

膜孔沟灌条件下春玉米水分利用效率研究

李援农^{1,2}, 李方红^{2,3}, 雷雁斌⁴, 费良军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;
3. 河北经济学院 河北 石家庄 050000; 4. 陕西省水利厅, 陕西 西安 710000)

摘 要: 结合膜孔灌溉技术的特点, 利用正交试验设计方法设计了实验方案, 利用田间试验资料, 分析研究了春玉米膜孔沟灌条件下水分利用效率及水分消耗规律, 并相应得出春玉米地膜覆盖条件下各个生育期的水分消耗系数, 为膜孔沟灌技术推广应用提供了理论和技术依据。

关键词: 膜孔沟灌; 水分利用效率; 水分消耗系数; 春玉米

中图分类号: S274.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)05-0084-04

膜孔灌是在地膜栽培基础上发展起来的一种行之有效的新的节水灌溉技术, 该技术最早在我国保护地生产及新疆部分大田作物栽培技术中被利用。最早的膜孔灌是在棉花作物上进行, 以后逐渐发展到玉米、瓜菜、甜菜、啤酒花、小麦、高粱、葡萄等作物^[1]。目前在我国中北部地区如新疆、甘肃、陕西、河北、河南等地已经推广应用。膜孔灌水技术, 不仅使作物产量能达到高产、稳产的效果, 还可节约灌溉用水。实践证明, 膜孔灌是一种较好的节水灌溉技术, 为干旱缺水地区开辟了一条节水、增产和提高作物品质的灌溉新途径。该技术具有投资少、效益高、简便易行等优点, 是符合我国国情、国情的一项先进的节水灌溉技术^[2]。本文研究春玉米膜孔灌耗水量与产量的关系, 以期为膜孔沟灌节水技术的推广提供理论基础。

1 田间试验基本情况

试验于 2004~2005 年在甘肃武威中心灌溉试验站进行。试验区位于北纬 37°31', 东经 102°32',

海拔高 1 581 m, 主要地形地貌为平原, 无霜期为 155 d, 年降水日数平均为 57 d, 4~10 月的降水量分别为 8.8、5.5、13.8、59.4、53.0、22.8 mm, 多年平均降雨量 180.9 mm, 年蒸发量 1 901.8 mm, $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的积温 3 550 $^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温 3 147.8 $^{\circ}\text{C}$ 。土壤质地为中壤土, 实际测定有机质含量为 0.884%, 全氮含量为 0.077%, 全磷(P_2O_5)含量为 0.142%, 全钾含量为 2.71%。

根据试验区主要旱作物调查的灌溉制度^[3], 灌水次数为 3~4 次, 将灌溉定额控制在 150~250 $\text{m}^3/666.7\text{m}^2$, 灌水定额控制在 30~60 $\text{m}^3/666.7\text{m}^2$, 结合武威地区自然情况, 灌水定额分别为 30、40、50、60 $\text{m}^3/666.7\text{m}^2$, 在各生育期内灌水, 根据降雨情况, 在降雨得以充分利用的同时, 不影响作物的正常生长, 灌水定额分配情况见表 1。处理 1~处理 3、处理 4~处理 6、处理 7~处理 9 为 3 个不同的灌水定额处理。本研究灌溉的技术要素包括 3 个方面, 即灌水膜孔直径, 开孔率和地面坡度。各处理对应膜孔灌水技术要素如表 2 所示。

表 1 膜孔沟灌田间灌水量分配表

Table 1 The distribution of water quantity of film hole furrow irrigation

灌水量 Irrigation water quantity	处理 Treatment									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	对照 CK
播种前灌水($\text{m}^3/666.7\text{m}^2$) Pre-seeding irrigation	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
灌水定额 Irrigation ration ($\text{m}^3/666.7\text{m}^2$)	50	50	50	40	40	40	30	30	30	50
	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	50	50	50	40	40	40	30	30	30	50
	50	50	50	50	50	50	50	50	50	60

收稿日期: 2006-04-25

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, 陕西大荔人, 博士, 教授, 主要从事节水灌溉技术研究。

玉米品种为金穗 2001, 播种时间为 2004 年 5 月 6~7 日, 株距为 23~27 cm, 行距为 45 cm, 密度为 6 000 株/666.7m², 并用农民自制的点种器播种, 在土中埋深约 4~5 cm。由于采用地膜覆盖, 播种后 4 d 开始出苗。为了保证出苗墒情一致, 播种后统一灌保墒水 30 m³/666.7m²。小区面积 27 m², 每处理重复 3 次。玉米生育期定时分层(0~100 cm, 分 5 层)用土钻每隔 10 d 取土 1 次, 并用烘干法测定土壤含水量, 计算土壤内部含量及变化; 根据不同生育阶段需水及当地丰产灌水经验, 将灌水量按照不同组合方式分为 9 种情况, 即 9 个试验方案, 结合灌溉总定额、次灌溉水量及灌水定额分配情况见表 1 所示。

