

膜孔灌溉技术研究的现状及展望^{*}

李方红, 李援农, 王增红, 张智韬

(西北农林科技大学 水利与建筑工程学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 膜孔灌溉技术是在地膜覆盖栽培技术的基础上发展起来的一种新的灌溉方法, 是利用地膜输水, 并兼作防止地面蒸发的介质, 具有显著的节水效果。文章综述了膜孔灌溉技术的研究现状, 并对膜孔灌溉技术的特点、节水机理以及在实际应用过程中所存在的问题和解决方法进行了阐述, 为大面积推广这一技术提供了理论与实践依据。

[关键词] 膜孔灌溉; 节水农业; 节水技术

[中图分类号] S275

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2005)04-0127-05

1 膜孔灌溉技术研究的背景及意义

随着社会的不断发展, 对水的需求日益增加, 再加上我国水资源分配不均的客观现实, 更加剧了我国的水资源危机。我国是一个农业大国, 可灌溉面积占耕地总面积的50%左右, 全国灌溉用水量为3 800亿 m^3 , 约占总用水量的3/4。由于灌水技术及灌区管理水平等原因, 灌溉水利用系数只有0.43左右, 而发达国家的灌溉水利用系数有的已达到0.8左右。在我国北方干旱地区, 耕地占全国的3/5, 而水资源仅占全国的1/5, 水资源短缺已严重制约了该地区的经济发展^[1], 如果采用先进的农业节水技术, 将我国灌区灌溉水利用系数提高0.1~0.2, 则可实现每年节约灌溉用水380~800亿 m^3 , 这对缓解我国水资源供需矛盾将起到很大作用^[2]。目前, 我国已经运用的节水灌溉技术有地面移动软管灌溉、波涌灌、渠道防渗、低压管道输水灌溉、喷灌、微灌、膜孔灌等多种形式。但对西北干旱地区来说, 采用喷灌节水技术一次性投资较高且受风的影响大, 滴灌由于水质及滴头易堵塞等原因, 要较大面积推广很难实现^[3]。因此, 因地制宜的选用技术合理、经济、安全的灌水方法和技术很有必要。近年来, 膜孔灌溉技术越来越受到人们的广泛关注。

膜孔灌溉技术是在地膜栽培的基础上发展起来的一项新的节水灌溉技术, 是在田间将地膜平铺或起垄覆盖, 实现利用地膜输水, 并通过作物的放苗

孔、专门灌水孔等的入渗进行灌溉的灌水方法^[4]。在灌水方式上, 传统地面灌溉技术中的水通过整个田面渗入土壤, 入渗界面是连续的, 而膜孔灌溉时水在地膜上流动, 通过仅占整个田面面积5%以下的膜孔面积渗入作物根系所在土壤^[5], 沿畦长方向的入渗面是不连续的, 糙率很小, 加快了水流推进速度, 进而减少了入渗能力, 因此, 膜孔灌溉技术具有节水、灌水质量高和增产等特点。在入渗方式上, 膜孔土壤水分入渗是充分供水条件下的三维入渗方式, 其入渗方式类似于滴灌^[4~6]。本文就膜孔灌溉技术的研究现状、节水机理、使用形式以及在实际应用过程中所存在的问题和解决方法进行了阐述, 以期对膜孔灌溉技术的大面积推广和应用提供一定的理论及技术依据。

2 我国膜孔灌溉研究概况

膜孔灌溉技术是20世纪80年代新疆发展起来的一种地面灌水技术, 它改变了传统的大水漫灌方法, 提出了通过株茎孔或膜孔直接灌溉作物的新思路。膜孔灌溉作为一种新灌水技术, 国内在膜孔灌溉理论与灌水技术要素的研究方面作了大量工作, 主要包括: 单点、多点膜孔入渗的研究; 田面入渗特性的研究; 膜孔灌溉田面水流运动规律的研究; 膜孔灌溉技术要素研究和膜孔灌溉制度的研究与制定等。

2.1 膜孔入渗规律的研究现状

膜孔灌溉属于充分供水条件下的非饱和土壤点

^{*} [收稿日期] 2004-06-21

[基金项目] 国家“十五”节水农业重大专项(2002AA 2Z4041); 陕西省重点实验室科研计划项目(03JS041)

