

# 晋西旱塬地渗水地膜覆盖玉米试验

姚建民 殷海善 师新宇

(山西省农业科学院农业资源综合考察研究所, 太原 030006)

**摘 要** 在位于晋西南黄土残塬沟壑区的隰县旱地进行了渗水地膜覆盖玉米种植试验。结果表明, 与常规地膜覆盖比较, 渗水地膜覆盖玉米增产 38.3%, 增产效果显著; 玉米生育期 0~100cm 土层内土壤含水量平均提高 2 个百分点, 天然降水的水分粮食生产效率达到  $23.25\text{kg} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$ ; 当气温在 35℃ 以下时, 渗水地膜与常规微膜具有相同的增温效果, 当气温在 35℃ 以上时, 渗水地膜下的增温速度明显减慢; 玉米生育期株高、茎粗、鲜重、叶数、最大叶长、最大叶宽等指标都明显比常规地膜覆盖的好。

**关键词** 渗水地膜 微孔 小雨 玉米 旱地

半干旱地区小雨(小于 10mm/次)发生频率占到 70% 以上, 雨量占到 25%~30%, 天然降水资源有效性低<sup>[1]</sup>。针对这一问题, 我们运用系统调控理论<sup>[2]</sup>和膜材料的结构与功能方面的知识, 按照“单向渗水原理”, 经过精心设计和反复试验研制出渗水地膜。

土壤—植物—大气连续体(SPAC)是近代水科学、实验地理学、土壤物理学、农业生态学与农业气象学的前沿研究领域<sup>[3]</sup>。虽然, 国内外对 SPAC 的多个环节已有深入研究, 但对于干旱与半干旱地区小于 10mm/次降水有效利用的连续体界面调控途径的研究未见报道。我国干旱与半干旱地区的面积占到国土面积的 48%, 其中, 旱地面积占总耕地面积的 52%, 山西省旱地面积占总耕地面积的 70% 以上<sup>[4]</sup>。旱地农业生态资源高效利用是 21 世纪持续发展的核心内容<sup>[5]</sup>。干旱与半干旱地区农业生产中最根本的问题不是总降水量少, 而是水分利用率低<sup>[6, 8, 9]</sup>。如山西省年均降水量在 400~500mm 之间, 水分利用率仅有 20%~40%<sup>[7]</sup>。要提高旱作农业区小雨资源的利用率, 最重要的是使年均 100mm 以上的小雨资源有效化, 利用渗水地膜开发小雨量资源和每次中雨或大雨滞留于土壤表层的雨水资源, 可增加 200mm 以上的水资源利用量, 具有增产粮食  $6000\text{kg}/\text{hm}^2$  的潜力<sup>[7]</sup>。在研制渗水地膜的过程中, 创造性地应用了“黑洞原理”, 提出了“微孔自调节原理”和“变形小孔(不)扩散原理”等新的理论。根据上述原理, 在保持常规地膜理化特性基本不变的前提下, 采用机械和物理化学相结合(在吹塑母料中加入渗水材料)的方法, 创造了地膜的单向渗水功能。

1 材料和方法

田间试验设 6 个处理: - 渗水地膜覆盖; - 窄常规地膜覆盖; - 秸秆覆盖; - 无覆盖; - 宽常规地膜; - 窄渗水地膜。

采用随机区组田间设计, 3 次重复, 小区面积  $3\text{m} \times 5\text{m}$ , 密度  $55\ 500$  株/ $\text{hm}^2$ 。4 月 14 日~16 日放袋 3d, 每公顷施过磷酸钙  $1\ 125\text{kg}$ 、碳酸氢铵  $1\ 500\text{kg}$ 、尿素  $375\text{kg}$ , 4 月 17 日播种, 4 月 18 日覆膜, 品种为丹玉 13。基础肥力状况: 有机质  $1.01\%$ , 全氮  $0.196\%$ , 速效磷  $5.01\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 速效钾  $42.69\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。示范田面积  $0.73\text{hm}^2$ , 每公顷施过磷酸钙  $1\ 125\text{kg}$ 、碳酸氢铵  $1\ 125\text{kg}$ 、尿素  $187.5\text{kg}$ , 4 月 19 日播种, 4 月 20 日覆膜, 品种为丹玉 13, 密度  $52\ 500$  株/ $\text{hm}^2$ , 覆膜压边时, 要求膜的两边稍高一些, 以利膜面集水。试验点位于晋西偏南的隰县黄土残塬区的后焉乡青宿村的旱地农田。观测内容: 土壤含水量、土壤温度、生长动态、产量等。

