

# 新疆两种膜下滴灌布管方式对 机采棉产量和品质的影响

蔡利华,练文明,郇红忠,戴翠荣,吴博,卢金宝,  
王献礼,贺美球,周龙,赵静

(新疆生产建设兵团第一师农业科学研究所,新疆阿拉尔 843300)

**摘要:**为进一步提高新疆机采棉田水分利用效率,探索机采棉膜下滴灌一膜三管种植模式下最适宜的布管方式,2017年在新疆阿拉尔市兵团第一师农科所试验地开展田间试验。试验设计为窄行布管(滴灌带放在棉花窄行中间)和偏置布管(滴灌带置于棉花窄行外边10 cm处)2种处理,采用定点定时田间调查、取样测试等方法研究2种布管方式下棉花生长势、干生物量、叶面积、黄萎病发病率、产量和品质及0~40 cm土层土壤水、肥、盐运移的情况。结果表明:在棉花花铃期和盛铃期,窄行布管蕾花铃数和铃数显著高于偏置布管方式,分别高13.9%和5.9%;花铃期棉花叶片、茎秆、蕾花铃的干生物量和叶面积同样显著高于偏置布管方式,分别高21.2%、10.3%、14.9%和29.2%;同时窄行布管方式能够显著降低棉花黄萎病的发病率,比偏置布管发病率低23%;窄行布管棉花生育期消耗根层土壤水分和氮、磷、钾养分显著高于偏置布管方式,并且土壤脱盐效果相对于偏置布管较好,产量比偏置布管增加14.8%。综上可知,新疆棉田窄行布管方式更有利于提高根区土壤水分和养分利用率,降低含盐量,促进棉花营养生长和生殖生长,提高棉花产量。

**关键词:**膜下滴灌;窄行布管;偏置布管;机采棉;棉花产量;棉纤维品质

**中图分类号:**S562;S275.6 **文献标志码:**A

## Effect of two kinds of drip irrigation pipe distribution under plastic film on yield and quality of machine picking cotton in southern Xinjiang

CAI Li-Hua, LIAN Wen-Ming, TAI Hong-Zhong, DAI Cui-Rong, WU Bo, LU Jin-Bao,  
WANG Xian-Li, HE Mei-Qiu, ZHOU Long, ZHAO Jing

(Institute of Agricultural Sciences of 1st Division of the Xinjiang Production and Construction Corps,  
Alar, Xinjiang 843300, China)

**Abstract:** To further improve water use efficiency of machine-picking cotton in southern Xinjiang, the most suitable drip irrigation pipe arrangement with one film and three tubes under plastic film mulching was explored. The test was conducted in Institute of Agricultural Sciences of 1st Division of the Xinjiang Production and Construction Corps, Alar, Xinjiang in 2017. There were two treatments: one was pipe between narrow rows (PNR, drip irrigation pipe was placed in the middle of two cotton rows), and the other was bias pipe arranged (BPA, drip irrigation belt was placed 10 cm outside cotton narrow rows). The growth potential, dry biomass, leaf area, incidence of Verticillium wilt, yield, cotton quality and soil water, transport of fertilizer and salt in 0~40 cm soil layer were determined by fixed-point and fixed-time field investigation and sampling test. The results showed that the number of cotton flower buds and balls were significantly higher in the PNR than that in BPA at flowering-bolling stage and full bolling stage, and they were higher 13.9% and 5.9%, respectively. At flowering and bolling stages of cotton, the leaf area and dry biomass of leaves, stems, flowers and buds were also apparently greater in PNR than those in

收稿日期:2018-03-15

修回日期:2019-01-18

**基金项目:**国家现代农业产业技术体系棉花产业技术体系(CARS-18-50);新疆生产建设兵团重大科技项目“机采棉配套农艺技术研究与示范”(2016AA001-2)

**作者简介:**蔡利华(1969-),女,甘肃武威人,副研究员,主要从事施肥、棉花育种与栽培研究。E-mail:clh5818@126.com

**通信作者:**练文明(1974-),男,江苏泰县人,副研究员,主要从事棉花育种与栽培研究。E-mail:nkslwm1974@126.com

BPA, which were 29.2%, 21.2%, 10.3%, 14.9%, respectively. At the same time, the incidence of Verticillium wilt was 23% lower in PNR than that in BPA. The soil moisture, nitrogen, phosphorus and potassium nutrients were consumed significantly higher in PNR than that in BPA. The soil desalination were more effective in PNR than that in BPA. The cotton yield was 14.8% higher in PNR than that in BPA. It is concluded that the system with pipes between cotton rows significantly improved utilization of soil moisture and nutrient, reduced soil salt content, promoted vegetative and reproductive growth of cotton and increased cotton yield.