[作者简介] 李方红(1978-), 女, 甘肃临泽人, 在读硕士, 主要从事农田灌溉技术研究。

[通讯作者] 李援农(1962-), 男, 陕西大荔人, 教授, 硕士, 主要从事节水灌溉技术、理论及机理研究。

源入渗问题,与滴灌入渗相比,同属于点源入渗,但是供水条件不同。由于滴灌入渗的研究较为成熟,因此对膜孔入渗的研究可以借鉴滴灌入渗的思路与研究方法^[7]。聂新山等^[8]对一维入渗的双套环装置进行改进后,做了大田充分灌水条件下的膜孔入渗试验,以考斯可加夫模型为基础,建立了膜孔渗吸速度与时间的经验公式,并研制出一种测定膜孔渗吸速度的试验装置。谭奇林^[9]对充分供水单点源入渗特性进行了室内试验研究,建立了在土壤容重一定条件下,点源面积、土壤质地、土壤初始含水量的三因子点源入渗模型。李援农等^[10]对膜孔灌溉条件下入渗规律的研究表明,膜孔点源面积入渗符合考斯可加夫模型。费良军等^[11]在充分供水条件下多因子点源入渗模型研究中,利用室内充分供水单点源入渗试验资料,分析了膜孔灌入渗特性及其影响因素,提出了包括土壤质地、膜孔面积和土壤初始含水量在内的充分供水单点源入渗模型,以及模型参数的确定方法,该膜孔灌入渗模型能有效地体现充分供水点源入渗特性及其规律。费良军等^[12]通过室内单点膜孔入渗试验资料,分析了充分供水条件下单点膜孔入渗湿润体形状和湿润体内含水量变化规律,在此基础上,研究了单点膜孔入渗水平下湿润半径和垂直湿润半径与入渗时间的关系,提出了湿润半径和湿润体内平均含水量的计算公式。这些研究成果为进一步研究膜孔灌溉技术要素奠定了基础。

费良军等^[13]通过大量膜孔单向交汇入渗试验资料,分析了膜孔单向交汇入渗湿润体特性的主要影响因素,研究了膜孔直径、间距、土壤容重、土壤质地和土壤初始含水率对膜孔单向交汇入渗的影响,结果表明各因素对膜孔单向交汇入渗湿润体特性均有明显影响,为进一步研究膜孔单向交汇入渗规律和膜孔灌溉技术奠定了基础。费良军等^[14]通过室内膜孔单向交汇入渗试验资料,分析了膜孔单向交汇入渗特性,在此基础上,根据不同的已知资料情况,提出了相应的 3 个膜孔单向交汇入渗数学模型,其中模型 1 是建立在减渗量参数和膜孔自由入渗参数已知条件下的,模型 2 建立在膜孔单向交汇入渗的自由入渗阶段和交汇入渗阶段入渗参数均已知基础上,模型 3 建立在膜孔单向交汇入渗相对膜孔自由入渗减渗率和自由入渗参数已知的基础上。经实测资料验证表明,3 个模型均为计算膜孔单向交汇入渗量的有效模型,为膜孔灌溉技术研究提供了参考。

2.2 地面灌田面水流运动特性与数值模拟

徐首先等^[15]认为,膜孔灌田面水流推进和消退

曲线均符合幂函数关系。内旗等^[16,17]对膜孔灌水流推进过程也采用幂函数关系进行分析。吴军虎等^[18]根据膜孔灌溉大田灌水试验资料,分析了膜孔灌溉田面水流运动特性,研究了单宽流量和开孔率对田面水流推进及消退特性的影响,结果表明膜孔灌溉田面水流推进曲线符合幂函数规律,水流消退曲线符合一元二次函数规律,该项成果为膜孔灌溉理论与技术的进一步研究奠定了基础。费良军等^[19]根据膜孔灌大田灌水试验实测资料,研究了膜孔灌膜上水流推进和消退规律,提出了利用膜孔灌大田水流推进和消退资料,推求充分供水条件下单点源入渗参数的方法,该研究成果为膜孔灌溉技术要素设计和灌水量评价奠定了基础。

