

文章编号:1003-8701(2011)03-0048-05

北京市大棚蔬菜节水灌溉技术

曹优明,陈倩,王秀茹*,康璇,王则一,张由松

(北京林业大学水土保持学院,教育部水土保持与荒漠化防治重点实验室,北京 100083)

摘要: 大棚蔬菜逐渐成为蔬菜生产的重要方式,鉴于北京市水资源的巨大压力,实施大棚蔬菜节水灌溉技术是非常有必要的。本研究列举5种较普遍的蔬菜大棚节水灌溉技术,并以北京市顺义区大棚蔬菜节水灌溉项目为例,具体介绍了节水灌溉技术在大棚蔬菜生产中的应用,并进行了效益分析。

关键词: 大棚蔬菜;节水;灌溉技术

中图分类号:S27

文献标识码:A

Studies on Water-saving Irrigation Technology of Awning Vegetables in Beijing

CAO You-ming, CHEN Qian, WANG Xiu-ru, KANG Xuan, WANG Ze-yi, ZHANG You-song

(Key Laboratory of Soil and Water Conservation & Desertification Combating, Ministry of Education, College of Water and Soil Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: The awning vegetables production gradually becomes an important way of vegetables production. Facing the high water resources pressure in Beijing, the implement of water-saving irrigation technique in awning vegetables is very necessary. Five common kinds of water-saving irrigation technique in awning vegetables production were listed in the paper. Taking awning vegetables of water-saving irrigation project in Shunyi District of Beijing as an example, application of water-saving irrigation technology in awning vegetables production was introduced and the benefit analyzed.

Keywords: Awning vegetables; Water-saving irrigation; Irrigation technology

蔬菜生产是北京现代化农业生产的一个不可或缺的重要组成部分。北京对蔬菜的消费量巨大,但是北京的蔬菜供应几乎都来自山东、河北、天津、辽宁等其他省市。据统计,北京市民购买的蔬菜只有约10%来自本地,北京菜地面积已从1.13万 hm^2 缩减至0.07万 hm^2 以下。随着经济发展和人民生活水平的提高,蔬菜产业迅猛发展,保护地蔬菜种植已经成为广大农村的一项主要的支柱性产业,也是农民增收、农业增效的重要途径^[1]。保护地蔬菜栽培在我国发展迅速,尤其是大棚蔬菜栽培更为普遍^[2]。优质蔬菜产品的需求量将逐年增加,高品

质、无污染的设施蔬菜需求空间巨大^[3]。灌溉方式对蔬菜的品质和产量有重要影响,传统的大棚蔬菜灌溉耗水量大,将先进的节水灌溉技术应用于大棚蔬菜生产,不仅可以提高蔬菜的产量和质量,也可以有效地缓解北京市的用水压力。

1 实施大棚蔬菜节水灌溉技术的必要性

我国是个缺水的国家,人均水资源量为2300 m^3 ,仅占世界人均量的1/4。干旱缺水、洪涝灾害和水环境恶化成为新世纪我国面临的三大水问题,并严重制约了我国经济增长和社会的可持续发展。北京市水源短缺问题更为严重,人均占有量仅为248 m^3 ,是世界上缺水最严重的地区之一。搞好农田节水对保护和合理利用水资源具有十分重要的意义。北京市是一个大型的消费型城市,常住人口约1450万人,流动人口约300万人,每天的

收稿日期:2011-04-14

基金项目:北京市顺义区大棚蔬菜节水灌溉项目(G06069)

作者简介:曹优明(1986-),女,硕士研究生,主要从事节水灌溉、水土保持研究。

通讯作者:王秀茹,女,教授,博士生导师,博士 E-mail: wang-xr@163.com

鲜菜需求量 1 000 万 kg。

北京市的都市农业特征,决定了北京市蔬菜生产不能自给的现实^[6],如何利用有限的资源,提高蔬菜的产量和质量,是亟待解决的问题。大棚蔬菜种植方式采用自动化灌水的先进技术,不仅有利于增产、节水,也有利于改善蔬菜的品质。与大田作物相比,蔬菜的灌溉更容易应用现代化与科学化的技术。传统的大棚温室蔬菜灌溉一般使用大水漫灌,存在着用水量大、病害严重、降低室温、影响蔬菜品质等弊端,随着人们要求食用更安全、有营养的高品质蔬菜,先进灌溉新技术已被越来越多菜农所采用^[4]。

