

文章编号: 1007-4929(2004)06-0023-04

试验研究

膜下滴灌毛管配置对水分运移 及棉花增产效应的影响

刘建国¹, 吕新¹, 王登伟¹, 李振河², 徐公赦²

(1. 新疆兵团绿洲生态农业重点实验室 石河子大学, 新疆 石河子 832000; 2. 新疆生产建设兵团农六师新湖农场, 新疆 玛纳斯 832203)

摘要:研究了棉花膜下滴灌在不同毛管配置、不同滴头流量下在不同质地土壤中水分运移规律及对棉花生长发育、增产效应的关系。结果表明:砂性土壤适宜于以一管二行配置水产比高、增产效果好,从产量结构及产量看,以2.8 L/h滴头流量产量最高;粘土以一管四行配置增产效果好、经济效益高,以2.1 L/h滴头流量产量最高。

关键词:膜下滴灌;毛管配制;增产效应

中图分类号:S152.7 文献标识码:A

Influence of Lateral Layout of Drip Irrigation under Plastic Mulch on Water Transmission and Effect of Increase Cotton Production

LIU Jian-guo¹, LÜ Xin¹, WANG Deng-wei¹, LI Zhen-he², XU Gong-she²

(1. Key Laboratory of Oasis Ecology Agriculture of Xinjiang Production & Construction Corps, Shihezi University, Shihezi 832000, China; 2. Xinhu Farm of the 6th farm division of Xinjiang Production & Construction corps, Manas 832203, China)

Abstract: The influence of drip irrigation under plastic mulch with different lateral layout, different flow of emitter and different soil texture, on water transmission rule, growth and increase production of cotton was studied in this paper. The result indicated that for sandy soil, the layout of one lateral with two rows cotton can get high ratio of water to production, good effect of increase production, and the emitter with 2.8L/h flow can get the highest output, while for clay, the layout of one lateral with four rows cotton is the best layout mode and the emitter with 2.1L/h flow will get the highest output.

Key words: drip irrigation under plastic mulch; lateral layout; effect of increase production

膜下滴灌是将覆膜种植技术与滴灌技术相结合的一种新的灌溉技术,也是地膜栽培技术的延伸与深化^[1,2]。为进一步提高滴灌水的有效利用率,使工程节水与管理节水相结合,充分发挥现有的新工艺新设备的节水作用,通过优化调度,提高效益,建立节水灌溉棉花的水分管理指标体系,实现滴灌水量与棉花需水量的同步指标化管理模式。本研究通过薄壁边缝式滴灌带在不同的毛管布置形式下,不同土壤质地棉田的土壤水分入参与分布规律、棉花的耗水规律及其对棉花生长和产量的影响,对不同试验处理的节水效果和经济效益进行比较分析,确定适应于不同土壤质地棉田的最佳毛管布置形式和滴头流量,为制订合理的棉花膜下滴灌灌溉制度提供依据。

1 材料与方法

试验于2002~2003年在农六师新湖农场二分场和三分场进行。选择不同土壤质地(砂壤土、壤土和粘土)的滴灌棉田布置多点田间试验,试验中薄壁边缝式滴灌带设置不同的毛管配置和滴头流量。毛管配置设一管四行和一管二行2种方式(一管四行即4行棉花1条滴灌带,行距配置为20 cm+40 cm+20 cm+60 cm,毛管铺设在40 cm行间,滴灌带幅宽为80 cm,膜间接行宽60 cm;一管二行即2行棉花1条滴灌带,行距配置为30 cm+50 cm+30 cm+60 cm。毛管铺设在30 cm行间,滴灌带幅宽为30 cm);滴头间距为30 cm间距;滴头流量分别设置