2.3 田面综合糙率的确定

地面灌的田面水流阻力不仅受到田面粗糙程度的影响,而且受到农田耕作、作物种类和灌溉次数等影响,将田面水流运动阻力的影响用“综合糙率”来描述。研究认为^[20],膜孔沟灌的糙率系数 n 随单位面积上的孔口面积增加而增大,建立二者的经验关系为:

$$N = 0.00926 + 0.001015 \ln A_i,$$

式中, n 为糙率; A_i 为单位面积上的孔口面积。

吴军虎等^[21]根据膜孔灌溉田面水流运动特性,建立了膜孔灌溉田面运动零惯性数学模型。吴军虎等^[18]根据膜孔灌溉田面水流运动特性,将膜孔灌溉不连续的入渗界面等效概化成均匀连续的透水界面,对膜孔灌溉水流推进阶段采用四边形曲线差分网格,消退阶段采用矩形差分网格进行计算,建立了膜孔灌溉田面水流运动零惯量数学模型,并将其与优化理论相结合,提出了确定膜孔灌溉田面综合糙率系数的优化模型。

2.4 灌水质量评价

经试验,棉花膜上灌溉的灌溉定额为 450~600 m^3/hm^2 ,灌水均匀度达 80% 以上。同时,在试验中对影响膜上灌溉灌水质量的主要因素也进行了分析与研究,为大面积推广膜上灌溉技术提供了理论依据^[22]。

3 膜孔灌溉技术的特点

膜孔灌溉最早在我国新疆地区采用,目前,在甘肃、河南等地已开始推广应用。采用膜孔灌水技术,最早是在棉花上进行的,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^[23],不仅使作物产量达到高产、稳产效果,还可节约灌溉用

水。实践证明,膜孔灌溉是一种好的节水灌溉技术,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技术,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。对膜孔灌溉技术的突出作用主要表现在以下几个方面。

1) 覆膜后阻止了棵间土壤的无效蒸发损失,增强了土壤的保温、保墒能力。由于膜孔灌水入渗主要集中于膜下,在地膜的保护下阻断了田面土壤水的无效消耗途径——棵间蒸发。膜下土壤水在常温下,汽化—凝聚—再回归的循环过程中变成土壤水^[24]。如此反复循环,延长了灌水周期,减少了灌水次数,提高了水的利用率。这是膜孔灌溉能够节水的另一个重要原因。

2) 膜孔灌溉与一般的覆膜灌溉,例如膜缝灌、膜沟灌等相比,其地膜覆盖率高,从而降低了沟(畦)田面的糙率,使膜上水流推进速度加快,减少了深层渗漏;一般可节水30%~50%,最高可达70%,节水效果显著;在同样自然条件和农业生产条件下,作物的灌水定额和灌溉定额都大为减少^[15],因此,膜孔灌溉田间水有效利用率高。

3) 膜孔灌溉剖面土壤湿润范围小,以根系区域为主,其他部位仍处于原土壤水分状态,其受水面积(为局部湿润灌溉)一般仅为传统畦灌法灌水面积(为全部湿润灌溉)的2%~3%,这样,灌溉水被作物充分而有效地利用^[15],所以灌溉水的利用率相当高。

4) 在灌水均匀度方面,膜孔灌溉不仅可以提高地膜覆盖沿沟(畦)方向的灌水均匀度和湿润土壤均匀度,同时也可以提高地膜沟(畦)横断面方向上的灌水均匀度和湿润土壤均匀度。这是因为膜上灌可以通过增开或封堵灌水孔来消除沟(畦)首尾或其他部位处进水量的大小,以调整和控制灌水孔数目对灌水均匀度的影响。提高灌水均匀度可以减少田间水的主要损失项——深层渗漏量和棵间蒸发,以达到节水目的,还可以使苗齐苗壮,长势均匀,提高肥料的有效利用率,达到优质高产的目的^[25],延伸灌水长度,可以减少或消灭田间临时工程及其土地面积,提高地面利用率,达到减少投入,提高效益的目的。

5) 膜孔灌溉类似于滴灌,是通过膜孔或专门放苗孔渗入作物根系区土壤内的,属于局部灌溉,灌水强度小,对土壤结构的破坏作用很小,土壤疏松不易板结,通气性良好,有利于好气性细菌繁殖活动,促