**Keywords:** drip irrigation under plastic film mulching; PNR; BPA; machine picking cotton; cotton yield; cotton fiber quality

发展高效、资源节约型的节水灌溉是新疆农业持续发展的先决条件,它不仅可以提高水分利用率和作物产量,而且可促进生态环境的良性发展<sup>[1]</sup>。膜下滴灌技术因具有显著的节水、保温、抑盐、增产效果,在新疆自治区棉田中已获得大面积推广应用<sup>[2]</sup>。它使得棉花生育期灌水量由常规灌水量 525~600 mm 降低到 240~345 mm<sup>[1]</sup>。前人通过对棉花根系分布、植株生长和产量及品质的影响等问题的大量研究发现<sup>[3-6]</sup>,棉田滴灌带与棉行之间的间距增大就会显著提高棉田耗水量,全生育期灌溉定额需达 3 375 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>才能保证棉花的稳产,而且由于间隔增加,导致土壤水分分布不均匀,容易产生深层渗漏现象,进而造成内、外行棉花长势和产量差异。早期常规棉一般采用一膜 4 行,(30+60) cm 宽窄行种植模式,滴灌带布管方式的研究主要集中在常规宽窄行距模式下一管四行和两管四行两种布管方式对棉田的影响,但随着高密度种植和机采棉的大面积推广,在机采棉(66+10) cm 固定的株行距配置下,一膜两管 6 行机采棉种植模式得到广泛应用,宁松瑞,李淦等<sup>[2,7]</sup>的研究发现,该模式下由于两根滴灌带布置位置均距棉行约 33 cm,滴灌带距离棉花株行较远,在灌水量高达 4 500 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>和 5 700 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>的条件下,植株行外侧棉花仍易受到不同程度的水盐胁迫,进而造成棉花减产。机采棉模式下,如何结合当地的光热、土壤、机械等条件,进一步提高作物生理用水,在保证作物丰产的条件下减少生态用水成为进一步节水的关注点。目前滴灌带的购入成本下降一半,高密度栽培使得棉花产量大幅提高,每膜增加一根滴灌带被广大农户所接受,一膜三管 6 行模式在机采棉生产实践中逐渐得到广泛应用,生育期滴灌定额也显著下降,发挥了膜下滴灌节水效果。现用的一膜三管机采棉模式布管方式有偏置布管和窄行布管两种,但关于两种布管方式对棉花影响方面的研究鲜有报道。本研究在一膜三管机采棉田中开展田间试验,探索窄行布管和偏置布管两种布管方式对棉花农艺性

状、生物量积累,土壤水、肥、盐运移情况,产量和品质等的影响,为进一步完善机采棉水肥管理,节水降耗,棉花增产增收提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地条件

试验在新疆阿拉尔市生产建设兵团第一师农科所 2 号试验地(40°56'N,81°32'E)无病田内进行,该区域海拔 950 m,是典型的绿洲农业地区,年均气温 10.7℃,≥10℃积温 4 113℃,无霜期 220 d,年日照 2 900 h,4~10 月份每天平均日照 9.5 h,多年平均降水量为 47.92 mm,年平均蒸发量 1 368.73 mm,长年气候干燥,降水稀少,蒸发量大<sup>[8]</sup>。农科所试验地为灌耕林灌草甸土,壤土,前茬为棉花。0~30 cm 土壤有机质 14.8 g·kg<sup>-1</sup>,碱解氮 106.7 mg·kg<sup>-1</sup>,有效磷 54.6 mg·kg<sup>-1</sup>,速效钾 165 mg·kg<sup>-1</sup>,全盐量 1.45 g·kg<sup>-1</sup>,pH 8.4。根据新疆兵团土壤分级标准,有机质中等,碱解氮较高,有效磷极高,速效钾中等<sup>[9]</sup>。

