

旱地小雨资源渗水地膜覆盖利用技术研究

姚建民, 殷海善, 杨瑞平  
(山西省农业科学院农业资源综合考察研究所, 太原 030006)

摘 要: 通过对我国半干旱地区小雨量降雨的动态特征、数量特征、时间特征和生产潜力的研究, 认为小雨资源有效化是旱地农业的重要增产途径, 利用渗水地膜进行的覆盖试验与示范证实了小雨量资源利用的显著增产效果。  
关键词: 旱地; 小雨资源; 渗水地膜  
中图分类号: S 273. 1, S 275. 3      文献标识码: A      文章编号: 1005-3409(2000) 04-0036-03

Study on Small Rain Utilization Technique by Water-permeability Plastic Film Covering

YAO Jian-min, YIN Hai-shan, YANG Rui-ping  
(Institute of Agricultural Resources of Shanxi Academy, Taiyuan 030006, PRC)

**Abstract:** At present, small rainfall resources cannot be effectively used in agricultural production. Investigated data showed that there was 100~150 mm and 70% frequency of small rainfall (10mm/d) in annual precipitation in semi-drought area in Shanxi province of China. According to the results calculated by grain production potentiality of rainfall, the maize yield of 7 500 kg/hm<sup>2</sup> would be possible in 246mm rainfall, thus the increase of 3 555 kg/hm<sup>2</sup> maize yield in 100mm annual small rainfall would also be possible. In order to exploit small rain resources, the water-permeability plastic film has been invented, and it has been used to field covering test in dry land for maize, cotton, wheat, tobacco, etc. The test results in 1997 in Xi County of Shanxi province showed that there was 38.3% increase in maize yield than conventional membrane and 103% increase than no-cover. Water permeability plastic film can improve rainfall penetration into soil vertically, modify maximum soil temperature, and ventilate soil, while it also can increase soil temperature and block evaporation.  
**Key words:** small rainfall; water-permeability plastic film; dry land

我国有 7 000 万 hm<sup>2</sup> 中低产田, 其中旱地在中低产田中占有绝对高的比例。我国干旱、半干旱地区主要集中在北方, 约占全国土地面积的 48%, 没有灌溉条件的旱地约占总耕地的 52%(丁永齐, 1992)。黄河流域的旱年频度在 40%~80% 之间, 其中在中下游为 71.4%~76.2%; 中上游为 60%~79%; 中游为 40%~60%; 上游为 30%~45%(吕昌河, 1998)。有关人士认为, 解决我国 21 世纪 16 亿人口食物安全的希望在中西部, 在“三北”(华北、东北、西北)地区。我国中西部及“三北”地区, 干旱缺水与水热组合不协调是影响农业单产低而不稳的主要因素。干旱地区的缺水和热量不足是当前条件下人类无法改变的客观事实, 应采取的旱地农业高产的重要技术战略是提高旱农地区现

\* 收稿日期: 2000-10-13  
国家“九五”科技攻关项目黄土高原水土流失区农业综合发展技术研究第 6 专题——晋西残塬区高产型农业综合发展研究(96-004-05-06)的内容。

有水、热资源利用率。据初步调查,旱农地区降水资源的利用率只有 20% ~ 40%,造成水分利用率低的重要原因是土壤表层蒸发比率高。

## 1 小雨量降水资源特征

小雨量降水,指每次或者每日降水< 10 mm 的降雨,是利用率低的降水,具有以下四方面的特征:

### 1. 1 动态特征

小雨(< 10 mm/ 次)入渗浅,只能停留在土壤表层,多以无效水的形式蒸发掉。

### 1. 2 数量特征

频率高、累计量大。在位于黄土高原残塬区的山西省隰县试验点 1992 ~ 1996 年连续 5 年降雨观测

资料的分析结果(表 1)表明:小于 10 mm/ 次的小雨发生频率占到 72%,年累计量达 100 ~ 150 mm。

### 1. 3 时间特征

对春播作物在雨季来临前生长发育的前期,小雨发生频率特别高。从隰县试验区干旱特别严重的 1997 年 1 ~ 9 月份降水分布情况(见表 2)可以看出:

表 1 山西省隰县试验点 1992 ~ 1996 年降水频数统计表					
日降水/ (mm · d <sup>-1</sup> )	总频数	总频率 / %	日降水/ (mm · d <sup>-1</sup> )	总频数	总频率 / %
0 ~ 3	134	43. 22	20 ~ 30	14	4. 51
3 ~ 5	32	10. 32	30 ~ 50	12	3. 87
5 ~ 10	54	17. 42	50 ~ 100	3	0. 96
10 ~ 15	33	10. 64	> 100	0. 64	
15 ~ 20	26	8. 38	合计	310mm	

表 2 隰县试验区 1997 年 1 ~ 9 月降水情况

降水日期	日降水/ mm	降水日期	日降水/ mm	降水日期	日降水/ mm	降水日期	日降水/mm
1-4	0. 3	3-18	1	5-9	3	7-28	3
1-8	1	3-22	0. 9	5-22	3. 6	7-29	10. 6
1-14	0. 7	4-2	11. 6	5-27	1. 2	7-31	11
1-22	0. 6	4-3	2. 8	6-16	3. 4	8-1	4. 5
2-3	2. 5	4-7	1	6-18	0. 2	8-16	10. 9
2-13	0. 4	4-12	0. 7	6-28	0. 3	8-14	3. 5
2-26	0	4-20	4	7-2	0. 7	8-15	1. 6
2-27	6. 6	4-21	1. 3	7-3	5. 5	9-11	35. 8
3-11	9. 3	4-22	1. 1	7-4	4. 9	9-12	3. 7
3-13	16. 6	4-23	3	7-17	18. 8	9-17	16. 6
3-14	0	5-6	9. 2	7-18	57. 7		
合计						275. 1	

日降水量小于 10 mm 的有 35 次,占总降水次数 43 次的 81. 2%;日降水量小于 10 mm 的雨量为 96. 5 mm,占到总降水量 275. 1 mm 的 35. 1%。对 1997 年元月到 7 月 16 日玉米生育前期降水分布情况可以看出:日降水量小于 10 mm 的有 29 次,占总降水次数 31 次的 93. 5%;日降水量小于 10 mm 的

雨量为 80. 2 mm,占到同期降水量 108. 4 mm 的 74. 0%。从作物苗期(4 ~ 6 月)、生长期(7 ~ 9 月)和其它时间对干旱型的 1997 ~ 1999 年三年降雨分析,在作物苗期(4 ~ 6 月)小雨的发生频率占到 78. 9%,雨量占同期降雨的 44. 8%,小雨的地位举足轻重,开发利用对抗旱意义重大。

表 3 隰县 1997 年 ~ 1999 年小雨频数和雨量统计表

年份	全年降水量/ mm	4 ~ 6 月		7 ~ 9 月		其余 6 个月	
		频数	雨量/ mm	频数	雨量/ mm	频数	雨量/ mm
1997	299. 8	16/ 17	36. 2/ 47. 8	9/ 16	35. 9/ 197. 3	16/ 17	38. 1/ 54. 7
1998	304. 1	9/ 13	51. 8/ 125	18/ 23	71. 5/ 147. 7	6/ 7	19. 6/ 31. 4
1999	288. 6	5/ 8	8. 6/ 42. 6	17/ 24	52. 4/ 209. 5	4/ 4	26/ 36. 5
平均	297. 5	78. 9%	32. 2/ 71. 8	69. 8%	53. 2/ 184. 8	92. 9%	27. 9/ 40. 9

注:“频数”栏“/”下是指定时间内的降雨总次数,上是同期小雨的次数;“雨量”栏“/”下是指定时间内的总降雨量,上是同期小雨的降雨量。

### 1. 4 小雨的水分生产潜力

按照蒸腾耗水效率每公顷生产 7 500 kg 玉米的蒸腾耗水为 246 mm(萧复兴, 1995) 计算,累计 100 mm 的小雨资源具有增产粮食 3 555 kg/ hm<sup>2</sup> 的潜力。小雨的利用成为旱地农业增产的一个新的突