进土壤中动植物的分解,以形成易被作物吸收的矿质化合物,对土壤肥力的有效吸收具有重要作用。

6) 通过膜孔灌水,田间土壤含水量的增加量主要集中于膜下。由于膜下土壤含水量大幅度增加,提高了膜下土壤的热容量,有利于农田吸热和储热,同时也降低了膜侧土壤水分蒸发所引起的地热消耗,使地温升高,为作物生长提供了良好的温度和湿度条件。

综上所述,膜孔灌溉不仅灌水定额小,灌水次数少,且有增温保墒、保持土壤肥力、对土壤特性要求少等优点,所以在地膜栽培的基础上实施膜孔灌溉,具有省工、省地、投资少、见效快、易推广的优点,是一项节水增产的灌水新技术^[2, 26, 27]。

4 膜孔灌溉的主要形式及其技术要素

目前,膜孔灌溉主要应用的方法有膜畦膜孔灌、膜孔沟灌和膜孔膜缝灌等。

4.1 膜畦膜孔灌

膜畦膜孔灌也称平膜覆盖膜孔灌溉,就是在灌溉畦田内水平沿地面覆盖地膜,灌溉水流在膜上流动,通过放苗孔或专用灌水孔灌水的一种膜上灌水方法。膜畦膜孔灌的地膜两侧必须翘起5 cm高,并嵌入土壤中,膜畦宽度根据地膜和种植作物的要求确定,双行种植一般采用宽70~90 cm的地膜;3行或4行种植一般采用180 cm宽的地膜^[8]。作物需水完全依靠放苗孔和增加的渗水孔供给,膜孔直径一般为3~7 cm,地面纵坡一般为1/1 000~1/400,入膜流量为1~3 L/s。该灌水方法增加了灌水均匀度,不存在膜缝和膜侧旁渗,节水效果好。

膜畦膜孔灌一般适用于芹菜或中等种植密度的保护地作物,在我国宁夏、甘肃和内蒙等地有大面积应用。覆膜有专门膜上铺膜机完成,将一定宽农膜铺于地面呈梯形,两侧蓄水靠放苗孔和专门渗水孔供水。

4.2 膜孔沟灌

膜孔沟灌是将土地整成垄沟相间的地块,在沟底、沟坡面和部分垄背或沟内铺膜,作物种在沟坡上或垄背上的一种膜上灌水技术。根据作物的种植情况,膜孔沟灌又可分为垄上灌水和垄沟灌水。膜孔沟灌灌溉水量应等于该时间内孔口入渗到土壤的水量与沿膜上流动的水量之和^[17]。垄沟灌水,即沟内膜孔灌是将土壤整成沟垄相间的波浪形田面,地膜铺于沟底和两坡,作物种在两侧坡边上,利用放苗孔为作物供水,节水约30%~50%^[24]。垄上膜孔灌水是

一种在垄上的膜孔灌,即1.2 m宽的小畦,将90 cm宽的塑膜铺于其中,一膜种植3行,膜两侧有10 cm左右的漫灌带,畦长一般为30~50 cm,入膜流量5 L/s左右,节水20%左右,灌水沟的规格依作物而异,蔬菜一般沟深30~40 cm,沟距80~120 cm,西瓜、甜瓜沟深40~50 cm,水流通过沟中地膜上专门渗水孔渗入土中,再通过毛细作用浸润作物根部,有的也可通过种在沟坡上作物放苗孔浸润土壤。渗水孔的多少可根据土质不同打单排孔或双排孔,孔径、孔距2~10 cm,应根据土质、气候以及作物的灌水定额等确定^[7,24]。

目前,膜孔沟灌主要应用于我国干旱半干旱地区,如陕西省关中地区,山西、河南和河北等小麦适生区。当地膜覆盖仅为了充分利用灌溉水分时,通常采用垄沟覆膜方式灌溉;如果为了同时利用灌溉水分和天然降雨时,通常采用垄上覆膜形式灌溉。

