

渗灌设备的研制与应用试验

杜鸣銮¹ 张铭玉² 单光大³

- (1. 沈阳农业大学 农学院, 沈阳 110161;
2. 沈阳新阳机器制造公司, 沈阳 110034;
3. 政协沈阳市委员会, 沈阳 110014)

摘要 本文记录了1995—1997年的渗灌研究示范工作。为了开发更加节水节约成本的农田灌溉方法,参照国内外渗灌经验,笔者在当时国内首次合作研制激光打孔的渗灌软管(单层聚乙烯管材,激光打孔孔径可达0.1~0.15 mm,均匀微孔)并设计组装了渗灌系统;本试验用直径25 mm渗灌管,渗孔直径0.12 mm,工作压力0.05 MPa,在蔬菜日光温室进行小面积实验表明:采用渗灌方法降低了番茄晚疫病发病率,为沟灌对照的20%,延长了采摘期12 d,增产24.3%;还促进了绿菜花提早成蕾;渗灌比沟灌对照节水73%。

关键词 渗灌;激光打孔;日光温室

中图分类号 S 277.9

文章编号 1007-4333(2005)04-0119-05

文献标识码 A

Development and application of seeping irrigation equipment

Du Mingluan¹, Zhang Mingyu², Shan Guangda³

- (1. College of Agriculture, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China;
2. Shenyang Xinyang Machinery Manufacturing Company, Shenyang 110034, China;
3. Shenyang City Committee of CPPCC, Shenyang 110014, China)

Abstract The study was done in the period of 1995 - 1997. Considering the experience of using seeping irrigation technology in China and other foreign countries, the author reequipped mechanical equipment and developed seeping irrigation tubes. Aiming at improvement of water saving and cost saving irrigation methods in agricultural production, a seeping irrigation system was developed by using this specific kind of tubes. The experiment in vegetable production was carried out in sunshine greenhouse by using seeping irrigation system. Tubes were made by using a single layer of polyethylene materials. With polyethylene materials, micro holes with a bore diameter of 0.1 - 0.15 mm were made by using laser technology and were evenly distributed. An effective seeping irrigation system was developed by using key technology of stable pressure of water sources. In greenhouse production, the experiment of using tubes with seeping hole diameter of 0.12 mm indicated that in respect of tomato production, its disease rate (tomato late blight) is reduced and harvesting time is delayed for 20 days and yield in production is increased by 24.3%; in respect of broccoli production, its budding time is getting earlier. The seeping irrigation system is characterized by water saving, labor saving and high efficiency. The experiment in small-sized tomato greenhouse production showed that compared with furrow irrigation, seeping irrigation could save water by 73%. The experiment in orchard production showed that compared with flood irrigation, seeping irrigation could save water by 70%; fruit production increase by 50%; fruit quality go up 1 - 2 grade and farmer's net income be doubled.

Key words seeping irrigation; laser holing; sunshine greenhouse

我国是缺水国家。南方虽多雨,但一部分地表径流以洪水形式在汛期泻入大海,而且降水时空分

收稿日期: 2005-05-30

基金项目: 沈阳市科学技术委员会资助项目(1995—1997年)

作者简介: 杜鸣銮,教授,主要从事玉米遗传育种工作。(原北京农业大学农艺学系1952届毕业生)

布不均匀,面临缺水问题;北方缺水更为突出^[1-2]。随着我国经济的迅速发展、人口增加,粮食需求量大增,而粮食生产又是土地和水资源密集型的产业,使水资源的供需矛盾日益严重,成为制约我国经济特别是农业发展的主要因素。

在水资源的严重缺乏形势下,现有的灌溉技术仍在造成水资源的巨大浪费。我国农业用水占全国用水量的80%左右,而利用率只有40%,大部分水在输送与灌溉过程中流失、蒸发损失掉了。先进国家农业用水的利用率已达80%~90%。由此可见,我国在节水灌溉方面潜力很大工作很多^[2]。

杜鸣銮1983—1984年在美国阿华州立大学合作研究期间得悉渗灌技术,回国以后与政协沈阳市委员会单光天和航天工业总公司沈阳新阳机器制造公司张铭玉合作,开始关注这项技术及我国的农业节水灌溉问题。

在节水灌溉技术中,喷灌、滴灌的节水是明显的,但在实际应用时仍存在大量水蒸发损失的问题,节水效果尚不尽人意:其管线内水压不均导致田间灌水不均,管网等设施存留田间不利于耕作、管理等^[3]。

