

垄膜覆盖膜孔沟灌技术要素试验研究

李援农^{1,2}, 张晓鹏¹, 费良军¹, 李方红¹

(1. 西安理工大学水资源研究所, 陕西 西安 710003; 2. 西北农林科技大学水利与建筑工程学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 膜孔灌溉技术是一种集农业节水与灌溉节水于一体的节水灌溉技术, 但该灌水技术的技术要素研究还不甚完善。根据目前该技术应用情况, 选择了开孔直径、开孔率、单宽流量和地面坡度四因素、三水平, 采用正交试验设计方案, 得出了对于适宜垄膜覆盖的中等入渗强度区域较为合理的技术要素组合为: 孔径 5 cm, 开孔率为 3%, 单宽流量为 3 L/(s·m) 和地面坡度为 2‰。

关键词: 垄膜覆盖; 膜孔灌水; 技术要素

中图分类号: S275.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)04-0033-03

膜孔灌溉是在地膜覆盖栽培技术基础上发展起来的一种新的灌水方法, 是一种新型的节水灌溉技术, 它是将地膜平铺在畦中, 畦田全部被地膜覆盖, 从而实现利用地膜输水, 并通过作物的出苗孔、专门灌水孔入渗来进行灌溉的灌水方法^[1]。由于灌水效果的好坏直接影响到作物产量的高低, 进而影响到人们对膜孔灌溉的正确认识与推广, 针对膜孔灌溉理论与技术要素的研究对推动膜孔灌溉这项新技术的健康发展有重要作用^[2]。

地膜覆盖膜孔灌溉技术在我国的应用主要包括平膜覆盖膜孔灌水技术、垄膜覆盖膜孔灌水技术、垄膜覆盖膜缝膜孔灌水技术等。目前, 平膜覆盖膜孔灌水技术主要应用于强透水性、地形相对较为平坦区域的中等行距和株距的作物, 如宁夏、内蒙和甘肃等地区普遍应用于春玉米及部分瓜类作物种植区。由于该技术应用既不同于一般的畦灌技术, 也不同于一般的膜孔灌水技术, 该技术通常直接借用铺设于畦田内的地膜作为田间灌溉水流推进的介质, 田间灌水通过专用孔及放苗孔将灌溉水流分配至灌溉区域。而垄膜覆盖膜孔灌水技术应用范围相对较广, 该方法主要适宜于中等以下透水强度的土壤和中等行宽的行播作物, 因此, 在陕西、山西、河北、河南和保护地内得到了普遍应用, 但是, 该技术在应用过程中还存在一定问题, 如灌水技术要素的合理组合将直接影响田间灌水均匀度和灌水质量。

本研究对垄膜覆盖膜孔沟灌灌水技术要素进行了试验研究, 为该技术在田间的应用提供理论依据和技术指导。

1 试验设计

试验于 2004 年 5 月至 2005 年 10 月在甘肃省武威市水利技术试验中心试验田完成。田间耕作层土壤为沙壤土, 土壤剖面 0.8~1.0 m 深度处有一层粘性隔水层。

影响膜孔沟灌技术灌水效果的因子较多, 通常包括单宽流量、开孔尺寸、开孔率、地面坡度、膜孔直径、地面糙率、改水成数和放水时间等。根据当地土壤情况及作物种植情况等, 选择了膜孔大小、开孔率、入膜单宽流量和地面坡度四因素为试验因素, 采用四因素三水平正交表设计试验方案^[3], 试验设计正交表见表 1, 因素及水平为膜孔大小 A(直径 3、5、7 cm)、开孔率 B(3%、4%、5%)、入膜单宽流量 C(3, 5, 7 L/s)、地面坡度 D(2‰, 3‰, 4‰)。

2 结果与分析

2.1 技术要素对水流推进的影响

通过对试验数据的极差^[4]分析可知: 在第一次放水过程中, 单宽流量对水流推进流速的影响较大, 其次分别为: 开孔率、膜孔直径、地面坡度; 第二次放水过程中, 开孔率对水流推进的影响较大, 其次分别为地面坡度、单宽流量和膜孔直径。结合图 1、图 2 分析知, 膜孔直径和开孔率增大时, 累积入渗量增大, 降低了水流推进速率, 推进相同的距离所需的时间延长; 随单宽流量和坡度增大, 水流流速增大, 推进所需的时间逐渐减小。从图 1 和图 2 可以看出, 要取得较好的灌溉效果, 较为稳定的变化区间为合理技术要素首选, 对水流推进而言, 孔径 3cm、5cm,