### 1.2 试验设计

1.2.1 试验材料 试验田种植棉花为品系塔 12-1266,播种日期 2017 年 4 月 11 日,种植模式为膜宽 2.3 m,一膜 6 行棉花,行间距为(60+10) cm 宽窄行机采棉配置,株距 10 cm。滴灌带滴头间距 30 cm,滴头额定流量 2.8 L·h<sup>-1</sup>。

1.2.2 布管方法 处理 1(窄行布管)覆膜播种时滴灌管带铺设在 10 cm 窄棉行中间;处理 2(偏置布管)覆膜播种时滴灌管带铺设在 66 cm 宽棉行内、距棉行 10 cm 处。每小区长 10 m,宽 4.6 m,小区面积 46 m<sup>2</sup>,采用随机区组设计,重复次数为 3 次。布管方式和取样位置见图 1。

1.2.3 土壤水分、盐分和养分含量的测定 采样点设在小区超宽膜中间 10 cm 窄行内两滴头中间,见图 1。取土深度分别为 0~10、10~20、20~30 cm 和 30~40 cm 4 个土层深度。土壤测定指标为土壤质量含水量、碱解氮、有效磷、速效钾、全盐量。取土时

间:6月22日灌水前进行第一次采样,作为土壤本底值;进入棉花生长中后期,分别于7月13日、8月2日、8月24日和9月12日(盛花期、花铃期、盛铃期、吐絮期)进行土壤样品采集。第一次取土样时,对采样点进行标记,以后每次土壤样品采集均位于标记处附近(1 m 范围内)。

水溶性盐分总量采用重量法;土壤质量含水量采用烘干法;碱解氮采用碱解扩散法<sup>[10]</sup>;有效磷采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法<sup>[10]</sup>;速效钾采用乙酸铵浸提-火焰光度计法<sup>[10]</sup>。

1.2.4 棉花农艺性状调查 每小区定一个调查点,分别在3个不同行选取连续的、生长有代表性的5株棉花挂牌标记,即每个小区共调查15株棉花。棉花的调查指标包括株高、叶龄、果枝始节、果枝台数、蕾花铃数及总果节数等。9月中旬开始调查吐絮铃数(裂铃见絮)和青铃数。

1.2.5 棉花地上部生物量 在采集土壤日期,每个小区随机采集3株有代表性(长势均匀、未受胁迫)的棉株地上部分带回室内,将棉花植株分为叶片、生殖器官(蕾花铃加一起)和茎、枝、柄三部分分别装入袋中,置鼓风机干燥箱105℃杀青0.5 h,然后在

80℃下烘至恒重,测量后得到棉花不同部位的生物量。采用打孔法测定叶面积。

1.2.6 棉花产量性状调查 在棉花收获期,分别在每个小区中取膜中间行整棉株混收铃50个,测定棉花的单铃重、衣分和品质。同时各小区分别采收计产。

1.2.7 黄萎病发病率调查 在两种布管方式下发病较均匀的轻病田地各选3个点,每个点面积13.34 m<sup>2</sup>(5.8 m×2.3 m),通过人工观察发病株数调查两种布管方式下的黄萎病发病情况。

### 1.3 棉花生育期水肥处理

两种布管方式灌水时间、灌水定额和灌溉定额、施肥时间、施肥量,取样调查等都相同。基施尿素300 kg·hm<sup>-2</sup>,磷酸二铵225 kg·hm<sup>-2</sup>,硫酸钾225 kg·hm<sup>-2</sup>。生育期滴灌水10次,滴灌水时间随棉花生育期有所调整,一般约5~8 h;盛蕾期至花铃期分9次滴灌施肥,随水追施尿素300 kg·hm<sup>-2</sup>,大量元素水溶性肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=24:10:16)520 kg·hm<sup>-2</sup>。花铃期后滴施硫酸钾15 kg·hm<sup>-2</sup>。8月20日只施滴灌肥和钾肥,每次滴肥量根据生育期而定。6月14日第一次滴水不带肥。具体见表1。