激光打孔的软管渗灌技术,是继化肥、农药、农膜之后,石油化工对农业的又一次重大贡献,是继喷灌、滴灌之后20世纪80年代在发达国家成熟的一场灌溉技术革命;是塑料工业与激光技术在农业上的新应用^[2]。

农业技术发达国家如美国、日本的渗灌技术发展较早,美国、法国、日本、以色列等已进入较大面积推广应用阶段,在果树、蔬菜、花卉、大田中均被广泛采用,节水效果高达80%。它不因灌溉破坏土壤团粒结构,不因过多水分渗入地下而提高地下水位而造成土壤盐渍化;还可减轻病害,提高农作物产量和品质,提高地温促早熟,增加效益^[3]。

各国研制渗灌管的材质和成孔方法各不相同:前苏联先是用多孔陶管做渗灌管,后来改进为在聚乙烯塑料管壁打孔做渗灌管;意大利是在塑料管壁上开纵缝做渗灌管;法国是在塑料管壁上制成多泡状微孔,供水时水沿微孔渗出,但在孔大一些的地方是细水流向外喷出,渗灌效果不够理想;美国渗灌发展水平很高,渗灌管种类也较多,或在双层软管上激光打孔,或是用废弃橡胶加工制成渗灌管并激光打孔^[3]。

1987年法国赠送我国的渗灌设备^[3],除用作田

间渗灌试验外,我国也在20世纪80年代末,由北京市水利科学研究所组织力量仿制法国的渗灌设备,但是因技术和设备等客观限制,难以投入工业批量生产。

1993年,河北引进美国渗灌管并多次请国外专家指导,推动了现代渗灌技术在我国的发展。同期,山西运城农业局和水利局自行研制渗灌管,在聚乙烯管壁上加工直径1.0mm小孔,因技术简单投入低而受到农民欢迎,1995年在该地区得到推广,并在1996年当地大旱中发挥了作用,但因这种渗灌管的渗孔太大(1.0mm),存在出水不均匀的问题。

2000年沈阳市新城子区引进韩资,在新城子乡王驿村建成韩国正鑫优质草莓秧苗繁育基地,66.7hm²育苗地和10座温室大棚,全部采用韩国技术的渗灌,当地称其为“田间微灌工程”。其生产的草莓秧苗全部出口韩国。

国内的渗灌技术起步也不算晚^[3]。早在20世纪70—80年代,水利水电科学研究所和北京市水利科学研究所就合作研制开发渗灌管,进行了大量的理论和实践工作,为这一技术在国内的发展提供了理论基础,但因设备不成熟而未能形成工业批量生产未能进一步发展。

为了继续推进我国渗灌节水工作,本课题组于1995—1997年研制了渗灌设备并进行了温室示范性实验,现在记录如下。

1 渗灌设备及应用系统的研制

本课题——渗灌设备及其应用的研究——于1995年在沈阳市科学技术委员会立项,由政协沈阳市委员会渗灌课题组承担,试验结束后于1997-06-20通过沈阳市科学技术委员会组织的鉴定。

课题组分析认为,进口价格昂贵的渗灌管发展我国的渗灌事业使农民难以承担;仿制又受到技术和设备等限制,产品水平低,难以满足要求;国内一些地方研制的渗灌管,管壁上的孔径为0.6~1.0mm,孔径偏大,渗灌效果不够理想;优质适用的渗灌设备系统在我国尚属空白。因此决定研制价格低廉农民能够接受的渗灌管及渗灌应用系统^[3]。

1.1 管材

从国内外的渗灌管的用材看,美国、法国、俄罗斯和我国山西运城都使用了聚乙烯材料(polyethylene, PE)。聚乙烯是日常生活中最普通的塑料,其柔软便于保管运输、无毒不污染水质、廉价可降低渗

灌成本、使用温度可高达 80℃,又具有较好的低温性能和耐化学物质性;但其缺点是突热突冷会影响其性能,而且机械强度不太高。

综合评价,认为聚乙烯是当时较好的管材。为此采用 LDPE/Q/S7S 聚乙烯软管,为沈阳市华泰塑胶有限公司出产。

我们研制出的渗灌管净成本计算如下:聚乙烯软管壁厚 0.2 mm,直径 25 mm,0.40 元/m,打孔设备折旧费 0.05 元/m,管理费和工资 0.02 元/m,电费 0.01 元/m,销售及售后服务费 0.03 元/m。以上各项合计 0.51 元/m,每 667 m² 用管 700 m 计算,净成本费 357 元^[4]。