收稿日期: 2005-12-13

基金项目: 国家自然科学基金项目 5059064; 国家“十五”节水农业重大专项(2002AA2Z4041)

作者简介: 李援农(1962—), 男, 陕西大荔县人, 博士, 教授, 主要从事节水灌溉技术研究。

而开孔率为 2%~3%，单宽流量为 3~5 L/(s·m)和地面坡度在 2‰~3‰的组合较为合理，水流推进变

化相对稳定，更有利于提高灌水均匀度。

表 1 膜孔灌溉技术要素试验设计正交表

Table 1 Orthogonal experiment $L_9(3^4)$ of irrigation variables in film-hole irrigation

要素 Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1(A)膜孔直径(cm) Film hole diameter	1(A ₁)	1(A ₁)	1(A ₁)	2(A ₂)	2(A ₂)	2(A ₂)	3(A ₃)	3(A ₃)	3(A ₃)
2(B)开孔率(%) Film hole rate	1(B ₁)	2(B ₂)	3(B ₃)	1(B ₁)	2(B ₂)	3(B ₃)	1(B ₁)	2(B ₂)	3(B ₃)
3(C)单宽流量(L/(m·s)) Flux per unit width	1(C ₁)	2(C ₂)	3(C ₃)	2(C ₂)	3(C ₃)	1(C ₁)	3(C ₃)	1(C ₁)	2(C ₂)
4(D)地面坡度(‰) Ground slope	1(D ₁)	2(D ₂)	3(D ₃)	3(D ₃)	1(D ₁)	2(D ₂)	2(D ₂)	3(D ₃)	1(D ₁)
5(处理组合) Treatment combination	A ₁ B ₁ C ₁ D ₁	A ₁ B ₂ C ₂ D ₂	A ₁ B ₃ C ₃ D ₃	A ₂ B ₁ C ₂ D ₃	A ₂ B ₂ C ₃ D ₁	A ₂ B ₃ C ₁ D ₂	A ₃ B ₁ C ₃ D ₂	A ₃ B ₂ C ₁ D ₃	A ₃ B ₃ C ₂ D ₁

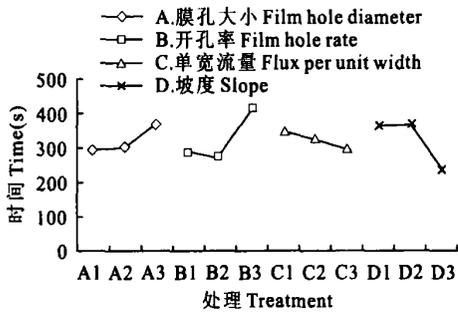


图 1 技术要素对第一次水流推进的影响

Fig. 1 Influence of irrigation variables on the performance of first water advance

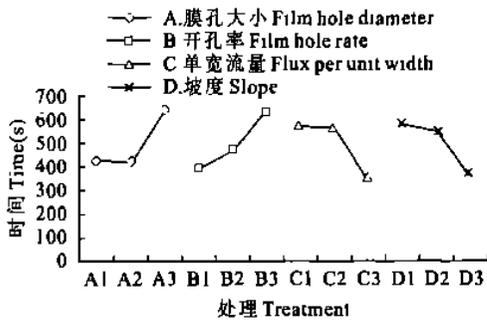


图 2 技术要素对第二次水流推进的影响

Fig. 2 Influence of irrigation variables on the performance of second water advance

2.2 技术要素对水流消退的影响

第一次水流消退过程中，地面坡度对水流消退流速的影响较大，其次分别为开孔率和单宽流量。而在第二次水流消退时，地面坡度是影响水流消退时间的主要因素，其次分别为单宽流量、开孔率和膜孔直径。结合图 3、图 4 分析知：随膜孔直径和开孔率的增大，入畦水量增加，增加了入渗量，使水流消退所需的时间逐渐延长；第一次水流消退过程中，随单宽流量的增大，水流消退所需的时间先减小后增