表 2 灌水技术要素表									
Table 2 The irrigation technical factor combination									
处理 Treatment		1	2	3	4	5	6	7	8 9
技术要素 Technical factors	膜孔直径 Hole diameter of film (cm)	5	5	5	3	5	7	5	5 5
	开孔率(%) Hole rate	3	4	5	4	4	4	4	4 4
	坡度(‰) Slope	3	3	3	3	3	3	2	3 4

2 膜孔沟灌玉米各生育阶段需水量与阶段水分消耗系数

根据区域玉米生育期水量监测数据, 结合膜孔

灌溉的特点, 采用水量平衡方程计算耗水量^[3], 计算得出各个生育阶段水分消耗量占整个生育期总耗水量的百分数:

$$T_a = P + I + S_a$$

式中: T_a 为生育阶段消耗水量(mm); P 为降雨量(mm); I 为灌水量(mm); S_a 为根层土体储水变化值(mm)。

依据春玉米各个生育阶段灌溉及水量监测数据计算得出, 各生育期水分消耗系数计算结果见表 3。播种~拔节阶段, 持续时间 30~35 d, 由于苗期植株耗水量小, 塑料膜覆盖减小了地面的蒸发量, 该阶段水分消耗较小, 水分消耗系数介于 14%~19%; 拔节以后, 营养生长加快, 平均 2~3 d 就增加 1 片新叶, 植株蒸腾速率增加较快, 日需水强度快速增大, 虽然该阶段持续时间不超过 60 d, 但阶段耗水量较大, 处理间的水分消耗系数达到 23%左右; 抽雄~灌浆阶段, 是玉米形成产量的关键阶段, 在该阶段, 玉米株高和叶面积均达到最大, 同时处在一年中气温最高季节, 其需水强度和水分消耗系数都达到最大, 水分消耗系数达到 35%以上; 灌浆~成熟阶段, 气温降低, 叶片开始发黄, 蒸腾活力降低, 日需水强度逐渐减小, 水分消耗系数为 24%左右^[5, 6]。根据不同处理的消耗系数可以看出, 作物生长过程中对水分的需求不同, 因此, 灌溉制度拟定可参考表 3 对应设计各个生育阶段的灌溉水量。

表 3 春玉米生育阶段水分消耗系数									
Table 3 Water consumption coefficients of spring corn in different growth stages									
生育期 Growth stage	各处理 Treatment								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
出苗~拔节 Seeding-jointing	0.167	0.194	0.191	0.162	0.174	0.187	0.140	0.181	0.139
拔节~抽雄 Jointing-tasseling	0.228	0.263	0.229	0.225	0.229	0.247	0.209	0.229	0.198
抽雄~灌浆 Tasseling-filling	0.374	0.367	0.348	0.370	0.368	0.321	0.343	0.363	0.432
灌浆~成熟 Filling-maturing	0.232	0.241	0.232	0.243	0.228	0.291	0.309	0.306	0.246

3 膜孔沟灌耗水量与产量、灌水量与产量的关系

依据图 1 分析知, 作物的产量有诸多影响因子, 其中水分是主要因素。从图 1 中可以看到灌水量与耗水量有很好的相关性, 随灌水量的增加, 玉米耗水量也增加, 其根源是每次灌水或降雨后, 土壤的供水

状况的好转导致蒸发及蒸腾量的迅速增长, 使耗水量增加^[7]。但是耗水量增加的趋势比较缓, 结合玉米产量和灌水量的关系可知, 随灌溉定额的增加, 作物的产量也有明显的增加, 在灌溉定额的 3 个水平间, 不同组合增加相同的灌溉水量, 作物的产量增加的趋势是不同的, 由产量与灌水量的关系图中可以看出, 在 200 m³/666.7m² 的灌溉定额基础上增加

到 $220\text{ m}^3/666.7\text{ m}^2$ 时,曲线较陡,而当灌溉定额从 $220\text{ m}^3/666.7\text{ m}^2$ 再增加到 $240\text{ m}^3/666.7\text{ m}^2$ 时,曲线的趋势变缓,说明在灌水量达到一定的程度后,增加灌水量产量将会减少,这时灌水量与作物产量间的关系符合一元二次抛物线形式。由此不难说明,作物生育期内需水虽然在一定范围内会随着灌溉定额的增加而产量增加,但是从效益上讲,当灌溉定额从 $220\text{ m}^3/666.7\text{ m}^2$ 继续增加,将会造成灌溉水分利用效率下降的情况。

