

# 棉花膜下滴灌毛管布置方式的试验研究

蔡焕杰, 邵光成, 张振华

(西北农林科技大学水利与建筑工程学院)

**摘 要:** 根据 2000 年 5~8 月在新疆石河子 121 团土壤改良实验站进行了大田棉花膜下滴灌毛管布置形式的试验研究, 毛管间距 110 cm 基本能满足外行棉花对水分的需求。通过对 3 种不同毛管间距条件下棉花株高、叶面积、根长、产量和品质的比较, 毛管间距 110 cm, 一条毛管灌溉 4 行棉花的布置方式较好。它比常规布置方式可节省毛管用量 163 左右, 可以大幅度降低膜下滴灌系统的投资。

**关键词:** 棉花; 膜下滴灌; 毛管布置

中图分类号: S275.6

文献标识码: A

文章编号: 1002-2689(2002)01-0045-04

膜下滴灌是覆膜种植技术与滴灌技术相结合的一种新的灌水技术, 也是地膜栽培技术的延伸与深化。地膜覆盖栽培在我国已有 10 余年的历史, 在西北干旱地区得到大面积推广应用, 仅新疆地膜覆盖栽培面积就达到 66 万多  $\text{hm}^2$ 。滴灌是一种最节水的灌水技术, 在果树和设施农业的灌溉中应用较多。一般认为滴灌不适于在大田应用, 这主要是由于滴灌的投资和运行费用比地面灌溉高许多, 而且大田滴灌的布置和移动都比较困难。近几年来, 随着低成本滴灌带的开发应用, 新疆农八师在棉花和番茄(酱用)地膜覆盖栽培的基础上运用膜下滴灌取得了成功, 不仅可以节水, 而且取得了良好的经济和生态效益。棉花膜下滴灌在新疆应用几年来, 目前已推广 1.33 万  $\text{hm}^2$ , 显示出巨大的发展潜力。初步试验表明, 膜下滴灌棉花的灌水量可由常规灌水量 525~600 mm 降低到 240~345 mm, 棉花产量提高 30%~50%; 番茄(酱用)增加收入 2 倍左右。而且膜下滴灌可以提高劳动效率, 农工棉花的承包定额由 1.6  $\text{hm}^2/\text{人}$  提高到 6.6  $\text{hm}^2/\text{人}$  左右。国内外在该领域的研究大多是对滴灌技术本身的研究, 而对膜下滴灌的毛管布置形式、膜下滴灌在大田棉花和酱用番茄上应用的可行性进行研究很少。为了进一步降低投资, 需要研究膜下滴灌的毛管布置方式, 探索即由 4 行棉花 2 条滴灌带(一带两行)变为 4 行棉花 1 条滴灌带(一带四行)布置方式技术上的可行性。

## 1 试验研究方法

收稿日期: 2001208209 修订日期: 2001212203

基金项目: 国家自然科学基金(50079024)及教育部优秀青年教师资助计划项目(200139)的一部分

作者简介: 蔡焕杰, 教授, 博士生导师, 陕西杨凌 现为西北农林科技大学水利与建筑工程学院教授, 主要从事农业节水理论与技术研究, 712100

## 1.1 试验站点的基本情况

2000 年 5~8 月在新疆石河子 121 团土壤改良实验站的试验田进行了大田棉花膜下滴灌毛管布置形式的试验研究。该团位于天山北麓, 准噶尔盆地南缘, 东经 85°20'~85°48', 北纬 44°45'~44°58', 属于温带大陆性气候, 日照时间长, 年平均日照时间达 2864 h, >10℃积温为 3400℃, 无霜期 160 d, 多年平均降水量 140.2 mm, 平均蒸发量 1789.2 mm。该地区属于玛纳斯河下游古老的冲积平原地带, 沙丘间为原始荒地, 地下水埋深 3 m 左右, 土壤质地为砂壤土。