大。原因是单宽流量为 3 L/(s·m)时，流速较小影响水流推进速率，使入渗量增大，因而使水流消退所需时间延长；当单宽流量为 7 L/(s·m)时，水流流速较大，使水流在整个沟底的入渗水量减少，沟尾有积水，所以使水流消退所需时间延长。坡度对两次水流消退的影响是一致的，即随坡度的增大，消退时间先增大后减小。坡度与水流推进速率成正比关系，与入渗率成反比关系。

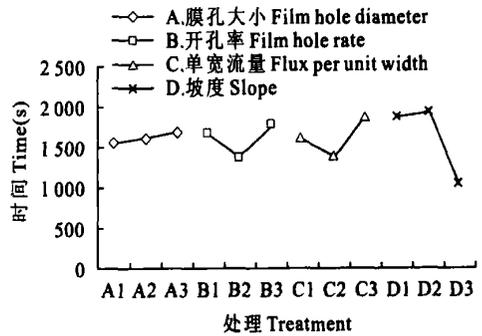


图 3 技术要素对第一次水流消退的影响

Fig. 3 Influence of irrigation variables on the performance of first water fadeaway

2.3 技术要素对灌水评价指标的影响

对地面灌溉系统进行田间评价，可以确定影响地面灌溉效果的因素，为改进地面灌溉系统性能提供科学依据。

2.3.1 技术要素对灌水效率的影响 结合试验分析知：在 4 个因素中，地面坡度对灌溉效率的影响最大，其次分别为开孔率、膜孔直径和单宽流量，见图 5 所示。

2.3.2 技术要素对灌水均匀度的影响 灌水均匀度即田间灌水的均匀程度，通常用(1)式计算得出。

$$C_U = (1 - \frac{\Delta Z}{Z_d}) \times 100\% \quad (1)$$

式中: C_U 为田间灌水均匀度($\%$); ΔZ 为灌水后各个观测点实际入渗水量与平均入渗水量离差绝对值的平均值(mm 或 m^3); Z_d 为灌水后田间土壤平均入渗水量(mm 或 m^3)。

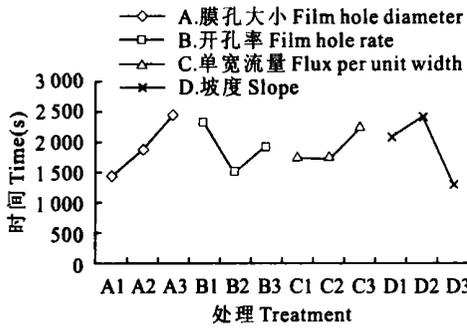


图 4 技术要素对第二次水流消退的影响

Fig. 4 Influence of irrigation variables on the performance of second water fadeaway

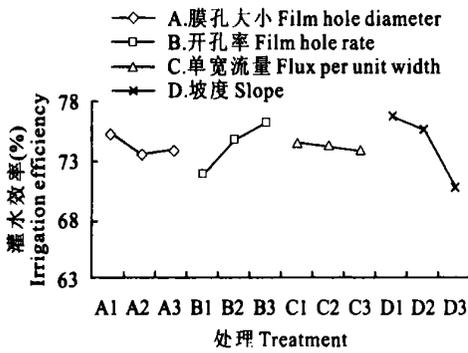


图 5 技术要素对灌溉效率的影响

Fig. 5 Influence of irrigation variables on irrigation efficiency

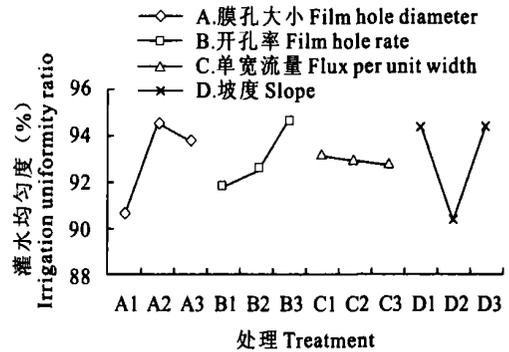


图 6 技术要素对灌水均匀度的影响

Fig. 6 Influence of irrigation variables on irrigation uniformity ratio

3 结论

在垄沟覆膜灌水技术的影响因素中,地面坡度对灌水均匀度的影响最大,其次为膜孔直径、单宽流量和开孔率。对于适宜垄膜覆盖的中等入渗强度区域,较为合理的技术要素组合为:膜孔直径 5 cm,开孔率为 3%,单宽流量为 3 L/(s·m)和地面坡度为 2%。

参考文献:

[1] 费良军, 吴军虎. 充分供水条件下膜孔入渗的 Philip 模型[J]. 灌溉排水学报, 2003, (8): 18-21.
 [2] 徐首先. 节水高产优质高效的节水技术—膜孔灌[J]. 灌溉排水, 1997, 16(3): 62-63.