2 大棚蔬菜节水灌溉技术方法

2.1 雨水积蓄利用技术

我国雨水集蓄利用工程具有悠久的历史,相关研究也比较多,尤其是近几年雨水洪水集蓄利用工程更是在我国干旱地区半干旱地区大面积的开展,这就为雨水积蓄利用技术应用于大棚蔬菜生产提供了丰富的可借鉴的经验。所谓雨水集蓄利用工程是指在干旱半干旱及其它缺水地区,将规划区内及周围的降雨进行汇集、存储,以便作为该地区水源加以有效利用的一种微型水利工程。包括集雨工程和蓄水工程,集雨工程主要在农地的道路和坡面周围或上面用压实的土、沥青、混凝土和塑料薄膜等材质做成防水的收集面用于集水。蓄水工程是存蓄由集水区导引聚集的雨水径流量,采取适当的工程措施修建塘、坝及小水池(柜)等集蓄雨水。随着温室大棚成为我国蔬菜生产的主要趋势,温棚膜面集水回用灌溉也逐渐得到了应用,充分利用降雨进行灌溉。蓄水系统包括储水体及其附属设施,储水体主要是建水窖、水柜和蓄水池,附属设施主要包括沉沙池、拦污栅与进水暗管。

2.2 大棚蔬菜微喷灌、滴灌技术与自动控制技术

大棚蔬菜微喷灌技术是通过低压管道将水送到作物植株附近并用专门的小喷头向作物根部土壤或作物枝叶喷洒细小水滴的一种灌水方法。大棚蔬菜滴灌技术是将水加压、过滤,通过低压管道送达滴头,滴入蔬菜根部周围的一种灌溉方式。它由水源、阀门、输水管和滴头 4 部分组成,一般在滴管带上会覆一层地膜,以达到更好的保水保肥效果。自动控制系统属于闭环控制的中央计算机控制灌溉系统,整个控制系统分为中央控制系统、数据采集系统和灌溉控制系统,自动控制系统的

应用提高了灌水效率。

微喷灌、滴灌技术可以降低室内空气相对湿度,减少蔬菜病虫害,可将肥料直接送到作物根部,提高肥料的利用率。微喷灌、滴灌技术应用于大棚蔬菜灌溉,比大水漫灌节水 50%~90%,节能 30%。由于具有诸多优点,微喷灌技术与滴灌技术在大棚蔬菜节水灌溉技术中比较常用,将大棚蔬菜微喷灌、滴灌技术与自动控制技术相结合,提高了对水资源的利用效率。

2.3 膜下灌溉技术

膜下灌溉技术最常用的包括膜下滴灌、膜下暗灌以及膜下微灌等技术。膜下滴灌是在棚室中将地膜栽培技术与滴灌技术有机结合,即在滴管带或滴灌毛管上覆盖一层地膜,通过安装在毛管上的滴头,将水均匀地滴入农作物的根系周围,滴灌管(带)铺在地表面,覆于膜下^[5]。这种技术可以与科学施肥、喷洒农药、先进管理和栽培技术有机结合起来,提高温室大棚内的土地利用率,不会造成土壤板结,可以提高大棚蔬菜的品质和产量。

膜下暗灌技术是指在蔬菜定植后,在两行蔬菜之间的小沟上覆盖一层塑料薄膜,做成灌水沟,在膜下沟中进行灌溉,膜下暗灌技术与传统的畦灌相比节水 50%~60%左右,投资成本较小,易在大棚蔬菜生产中推广应用。膜下微灌一般由微型首部、输水管道和灌水器 3 部分组成,利用很小的微喷头将水喷洒在土壤表面上或喷洒在膜下土壤表面,在灌溉的同时,把肥料加入微喷灌系统,膜下微灌包括膜下微喷灌、膜下渗灌、膜下涌流灌和膜下雾灌等,这种膜下灌溉技术比大水漫灌节水 50%以上,能准确控制灌水量,要求的工作压力较低,灌水流量较小,根区内土壤能一直保持在接近最合适蔬菜生长的湿度范围内。