破口。

## 2 小雨量降水资源利用技术分析

在我国北方水分利用率的提高必须与光温利用率的提高同步进行。北方旱农地区现有光热资源的

利用率低,其中,光能利用率仅为0.1%~0.2%(相对于年总辐射)(丁永齐,1992),热量资源利用率为40%~80%(相对于可种植时间),因此,提高旱农地区光热资源利用率的粮食增产潜力也大。目前,在SPAC系统的界面可控性研究方面缺乏应有的理论研究和必要的开发研究。其实年内总量为100~150 mm小雨量资源的深度开发,变土壤无效水为作物有效蒸腾水,将会使旱地的农作物产量大幅度提高。当前的多数旱作农业技术在小雨量降水资源开发利用方面效果不大。如秸秆覆盖技术,虽然保水效果好,但低温的负效应抵销了保水的正效应。如地膜覆盖技术,虽然增温效果好,但不能高效利用小雨量资源。一项好的农艺措施的选择结果应当是为农作物的正常生长创造出水肥气热相互协调的条件,且技术本身最好是能够物化的。

### 3 渗水地膜及其覆盖技术简介

为了提高天然降水利用率,瞄准小雨量资源的开发利用,研制出了具有渗水、集水、保水、增温、调温、微通气的渗水地膜(本发明的专利号为:98119892.9)。膜厚度为6 $\mu$ ,宽度为1400 mm。主要性能指标为:渗水地膜的渗水速率 $> 12 \text{ mm}/(\text{cm}^2 \cdot 5 \text{ cm} \cdot 23^\circ \text{C} \cdot \text{h} \cdot 101.3 \text{ kPa})$ ,通气性能为4~280  $\text{s}/(100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \cdot 20 \text{ g} \cdot 23^\circ \text{C})$ 。经过1996~1999年的试验示范,试验表明渗水地膜覆盖比普通地膜覆盖以及其他覆盖技术在农作物的长势上和最终的产量上具有十分明显的优势,从而证实渗水地膜覆盖在开发小雨资源增加旱地农作物产量的突出作用。

### 4 渗水地膜覆盖试验示范结果

#### 4.1 1997年小区试验与大田示范

1997年山西省境内异常干旱,1996年10月初至1997年底隰县试验点总降水量335.6 mm,其中4月18日至9月17日生育总降水量为219.7 mm,占到同期降水总量的26.3%。经小区试验,渗水地膜覆盖的玉米单产达到7792.5  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ,比普通地膜覆盖增产38.3%,比无覆盖增产103%。渗水地膜覆盖比普通地膜覆盖增产2175  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ;而普通地膜覆盖比无覆盖仅增产1875  $\text{kg}/\text{hm}^2$ 。在山西不同地区多个样点的5.3  $\text{hm}^2$ 试验示范田,渗水地膜覆盖比普通地膜覆盖平均增产玉米25%。如果说地膜

覆盖技术是农业增产的一次飞跃,那么渗水地膜覆盖技术就是地膜覆盖技术的一次飞跃。

#### 4.2 1998年试验与示范

1998年试验与示范面积已扩展到66.7  $\text{hm}^2$ ,示范区不但在山西省境内有着广泛的分布,而且已扩散到北京、河北、河南、陕西、甘肃等地。目前各试验示范点普遍反映良好。山西省科委组织农牧厅、山西农大、省农科院的专家于1998年6月15~17日对万荣县渗水地膜覆盖的旱地棉花和隰县渗水地膜覆盖的玉米等作物的试验与示范的生长状况进行了观摩,现场测定的棉花平均单株鲜重为405 g,对照为108 g,处理比对照增加了297%。玉米处理的平均株高为95 cm,对照为55 cm;茎粗为3 cm,对照为2 cm;单株鲜重处理为400 g,对照为100 g,增加了300%;叶片数处理为14叶1心,对照为9叶1心,叶面积指数为2.93,对照为1.05;根数处理为37条,对照为17条,增加20条。现场测定表明了渗水地膜覆盖比普通地膜覆盖在作物株高、茎粗、生物量和叶面积指数、生长发育速度等均表现出明显优势。