[3] 赵仁疆, 余松烈. 田间试验方法[M]. 北京: 农业出版社, 1984. 447.
 [4] 杨中平, 郭晓莉. 试验优化技术[M]. 杨凌: 西北农业大学出版社, 1999. 56-57.
 [5] 吕宏兴, 裴国霞, 杨玲霞. 水力学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
 [6] Shu-Tung Chu. Green²Ampt analysis of wetting patterns for surface emitters[J]. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 1994, 120: 414-421.
 [7] 费良军, 李发文. 膜孔灌单向交汇入渗数学模型研究[J]. 农业工程学报, 2003, 5, 19(3): 68-71.
 [8] 吴军虎, 费良军, 王文焰. 膜孔灌溉技术要素试验研究[J]. 灌溉排水, 2000, 19 (3): 47-49.
 [9] 范惠芳. 由水流推进和消退资料推求冬小麦膜缝畦灌的最佳技术参数[J]. 陕西农业科学, 2003, (1): 3-5, 65.

(英文摘要下转第 186 页)

- 442.
- [9] 白虎志, 谢金南, 王宝灵, 等. 1997 年甘肃省特大干旱事件的诊断研究[J]. 高原气象, 1999, 18(1): 55-62.
- [10] 王宝灵. 中国西北地区 6 月降水量最近 30 年明显递增[J]. 气象, 1997, 23(6): 37-39.
- [11] 李邦宪. 动态系统预测的多层递阶方法[M]. 北京: 气象出版社, 1996. 155.
- [12] 卢华友, 郭元裕. 利用多层递阶回归分析制定水库优化调度函数的研究[J]. 水利学报, 1998, (12): 96-98.

The character of index of arid dog days and multilayer hierarchical method for predetermination in Gansu Province

YANG Xiao-hua¹, BAI Hu-zhi², ZHOU Zhi-peng³

(1. Pinliang municipal meteorological Bureau, Pinliang, Gansu 744000, China;

2. Lanzhou central meteorological Observatory, Lanzhou, Gansu 730020, China;

3. Huating meteorological Station, Huating, Gansu 744100, China)

Abstract: We calculated the Demadong arid index according to the data which got from 58 meteorological agencies and stations in Gansu Province, P.R.C. from 1961 to 2000 and also carried out EOF analysis. The results indicated as follow: The spatial distribution of arid dog days index and distribution of amount precipitation were very similar. The arid dog days had three kinds of main spatial distribution forms and 7 climatic zones. The breakout frequency of arid dog days was difference among the zones. The highest was in Tianshui area and the lowest was located at the west part of centre in Gansu Province. We got conclusions from aforesaid and determined the representative regional station, investigated forecast factors which had higher related coefficient absolute value and progressed forecast experiment by means of multiplayer hierarchical and gained some forecast results which were much better than usual methods.

Keywords: index of arid dog days (or draught index); EOF analysis; multiplayer hierarchical; Gansu province

(上接第 35 页)

Study on technical variables in film hole furrow irrigation with plastic-covered ridge

LI Yuan-nong^{1,2}, ZHANG Xiao-peng¹, FEI Liang-jun¹, LI Fang-hong¹

(1. Institute of Water Resource, Xi'an University of Science and Engineering Technology, Xi'an, 710048, China;

2. College of Water Conservancy and Architecture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Irrigation on film hole is a water saving method in both agronomic and irrigating aspects, but it is still imperfect in the technical factors. Based on the technique applying actuality, the orthogonal test project with four factors (including film hole diameter, film hole rate, flux per unit width and ground slope) and three levels was conducted. The results indicated that the optimal technical combination for the moderate infiltration soil area being suitable to film mulch on ridges was: hole diameter 5cm, film hole rate 3%, flux per unit width 3 L/(s·m) and ground slope 2%.

Keywords: film mulch on ridge; film hole irrigation; technical factor