与之相比,当时沈阳市生产的滴灌管管件费用为:聚乙烯硬管直径 10 mm,0.67 元/m,滴头 0.2 元/个,滴头分布间隔 100 mm,每米需要滴头 10 个,则每 m 滴灌管成本为 2.0 元 + 0.67 元 = 2.67 元,每 667 m² 以 700 m 用管计算,净成本费为 1 869 元,是本渗灌管(357 元/667 m²)的 5.2 倍。其中尚未计算把聚乙烯管与滴头组装起来的加工费用^[4]。

我们在未知国外渗管孔径和水压参数的情况下,进行了设计试验。

1.2 打孔方法与孔径

在我们之前,国内自制或仿制国外的渗灌管都采用机械打孔,最小的孔径都在 0.6 mm 以上,有的达到 1.0 mm。

我们观察,孔径过大时,即自行过快地渗水,不能达到缓慢供水的目的,而且边进水边渗漏,管子前后端的水压不同渗水不均,这不是真正意义上的渗灌。

所以,要达到均匀缓慢渗漏的目的,就要缩小孔径。

一般情况下,在管内外压力相同时,微孔流出的水量与孔面积有关,但不是线性的正比关系(表 1)。例如,孔径 0.6 和 0.15 mm 的比值是 4 倍,而二者孔面积的比值高达 16 倍;孔径 1.0 和 0.1 mm 时水流通道的差异更明显,0.785 0 与 0.007 8 mm² 之差高达 100 倍。孔径小增则孔面积大增,即水的渗出量大增,说明减小水流通道的有效方法只有减小孔径,而如此微小的孔径只能用激光打孔,机械打孔达不到这一精度。

我们的激光打孔设备是与武汉华中理工大学合作研制的,该厂经过 1 年多的努力不断改进微孔加工性能,在聚乙烯输水软管壁上打孔将孔径范围缩

小到 0.1~0.15 mm,大多数为 0.12 mm,孔密度为 8 孔/cm²。

我们观察打孔效果:激光打的孔大小均匀,因聚焦烧灼成孔而使孔周边有堆积物质形成;而所做的机械打孔的孔径一致性差,为机械损伤型,周围粗糙有裂纹。

表 1 聚乙烯塑料软管孔径 1.00 mm 和 0.10 mm 时水流通道截面差异的计算值

孔径/mm	孔径/0.15 (比值)	孔面积/ mm ²	孔面积/0.017 6 (比值)
0.10	0.66	0.007 8	0.44
0.15	1.00	0.017 6	1.00
0.20	1.33	0.031 4	1.78
0.50	3.33	0.196 0	11.15
0.60	4.00	0.283 0	16.06
1.00	6.66	0.785 0	44.60

我们进一步做了上述机械打孔和激光打孔渗灌管的加压输水灌溉试验,前者的孔在使用过程中进一步撕裂,而后者孔周围无裂痕。认为是激光打孔在孔周边形成的堆积物质起了加固作用而不易撕裂,从而可以使孔径和形状在长期水压作用下不易损坏,延长渗灌管使用寿命^[3]。

1.3 使用压力的确定

渗灌的特色在于微灌即用水少而供水时间长,关键是配合孔径与管内水压。

我们组合了 3 种孔径(0.1、0.15、0.30 mm)和 2 种压力(0.1、0.05 MPa)的试验发现^[3]:

1) 当管内工作压力为 0.1 MPa 时,只有 0.1 mm 孔径的渗灌管出现渗润状态,而 0.15 和 0.30 mm 的孔就出现了渗流状态;

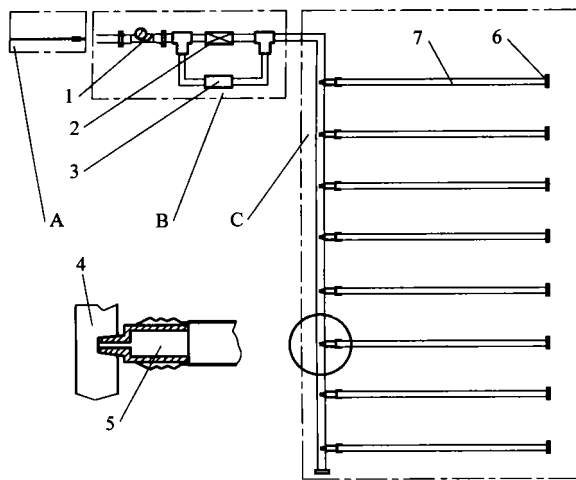
2) 当管内工作压力为 0.05 MPa 时,0.1 和 0.15 mm 孔径的渗灌管都出现渗润状态,只有 0.3 mm 的孔出现了渗流状态。

