

# 渭北旱塬膜上灌灌水技术试验研究

张光辉

朱立选

(中国科学院水土保持研究所 陕西杨陵 712100) (咸阳师范专科学校)

**摘要** 膜上灌是起源于我国新疆的节水灌溉新技术,因水在膜上流动,流动速度快,减小了水分深层渗漏,同时水流由渗水孔和放苗孔渗入土壤和作物根系周围,因而提高了灌水均匀度和灌溉水的利用效率,具有很大的节水潜力。着重从水流运动特性、渗水孔面积、膜畦长度、生长和产量状况、水分利用等方面介绍了膜上灌技术在渭北旱塬研究的初步结论。

**关键词** 渭北旱塬 膜上灌 灌水技术

## Study on Irrigating Technique of Film Hole Irrigation in Weibei Dry Plateau

Zhang Guanghui

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences  
and Ministry of Water Resources Yangling Shaanxi 712100)

Zhu Lixuan

(Xianyang Normal School)

**Abstract** Film hole irrigation which produces in Xinjiang is one new water saving irrigation method. Because of water flowing on film and infiltration into the soil through the hole and distributing around the roots of crop, this method decreases the water deep loss and increases the irrigation regularity and utilization efficiency, and has very high potentiality of water saving. The research results of film hole irrigation in Weibei dry plateau are introduced through the property of water movement, area of infiltrating hole, length of film, growth and yield, water utilization.

**Key words** Weibei dry plateau film hole irrigation irrigation technique

干旱缺水是当前世界各国面临的极其严峻的环境问题,处于干旱和半干旱地区的中国更是如此,解决问题的根本途径是节约用水和发展各种节水措施,其中节水灌溉、节水农业是十分重要的技术手段。近年来尽管喷灌、滴灌、渗灌、微喷灌等节水灌溉技术蓬勃发展,但地面灌溉仍占

主导地位,截止目前我国 98% 的灌溉面积仍是地面灌溉,因而研究地面灌溉的灌溉制度、配水方式、灌水技术、节水机理及技术途径,具有重大的现实意义。

膜上灌或膜孔灌(Film-Hole-Irrigation)是 80 年代产生于我国新疆的一种新型节水灌溉形式,它是由地膜栽培技术发展而来,将地膜栽培的垄上覆膜改为垄间覆膜,灌水时水由膜上推进,提高了水流运动速率,水体由放苗孔和渗水孔渗入土壤和作物根部<sup>[1]</sup>。由于水流运动快,减少了灌水地块首部水分深层渗漏,提高了灌水均匀度,同时水体多分布于作物根部和耕层,缩短了水分供给作物的距离,所以提高了水分利用效率<sup>[2]</sup>,具有很大的节水潜力,值得大力发展。

经过 10 多年的发展,膜上灌技术日趋成熟,在新疆得到了广泛推广,取得了显著的效益。然而随着干旱程度的加剧,对膜上灌水技术提出了新的技术要求,集中体现于如何进一步提高灌水质量即灌水均匀度,而其中的关键是确定合理的渗水孔孔径及其排列以及如何保持过水断面在整个生育期的平衡稳定<sup>[3]</sup>。

## 1 试验材料与方法

试验布设于陕西富平华朱乡东新村,位于县北王寮塬的西南端,南临石川河谷,地形由西北向东南微倾。年均气温 13.1℃,年均降雨量 527.2 mm。自然成土过程主要为钙化过程、粘化过程和有机质积累过程。土壤为黄绵土。光热资源丰富,自然资源潜力较大。

1997 年在陕西富平东新布设了大田玉米入膜流量、渗水孔面积、膜畦长度三因子五水平正交旋转试验,渗水孔面积: 12.6, 26.9, 45.5, 65.2, 78.5 cm<sup>2</sup>,膜畦长度: 10, 18, 30, 38, 50 m,入膜流量: 0.3, 1.3, 2.5, 3.2, 5.0 × 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s。共布设 23 个膜上灌试验小区,小区宽 1.4 m,畦灌对照小区 1 个,采用平铺打埂膜上灌。玉米播种于 6 月 5 日,9 月 21 日收获,品种为户单 4 号。播前、各月、灌水前后及收获后分别在小区首、中、尾部各打一钻,钻深 1 m,每隔 10 cm 取一个土样。灌水时在 5, 10, 20, 30 m 处观测水流流经该处的时间和水流断面。玉米生长过程中,调查了营养生长状况,收获后对其进行了严格的测产,同时对乙绣乳悬液维持膜沟断面稳定的效果作了观测。对膜上灌和畦灌小区分别于 6 月 13 日和 8 月 13 日灌水两次,灌水定额分别为 556 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> 和 518 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,生育期降雨量为 193.1 mm。