## 1.2 种植方式、管网布置与试验处理

滴灌系统采用干管直径 104 mm, 支管直径 63 mm, 毛管为迷宫式滴灌带, 直径 16 mm, 滴头间距 30 cm, 机井采用 250QJ80260 潜水电泵, 并设置有离心-网式组合过滤器和施肥罐等配套设备。棉花品种为 8557, 播种方式采用干播湿出, 播种时间为 4 月 22 日, 播量为 6 kg/666.7  $\text{m}^2$ , 播种时施用尿素 30 kg/666.7  $\text{m}^2$ , 高效肥 10 kg/666.7  $\text{m}^2$ 。

试验设 3 个处理: 处理 1 为对照处理, 采用常用毛管布置方式, 即一条毛管灌溉两行棉花, 棉花采用宽窄行种植, 窄行间距 30 cm, 宽行间距 60 cm, 如图 1a; 处理 2 为一条毛管灌溉四行棉花, 棉花种植方式与处理 1 相同, 毛管间距 140 cm, 如图 1b; 处理 3 为一条毛管灌溉四行棉花, 棉花采用宽窄行种植, 窄行间距 20 cm, 宽行间距 50 cm, 毛管间距 110 cm, 如图 1c。每个处理小区由 4 行作物组成, 作为一个灌水单元, 用 3/4 球阀控制。用取土烘干法分层测定作物灌水前后 0~70 cm 土层的土壤含水率, 每隔 10 d 定点观测棉花的生长状况, 并且最终测定经济产量和品质。为避免小区之间侧向水分运动对观测和研究结果的影响, 用每个小区中间两行作为观测区, 进

行土壤水分、作物生长与产量及品质等的测定。

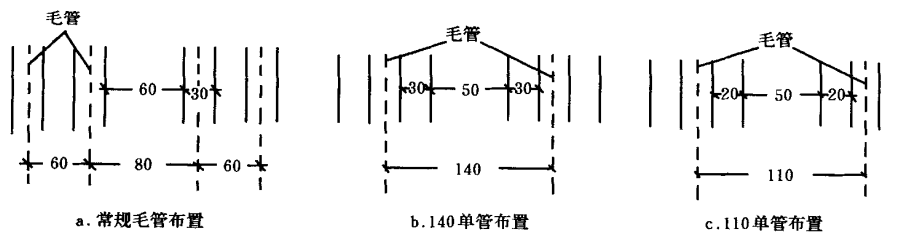


图 1 试验采用的三种毛管布置方式  
Fig 1 Three types of lateral layout

## 2 试验结果分析

### 2.1 膜下滴灌条件下土壤湿润体形态

单滴头土壤水分入渗的湿润体大小、地表水横向扩散和垂直入渗深度是确定膜下滴灌毛管布置间距的重要依据。在滴灌灌水初期,由于供水强度大于土壤入渗能力,在滴头附近形成一定的地表积水区域,使得水平湿润距离远远大于垂直距离。据 4 月 28 日进行的 3 种不同滴头流量下灌水 24 h 所挖剖面测定结果(表 1),对于同一种土壤随着滴头流量的加大,表面积水范围也增加,致使湿润体水平半径大于垂直半径。在灌水时间一定的情况下,虽然垂直距离和水平距离均随着滴头流量的加大而变大,而水平距离与垂直距离之比却随着滴头流量的加大而变小。随着时间的推移,湿润体垂直扩散速度逐渐大于水平扩散,原因在于地面积水增大。据剖面测定,在沙壤土情况下灌水量为 30 mm,滴头流量 2 L/h 时,灌水 2 d 后滴头湿润半径为 42 cm,湿润深度为 51 cm,因此,在石河子地区沙壤土条件下,处理 3 毛管间距 110 cm 的布置方式基本能满足外行棉花对水分的需求,而处理 2 毛管间距 140 cm 的布置方式在水平方向的湿润距离达不到外行棉花的种植位置。

表 1 不同滴头流量下点源入渗湿润峰在 24 h 后的分布

Table 1 The distribution of moisture front after 24 h infiltration under the conditions of different drip discharge			
	剖面 1	剖面 2	剖面 3
滴头流量 $Q, \text{L} \cdot \text{h}^{-1}$	1.342	1.414	1.526
垂直距离 $\bar{z}, \text{cm}$	28	31	36
水平距离 $\bar{r}, \text{cm}$	33	35	38
水平 $\bar{r}$ 垂直 $\bar{z}$	1.179	1.127	1.056