收稿日期:2004-06-22

基金项目:“十五”国家科技攻关计划重大项目(2001BA507A-04)。

作者简介:刘建国(1968-),男,副教授,硕士,从事农作制度研究。

1.6 L/h、2.1 L/h、2.8 L/h 3 个流量。灌水次数 10 次,总灌水量 3 890 m³/hm²。

2 结果与分析

2.1 不同毛管配置对棉田土壤湿润锋及土壤水分的影响

滴灌属于局部灌溉,其湿润范围小,深度浅,研究表明滴灌土壤湿润锋的水分运动不仅与滴水量有关,还与土壤质地和滴头流量有关^[3],通过滴灌 12 h 及 36 h 后田间开挖剖面及对不同层次土壤水分含量测定研究了不同毛管配置及不同滴头流量在不同质地土壤中土壤水分运动机理及湿润锋与滴水量关系。

粘土因田间持水量较大,土壤水分不易下渗,水分横向扩散速度快,湿润锋宽度大,流量一定时,滴头流量越大,湿润锋深度越浅而宽度越大。试验测试一管两行与一管四行停水 12 h 后滴头流量 2.8 L/h 配置最边行土壤含水量分别为 21.4%、18.6%,均可满足棉花需水要求,一管两行与一管四行的湿润剖面、深度、半径基本相同。一管四行滴头流量过小如 1.6 L/h,其边行土壤含水量低,影响棉花生育;一管两行滴头流量过大如 2.8 L/h,地面易形成径流。

砂土由于深层渗漏明显,其湿润锋水分运动主要以垂直下渗为主,水平扩散弱,湿润锋深宽比大,一管四行不同滴头流量边行土壤含水量都低于一管两行,同时随着滴头流量降低土壤含水量降低。因此沙土地毛管布置适宜用一管两行,且采用大

流量小水量的方法,以增加湿润宽度,避免深层渗漏。本实验中沙土地以一管四行滴头间距 30 cm,滴头流量 2.8 L/h,无论棉花生育及产量效益均表现最好。

壤土其湿润锋形状如同“碗”状,湿润半径随滴头流量增加而增大,湿润深度随滴头流量增加而降低,说明水平方向扩散速度大于垂直方向^[4]。当灌水量相同时,一管四行随滴头流量增加其边行土壤含水量增加,一管两行滴头流量过大易形成地面径流,因此,壤土中一管两行与一管四行毛管配置均可,一管四行毛管配置滴头流量不宜过小,一管两行滴头流量不宜过大。

2.2 不同毛管配置对棉花的生长发育影响

不同毛管配置由于滴灌带幅宽不同,对棉花生长发育有一定影响(见表 1),水分的“就近分配”使受水量较多及膜内温度较高的中行植株主茎生长量大于边行,出现边行低、中行高的现象。其中一管四行边、中行株高相差 4.3~10.4 cm,一管二行相差 2.5~4.6 cm,不同质地间,一管四行砂土对株高影响最大,随着滴头流量降低,边、中行株高差增加,粘土影响较小。随着棉花生长,至打顶前,边、中行株高差距逐渐减小,果枝台数变化与株高相似。这种边行和中行的株高差有利于塑造棉花田间群体“二台阶”的双层结构,可充分利用光热资源,通风透光,减少田间植株郁蔽,降低蕾铃脱落^[5]。