4.3 膜孔膜缝灌

膜孔膜缝灌,是把膜铺在垄背上,相邻两膜在沟底形成2~3 cm宽的一条缝,通过放苗孔和窄缝给作物供水。该方法由于入渗面积较其他膜孔灌水方法大,其灌溉水流在较短时间内渗入土壤,具有入渗快、灌水定额较小等优点。目前,蔬菜大都采用此种膜孔灌形式^[28]。

5 膜孔灌溉适用范围

5.1 适宜作物

膜孔灌溉主要适用于中等种植密度的作物,特别适用于已经实行了地膜栽培的中耕作物,如棉花、玉米、甜菜、瓜菜等,将要实现地膜栽培的中耕作物,如黄豆、高粱、谷子、绿豆,以及已经实行了穴播的密植作物,如春小麦等^[28]。

5.2 适宜地形

膜孔灌溉特别适用于大坡降地区,不仅可以防冲,更重要的是减少平整土地工程量。膜孔灌溉要求纵坡均匀,其适宜坡度为1/400~1/3 000,坡降大时,畦田不能太宽,最好畦田底宽以1.2 m为下限,其入膜单宽流量相对小,因为膜上横向扩散相对困难,因此,对田间横坡降要求严,最好使横坡降 $i \geq 1/3 000$,否则高侧膜孔较难进水^[28]。

6 膜孔灌溉在实际应用中存在的问题

膜孔灌溉是一种新型的节水灌溉技术,在大面积推广的同时,还有一些问题需要进一步研究解决,如漂膜、农艺、农机具与生产实际不够配套,白色污染等^[26]。针对这些问题已有了一定的研究成果,如漂膜现象,目前有平膜覆盖加浑水淤填固膜、平膜覆盖加局部填土固膜、垄膜压土固膜3种可行的处理方法;在不同地区,农艺问题也得到了相应解决,已逐步成熟并进行大面积推广使用;农机具的研制和开发与生产实际尽管还有一定差距,但对小面积铺膜和施肥采用人工的方式解决,对较大面积的覆膜和施肥就需要选择一些正规生产厂家的产品,如1KM-1型开沟施肥铺膜机^[29];白色污染问题是覆膜技术的一个难题,目前可降解膜、液态膜的研制已有一定进展,在使用中应尽量采用一些可降解、易回收的地膜^[26]。

7 展望

节水灌溉是节水农业的中心,是水利现代化的重要组成部分,也是农业现代化的重要组成部分,是农村可持续发展的有机组成部分。近年来,随着地膜覆盖栽培技术的推广,大量的室内实验研究工作为田间试验的深入和推广提供了一定的理论依据,对地膜覆盖条件下土壤水分动态、各种作物的灌溉制度、土壤的热效应等问题也进行了一些较为零散的研究,针对地膜覆盖种植条件下的灌水技术问题,尤其是地膜灌水技术要素研究成果还很少,也不系统。特别是膜孔灌溉的发展历史较短,对膜孔灌水技术问题、膜孔灌溉制度的研究就更少,综上所述,膜孔灌溉技术有一定的推广价值,特别在北方干旱地区,膜孔灌溉是一项符合我国国情和民情的节水灌溉新技术,将为我国的节水灌溉事业起到不可忽视的作用。因此,在获得灌水技术要素组合试验研究的基础上,今后还应研究解决不同自然条件下,不同作物的膜孔灌溉制度、水肥耦合以及膜孔入渗对盐渍化影响等问题,为膜孔灌溉的大面积推广应用提供切实可行的理论依据和技术指导。

[参考文献]

- [1] 水利部科技司. 节水农业技术发展综述[J]. 节水灌溉, 1997, (2): 32
- [2] 钱蕴璧, 李英能, 杨刚, 等. 节水农业新技术研究[M]. 郑州: 黄河出版社: 2002 8- 13; 369- 381.
- [3] 郑遵臣. 节水灌溉技术研究[J]. 黑龙江水利科技, 2003, (1): 139- 140