所以我们确定,要达到渗润状态,渗灌管的孔径应小于 0.15 mm,工作水压应小于 0.05 MPa。

1.4 渗灌系统的组成

渗灌系统关键是水源要恒压,本试验水泵压力为 0.12 MPa,试验所在的沈阳市盆花生产基地的水源由计算机控制达到上述恒压;其次是渗灌管的渗孔,本试验的渗孔孔径 0.12 mm;其他连接与滴灌的

系统相同(图1)^[5]。



A. 水源; B. 控制系统; C. 管系

1. 过滤器; 2. 阀门; 3. 流量计; 4. 主管; 5. 接头; 6. 堵头; 7. 渗灌管

图1 渗灌系统组成

Fig. 1 Constitution of seeping irrigation system

2 渗灌生产实验

1996-08—1997-06,我们在沈阳市盆花生产基地进行了上述渗灌管及渗灌系统的初步应用试验,当时主要目的是进行生产示范推广。

2.1 试验条件与设备

试验设渗灌处理温室和沟灌对照温室。温室为新建,长50 m宽7 m,占地约400 m²。每室开垄61条,垄距0.82 m。

温室的水源为机井,用计算机控制为恒压:泵出口水压为0.12 MPa,从泵出口到地面升高2.0 m多,再加管路输水损失,到80 m远的试验温室时压力约为0.08 MPa,进入渗灌管时为0.05 MPa;渗灌管的孔径0.12 mm。水源地未装水过滤装置,温室均为无柱支撑温室。

2.2 种植试验

2.2.1 绿菜花生产情况 1996-09-28之前完成翻耕起垄设置渗灌系统,10-01试验温室与对照温室同时定植。定植后即灌水:渗灌试验灌足水需要24 h,其间未发现渗灌管堵塞现象,各处灌水量均匀;沟灌对照用自来水管输水进入温室转为沟灌,水流较小,灌足水接近12 h。田间观察如下。

影响温室小气候:11-15观察,试验温室雾气小,而对照温室雾气很大。

花期提前:11-23渗灌温室大部分植株有花,大花直径可达15 mm;而对照温室只零星有花。不幸

于1997-01-01沈阳一场大雪,2温室遭遇冻害:对照温室全部冻死无收获,渗灌试验温室由于早蕾并且成蕾后长势快,333.5 m²仍收获了50多kg绿菜花。

2.2.2 番茄生产情况 在绿菜花的下茬种植番茄,于1997-03-02渗灌处理与沟灌对照的2间温室同时定植^[3]。灌溉试验设计同上,田间观察如下:

降低空气湿度提高地温:5月中旬天气渐暖,温室北墙窗户打开通风,使2温室的温湿度、地温相差不大。但在灌水后2 d内观测,渗灌温室比对照温室的地温提高2℃,空气湿度较低。整个生长期间灌水后2 d内观测渗灌温室比沟灌对照地温提高2℃。

花期提前:于03-16定植后的14 d,渗灌试验温室已有为数约2/5的番茄植株开花,而沟灌对照温室只有少数植株现出花蕾。

减轻晚疫病为害延长采收期:3月下旬2温室同时出现番茄晚疫病,渗灌温室零星发病无漫延迹象,而对照温室发病严重,3 d后全部拔除。为此,只好改用晚其8 d于03-10定植的另一沟灌生产用番茄温室作为补充对照。补充对照温室在定植番茄之前进行过土壤消毒,番茄晚疫病比较轻,而渗灌温室定植前未经土壤消毒。即使这样,后者的晚疫病株仍比补充对照少得多,为其20%,而且无继续扩展。由于渗灌温室发病较轻,所以比对照延长采收期12 d;补充对照温室06-15晚疫病已极重,无生产价值。

(因为补充对照比渗灌处理晚定植8 d,所以在此不进行花果期的对比讨论。)

提高产量:渗灌试验温室番茄从定植03-02到06-27全生育期118 d的产量3 127 kg与对照沟灌温室从定植03-10到06-15全生育期98 d产量2 516 kg相比,试验温室增产24.3%。

2.3 节水节能效果

番茄333.5 m²的渗灌处理全生长期106 d用水5.2 t,后设的沟灌补充对照晚定植8 d全生长期98 d相同面积用水23.0 t,渗灌为沟灌用水的22.6%,节水73.0%。

(绿菜花的处理因早期冻害损失而无数据。)