植株根系生长及分布具有趋水性,膜下滴灌棉花比常规地膜棉花主根短,侧根多,并趋向土壤水分高的内侧生长,根系形状由一般塔型变为鸡爪型^[6]。

表 1 不同毛管配置的棉花生长发育状况

土壤质地	毛管配置	滴头流量/ (L·h ⁻¹)	株高/cm				果枝台数/(台·株 ⁻¹)			
			开花期		打顶前		开花期		打顶前	
			边行	中行	边行	中行	边行	中行	边行	中行
砂土	一管二行	1.6	33.6	38.2	55.6	58.7	5.8	6.7	8.6	9.0
		2.1	34.7	40.5	56.3	62.1	6.3	7.0	9.4	10.1
		2.8	36.2	41.5	58.1	61.8	6.5	7.3	9.7	10.2
	一管四行	1.6	27.4	36.5	49.2	56.4	5.2	6.4	8.2	9.2
		2.1	31.6	41.2	53.6	60.9	6.0	6.5	9.0	9.7
		2.8	33.7	41.8	56.2	61.4	6.1	6.7	9.5	10.6
壤土	一管二行	1.6	34.2	38.6	56.8	60.1	6.1	6.6	9.1	9.7
		2.1	37.3	41.2	60.3	62.5	6.5	7.4	9.5	10.2
		2.8	38.6	42.3	61.6	64.5	6.7	7.3	9.7	10.3
	一管四行	1.6	33.7	39.2	55.7	59.8	6.0	6.6	9.3	9.9
		2.1	36.1	40.3	58.3	60.5	6.5	7.2	9.8	10.5
		2.8	37.5	42.5	59.5	63.4	6.8	7.5	10.1	10.5
粘土	一管二行	1.6	39.3	42.3	57.8	60.1	6.4	7.1	9.2	9.6
		2.1	38.1	42.3	56.3	62.4	6.7	7.3	9.7	10.0
		2.8	43.3	46.3	64.1	68.2	6.7	7.4	10.1	10.3
	一管四行	1.6	37.2	42.5	57.8	61.3	6.2	6.7	9.9	10.1
		2.1	38.0	43.7	60.0	63.3	6.5	7.2	10.2	10.5
		2.8	38.6	44.2	60.3	63.4	6.6	7.4	10.2	10.7

2.3 不同毛管配置对棉花产量的影响

不同毛管配置棉花籽棉产量(见表2),砂壤土棉花一管四行配置滴灌的增产效果比一管二行配置差,一管四行1.6 L/h、2.1 L/h、2.8 L/h 3种不同滴头流量产量比一管二行分别降低24.7%, 28.5%, 16.8%, 同时随着滴头流量增加产量增加。壤土棉田一管四行不同滴头流量与一管二行之间产量互有增减,其中一管四行随着滴头流量增加产量增加,一管二行以2.1 L/h滴头流量产量最高,达0.448 26万 kg/hm²。粘土一管四行不同滴头流量产量普遍高于一管二行,其中一管四行随着滴头流量增加产量增加,2.8 L/h流量产量分别比1.6 L/h、2.1 L/h增加7.93%, 2.57%,一管二行当滴头流量达到2.8 L/h时,土壤表面出现径流迹象,植株旺长,影响产量。

由此表明砂壤土适宜于一管二行配置,增产效果好,单从产量结构及产量看,以2.8 L/h滴头流量产量最高。壤土以一管二行和一管四行配置均可,一管二行以2.1 L/h流量产量最高,一管四行由于滴灌带幅宽大,以2.8 L/h流量产量最高。粘土因田间持水率相对较大,土壤水分不易下渗,随着滴头流量增加,横向湿润区范围增大,所以以一管四行配置增产效果好,以2.8 L/h滴头流量产量最高。

2.4 不同毛管配置与棉花节水效果及经济效益分析

实行滴灌可显著提高水分利用率,研究表明(见表3),不同毛管配置节水效率不同,砂土棉田一管四行处理较一管二行水产比和水效益分别降低16.7%和17.1%,其中一管二行随着滴头流量增加,水产比和水效益分别增加,相反,一管四行随着滴

表2 不同毛管配置处理的棉花产量(籽棉)

土壤质地	毛管配置	滴头流量/ (L·h ⁻¹)	单株铃数/ 个	单铃重/ g	籽棉产量/ (kg·hm ⁻²)
砂壤土	一管二行	1.6	4.32	5.20	4 212.0
		2.1	4.65	5.35	4 664.0
		2.8	4.70	5.38	4 742.0
	一管四行	1.6	3.76	4.50	3 172.5
		2.1	3.95	4.50	3 332.8
		2.8	4.20	5.00	3 937.5
壤土	一管二行	1.6	4.32	5.25	4 252.5
		2.1	4.58	5.22	4 482.6
		2.8	4.60	5.16	4 450.5
	一管四行	1.6	4.28	5.16	4 140.9
		2.1	4.72	5.21	4 531.2
		2.8	4.88	5.31	4 858.6
粘土	一管二行	1.6	4.18	5.22	4 091.2
		2.1	4.48	5.24	4 401.8
		2.8	4.42	5.18	4 292.8
	一管四行	1.6	4.45	5.32	4 438.8
		2.1	4.70	5.30	4 670.6
		2.8	4.82	5.30	4 790.0