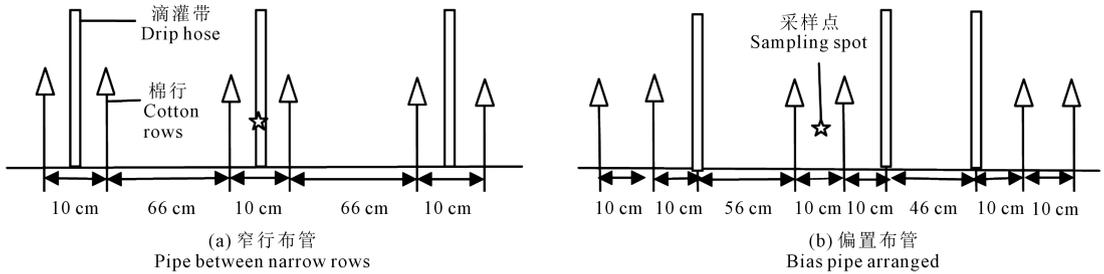


图1 窄行布管(a)和偏置布管(b)试验设计示意图

Fig.1 Pipe design of the drip system

表1 生育期滴灌水肥情况

Table 1 Status of drip irrigation and fertilization during the growing season

水肥因素 Water fertilizer factor	日期 Date(m-d)									
	06-14	06-22	06-26	07-03	07-11	07-17	07-24	08-02	08-13	08-20
滴水时间/h Dripping time	6	7	6	6	7	8	5	5	5	5
滴水定额/(m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup> ) Dripping quota	313	365	313	313	365	417	261	261	261	261
施肥量/(kg·hm <sup>-2</sup> ) Fertilization rate	0	45+30	60+50	60+50	40+100	30+100	25+100	20+30+5	20+30+5	30+5

注:表中用“+”连接2种或3种肥料的施肥量。06-22至07-24,施用尿素+大量元素水溶性肥;08-02和08-13,施用尿素+大量元素水溶性肥+硫酸钾;08-20,施用大量元素水溶性肥+硫酸钾。

Note: In the table, the numbers with “+” mean each fertilization amount of two or three kinds of fertilizers. From June 22 to July 24, the fertilizer applied was urea and water soluble macronutrients; From August 2 to August 13, the fertilizer applied was urea and water soluble macronutrients and potassium sulfate; On August 20, the fertilizer applied was water soluble macronutrients and potassium sulfate.

## 2 结果与分析

### 2.1 不同布管方式对棉花生长指标的影响

株高、叶面积和地上部干生物量是反映田间作物长势的重要指标。两种布管方式对棉花生长的影响如表2所示:灌溉前两种布管方式棉田的株高、叶片数、果台数均差别不大。随着水肥的施入,2种布管方式下棉花的生长指标逐渐呈现差异。从7月13日后,窄行处理下的棉株高度、果台数、叶片数、蕾花铃数及总果节数均显著高于偏置处理。其中,窄行处理蕾花铃数和铃数分别比偏置处理高13.9%和5.9%,窄行处理下的黄萎病发病率显著低于偏置处理,发病率减少23%,窄行处理能够促进棉桃提前成熟及吐絮,原因可能是窄行处理土壤湿润区与棉花根系区能最大程度重合,能充分供应棉花营养生长和生殖生长所需要的养分。且水肥供应充分,有助于形成健壮植株,提高了棉花的抗病能力。

### 2.2 不同布管方式对棉花干生物量的影响

研究发现,7月份是棉花大量开花、结铃的关键时期,也是棉花对水分需要最敏感时期,此期水分胁迫对棉花生长发育及产量的影响都十分明显<sup>[11]</sup>。生物量能够在一定程度上反映出棉田的生长情况,将3次重复的植株样品干生物量数据分别求平均,得出不同布管方式对棉田的生物量影响结果如表3所示:棉花生长前期,由于田间的水肥能够满足棉花自身的生长需求,2种处理下的棉花生物量差异并不显著;进入花铃期后,棉花植株对水分的需求增大,不同处理下水肥的供应不同,棉花生物量差异逐渐增大,与生长指标的差异趋势相同。经过6次滴水施肥后,花铃期窄行处理下的棉花叶片、茎秆、蕾花铃、总干生物量和叶面积显著高于偏置处理,分别比偏置处理高21.2%、10.3%、14.9%、15.3%和

29.2%,该差异一直持续到盛铃期。原因是由于在窄行处理下滴灌时水肥均匀分布在两行棉花根区,棉花能及时充分吸收养分,进而提高了棉花的生物

表2 两种布管方式下棉花农艺性状

Table 2 Results of cotton agronomic properties under two different pipe arrangements