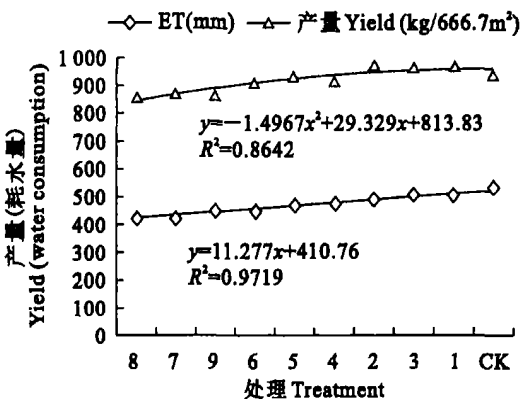


图 1 耗水量与产量关系图

Fig. 1 The relationship between water consumption and yield of corn

作物产量与需水量之间的函数关系被称为作物水分生产函数。需水量一般用 3 种指标代表:灌水量、田间总供水量(灌水量+有效降雨量+土壤储水

量+地下水补给量)、实际蒸发蒸腾量。在该试验中用田间总供水量描述^[5]。结合田间实测数据,计算出 9 种处理下水分生产率在 $1.78\text{ kg/m}^3\sim2.04\text{ kg/m}^3$,由于该试验在 9 个技术要素组合的基础上,对 3 个水平灌溉定额进行分组试验,即处理 1~处理 3、处理 4~处理 6、处理 7~处理 9 为 3 个不同的灌水定额处理。

图 2 和图 3 为试验水分利用效率结果试验图。图中各个处理与表 1 和表 2 中处理对应。通过极差法分析^[8],由图 2、图 3 知:不同技术要素组合间水分利用效率和灌溉水利用效率不同,坡度对水分利用效率的影响最大,其次分别为膜孔大小和开孔率;而对灌溉水的利用效率分析中,孔径对其影响最大,其次分别为坡度和开孔率。但技术要素对水分利用效率和灌溉水利用效率的影响趋势基本是一致的,即在技术要素的三个水平下,随膜孔径的增大,水分利用效率和灌溉水利用效率均增大;随开孔率的增大,水分利用效率和灌溉水利用效率均先增大后减小;而坡度对灌溉水利用效率的影响是递减趋势,而对水分利用效率的影响是先增大后减小,由于覆膜减小了田面阻力,在有效降雨期^[9],坡面陡更易积水,随坡度的增大,汇集在沟面的雨水会顺坡向沟尾流走,从而影响水分利用效率。由此不难得出,当灌水技术要素所形成结果不利于提高灌水均匀度时,必将降低灌溉水的利用效率。

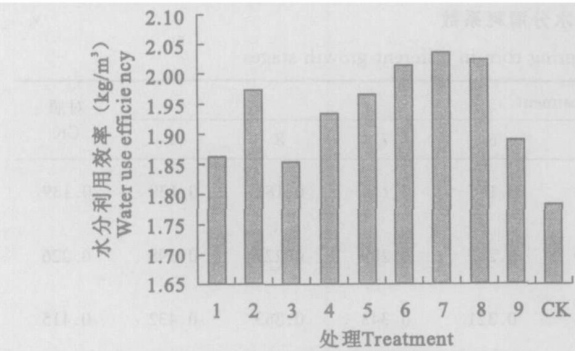


图 2 不同灌水技术要素的水分利用效率

Fig. 2 Water use efficiency under different irrigation technical factors

由图 2 可以看出:作物在整个生育期耗水量与产量峰值并不对应,由此得出灌溉水量并不是越大越好。其原因是:作物生长过程中对水分的需求是有适宜范围的,无论土壤水分(或降雨和灌溉水转化为土壤水)量值过多或过少,都将造成区域产量的降低,不合理的技术要素和灌溉制度都可能造成此种

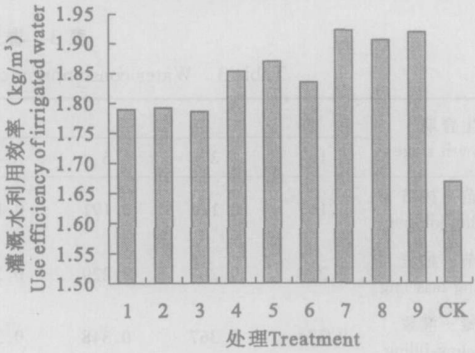


图 3 不同灌水技术要素的灌溉水利用效率

Fig. 3 Use efficiency of irrigated water under different irrigation technical factors