2 结果与分析

2.1 渗水地膜覆盖玉米的增产效果

经小区试验, 渗水地膜覆盖的玉米单产达到  $7\ 792.5\text{kg}/\text{hm}^2$ , 比窄常规地膜覆盖增产  $38.3\%$ , 比秸秆覆盖增产  $133.5\%$ ,

表 1 隰县旱地玉米覆盖试验产量结果

覆盖类型	区组 1 ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )	区组 2 ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )	区组 3 ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )	平均 ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )	水分生产率 ( $\text{kg} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$ )
渗水宽膜	8265.0	7390.5	8320.5	7792.5	23.25
渗水窄膜	7134.0	6227.3	6911.3	6757.5	20.1
常宽膜	6370.5	6990.8	6645.0	6669.0	19.8
常窄膜	5000.3	5587.5	6315.0	5634.0	16.8
秸秆盖	3015.0	3666.8	3330.0	3337.5	9.9
无覆盖	2664.0	4076.3	4776.0	3388.5	11.4

比无覆盖增产  $103.0\%$ 。经方差分析, 不同处理间产量差异达到极显著水平。渗水地膜覆盖的玉米水分生产率达到  $23.25\text{kg} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 常规地膜为  $16.8\text{kg} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 无覆盖的为  $11.4\text{kg} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 秸秆覆盖的为  $9.9\text{kg} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$  (表 1)。

表 2 产量差异多重比较测度( $\text{kg}/666.7\text{m}^2$ )

	p= 2	3	4	5
LSR 0.05	62.16	65.24	67.09	68.32
LSR 0.01	86.37	90.68	93.35	94.99

示范田渗水地膜覆盖的玉米平均单产达到  $7\ 000.5\text{kg}/\text{hm}^2$ , 比无覆盖的对照田玉米单产  $3\ 396\text{kg}/\text{hm}^2$ , 增产  $106.1\%$ 。

表 3 隰县旱地玉米覆盖试验产量构成情况

覆盖类型	千粒重(g)	穗粒数
渗水地膜	268	519
宽常规地膜	263	453
窄渗水地膜	248	487
窄常规地膜	238	423
秸秆覆盖	204	293
无覆盖	205	335

多重比较结果是: ① 渗水地膜覆盖比窄渗水地膜覆盖和宽常规地膜覆盖分别增产  $15.3\%$  和  $16.9\%$ , 达到了显著差异水平, 与其他各个处理依次增产  $38.3\%$ ,  $133.5\%$  和  $103.0\%$ , 均达到了极显著差异水平; ④窄渗水地膜覆盖比窄常规地膜覆盖增产  $19.9\%$ , 达到极显著差异水平, 比秸秆覆盖和无覆盖分别增产  $102.5\%$  和  $76.0\%$ , 均达到极显著差异水平, 但比宽常规地膜覆盖增产  $1.3\%$ , 未达到显著差异水平; ④窄常规地膜覆盖比秸秆覆盖增产  $68.8\%$ , 比无覆盖增产  $46.8\%$ , 均达到了极显

著差异水平;  $\frac{1}{4}$  宽常规地膜覆盖比窄常规地膜覆盖增产 18.36%, 达到显著差异水平;  $\frac{1}{2}$  秸秆覆盖比无覆盖减产 13.1%, 未达到显著差异水平。

从表 3 可以看出, 在栽培密度相同条件下的玉米产量构成因素中, 渗水地膜覆盖比窄常规地膜覆盖的玉米穗粒数平均增加 96 粒, 增加幅度为 22.7%, 千粒重增加 30g, 增加幅度为 12.6%; 渗水地膜覆盖比秸秆覆盖的玉米穗粒数平均增加 226 粒, 增加幅度为 77.1%, 千粒重增加 64g, 增加幅度为 31.4%; 渗水地膜覆盖比无覆盖的玉米穗粒数平均增加 184 粒, 增加幅度为 54.9%, 千粒重增加 63g, 增加幅度为 30.7%。渗水地膜覆盖玉米的增产效应首先表现在穗粒数的增加, 其次是粒重的增加。