调查日期 Date (m-d)	性状 Properties	窄行布管 PNR	偏置布管 BPA
06-22	株高/cm	54.7	54
07-13	Plant height	70	67.8
07-13	株叶数 Leaf number per plant	13.2	13
07-13	果枝始节 Initial internodes of fruiting branch	7.1	7.4
06-22	株果枝台数	6	5.9
07-13	Fruit branch number per plant	8.6	7.9
07-13	株蕾花铃数 Flowers and buds number per plant	12.3 (3.82) *	10.8
08-24	黄萎病发病率/% Incidence of verticillium wilt	25.34 (-11.59) **	32.9
08-24	株铃数 Effective cotton bells per plant	6.83 (3.83) *	6.45
08-24	株均果节数 The total bolls number per plant	13.46	12.9
09-12	小区平均吐絮铃数 Number of boll opening per plot	1477	1285
09-12	小区平均青桃铃数 Number of greenbolls per plot	4750	4513

注:经  $t$  检验显著性测定,当  $V=4$  时,  $t_{0.05}=2.776$ ,  $t_{0.01}=4.604$ 。括号里是  $t$  检验值; \* 表示在 5% 水平差异显著; \*\* 表示在 1% 水平差异显著。下同。

Note: Values in parentheses are the values of  $t$ -test; \* means significant at 5% level, \*\* means significant at 1% level. PNR: Pipe between narrow rows; BPA: Bias pipe arranged. The same bellow.

表3 两种布管方式下棉花单株叶面积和各器官干生物量

Table 3 Leaf area of cotton and dry biomass of different cotton organs with different pipe arrangements

性状 Properties	处理 Treatment	日期(月-日) Date (m-d)					
		06-22	07-13	08-02	08-24	09-12	
单株干生 物量/g Dry biomass per plant	叶片 Leaf blade	窄行布管 PNR	10.18	13.65	17.79 (3.40) *	13.04 (2.83) *	8.87
		偏置布管 BPA	10.08	13.32	14.68	11.2	8.14
	茎秆 Stem	窄行布管 PNR	9.35	15.79	17.67 (3.37) *	18.27 (3.61) *	18.39
		偏置布管 BPA	9.59	15.56	16.02	16.18	18.05
	蕾花铃 Cotton buds flower boll	窄行布管 PNR	0.72	5.72 (3.16) *	24.75 (2.80) *	37.63 (2.86) *	47.92
		偏置布管 BPA	0.70	4.77	21.54	34.79	46.57
总干生物量 The total dry matter	窄行布管 PNR	20.25	35.16	60.21 (5.03) **	68.94 (4.29) *	75.18 (2.79) *	
	偏置布管 BPA	20.37	33.65	52.24	62.17	72.76	
单株叶面积/dm <sup>2</sup> Leaf area per plant	窄行布管 PNR	4.54	17.64	22.32 (5.19) **	16.26 (3.14)	14.89 (2.88) *	
	偏置布管 BPA	4.43	16.47	17.28	14.82	13.63	

量指标。整个棉花生育期,棉花的叶片干生物量和叶面积变化趋势均为先增加后减少,在8月2日花铃期达到最大。进入盛铃期后,棉花叶片的光合作用下降,养分被转移至棉铃中,导致下部棉叶逐渐枯黄掉落,叶面积和叶片生物量在吐絮后迅速下降;茎秆干生物量先快速增长,后缓慢增长至停止;蕾花铃的生物量则是一直持续快速增长。

### 2.3 不同布管方式对土壤含水量的影响

不同布管方式下土壤含水量之间的差异结果如表4所示。表4可见,6月22日滴水肥前土壤水分本底值是:窄行处理除10~20 cm土层含水量略高于偏置处理,其它3个土层含水量都略低于偏置处理。在花铃期之前,由于灌溉定额相同,仅仅是布管方式的差异并不能引起土壤含水量产生差异;进入花铃期之后,两处理下土层深度为0~20 cm的含水量均呈现增加的趋势,但值得注意的是,此时窄行处理下各土层含水量均低于偏置处理,0~40 cm土层平均低0.75%~1.12%,原因可能是棉花进入盛蕾期、花铃期后植株生长加快,新陈代谢旺盛,对水肥要求迫切、敏感<sup>[12]</sup>;窄行处理下的棉花根系在花铃期从土壤中吸收了更多的水分和养分参与生命运动,促进了棉花的根系和地上部分生长,旺盛的生长又促进根系吸收更多的水分。盛铃期后,棉花对水分的需求减少,两处理下的土壤含水量均有显著增高,窄行处理的各土层平均含水量仍低于偏置处理,但差距逐渐减小;直到停水后窄行处理表层含水量才高于偏置处理,可见棉花生长后期,随着棉花对水分的需求减少,窄行处理滴水后棉行间土壤含水量较高的优势显现出来,有助于防止棉花早衰。