本渗灌系统是在低压下运行的,渗灌管的入口压力为0.05 MPa,远低于喷灌和滴灌的入口压力0.3 MPa。因此,渗灌具有显著的节能效果。

2.4 省工省时效果

渗灌管网铺设于地表,铺设与回收都很方便,省工省时,不影响耕作。渗灌的应用明显减少了病害,

减少使用农药、用工。温室渗灌时不用人工看管,而沟灌需人工看管。

3 结论与讨论

本研究认为,渗灌管的孔径应小于 0.15 mm,管内水压应小于 0.05 MPa^[3]。

本课题在国内首先进行了渗灌管的激光打孔合作研制,孔径达到 0.1~0.15 mm,在当时国产渗灌管中是最小的,从而实现了渗灌的主要技术要求:节水 73.0%,番茄增产 24.3%,温室应用省工省时、节水节电、减病增产,易于推广应用。

日本大阪府立农林技术中心在 1990 年和 1991 年进行的渗灌、沟灌对比试验表明,茄子灰色腐烂病的发病率渗灌仅为沟灌的 1/4。

据河北省辛集市 20 世纪 90 年代引进国外渗灌管的花卉和蔬菜试验:渗灌温室的病株率为畦灌的 37.5%;渗灌花卉的一极品率是畦灌的 1.5 倍;蔬菜渗灌的产量是畦灌的 1.25~1.74 倍。

山西省水利厅 1995 资料表明:果园渗灌(渗灌管孔径 1 mm)比漫灌节水 70%以上;果品产量提高 50%左右,果品品质提高 1~2 个等级,果农纯收入比渗灌前提高了 1 倍多。

灌溉用的塑料软管直径只有 1.0~5.0 cm,不充水时是扁平的带子,很容易铺设于作物行间,用毕可以卷起来,搬运存放十分便捷,既不影响耕作,又节省了渠道或管系占用耕地。软管上的孔是由激光打孔,不到一定水压时,虽充水却不渗漏,不管多么长的管子,当水充到一定的压力后才均匀渗出水滴;而不像机械打孔的管子一边充水一边渗漏使管子的前后端渗水不均匀。

这项技术还有很多优点:

1) 设备简单,投入少但节水多达 80%;作物对水的利用率高,渗灌系统全部采用管道输水,几乎不发生输水渗漏损失,灌溉水通过渗灌管直接供给作物根部地表,如果在地表和渗灌管上覆盖一层地膜,则只有植物蒸腾而无地表蒸发;

2) 不需平整土地,在坡耕地上亦可应用自如;由

于渗灌供水缓和,不像漫灌、畦灌和喷灌那样破坏土壤团粒结构引起土壤板结;由于用水量小,一方面提高地温而可使作物提早成熟提前上市,增加效益,另一方面没有深层渗漏导致的地下水位上升耕地盐碱化加剧的问题;

3) 渗水缓慢,作物行间湿度低且作物叶面保持干燥,病害轻。

4 结束语

自本试验以后的六七年以来,我们曾努力进行渗灌技术设备的生产和农业推广,但是难以实现。对照喷灌和滴灌的推广,“喷灌比地面灌溉节水 30%~50%、滴灌比地面灌溉节水 50%~80%,具有省水、省工、增产效果”^[6],但是二者在我国推广已有 20 多年,面积还是远不如沟灌、畦灌和大水漫灌。与上述投资本已较大的节水灌溉设备相比,渗灌的发展势头远不如喷灌和滴灌,就更难免遭到同样的冷遇。究其原因,不外是农产品价格过低而使农民投入无力、农村用水不计水量而以灌溉面积计、且农村水价过低而使农民无节水积极性,以及渗灌设备未形成工业批量生产且成本偏高而妨碍应用,即需求的不足导致不能走向商品化生产。但是本试验仍然可供我国农业节水灌溉提供基础参考。

参 考 文 献

- [1] 李鹏. 依法治水建立节约用水机制. 人民日报, 1998-03-23
- [2] 杜鸣奎. 用高新技术解决我省农业缺水. 辽宁日报, 1996-03-20
- [3] 张铭玉. 渗灌用微孔软管技术报告. 政协沈阳市委员会渗灌课题. 鉴定会会议文件之二, 1997
- [4] 张铭玉. 渗灌系统经济效益分析. 政协沈阳市委员会渗灌课题. 鉴定会会议文件之三, 1997
- [5] 张铭玉. 渗灌系统的组成及其设计. 政协沈阳市委员会渗灌课题. 鉴定会会议文件附件, 1997
- [6] 徐绍英. 农业概论[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1990