## 2 试验结果

### 2.1 膜上灌水流特性

膜上灌水流特性受入膜流量、地面比降、地面平整状况、膜畦长度、渗水孔面积、数目及其排列方式等多种因子的影响,而水流特性又对灌水质量有很大的影响,尤其对水分的深层渗漏和灌水均匀度更是如此。

对试验进行分析后发现,膜上灌其水流行进距离与灌水时间间呈以下关系:

$$X = 5.876 t^{0.496} \quad r = 0.946 \quad n = 54 \quad (1)$$

式中:  $X$  —— 行进距离(m);  $t$  —— 行进  $X$  距离处所需的时间(min)。

由(1)式可以看出随着灌水时间的增加,水流推进距离呈幂函数递增关系,如果考虑渗水孔面积对水流行进距离的影响,则水流行进方程变为:

$$X = 1.549 + 1.962 t - 0.037 t^2 - 0.052 s \quad r = 0.843 \quad n = 54 \quad (2)$$

式中:  $s$  —— 渗水孔面积(cm<sup>2</sup>),同一渗水孔条件下(45.5 cm<sup>2</sup>)水流行进方程为:

$$X = 6.307 t^{0.476} \quad r = 0.956 \quad n = 22 \quad (3)$$

当入膜流量为  $1.3 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ , 渗水孔面积大于  $45.5 \text{ cm}^2$  灌水时就会发生漂膜现象, 尤其在幼苗时更是如此。如渗水孔面积太小, 当作物茎秆较粗时会引起灌水的不足, 要提高灌溉水的利用效率则要增加渗水孔面积, 同时放苗孔孔径又受作物茎秆的影响, 因而放苗孔和渗水孔的孔径不宜太小, 经分析后认为提高灌溉水的利用效益, 放苗孔和渗水孔的适宜孔面积应在  $12.6 \sim 45.5 \text{ cm}^2$ 。因膜上灌灌水质量受多因素影响, 有时需适当的调整渗水孔的面积, 如入膜流量较大、地面比降较大、地面平整良好, 则需适当的减小渗水孔的面积。

2.2 灌溉均匀度

灌溉均匀度是评价灌水质量的重要指标, 提高灌溉均匀度是提高节水效益的主要途径。膜上灌的灌溉均匀度可定义为:

$$E_d = 100(1 - x/z)$$

(4)

式中:  $E_d$  ——灌水均匀度(%);  $x$  ——沿膜长方向各点入渗累积量与平均入渗累积量差的绝对值的平均值( $\text{m}^3/\text{m}$ );  $z$  ——平均入渗累积量( $\text{m}^3/\text{m}$ )。

与一般畦灌相比膜上灌可以极大的提高灌水均匀度, 从表 1 可以看出, 膜上灌玉米的灌水均匀度全在 84.4% 以上, 最高者可达 96.2%, 而畦灌小区的灌水均匀度仅为 68.7%, 平均增加 26.9%。由于灌水均匀度受多种因素的影响, 特别是地面比降和地面的平整状况, 从试验结果中除去偏差较大的点, 经分析后发展灌水均匀度与膜畦长度和渗水孔面积的乘积呈如下关系:

$$E_d = \exp(4.6206 - 5.5344 \times 10^{-5}SL) \quad r = -0.9006 \quad n = 15$$

(5)

式中:  $E_d$  ——灌水均匀度(%);  $S$  ——渗水孔面积( $\text{cm}^2$ );  $L$  ——膜畦长度(m)。

上式表明随着渗水孔和膜畦长度乘积的增大, 灌水均匀度呈指数下降。

灌水均匀度与渗水孔面积和膜畦长度间分别呈:

$$E_d = 97.6850 - 0.0014S^2 \quad r = 0.6827 \quad n = 15$$

(6)

表 1 灌水均匀度试验结果

区号	膜畦长度/m	渗水孔面积/ $\text{cm}^2$	灌水均匀度/%
1	38	65.2	91.2
2	38	65.2	89.8
3	38	26.9	93.6
4	38	26.9	90.6
5	18	65.2	95.7
6	18	65.2	95.4
7	18	26.9	87.1
8	18	26.9	91.8
9	50	45.5	86.3
10	10	45.5	91.5
11	30	78.5	88.5
12	30	12.6	96.2
13	30	45.5	96.3
14	30	45.5	94.3
15	30	45.5	97.3
16	30	45.5	90.6
17	20	45.5	93.3
18	30	45.5	84.4
19	30	45.5	95.0
20	30	45.5	85.6
21	30	45.5	85.1
22	30	45.5	94.9
23	30	45.5	89.4
畦灌	20		68.7

$$E_d = 97.5993 - 0.001L^3$$

(7)

$$r = 0.7833 \quad n = 15$$

(7)