### 2.2 毛管布置方式对作物生长的影响

膜下滴灌直接将作物所需要的水分灌入根区,为作物创造了良好的生长条件。土壤水分在重力和毛管力作用下向四周扩散,土壤含水量因距毛管距

离不同而不同,土壤含水量的不同间接影响到棉花的生长发育。图 2 为不同毛管布置形式的内外行株高在生育期的变化过程,在不同的土壤含水量条件下,棉花的株高及其增长快慢,蕾铃的数量与发育的迟早,叶片的大小和叶面积的变化均不同。处理 3 的内行和对照处理的株高较高,据测定最终植株平均高度,对照为 61.4 cm;毛管间距 110 cm 的内行为 63.3 cm,外行为 58.2 cm;毛管间距 140 cm 的内行为 57.9 cm,外行为 40.3 cm。由株高可以看出,毛管间距 140 cm 外行的严重水分亏缺已经严重影响了棉花的株高。

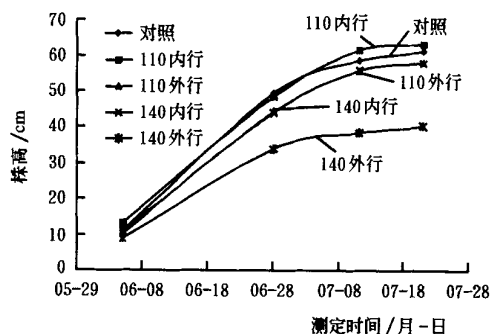


图 2 不同毛管布置方式下棉花株高的变化过程  
Fig 2 The seasonal change of cotton height under different types of lateral layout

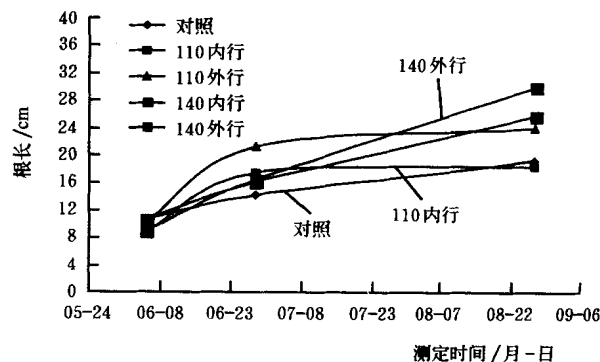


图 3 不同毛管布置方式下棉花根长的变化过程  
Fig 3 The seasonal change of cotton root length under different types of lateral layout

作物的地上部分常常与地下部分为互为消长的关系, 从图 3 不同毛管布置形式内外行棉花根长的动态变化和表 2 看出, 毛管间距 140 cm 外行的根长最长, 达到 30.3 cm, 这是它为了适应干旱环境而做出的自我选择, 其内行根长为 26.0 cm; 对照处理为 19.6 cm; 毛管间距 110 cm 内行为 18.7 cm, 外行为 24.3 cm。滴灌属于局部灌溉, 毛管间距 110 cm 的外行比内行处在更加适宜的水、汽环境中, 其外行外侧大部分为干燥区, 通气性比较好, 主根系较深, 须根系则向毛管端伸长, 从所测植株看, 外行内侧的须根明显比内行健壮而且长, 外行内侧最长的须根比内行平均须根长度约长 33%。由于对照处理水分供应充分, 其干物质量最大, 毛管间距 140 cm 外行的单株干物重最小。而茎粗, 毛管间距 110 cm 的外行因养分、水分、空气配合较好而达到最大。

表 2 8 月 26 日植株生长状况调查表

Table 2 The investigation of plant growth th				
处理	根长öcm	茎粗öcm	单株干物重ög	须根数
对照	19.6	0.623	165.28	15.0
110 内行	18.7	0.810	153.37	16.3
110 外行	24.3	0.953	132.84	13.0
140 内行	26.0	0.773	98.7	9.3
140 外行	30.3	0.602	79.37	13.3