结果。从图中也可看出,灌溉定额大的,灌溉水利用效率相对较大;处理 1~处理 3、处理 4~处理 6、处理 7~处理 9 的每个生育期的灌水定额相同,在不同的技术要素组合下,在各生育期的耗水量和灌溉水利用效率不相同的;不覆地膜的对照区的灌溉水利用效率最低。

4 结 论

通过试验结果分析知,在不同的技术要素组合下,春玉米整个生育期内的需水规律为小一大一小。当灌溉定额从 220 m³/666.7m² 增加到 240 m³/666.7m²时,田间水分利用效率将降低,因此,作物灌溉制度制定时必须按照一定适宜范围制定,并不是越大越好。田间灌水技术要素对该技术的水分利用效率也有一定的影响,当灌水技术要素使得灌溉水均匀度下降时,水分利用效率将相应降低。并且得出春玉米各生育阶段需水特性及对灌溉的敏感性不同。

参 考 文 献:

[1] 米孟恩.膜上灌节水技术[J].节水灌溉,1998,(2):20—24.
[2] 李方红,李援农,王增红,等.膜孔灌溉技术研究的现状及展望[J].西北农林科技大学学报,2005,4(33):127—131.
[3] 郭元裕.农田水利学(第3版)[M].北京:中国水利水电出版社,1987.33.
[4] 赵仁,余松烈.田间试验方法[M].北京:农业出版社,1984.447.
[5] 钱蕴璧,李英能,杨刚,等.节水农业新技术研究[M].郑州:黄河水利出版社,2002.304—308.
[6] 彭世彰,朱成立.作物节水灌溉需水规律研究[J].节水灌溉,2003,(2):5—9.
[7] 吴士章.不同灌溉方式对覆盖辣椒的效应研究[J].节水灌溉,2004,(1):7—8.
[8] 杨中平,郭晓莉.试验优化技术[M].杨凌:西北农业大学出版社,1999.26—29.
[9] 高真伟,闫滨,闫胜利,等.水稻膜孔灌节水增产效果的田间试验研究[J].农业工程学报,2001,17(3):171—173.

Study on water use efficiency of spring corn under
film hole furrow irrigation

LI Yuan-nong^{1,2}, LI Fang-hong^{2,3}, LEI Yan-bin⁴, FEI Liang-jun¹

(1. Institute of Water Resource, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China;
2. College of Water Conservancy and Architectural Engineering, Northwest A & F University,
Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Hebei College of Economy, Shijiazhuang 050000, China;
4. Shaanxi Provincial Bureau of water resources, Xian, Shaanxi 710000, China)

Abstract: Based on the characteristics of film hole irrigation, by making use of the results of orthogonal experiment, this paper analyzed water use efficiency and water consumption rule of spring corn under film hole furrow irrigation, and educed water consumption coefficients of film-mulched spring corn in different growing periods, so as to provide theoretical and technical basis to the widespread application of film hole furrow irrigation.

Keywords: film hole furrow irrigation; water use efficiency; water conservancy coefficient; spring corn

欢迎订阅 2007 年《水土保持应用技术》

《水土保持应用技术》是水利部主管的惟一介绍国外水土保持科技信息为侧重点的全国性技术期刊。主要是传递国内外水土保持先进研究成果、治理经验、测试技术、执法监督、要闻简讯、产业开发等科技动态,以及与水土保持有关的农业、林业、水利、土壤、环境保护等综合内容。融方针政策、科技新闻、实用技术、致富开发为一体,为科研单位、水利水保管理机构、基层水利水保站、大中专院校、情报部门、图书馆等单位提供系统的国内外水保科技动态、信息反馈。

本刊为双月刊,标准 16 开本,48 页,印刷用纸改为 70g 双胶纸。每册定价 5.00 元,全年 30.00 元(包括寄费)。国内发行,长年订阅,自办发行。国内统一刊号:CN21—1532/S。请订户直接向本编辑部汇款邮购,并在汇款单上工整注明收件人姓名、地址、邮政编码,在附言栏中注明份数;回寄本刊编辑部通过银行汇款,请填写:开户为辽宁省水土保持研究所,开户行为建设银行朝阳市分行,帐号:72060126145929,并在汇款用途栏注明订阅杂志。

本刊地址:辽宁省朝阳市龙山街四段 235 号 邮 编:122000 传真电话:(0421)2917149
E-mail:sb1532@163.com STBK@Chinajournal.net.cn
(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net