2.4 大棚渗水灌溉技术

大棚蔬菜渗水灌溉技术是近些年开始推广应用的新技术,并取得了显著经济效益。大棚渗水灌溉技术可以保持土壤中、下层水分充足,土表略干燥,空气湿度低,有利于植株根系生长,杂草减少和病害发生少。采用管径为 10~20 mm 的细管,管壁上扎有间距为 25~40 cm,孔径为 1.2 mm 的水平单眼塑料细管做毛管,每 1~2 m 间距布设 1 条,埋入地下 5~10 cm 土壤中,在两侧种植蔬菜。毛管首部与管径为 38 mm 的塑料支管用三通连接,支管首部安装同径闸阀并与水源接通,蔬菜灌溉时开启闸阀即可进行灌溉。

2.5 软管微滴灌技术

软管滴灌技术是以节水、节肥、省工省力为中心,以发展“两高一优”为内容的持续农业新技术^[6]。具体是指田间各级管道采用片状盘卷的薄壁软管,在软管上面利用出水微孔进行灌溉。软管体积小,重量轻,而且这种灌溉方式不需要投资昂贵的水源净化和过滤设备,不仅节水效益显著,可以改良土壤,还可以增加产量,比较适合农村蔬菜生产。

3 实例分析

单一的微喷灌、滴灌技术、膜下灌溉技术、大棚渗水灌溉技术、软管微滴灌技术已经在北京地区得到了较广泛的应用,但是将雨水积蓄利用技术、自动控制技术与微喷灌技术、滴灌技术相结合的较少。以顺义区大棚蔬菜节水灌溉项目为例,具体介绍雨水积蓄利用技术、大棚蔬菜微喷灌、滴灌技术的实际应用,并进行效益分析。

3.1 项目背景

顺义区位于北京市东北郊,区中心距市区 30 km,顺义区的农业节水灌溉建设迄今已有节水灌溉面积 2.8 万 hm^2 ,占灌溉面积的 78.6%,主要形式有喷灌、低压管灌、渠道衬砌输水灌溉及微灌等,但这些灌溉技术并未应用于大棚蔬菜生产。顺义区雨水资源丰富,但项目区内无任何集雨设施,雨水资源有浪费现象。在水资源供需矛盾日益突出的情况下,需建设相应集雨措施,将收集到的雨水资源回用于作物灌溉,充分利用水资源,提高农业经济效益。从蔬菜生产所依赖的自然资源看,北京的气候条件和土壤资源适合多种蔬菜的生产,郊区蔬菜生产环境的总体质量状况较好,完全能够满足大棚蔬菜的生产。

3.2 项目灌溉方案

3.2.1 温室蔬菜滴灌工程

滴灌工程的管网系统由干管、支管和毛管(滴灌带)组成,按照当地的蔬菜生产管理办法,本设计采用半固定式管网系统,干管埋于地下,大棚内的支管和毛管铺设在地面,这样既便于灌溉设备的使用、管理和维护,又便于农业耕作。系统首部设置逆止阀、压力表、水表、闸阀、排气阀安全保护装置以及离心式过滤和网式过滤两级过滤系统,以保证系统的安全运行,防止滴灌系统堵塞;支管首部设置闸阀、水表、施肥罐、压力表、过滤器、压力调节器装置,以保证系统安全稳定的运行;毛管选取管径 16 mm,壁厚 0.25 mm 的滴灌带,滴灌带与支管用旁通连接,滴灌带行间距为 30 $\text{cm} \times 100$

cm ,一管两灌行,滴灌带铺设间距为 1.0 m。系统首部 and 支管首部连接。

3.2.2 大棚蔬菜微喷灌工程

微喷灌工程管网系统的干管从机井到温室区,材料采用 UPVC 塑料管;支管采用 PE 塑料管,设在温室内作业道边沿温室纵向布置;微喷头采用单行布置、三角形布置。系统首部设置逆止阀、压力表、过滤系统、水表、闸阀、排气阀;支管首部设置闸阀、水表、施肥罐、压力表、过滤器、压力调节器安全保护装置,以保证系统安全稳定的运行。