表4 两种布管方式下土壤含水量变化/%

Table 4 Change of soil moisture content under the different pipe arrangements

处理 Treatment	土层/cm Depth	日期 Date(m-d)				
		06-22	07-13	08-02	08-24	09-12
窄行 布管 PNR	0~10	12.33	13.58	14.06	19.08	11.87
	10~20	15.08	13.88	13.93	18.59	11.58
	20~30	14.61	14.71	13.69	16.69	12.16
	30~40	14.29	14.35	14.18	15.18	12.70
	平均 Average	14.08	14.13	13.96	17.38	12.08
	偏置 布管 BPA	0~10	12.49	14.07	14.60	19.71
偏置 布管 BPA	10~20	14.86	14.54	15.45	18.84	11.58
	20~30	14.87	15.45	15.20	17.66	12.67
	30~40	14.68	15.47	15.04	16.43	13.02
平均 Average	14.22	14.88	15.08	18.16	12.13	
窄行布 管-偏 置布管 PNR- BPA	0~10	-0.16	-0.49	-0.54	-0.63	0.63
	10~20	0.22	-0.66	-1.52	-0.25	0.00
	20~30	-0.26	-0.74	-1.51	-0.97	-0.51
	30~40	-0.39	-1.12	-0.86	-1.25	-0.32
	平均 Average	-0.14	-0.75	-1.12	-0.78	-0.05

作物根系主要从湿润体内吸收水分和养分,因此,土壤湿润体的位置、形状及其内部土壤水分与盐分的分布对作物水分吸收与生长都有很大影响<sup>[13]</sup>。由以上分析结果可见,整个生育期由于灌溉定额相同,窄行处理凭借湿润区优势应该能贮存较多的水分,但窄行处理下土壤含水量低于偏置布管,说明窄行处理土壤耗水量高于偏置处理,水分利用率高。

### 2.4 不同布管方式下土壤养分变化情况

根据前期研究结果,第一次滴灌水前棉花根系体系构建完成,棉花根系水平分布均匀,垂直方向在5~20 cm土层分布较多,疏松土壤中可深入到40 cm土层,棉田在垂直滴灌带的水平方向土壤养分含量差异不显著<sup>[14]</sup>。张计峰等的研究表明棉花根系主要分布在0~40 cm土层内约占棉花根系总量的75%~85%,水平分布范围为0~20 cm<sup>[15]</sup>,本研究在此研究基础上对养分变化进行了探索。

将2个处理3次重复的土壤养分和盐分数据按照各个层次分别平均,然后将窄行处理的结果减去偏置处理的结果,列于表5,以了解不同布管方式土壤氮、磷、钾和盐分在土壤中垂直方向的变化情况。

如表5所示,土壤含氮量本底值窄行处理高于偏置处理,但是随着棉田的灌溉和棉花生育期推进,窄行处理0~30 cm土层含氮量始终显著低于偏置处理,说明窄行处理更有利于棉花对氮肥的吸收。8月2日测定结果显示:窄行处理与偏置处理土壤含氮的差值略有缩小,可能由于前期共施入纯氮

表5 不同土层窄行布管相对偏置布管的养分盐分差值

Table 5 The difference of nutrients and salt in different soil layers with the different pipe arrangements

养分 Nutrient	土层/cm Depth	日期 Date(m-d)				
		06-22	07-13	08-02	08-24	09-12
碱解氮 Available N (mg·kg <sup>-1</sup> )	0~10	21.4	-26.8	-14.4	-45.6	-31.7
	10~20	14.6	-32.3	-9.1	-35.0	-21.7
	20~30	6.6	-14.2	-5.5	-1.4	-3.7
	30~40	5.8	-0.9	18.6	21.4	-13.8
有效磷 Available P (mg·kg <sup>-1</sup> )	0~10	0.6	2.4	22.9	19.4	0.4
	10~20	8.9	12.4	-5.0	-2.4	2.2
	20~30	2.7	6.0	4.6	11.1	-9.7
速效钾 Available K (mg·kg <sup>-1</sup> )	30~40	-1.3	-0.4	6.2	9.7	-1.9
	0~10	-1.3	-2.0	28.0	6.7	12.7
	10~20	9.3	-14.0	-13.3	-12.0	-14.7
全盐量 Total salt (mg·kg <sup>-1</sup> )	20~30	12.0	-10.7	-13.3	4.0	-6.7
	30~40	-28.0	-14.7	-4.0	-23.3	-4.0
	0~10	0.0	-0.9	-0.5	-1.7	-0.6
全盐量 Total salt (mg·kg <sup>-1</sup> )	10~20	0.6	-0.6	-0.5	-0.9	-0.2
	20~30	0.2	0.0	0.2	-0.2	-0.5
	30~40	0.3	-0.2	0.1	0.1	-0.4