2.2 增产原因分析

2.2.1 土壤含水量的变化 1996 年 10 月初至 1997 年 9 月底总降水量 335.6mm。从 4 月 18 日至 9 月 17 日生育期总降水量为 219.7mm, 其中小于 10mm 降水频率为 72%, 降水总量为 57.7mm, 占到同期降水总量的 26.3%。渗水地膜覆盖条件下, 接纳并保住了雨水, 提高了土壤含水量, 增加了地积温, 为旱地玉米高产提供了好的温度与水分条件。从 4 月 18 日播种到 9 月下旬对 0~100cm 土层土壤含水量进行了 7 次观测, 结果表明渗水地膜覆盖比常规地膜覆盖平均提高了 1.98 个百分点, 其中, 0~10cm 提高 3.17 个百分点, 10~20cm 提高了 2.5 个百分点, 20~40cm 提高了 1.9 个百分点, 40~60cm 提高了 1.67 个百分点, 60~80cm 提高了 1.21 个百分点, 80~100cm 提高了 1.44 个百分点(表 4, 图 1)。

表 4 玉米渗水地膜覆盖比窄常规地膜覆盖土壤含水量增量(%)

深 度 (cm)	观测时间(月/日)						
	4/21	5/9	6/23	7/9	7/23	8/22	9/21
10	2.7	7.0	2.5	5.7	-0.2	3.7	0.8
20	0.1	4.5	2.8	4.1	0	1.7	4.3
40	0.7	3.3	1.8	1.1	1.2	1	4.2
60	1.8	0.4	3.6	0.5	1.1	1.5	2.8
80	-0.1	0.1	1.8	1.1	0	2.4	3.2
100	-0.1	-0.2	0.3	1.3	1.1	2.4	5.3

从图 1 和表 4 可以看出:<sup>1</sup> 渗水地膜覆盖 0~100cm 土层的含水量在玉米的整个生育期间均比窄常规地膜覆盖的土壤含水量高; ④在玉米生育前期, 渗水地膜覆盖接纳了较多的小雨, 使土壤含水量增加的幅度在土壤表层最大, 并随着土层深度的增加土壤含水量增加的幅度减小; ④在玉米生育后期, 渗水地膜覆盖的深层土壤含水量比对照增加的幅度明显加快;  $\frac{1}{4}$  在 7 月 17 日和 18 日大雨之后的第 5 天观测, 渗水地膜与常规地膜覆盖的土壤含水量基本相同;  $\frac{1}{2}$  大雨之后的干旱又使得渗水地膜覆盖的土壤含水量明显高于常规地膜的含水量。

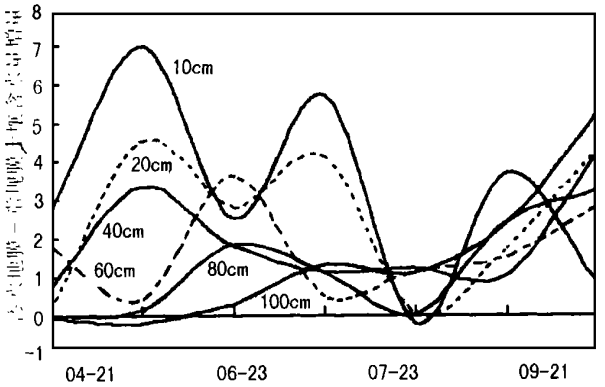


图 1 藭县渗水地膜覆盖土层含水量增量

2.2.2 土壤温度的变化 4月22日、4月23日、5月10日、5月12日、5月14日和6月13日对不同覆盖方式下的5、10、15、20和25cm土层以及膜下地表极端最高温度进行了观测。结果表明,当气温在35℃以下时,渗水地膜与常规地膜具有相同的增温效果或略低0~2℃(表5);当气温接

表5 隰县玉米覆盖试验 10cm 土层 14 时地温观测值(℃)					
覆盖类型	观测日期(月/日)				
	4/22	5/10	5/12	5/14	6/3(膜下)
渗水地膜	14	19.5	27.0	31	43
常规地膜	14	20.8	26.0	30	55
秸秆覆盖	11	14.6	21.0	25	
无覆盖	12	17.5	24.5	28	
气温	12	17.0	23.0	30	37

近或大于35℃时,渗水地膜覆盖的土壤温度明显低于常规地膜覆盖的土壤温度。6月23日气温35℃时测得前者比后者的地表温度低10℃以上,从而认为渗水地膜具有降低极端最高温度的调温功能,这是常规地膜所不及的。同时可以看出,秸秆覆盖具有明显的降温作用,对作物前期生长极为不利。