3.2.3 膜面集雨和自动控制工程

3.2.3.1 膜面集雨

根据膜面集雨及自动化控制滴灌系统的需要,结合此项目区面积和位置,整个项目区共可划分为 13 个轮灌组,一个蓄水池。灌区大棚采用膜面集雨、集雨槽导流、蓄水池蓄集雨水的方式。棚边设置一级集雨槽收集雨水,集雨槽为砖砌结构,砖采用 240 mm $\times$ 115 mm $\times$ 53 mm 的标准砖,断面尺寸为 200 mm $\times$ 220 mm,砖墙内侧采用 10 mm 厚的水泥砂浆抹面,断面见图 1。田间路两边设置二级集雨槽,集雨槽侧壁为砖砌结构,断面尺寸为 300 mm $\times$ 300 mm,砖墙内侧采用 10 mm 厚

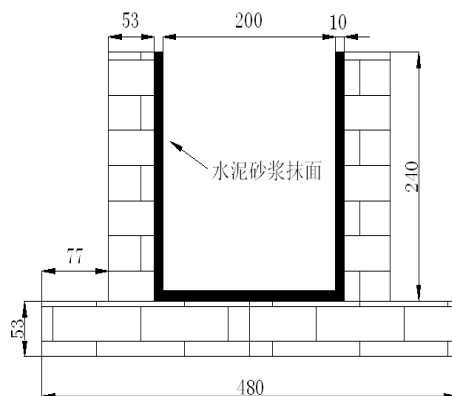


图 1 一级集流槽断面图(单位: mm)

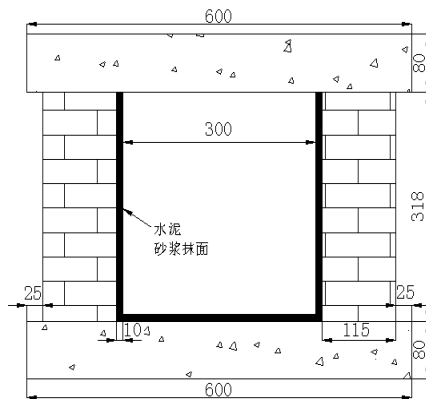


图 2 二级集流槽断面图(单位: mm)

的水泥沙浆抹面,底板和盖板均为素混凝土,宽为 600 mm,厚为 80 mm,断面见图 2。棚顶向有一级集雨槽的一侧倾斜,雨水汇集到棚下的一级集雨槽内。一级集雨槽向路边二级集雨槽倾斜,雨水顺二级集雨槽流入沉沙池,铺设时设置一定的比降, $i=0.000\ 1$ 。雨水在沉沙池进行沉淀、过滤,最终供给蓄水池。

3.2.3.2 自动控制工程

本系统属于闭环控制的中央计算机控制灌溉系统。整个控制系统分为中央控制系统、数据采集系统和灌溉控制系统:中央控制系统选用中央控

制系统,包括一个中央控制室,一台计算机、一套 LDI 控制器和配套的线路等。LDI 控制器一边与中央控制系统相连,一边连接田间解码器。中央控制系统决策后通过 LDI 控制器向田间解码器发出指令,通过田间解码器控制电磁阀的启闭。数据采集系统包括 SD210 传感器解码器和 FDR (MP-406)土壤湿度传感器以及水位传感器。每一个 FDR 土壤湿度传感器需与一个 SD210 传感器解码器相连,每一个水位传感器也需与一个 SD210 传感器解码器相连,通过 SD210 将数据返回至中央控制系统分析数据。