如上式所示, 灌水均匀度随渗水孔面积平方和膜畦长度立方的增加而减小, 因而为保证灌水均匀度, 提高灌水质量, 必须适当减小渗水孔面积, 缩短膜畦长度, 经综合分析后认为在一般情况下, 膜上灌渗水孔面积应在  $12.6 \sim 45.5 \text{ cm}^2$  之间, 而膜畦长度以不大于 40 m 为宜。

2.3 膜上灌玉米的营养生长及其产量

1997 年陕西富平遭受 37 年一遇的特大干旱, 生育期降雨量仅为 191.1 mm, 在如此干旱的情况下, 分别于 6 月 13 日和 8 月 13 日灌水两次, 灌水定额分别为  $536 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  和  $518 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ , 畦灌小区分别为  $654 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  和  $503 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。对膜上灌玉米而言, 基本满足生长需要, 平均产量为  $5250 \text{ kg}/\text{hm}^2$ , 单位水的生产率可达  $1.5 \text{ kg}/\text{m}^3$  以上, 而畦灌小区则因水分不足产量很低, 产量仅为  $4125 \text{ kg}/\text{hm}^2$ , 而一般大田玉米灌水 4~5 次, 平均产量  $4500 \text{ kg}/\text{hm}^2$

左右,平均增产 17%,节水效益 50% ~ 60%,节水效益极其显著,充分显示了膜上灌节水增产的巨大潜力。在极其干旱、灌水量基本相同的条件下,膜上灌玉米的营养生长明显优于一般畦灌,株高、叶长、叶宽、茎粗、穗长和穗行数分别比畦灌玉米增加 18. 9%、16. 9%、26. 9%、2. 6%、16. 8%和 13. 4%,收获期可提前 7 ~ 10 d。

表 2 膜上灌玉米生长状况

区号	株高/cm	叶长/cm	叶宽/cm	茎粗/cm	穗长/cm	穗行数
1	153	55	9. 0	5. 0	18	13. 5
2	157	63	11. 0	5. 6	21	15. 4
3	156	57	11. 0	5. 6	17	13. 8
4	143	55	9. 0	5. 0	16	13. 4
5	165	61	11. 0	5. 7	18	14. 0
6	168	60	10. 0	6. 1	18	13. 8
7	175	57	11. 5	5. 5	19	13. 9
8	174	59	9. 7	6. 4	18	14. 6
9	190	58	9. 6	6. 3	20	13. 4
10	155	54	9. 1	6. 1	18	14. 2
11	151	54	8. 9	5. 9	16	13. 0
12	174	64	11. 0	5. 6	18	14. 6
13	165	62	10. 0	5. 6	18	14. 0
14	185	61	10. 0	6. 4	20	14. 4
15	186	58	9. 6	6. 0	19	13. 8
16	162	60	11. 0	5. 5	18	14. 0
17	172	57	9. 5	6. 0	19	13. 6
18	178	64	11. 0	5. 4	20	14. 0
19	174	60	9. 6	6. 1	20	13. 8
20	181	63	12. 0	5. 6	20	14. 0
21	187	59	10. 9	6. 4	19	14. 1
22	177	62	11. 0	5. 7	19	14. 0
23	186	66	11. 0	7. 0	20	13. 6
24	143	51	8. 1	5. 7	16	12. 3

### 3 结论及讨论

膜上灌其水流行进距离与灌水时间之间呈幂函数关系,随着渗水孔面积的增大,水流行进度下降。因膜上灌技术可以降低地面糙率,加速水流运动速度,从而提高灌水均匀度,可比普通畦灌提高 26. 9%。但因灌水均匀度随渗水孔面积的增加和膜畦的延长而减小,为进一步提高灌水质量,需适当控制渗水孔面积和膜畦长度,渗水孔面积应在 12. 6 ~ 45. 5 cm<sup>2</sup> 之间,而膜畦长度以不大于 40 m 为宜。在干旱条件下膜上灌技术显示了巨大的节水潜力,节水效益在 50% ~ 60% 之间,玉米生长和产量明显优于一般畦灌,与一般大田玉米相比增产率可达 17%,同时可缩短生育期一周以上,值得大力推广应用。

#### 参考文献

1 樊晏清. 膜上灌水技术节水、增产的原因和效益分析. 新疆水利, 1995(5)  
2 徐首先. 膜上灌技术, 农业节水技术. 水利水电出版社, 1991  
3 门旗, 米孟恩等. 膜孔灌溉评价方法的研究. 灌溉排水, 1996(1)