内, 而且薄膜覆盖减少了沟内水分的无效蒸发, 使土壤累积蓄保水量高于垄膜处理。聚土和施肥一般使小南瓜耗水量增加。沟膜处理的生物产量和经济产量一般均高于垄膜。两种化肥用量下, 沟膜处理的经济产量分别比垄膜增加 5.33%~63.44% 和 15.43%~56.82%。聚土处理加厚了小南瓜的根层土壤, 水分和养分的供应有所改善, 但聚土厚度以 40 cm 为宜。试验条件下, 以沟膜结合聚 40 cm 熟土, 再配以 N<sub>60</sub>P<sub>45</sub> 的化肥集中沟施, 形成了该区砂质栗钙土农田高产、高效生产的聚土集水集肥种植模式。

本研究表明沟覆膜在砂质栗钙土上的集雨、保水和增产效果均高于垄覆膜方式。试验中, 垄膜上覆上 1.5 cm 的土, 虽可增加薄膜的利用年限, 但集水效果低于沟膜, 这与该区一次降水强度小于 5 mm 的降雨次数比例较大有关。在降水类型不同且膜上不覆土条件下, 垄膜的集雨效果和产量效应需要今后继续探索。同时, 覆膜措施所残留的薄膜<sup>[19]</sup>对土壤环境产生的影响也有待进一步研究。

## [参 考 文 献]

- [1] Fisher P D. An alternative plastic mulching system for improved water management in dryland maize production [J]. Agricultural Water Management, 1995, 27: 155-166.
- [2] Li F M, Guo A H, Wei H. Effects of clear plastic film mulch on yield of spring wheat [J]. Field Crops Res, 1999, 63: 79-86.
- [3] Mohapatra B K, Lenka D, Naik D. Effect of plastic mulching on yield and water use efficiency in maize [J]. Ann Agric Res, 1998, 19: 210-211.
- [4] 王 琦, 张恩和, 李凤民, 等. 半干旱地区沟垄微型集雨种植马铃薯最优沟垄比的确定 [J]. 农业工程学报, 2005, 21(1): 38-41.
- [5] 王友贞, 袁先江, 许 沛, 等. 水稻旱作覆膜的增温保墒效果及其对生育性状影响研究 [J]. 农业工程学报, 2003, 18(2): 29-31.
- [6] 李 毅, 王文焰, 门 旗, 等. 宽地膜覆盖条件下土壤温度场特征 [J]. 农业工程学报, 2001, 17(3): 32-36.
- [7] 李凤民, 王 静, 赵松岭. 半干旱黄土高原集水高效旱地农业的发展 [J]. 生态学报, 1999, 19(2): 259-264.
- [8] 王喜庆, 李生秀, 高亚军. 地膜覆盖对旱地春玉米生理生态和产量的影响 [J]. 作物学报, 1998, 24(3): 348-353.
- [9] 王彩绒, 田霄鸿, 李生秀. 沟垄覆膜集雨栽培对冬小麦水分利用效率及产量的影响 [J]. 中国农业科学, 2004, 37(2): 208-214.
- [10] 李晓雁. 人工集水面降雨径流观测实验研究 [J]. 水土保持学报, 2001, 15(1): 1-4.
- [11] Li Y, Shao M G, Wang W Y, et al. Open-hole effects of perforated plastic mulches on soil water evaporation [J]. Soil Science, 2003, 168(11): 751-758.
- [12] Li F, Wang P, Wang J, et al. Effects of irrigation before sowing and plastic film mulching on yield and water

- uptake of spring wheat in semiarid Loess Plateau of China [J]. *Agricultural Water Management*, 2004, 67(2): 77–88.
- [13] 邓振镛, 仇化民. 旱作小麦-玉米垅种沟盖地膜带田集水调水与增产效应研究[J]. *自然资源学报*, 1999, 14(3): 253–257.
- [14] 赵聚宝, 钟兆站, 薛军红, 等. 旱地春玉米田微集水保墒技术研究[J]. *农业工程学报*, 1996, 12(2): 28–33.
- [15] 文宏达, 王殿武, 李淑文, 等. 冀西北坝上高原免、浅耕对旱地土壤物理性质的影响[A]. *旱地农业研究*[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1995.
- [16] 蔡景勋, 伍华远, 林永立, 等. 聚土深耕对旱地的增产培肥作用[J]. *广西农业科学*, 1997, (5): 234–236.
- [17] 李世清, 李凤民, 宋秋华, 等. 半干旱地区地膜覆盖对作物产量和氮效率的影响[J]. *应用生态学报*, 2001, 12(2): 205–209.
- [18] 赵允格, 邵明安. 不同整地方式下施肥对夏玉米产量及水氮利用效率的影响[J]. *农业工程学报*, 2005, 20(4): 40–44.
- [19] 王 频. 残膜污染治理的对策和措施[J]. *农业工程学报*, 1998, 14(3): 185–188.

## Effects of film mulching on ridge and over furrow for rainwater harvesting and increasing soil thickness on water consumption and yield of pumpkins

Wen Hongda<sup>1,2</sup>, Li Shuwen<sup>2</sup>, Bi Shuqin<sup>2</sup>, Zhang Lifeng<sup>3</sup>, Huang Yuanfang<sup>1\*</sup>

(1. College of Resources and Environment, China Agricultural University, Beijing 100094, China;

2. College of Resources and Environmental Sciences, Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China;

3. College of Agronomy, Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China)

**Abstract:** Considering the factors of drought, roughness and thin soil layer, which limited the steady and high crop yield in sandy chestnut soil in north west of Hebei plateau, a field experiment was conducted to study the effects of film mulching on ridge and over furrow for rainwater harvesting, fertilization and increasing surface soil thickness on the water consumption and yields of pumpkins. Results show that film mulching over furrow collects precipitation and holds soil water effectively. The soil water storage in 0~1 m layer at harvesting increases 56.79 mm than that at pre-sowing. Compared with film mulching on ridge treatment, water consumption of film mulching over furrow is decreased by 51.61 mm and water use efficiency ( $WUE$ ) is increased by  $16.42 \text{ kg} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$ . With film mulching on ridge treatments, the difference of yields with increasing soil thickness is significant. With film mulching over furrow treatments, the yields of 40 cm and 60 cm soil thickness are high, but are not significant. The highest yield is in the treatment of film mulching over furrow, increasing surface soil thickness to 40 cm and using fertilizer of  $N_{60}P_{45}$ , which reaches  $9812.5 \text{ kg/hm}^2$ . This technique may be used as a kind of planting mode for increasing yields and water use efficiency on dryland fields in west-north of Hebei plateau.

**Key words:** film mulching on ridge and over furrow; increasing surface soil thickness; collecting water; pumpkin; sandy chestnut soil