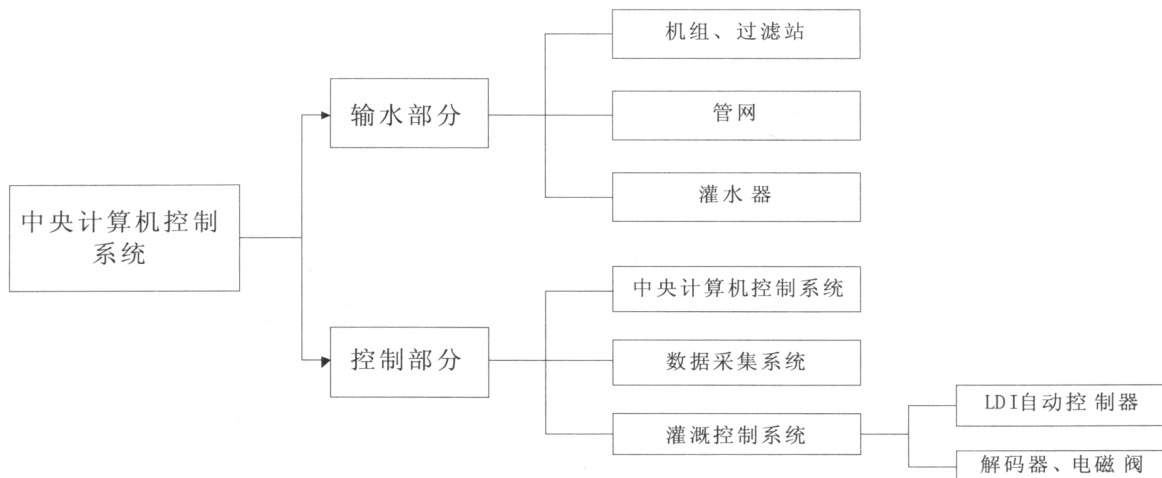


图3 中央计算机控制灌溉系统基本组成图

灌溉控制系统包括田间解码器、电磁阀,PRS-D 压力调节器等。中央控制系统对棚内土壤的湿度和蓄水池的水位情况进行实时自动连续监测,优先使用膜面集雨水作为灌溉水源。当大棚内土壤湿度达到允许下限时,中央控制系统会对蓄水池的水量(通过水位换算)做出判断,若水量可以满足一个灌溉轮灌组的需要水量要求时,则抽取蓄水池的雨水进行灌溉,否则,则抽取新建机井的地下水进行灌溉。当大棚内土壤湿度达到其规定上限时,中央控制系统会向灌溉控制系统发出指令,控制电磁阀的关闭,停止灌水。

3.3 效益分析

本项目规模为 940.7 hm²,共 104 个地块。大棚与温室内的净灌溉面积为 489.3 hm²。其中新增蔬菜滴灌面积 773.4 hm²,净面积 414.5 hm²;新增蔬菜微喷灌面积 151.9 hm²,净面积 74.8 hm²。

3.3.1 节水效益

本工程实施后,由于配备了节水设备,加上加强管理,可节约大量的水。根据实地调查,温室大棚滴灌工程年节水量约为 255 m³/667 m²、微喷灌

工程年节水量约为 225 m³/667 m²,整个项目年节水量约为 183.7 万 m³,分项计算结果见表 1。这些节水量可用于扩大菜田灌溉面积约为 453.3 hm²。按菜田灌溉前后产量增加 350 kg/667 m²、单价为 2.7 元/kg、水利分摊系数为 0.43 计算,本工程节水效益为 276.6 万元。

表 1 年节水量统计

项 目	面积 (hm ²)	净面积 (667 m ²)	节水量 (m ³ /667 m ²)	节水总量 (万 m ³)
温室大棚滴灌工程	788.8	414.5	255	158.5
温室大棚微喷灌工程	151.9	74.8	225	25.2
合 计	940.7	489.3	-	183.7

3.3.2 增产效益

水灌溉工程实施后,由于蔬菜能得到充分足量的灌溉,因此能大幅度的增加产量。有研究表明,大棚蔬菜经济效益是露地蔬菜的 2 倍^[8]。通过实地调查,蔬菜灌溉前后产量增加约为 350 kg/667 m²。据此计算,蔬菜实施本项目后,年平均增产量约为 256.9 万 kg。从表 2 可以看出,项目实施后,蔬菜年增加收入约为 693.6 万元。灌溉效益计算采用分摊系数法,分摊系数由当地农业成本