叶片是光合作用的器官, 叶片的大小影响到光合产物的积累。棉花叶片的生长受到水分供应的影响, 叶面积的大小是作物生长状况的一个重要标志。水分供应充分时, 叶片扩张快, 叶面积大; 水分供应不足时, 叶片扩张缓慢, 叶片狭小, 叶面积也小。8 月 16 日的叶面积调查结果显示, 单株叶面积对照处理为 3 671.6 cm<sup>2</sup>; 毛管间距 110 cm 内行为 3 767.833

cm<sup>2</sup>, 外行为 3 151.4 cm<sup>2</sup>; 毛管间距 140 cm 内行为 2 318.6 cm<sup>2</sup>, 外行为 1 938.7 cm<sup>2</sup>; 毛管间距 110 cm 内行的叶面积几乎是 140 cm 外行的两倍, 因此, 毛管间距 140 cm 外行的水分供应不足严重地降低了叶面积。

2.3 毛管布置方式对棉花产量及品质的影响

铃数是形成棉花最终产量的一个重要指标, 土壤水分适宜其最终的铃数也就多; 土壤水分过多, 棉株过早封行, 其通风透气条件变差, 落蕾落铃现象严重, 降低了最终铃数。而水分供应不足又会导致早衰, 蕾铃脱落严重。据田间调查, 盛蕾期平均单株蕾数为, 对照 7 个; 毛管间距 110 cm 内行 9.1 个, 外行 10.2 个; 毛管间距 140 cm 内行 7.5 个, 外行 4.4 个。最终调查结果为, 对照 6 个; 毛管间距 110 cm 内行 7.2 个, 外行 7.7 个; 毛管间距 140 cm 内行 5.6 个, 外行 4.6 个。可见充分供水的对照处理和毛管间距 140 cm 的处理铃数均比毛管间距 110 cm 的少。

棉花产量及品质的测定结果(表 3)表明, 毛管间距 110 cm 的处理 3 无论外行还是内行其产量及各项品质指标都明显高于对照处理。特别是毛管间距 110 cm 外行的产量比对照增加了 70%, 其外行比内行增加了 4%。毛管间距 140 cm 外行的产量最低, 仅为对照 50.8%。对照处理长期处于高水分的环境下, 容易造成旺长, 过早封行, 使中下部果枝上蕾铃脱落严重, 棉花产量也不是最高。而毛管间距 140 cm 处理的外行, 由于水分供应不足, 长期处于严重水分亏缺条件下, 造成棉花大幅度减产, 但其绒长及衣分却分别高出对照 12.7% 和 8.2%。表明适度水分亏缺可以提高产量, 而且可以改善棉花品质。

表 3 2000 年不同毛管间距的棉花产量及品质表

Table 3 Cotton yield and quality under different lateral distance in 2000					
处 理	单铃重ög	绒长öcm	衣分ö%	籽棉产量ök g · hm <sup>-2</sup>	皮棉产量ök g · hm <sup>-2</sup>
对 照	4.885	5.33	36.39	5 004.0	1 821.0
毛管间距 110 cm 内行	5.625	5.53	39.39	5 950.5	2 243.9
毛管间距 110 cm 外行	5.488	6.26	37.46	6 220.0	2 330.0
毛管间距 140 cm 内行	4.437	5.73	39.04	3 319.0	1 295.7
毛管间距 140 cm 外行	4.336	6.00	39.39	1 769.1	696.8

3 结 论

膜下滴灌在新疆应用的实践表明, 棉花膜下滴灌不仅可以节水, 而且具有压盐增产作用。通过在新疆石河子 121 团土壤改良实验站的试验田进行的大田棉花膜下滴灌毛管布置形式的试验研究, 得出了如下主要结果:

- 1) 湿润锋半径是制定单管灌溉制度重要指标,

在新疆沙壤土情况下灌水量为 30 mm, 滴头流量 2 L öh 时, 灌水 2 d 后滴头湿润半径可达到 42 cm, 毛管间距 110 cm 能满足外行棉花对水分的需求。