- [4] 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.
- [5] 吴军虎, 费良军, 王文焰. 膜孔灌溉田面综合糙率系数的研究[J]. 灌溉排水, 2001, 20(1): 32- 34.
- [6] 吴军虎, 费良军, 王文焰, 等. 膜孔灌溉技术要素试验研究[J]. 灌溉排水, 2000, 19(3): 47- 49.
- [7] 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.
- [8] 聂新山, 韩俊. 膜孔渗吸速度初探[J]. 水土保持研究, 1996, (3): 18- 22.
- [9] 谭奇林. 充分供水条件下点源入渗实验研究[D]. 西安: 西安理工大学, 1997. 35.
- [10] 李援农, 范兴科, 马孝义. 膜孔灌溉条件下入渗规律的研究[J]. 干旱地区农业研究, 2001, 19(1): 55- 58.
- [11] 费良军, 谭奇林, 王文焰, 等. 充分供水条件下多因子点源入渗模型研究[J]. 西安理工大学学报, 2000, 16(1): 19- 22.
- [12] 费良军, 吴军虎, 王文焰, 等. 充分供水条件下单点膜孔入渗湿润特性研究[J]. 水土保持学报, 2001, 15(5): 137- 140.
- [13] 费良军, 李发文, 吴军虎. 膜孔灌单向交汇入渗湿润特性影响因素研究[J]. 水利学报, 2003, 5(5): 62- 68.
- [14] 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, 19(3): 68- 70.
- [15] 徐首先, 魏玉强, 聂新山, 等. 膜孔灌理论及应用技术初步研究[J]. 节水灌溉, 1997, (2): 23- 29.
- [16] 闫旗, 米孟恩, 等. 膜孔沟灌水利特性和基本参数的研究[J]. 节水灌溉, 1997, (2): 8- 12.
- [17] 闫旗, 米孟恩, 陈祖森. 膜孔灌溉评价方法的研究[J]. 灌溉排水, 1996, 15(1): 29- 33.
- [18] 吴军虎, 费良军, 王文焰, 等. 膜孔灌溉田面水流运动特性试验研究[J]. 西安理工大学学报, 2001, 17(1): 52- 56.
- [19] 费良军, 谭奇林, 王文焰. 由膜孔灌水流推进和消退资料推求点源入渗参数[J]. 灌溉排水, 1999, 18(1): 6- 9.
- [20] 新疆农科院土肥所. 膜孔灌溉条件下地面糙率系数的测定[J]. 节水灌溉, 1997, (2): 19- 24.
- [21] 吴军虎, 费良军, 王文焰, 等. 根据零惯量模型推求膜孔灌溉田面综合糙率系数[J]. 西安理工大学学报, 2003, 19(2): 130- 134.
- [22] 马香玲. 膜上灌的灌水效果及其影响因素的研究[J]. 河北水利水电技术, 2001, (3): 34- 35.
- [23] 米孟恩. 膜上灌节水技术[J]. 节水灌溉, 1998, (2): 20- 24.
- [24] 李援农, 马孝义. 地面灌溉新技术[M]. 北京: 海潮出版社, 2001. 142- 158.
- [25] 李援农. 膜孔沟灌技术要素试验研究[J]. 农业高效用水与水土环境保护, 2000, (11): 226- 229.
- [26] 徐首先, 魏玉强, 聂新山, 等. 膜孔灌理论及实用技术初步研究[J]. 水土保持研究, 1996, (9): 23- 29.
- [27] 栾永庆. 节水灌溉技术(VII)[J]. 今日科技·实用技术, 1998, (12): 8- 9.
- [28] 徐首先, 梁军. 膜孔灌简介[J]. 节水灌溉, 1999, (5): 34- 36.
- [29] 巴州农机推广站, 阿力甫, 买买提江. 1KM-1型开沟施肥铺膜机[J]. 新疆农机化, 2001, (1): 30- 30.

Present status and prospect of the film bore irrigation technique research

L I Fang-hong, L I Yuan-nong, WANG Zeng-hong, ZHANG Zhi-tao

(College of Hydraulic and Architectural Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The film bore irrigation technique is a new irrigation technique. Based on the ground film and cultivation technique, the technique uses the ground film to transfer water by preventing water evaporation from ground soil. This paper describes the present research status, characters, water saving mechanism, problems and solutions in practice of the film bore irrigation technique and provides theoretical and practical references in the field.

Key words: the film bore irrigation; water saving agriculture; water saving irrigation technique