#### 4.3 渗水地膜推广应用

渗水地膜覆盖在山西省的隰县、五台县、汾阳市、寿阳县、武乡县、榆次市、清徐县、朔州市、忻州市、离石市等30多个县市推广应用,并推广到北京市、河北省、辽宁省、吉林省、陕西省、甘肃省和新疆等地,形成了多种覆盖栽培技术模式,到2000年累计推广应用面积达1.45万  $\text{hm}^2$ ,覆盖的农作物主要有玉米、棉花、西瓜、烟草、花生、蔬菜、马铃薯、小麦、谷子、大豆、中药材和苗木等,与普通地膜覆盖相比,粮食作物平均增产1500~2250  $\text{kg}/\text{hm}^2$

#### 4.4 渗水地膜覆盖对土壤水分与温度的影响

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良好的水分与温度条件。

(1)提高了土壤含水量:1997年在隰县试验点测得0~100 cm土层的含水量在玉米的整个生育期间均比普通地膜覆盖增加了2个百分点。<sup>①</sup> 渗水地膜覆盖的0~100 cm土层的含水量在玉米的整个生育期间均比普通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在减小;④在玉

(下转第42页)

柱,其耕地利用方式粗放,对农业资源可持续利用和可持续发展的影响必然更大。按照这一思路和耕地利用方式评估结果确定的晋西残塬沟壑区耕地利用

方式转变的区域重点是:永和、大宁、汾西、蒲县、乡宁和隰县。

参考文献

1 山西省农业普查办公室编.中国第一次农业普查山西省资料汇编[M].北京:中国统计出版社,1998

2 蔡世忠.农业增长方式评价方法及河南农业增长方式评价[J].农业技术经济,1997,(6)

3 徐保根,景伟,雷锦霞,等.山西农业资源利用方式与可持续发展问题研究[C].山西农业普查课题研究专辑,北京:中国农业统计出版社,2000

(上接第 38 页)

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(见表 4)。

表 4 隰县试验点渗水地膜覆盖比普通地膜覆盖土壤含水量增量

深度/cm	4- 21	5- 9	6- 23	7- 9	7- 23	8- 22	9- 21
10	2.7	7	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

(2)调节了地温 1997 年 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 cm、10 cm、15 cm、20 cm 和 25 cm 以及膜下地表极端最高温度的观测,结果表明:当气温在 35 以下时,渗水地膜与普通微膜具有相同的保温效果或略低 0~2 ;当气温接近或大于 35 时,渗水地膜覆盖的土壤温度明显低于普通地膜覆盖的土壤温度。渗水地膜的调温特性无疑对作物生长发育更有利。

## 5 利用渗水地膜开发小雨量水资源对国民经济的作用

目前渗水地膜的开发在生产工艺完善、系列产

品的定型以及降低生产成本等方面做更细致的工作,在不同生态区不同作物的适宜栽培模式及多用途开发方式等许多方面上还需要做大量的研究工作。

渗水地膜覆盖技术效益高,生产风险小,可充分利用年累计量在 100 mm 以上的小雨资源,比普通地膜单位面积增产粮食可达 1 500 kg/hm<sup>2</sup> 以上,比无覆盖增产 3 000 kg/hm<sup>2</sup> 以上,所以在广大的年降水量 300~600 mm 的干旱与半干旱地区推广旱地渗水地膜覆盖栽培技术,带来的增产潜力是巨大的,以此计算,推广 7 000 万 hm<sup>2</sup> 旱地的粮食增产可达 2 亿 t,仅此项技术的增产潜力,就可基本弥补我国未来的食物缺口,可大大缓解我国面临的人地矛盾,有利于实施 21 世纪的农业持续发展战略。

渗水地膜作为一项物化的旱地农业增产新技术,可有效地开发利用天然降水资源,对西部农业开发意义重大。

参考文献

1 姚建民.渗水地膜研制及其应用[J].作物学报,2000,26(2):185~189

2 康绍忠,刘晓明,熊运章.土壤-植物-大气连续体水分传输理论及其应用[M],北京:水利电力出版社,1994

3 丁永齐,等.山西旱地农业[M].太原:山西科学技术出版社.1992

4 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[J].华北农学报,1995,10(增刊):109~116

5 任泽信,马志正.论山西的水资源与洪水[J].自然资源,1997,19(5):52~58