2.2.3 玉米生长动态 6月23日对不同覆盖处理的玉米株高、茎粗、鲜重、叶数、最大叶长、最大叶宽的典型调查结果是:渗水地膜覆盖的玉米,以上指标都好于常规地膜覆盖的处理,依次增加了35cm,11mm,310g,2片叶,6cm和1.5cm,更好于秸秆覆盖的玉米,是其株高的3.2倍,茎粗的2.7倍和鲜重的27倍(表6)。

表6 隰县玉米覆盖试验示范田最大植株生育动态

覆盖类型	叶面积 指数	株高 (cm)	叶数 (片)	叶宽 (cm)	叶长 (cm)	茎粗 (mm)	鲜重 (g)	干重 (g)
渗水宽膜	3.073	130	15	12.0	75	35	810	261.0
常规地膜	1.871	95	13	10.5	69	24	400	84.5
秸秆覆盖	0.309	41	9	5.0	45	13	30	6.5
无覆盖	1.065	63	12	7.5	59	20	60	26.5

3 结论与讨论

渗水地膜覆盖旱地玉米,提高了土壤含水量,调节了地温,促进了作物的早期生长,从而增加了产量。

渗水地膜是新开发出的技术产品,应进行多年多点的重复试验进一步证实增产效果和适用范围。应对渗水地膜覆盖条件下的土壤微生态环境资源进行机理性研究,还应以渗水地膜为中心的旱地农作物增产配套技术体系进行研究。

渗水地膜将小雨量资源有效保存的同时,提高了地温,调减了膜下极端高温,为作物生长提供了较稳定的水、温条件,从而提高了产量,是旱地作物栽培史上的一次飞跃。这套技术体系的完善与推广,将推动干旱与半干旱地区农作物产量的大幅度提高,在水浇地上使用还可节约用水。渗水地膜及其配套技术是对农业生态资源的深度开发,可促进我国西北地区、华北地区和东北地区的农作物产量的大幅提高,对21世纪食品安全问题的解决和农业持续发展战略的实施能发挥重大的作用。

## 参 考 文 献

- 1 姚建民,王海存,殷海善.旱地冬小麦渗水地膜全覆盖穴播试验.山西农业科学,1998,26(1):7~10
- 2 姚建民,马蓉丽.最大概率原理在农田生态系统中的应用.生态学杂志,1993,(4):58~60
- 3 康绍忠,刘晓明,熊运章著.土壤—植物—大气连续体水分传输理论及其应用.北京:水利电力出版社,1994
- 4 丁永齐,等.山西旱地农业.太原:山西科学技术出版社,1992
- 5 Vernon WR. Agriculture Environment & Health - Sustainable Development in the 21st Century. University of Minnesota Press, USA, 1994
- 6 姚建民,聂宏声,桑选民.关于植物生态位数量化方法探讨.见:生态学研究进展.北京:科学技术出版社,1991,82~83
- 7 萧复兴,等.黄土高原残塬沟壑区提高农田降水利用率的技术体系与水分基础研究.华北农学报,1995(增刊):109~116
- 8 姚建民.黄土残塬沟壑区土地开发适宜性评价方法研究.自然资源学报,1994,9(2):185~192
- 9 任泽信,马志正.论山西的水资源与洪水.自然资源,1997(5):52~58

## A Test of Maize Covered with Water-Osmosis Plastic Membrane in Dryland in Southwestern Shanxi Province

Yao Jianmin Yin Haishan Shi Xinyu

(Institute of Agricultural Resources Comprehensive Survey, Shanxi  
Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030006)

**Abstract** In order to use the small rainfall resources, water-osmosis plastic membrane was exploited. This membrane has many functions that may make rain penetrate into soil, prevent water evaporation from top soil, increase soil temperature, modify the maximum temperature for soil, ventilate soil, and facilitate soil ventilation. The test of maize covered with water-permeability plastic membrane in dryland in Xixian county showed that: ① There was 38.3% increase in maize yield and 2 percent increase in soil water at soil depth of 0-100cm for the water-permeability plastic membrane than that of conventional membrane and 103% more increase in yield than no-cover. ④ There was similar soil temperature between the water-permeability membrane and normal membrane. ④ The rain efficiency reached 23.25kg·mm<sup>-1</sup>·ha for maize in 1997 for the water-permeability membrane. Finally, the prospects for increasing yields of different crops in dry and semi-arid land through using water-permeability membrane were pointed out.

**Key words:** Water-permeability plastic membrane; Tiny holes; Micron holes; Small rainfall; Maize; Dryland