表3 不同毛管配置处理的棉花节水效益

土壤质地	毛管配置	滴头流量/ (L·h ⁻¹)	灌水量/ (m ³ ·hm ⁻²)	籽棉产量/ (kg·hm ⁻²)	产值/ (元·hm ⁻²)	水产比/ (kg·m ⁻³)	水效益/ (元·m ⁻³)
砂壤土	一管二行	1.6	3 890	4 212.0	24 429.60	1.083	6.28
		2.1	3 890	4 664.0	27 051.20	1.199	6.95
		2.8	3 890	4 742.0	27 503.60	1.219	7.07
	一管四行	1.6	3 890	3 172.5	18 400.50	0.816	4.73
		2.1	3 890	3 332.8	19 330.24	0.857	4.97
		2.8	3 890	3 937.5	22 837.50	1.012	5.87
壤土	一管二行	1.6	3 890	4 252.5	24 664.50	1.093	6.34
		2.1	3 890	4 482.6	25 999.08	1.152	6.68
		2.8	3 890	4 450.5	25 812.90	1.144	6.63
	一管四行	1.6	3 890	4 140.9	24 017.22	1.064	6.17
		2.1	3 890	4 531.2	26 280.96	1.165	6.75
		2.8	3 890	4 858.6	28 179.88	1.248	7.24
粘土	一管二行	1.6	3 890	4 091.2	23 728.96	1.052	6.09
		2.1	3 890	4 401.8	25 530.44	1.131	6.56
		2.8	3 890	4 292.8	24 898.24	1.103	6.40
	一管四行	1.6	3 890	4 438.8	25 745.04	1.141	6.61
		2.1	3 890	4 670.6	27 089.48	1.201	6.96
		2.8	3 890	4 790.0	27 782.00	1.231	7.14

头流量增加水产比和水效益分别降低。壤土棉田一管四行滴头流量 2.8 L/h 处理水产比和水效益比一管二行提高 8.8% 和 8.29%，而一管四行滴头流量 1.6 L/h 处理水产比和水效益较一管二行降低 2.95% 和 2.68%；粘土棉田一管四行处理较一管二行水产比和水效益分别增加 10.6% 和 10.4%。表明在砂壤土条件下，一管四行配置滴灌的节水效果较一管二行配置差；壤土一管四行高流量处理比一管二行节水效果好，一管二行低流量处理比一管四行节水效果好；粘土棉田一管四行配置节水效果较一管二行配置好。

不同毛管布置方式的经济效益分析见表 4，一管四行配置用毛管较一管二行配置用毛管减少 0.441 万 m/hm²，降低毛管成本 793.80 元/hm²，不同滴头流量由于滴水时间不同，水电费不同，其余生产成本均相同，电费 1.6 L/h、2.1 L/h 流量分别是 2.8 L/h 的 1.33 倍、1.75 倍，一管四行又是一管二行的两倍。由于生产成本的不同，不同毛管配置间经济效益变化与产量不一致，以滴头流量 2.8 L/h 为例，砂壤土一管四行配置较一管二行配置利润减少 0.407 2 万元/hm²，壤土和粘土棉田一管四行配置较一管二行配置利润分别增加 0.205 5 万元/hm² 和 0.347 1 万元/hm²。

表 4 不同毛管配置的投入产出分析 元/hm²

土壤质地	毛管配置	产值	毛管成本	水电费	比一管二行利润增减
砂壤土	一管二行	27 498.5	2 079.00	978.45	—
	一管四行	22 834.6	1 258.20	1 208.70	-4 072
壤土	一管二行	25 810.0	2 079.00	978.45	—
	一管四行	28 176.4	1 258.20	1 208.70	2 955
粘土	一管二行	24 899.4	2 079.00	978.45	—
	一管四行	27 782.0	1 258.20	1 208.70	3 471