- 2) 从株高、叶面积、根长、干物重等参数综合考虑, 毛管间距 110 cm 的外行, 其水分条件、通气状况等都比较适宜; 而毛管间距 140 cm 的外行由于其距离毛管较远, 土壤水分状况已经严重地影响到棉花的生长发育。

3) 不同毛管间距对棉花产量和品质有较大影响, 毛管间距 110 cm 的处理产量最高, 毛管间距 140 cm 外行的产量已经受到严重影响。

4) 综合考虑多种因素, 毛管间距 110 cm 是一种适宜的毛管布置方式, 它使常规布置方式的毛管平均间距由 70 cm 扩大到 110cm, 田间毛管用量可节省 10% 左右, 从而较大地降低膜下滴灌系统的投资。同时, 110 cm 毛管间距比对照处理产量提高 25% 左右, 对于毛管间距这一变化, 还需要对种植和覆膜机具进行适当的调整。

#### [参 考 文 献]

[1] Ayars J E, Phene C J, Hutmacher R B, et al. Subsurface drip irrigation of row crops: a review of 15 years of research at the Water Management Research Laboratory [J]. Agricultural Water Management, 1999, 42(1): 1~ 27.

[2] Tiwari K N, Mal P K, Singh R M, Chattopadhyay. Response of okra to drip irrigation under mulch and non-mulch conditions [J]. Agricultural Water Management, 1998, 38(2): 91~ 102.

[3] Shrivastava P K, Parikh M M, Sawani N G, et al. Effect of drip irrigation and mulching on tomato yield [J]. Agricultural Water Management, 1994, 25: 179 ~ 184.

[4] Barth H K. Sustainable and effective irrigation through a new subsoil irrigation system (SIS) [J]. Agricultural Water Management, 1999, 40: 287~ 290.

[5] 蔡焕杰, 康绍忠等. 作物调亏灌溉的适宜时间与调亏程度的研究[J]. 农业工程学报, 2000, 16(3): 24~ 27.

[6] 陈奇恩, 南殿杰等. 棉花地膜覆盖栽培的原理及技术[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1986.

[7] 刘毓中. 对地膜覆盖棉田增温、保墒、提墒和地面水入渗补给作用机理的探讨[J]. 灌溉排水, 1989, 8(3): 10 ~ 17.

(上接第 40 页)

6 参考文献只择最主要的著录, 未公开发表的资料请勿引用。欢迎参考了解本刊已发表的有关成果。请按国标规定的格式著录参考文献。

8 本刊编委会及编辑部将向有关院士、专家及本刊编委组稿、特约稿, 来稿要求及发表费用同样遵循本刊要求。

其他要求请参照本刊 2001 年第 1 期英文辑和本期刊登的“投稿须知”。

#### 关于向国外宣传介绍中国农业工程院校和科研机构的事宜

本期英文版, 继续向国外选择介绍中国部分知名农业工程院系及科研机构。对于 2001 年第 1 期已做过一次介绍的单位, 若愿意再宣传, 可优惠刊登。对于没有宣传的单位, 若愿意宣传, 请速与编辑部联系。介绍图片资料要求如下:

11 介绍篇幅以 1~ 2 个 16 开彩页为限, 提供所要介绍的彩色照片及英文介绍材料, 包括图片文字说明。

21 介绍内容由各单位自定, 可以介绍本单位的特色、规模、重点学科、博士点、博士生导师及专家教授、主要的教学和科研成果, 与国内外专家的学术交流与合作等。总之, 把你们最想宣传的传播出去。

31 宣传费用标准: 介绍一页收取 2000 元, 介绍二页收 3500 元。

41 欲介绍的院校请务必于 2002 年 8 月 10 日前将介绍材料寄至本编辑部。

请各院校负责人尽早准备, 也请本刊编委协助组稿、推荐介绍单位和提供寄送英文期刊的国外院校、科研机构和文献检索数据库等通讯地址。

来稿请寄: 北京市朝阳区麦子店街 39 号, 农业工程学报编辑部

邮 编: 100026

Em ail 地址: Transcsae@agri.gov.cn

联 系 人: 王应宽

联系电话: 010264192903

Liu Qunchang, Xu Di, Xie Chongbao, Huang Bin (National Center of Efficient Irrigation Engineering and Technology Research Beijing, Beijing 100044, China)