并综合其它因素确定,蔬菜的水利分摊系数为0.43,分摊后的总效益为298.3万元。

表2 有无项目对比年增产效益

作物种类	有无项目对比总增产量(万 kg)	单价(元/kg)	增产值(万元)
蔬菜	256.9	2.7	693.6

4 问题与建议

节水灌溉技术在大棚蔬菜生产中的普及,不仅可以增加蔬菜的产量和质量,而且对北京市的用水压力起到了一定的缓解作用。推进大棚蔬菜节水灌溉技术,不仅是技术问题,也是社会经济问题。目前,我国在节水灌溉工程与大棚蔬菜灌溉方面都有相当的技术支撑,但目前应用面积与范围尚小。大棚蔬菜生产目前在北京市较为普及,然而将节水灌溉技术应用于大棚蔬菜生产还比较少。北京市蔬菜生产需要政府加大大棚蔬菜节水灌溉

技术的普及力度,提高农民的水患意识和节水意识,使节水农业技术得到普及和推进。

参考文献:

- [1] 熊汉琴,王朝辉,宰松梅. 种植年限对蔬菜大棚土壤肥力的影响[J]. 水土保持研究,2007,14(3):137-139.
- [2] 常连生,韩志卿,张电学,等. 秦皇岛市蔬菜大棚全盐及盐分组成离子变化的研究[J]. 土壤通报,2008,39(5):1126-1130.
- [3] 北京市农林科学院蔬菜研究中心. 北京蔬菜产业发展基本特征和重大需求[J]. 业界观察,2010(7):1-3.
- [4] 赵友森,赵安平. 北京市蔬菜批发市场行情变动分析[J]. 中国食物与营养,2010(4):40-42.
- [5] 刘景生,何富才. 大棚蔬菜节水灌溉的新方法[J]. 吉林蔬菜,2008(4):10.
- [6] 大棚蔬菜膜下滴灌施肥技术. 农民文摘[J]. 2008(8):26.
- [7] 乔立文,陈友,齐红岩,等. 温室大棚蔬菜生产中滴灌带灌溉应用效果分析[J]. 农业工程学报,1996,12(2):34-39.
- [8] 李凤菊,宋治文,贾宝红,等. 天津市露地与大棚蔬菜效益分析[J]. 天津农业科学,2010,16(6):125-127.

(上接第38页) 保证农作物的产量和减少土壤碳排放量的双重效果;并利于土壤储存有机质,对土壤有机质数量的增加和质量的提高意义重大。

3.2 玉米秸秆全量还田和化肥减量的耕作方式下,在农作物收割之前,能使得土壤每公顷日均碳排放量比正常耕作情况下降低20.1 kg/d,减少农业碳汇的损失速度。

综上,对于东北黑土区而言,玉米秸秆全量还田和化肥减量施入能在基本保证农作物产量的基础上,大幅度减少土壤碳的排放量,是一种既经济又环保的耕作模式。

参考文献:

- [1] 梁爱珍,张晓平,杨学明,等. 东北黑土有机碳的分布及其损失量研究[J]. 土壤通报,2008,39(3):533-538.
- [2] 申艳,张晓平,梁爱珍,等. 黑土坡耕地土壤流失形态分

析——以一次降雨为例[J]. 干旱地区农业研究,2008,26(6):224-229.

- [3] 汤洁,徐小明,李昭阳,等. 吉林省通榆县土壤有机碳储量及时空分布研究[J]. 第四纪研究,2010,30(3):584-590.
- [4] 汪景宽,李双异,张旭东,等. 20年来东北典型黑土地区土壤肥力质量变化[J]. 中国生态农业学报,2007,15(1):19-24.
- [5] 吴彦军,汪景宽,李双异,等. 黑土土壤质量演变初探 V. 东北主要黑土区表层土壤有机碳密度分布及碳库估算[J]. 沈阳农业大学学报,2007,38(4):535-539.
- [6] 刘淑霞,王宇,赵兰坡,等. 冻融作用下黑土有机碳数量变化的研究[J]. 农业环境科学学报,2008(3):984-990.
- [7] 张晓平. 中国能源消费强度的区域差异及影响因素分析[J]. 资源科学,2008,30(6):883-889.
- [8] 方华军,杨学明,张晓平. 农田土壤有机碳动态研究进展[J]. 土壤通报,2003,34(6):562-568.
- [9] Curtin, D., Selles, F., Wang, H., et al. Carbon dioxide emissions and transformation of soil carbon and nitrogen during wheat straw decomposition[J]. Soil Science Society of America Journal, 1998(62): 1035-1041.