注：棉花籽棉价格以 5.8 元/kg 计(2004 年收购价)。

(上接第 22 页)

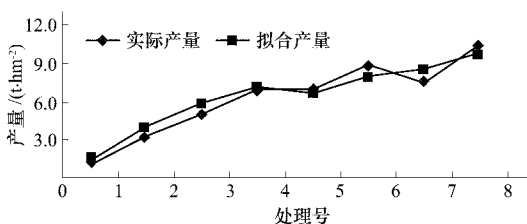


图 2 不同处理情况下的玉米产量拟合图

4 结 语

①通过方差分析可以看出，水分(播种期坐水量和苗期补灌水量)措施影响最为显著，与之比较，区田的影响较小。在甘南县 2003 年实际条件下，玉米产量随坐水、补水量的增加而提高；区田对产量的增长起到了一定作用，但是作用较小，这主要是由于 2003 年甘南地区生育期后期雨量较大造成的。

②通过回归分析，对水分与区田的交互作用进行比较，得出了玉米产量与水分、区田之间的关系模型。通过 *T* 检验与方

3 结 语

①通过对不同质地土壤在不同滴头间距及不同滴头流量滴灌湿润锋和土壤水分含量的测量，分析了滴灌湿润锋和水分运移的规律。依据研究结果，结合作物灌溉制度，根据滴灌棉花根系发育规律，在滴灌工程设计中应根据不同质地土壤合理配置毛管布设、选择滴头间距、滴头流量、滴灌历时、满足作物需水，提高水的利用率和利用效率。

②棉花膜下滴灌毛管配置由一管二行改为一管四行，可降低毛管成本 793.80 元/hm²，但一管四行只适宜于粘土和壤土，同时由于一管四行浸润距离增加，因此每次滴水量应增加，并应选用滴孔流量较大的毛管滴灌带，以提高滴水强度，增大膜下滴灌湿润的宽深比。另外一管四行在实际大田生产中采用宽膜，缩小了行距即增加了密度，在选地、栽培等方面除要符合滴灌棉田要求外也要结合高密度栽培的要求。

参 考 文 献

- [1] 邵光成,蔡焕杰,吴磊,等. 新疆大田膜下滴灌的发展前景[J]. 干旱地区农业研究,2001,19(3):120-127.
- [2] 程冬玲,吴恩忍. 棉花膜下滴灌两种布设方式的实验研究[J]. 干旱地区农业研究,2001,19(4):87-91.
- [3] 陈渠昌. 滴灌条件下沙地土壤水分分布与运移规律[J]. 灌溉排水,1999,18(1):28-30.
- [4] 朱德兰,李昭军,王键. 滴灌条件下土壤水分分布特性的研究[J]. 水土保持研究,2000,7(1):81-85.
- [5] 柴付军,程鸿,周建伟. 膜下滴灌对棉花生长发育的影响研究[J]. 新疆农业科学,2002,39(6):380-381.
- [6] 马富裕,严以绥. 棉花膜下滴灌技术理论与实践[M]. 乌鲁木齐:新疆大学出版社,2002.

程的拟合,证明了回归方程的可靠性。

③本试验只是 2003 年的试验数据,并且其试验年是该地区少有的特干旱年,对于试验结果的可靠性及实用性还有待于进一步论证。

参 考 文 献

- [1] 沈昌蒲. 坡耕地垄作区田最佳挡距数学模型及其检验[J]. 水土保持学报,1997,(6):1-5.
- [2] 林德光. 析因试验中交互作用分析的 SAS 技术[J]. 工程数学,2001,(8):48-54.
- [3] 孙景生. 夏玉米产量与水分关系及其高效用水灌溉制度[J]. 灌溉排水,1998,17(3):17-21.
- [4] 阮桂海. SAS 统计分析实用大全[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [5] 樊欣,邵谦谦. SAS 8. X 经济统计[M]. 北京:希望电子出版社,2003.
- [6] 徐仲儒. 实验设计方法与原理[M]. 北京:中国农业出版社,1997.