**Abstract:** Field experiments on surge flow and continuous flow irrigation were conducted. And a computer model SRFR was used to simulate the surface flow phases under continuous and surge water application. The effect of each factor such as infiltrability, geometrical size of the field, field slope, intake flow rate and microtopography, etc. on performances of both irrigation systems was separately evaluated by means of simulations and observations to determine field parameters and conditions adaptable to the application of surge irrigation.

**Key words:** surge irrigation; field adaptability; irrigation parameters; irrigation efficiency; water distribution uniformity

## Genetic Optimization Layout and Artificial Neural Networks Optimal Design of Pressurized Tree Water-Pipe Network ..... (41)

Zhou Rongmin<sup>1</sup>, Lei Yanfeng<sup>1</sup>, Lin Xingcui<sup>2</sup> (1. College of Environment & Hydraulics, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China; 2. Northwest Science & Technology University of Agriculture & Forestry, Yangling Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Single Parent Genetic Algorithms (SPGA) and the method of Hopfield Neural Networks (HNN) were respectively applied to optimal layout and optimal design of pressurized tree pipe network which were able to acquire an optimal design scheme with minimum annual cost on the basis of the least cost optimal tree layout. And the study shows that the method is feasible and effective and can reduce the cost of pipe network project and improve the design level and design efficiency.

**Key words:** tree water pipe network; optimal design; optimal layout; single parent genetic algorithms; Hopfield Neural Networks

## Lateral Layout of Drip Irrigation Under Plastic Mulch for Cotton ..... (45)

Cai Huanjie, Shao Guangcheng, Zhang Zhenhua (The College of Water Conservancy and Architectural Engineering, Northwest Science & Technology University of Agriculture & Forestry, Yangling Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** The field experiments were conducted at the Experimental Station of Soil Amelioration, Shihezi, Xinjiang Uygur Autonomous Region from May to August in 2000. It showed that the lateral distance of 110 cm could meet the water demand of cotton growth. Through the comparison of plant height, leaf area, root length, cotton yield and quality for 3 different lateral distances, the lateral distance of 110 cm, i.e., one lateral controls 4 rows of cotton, is better than other 140 cm and traditional distance (average 70 cm), which can save one-third of lateral and reduce the investment of system to a large extent.

**Key words:** cotton; drip irrigation under plastic mulch; lateral layout

## Drought Diagnosis Indexes and Drip Irrigation Decision Making for Cotton Under Mulch ..... (49)

Hu Xiaotang<sup>1</sup>, Li Mingsi<sup>2</sup>, Ma Fuyu<sup>1</sup> (1. Agricultural College, Shihezi University, Shihezi Xinjiang 832003, China; 2. Water Conservation and Architectural Engineering College, Shihezi University, Shihezi 832003, China)

**Abstract:** Based on experiments by using the methods of weighing soil moisture through drying and neutron probe, the soil drought condition was diagnosed for the cotton which was irrigated respectively with drip irrigation under mulch and furrow irrigation. By using two selected indexes of drought diagnosis, the soil moisture content suitable for growing crop and the crop water stress index (CWSI) were evaluated. According to the experiments and analyses, it is revealed that the soil moisture conditions required by the growing cotton, do not change with the irrigation techniques. In its high water demand period, the cotton, whether it was irrigated with drip irrigation under mulch or with furrow one, has almost identical index for drought diagnosis. Due to its poor drought tolerance and its high drought danger, however, the cotton irrigated with the drip irrigation under mulch should be given more water for the drought diagnosis compared with the one irrigated with furrow technique when the irrigation scheme decision is made for the cotton.

**Key words:** water saving irrigation; drip irrigation under mulch; drought diagnosis; cotton