222.8 kg · hm<sup>-2</sup>,窄行处理得到较多氮肥补充,但随着后期氮肥施入量的减少,差值又显著增大。30~40 cm 土层因根系较少,花铃期水肥大量施入后上层氮肥随水下渗有所富集,但水肥停止后又很快被吸收利用,此层窄行处理与偏置处理相比富集较多但消耗也较多。窄行处理下的氮肥吸收一直优于偏置处理,原因可能是窄行处理灌水后土壤湿润体与棉花根系分布范围重合性高于偏置处理,能促进根系发育,进而提高根系对于土壤中氮素的吸收。9月份的养分测定结果显示窄行处理各层碱解氮仍显著低于偏置处理,可见停水肥后窄行处理各土层对氮素的吸收仍高于偏置处理。

磷元素在土壤中移动较为困难,根据有关研究,滴灌施肥中磷的移动距离都比较有限,约 10 cm 以内<sup>[16]</sup>;0~10 cm 耕层速效磷含量最高,且随着滴肥次数的增加呈累积上升趋势,向下逐层递减,20 cm 以下耕层磷肥的移动量很少,只有少量磷肥随水顺着土壤较大孔隙及裂缝渗漏到耕层下部<sup>[17]</sup>。因此不同布管方式对土壤中磷的移动影响有限,其差异主要受土壤本底值和施肥量影响,本试验中土壤磷本底值窄行处理有效磷的含量在 0~30 cm 土层高于偏置处理,30~40 cm 土层略低于偏置处理。至 7 月 13 日滴肥 4 次,共计施入 23 kg · hm<sup>-2</sup>纯 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,由于磷移动性小,窄行处理取样点正位于滴灌带下,窄行处理 0~30 cm 土层比偏置处理磷的含量有所增加,30~40 cm 土层差值也减小;进入花铃期后又累计追施 29 kg · hm<sup>-2</sup>纯 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,窄行处理 0~10 cm 和 20~40 cm 土层磷含量仍高于偏置处理,但根系分布集中的 10~20 cm 土层磷含量则低于偏置处理,说明窄行处理棉花根层对有效磷的吸收大于偏置处理。

速效钾在土壤剖面上的垂直移动距离在 30 cm 以内<sup>[16]</sup>,本试验中土壤钾本底值窄行处理 10~30 cm 土层速效钾含量高于偏置处理,其它两层低于偏置处理。全生育期共计施入 89.2 kg · hm<sup>-2</sup>纯 K<sub>2</sub>O,

相对于本底值,表层 0~10 cm 土层土壤速效钾含量随着钾肥的补充开始富集,窄行处理速效钾含量高于偏置处理,而 10~30 cm 土层窄行处理的钾含量却显著低于偏置处理,其原因可能是随水滴施的肥料渗入这层的量低于棉花根系从中吸取的量<sup>[18]</sup>,窄行处理下棉花对钾肥的吸收利用高于偏置处理。

由以上分析可见,窄行处理水分和肥料集中在窄行根系密集处,有利于根系吸收利用,所以养分消耗的多。偏置处理毛管距另一单行 20 cm 左右,在这高频低定额量的滴灌方式下,一部分根系必然在湿润峰之外,根系对养分吸收势必受到影响,故养分消耗相对少些。这与水分的运移规律相符合。

土壤含盐量的变化通常与土壤水分运移相关,对不同布管方式下土壤含盐量进行分析,结果表明:窄行处理下的土壤含盐量相较于偏置处理下的土壤含盐量有显著降低,说明窄行布管方式能够有效降低土壤盐碱化。

## 2.5 不同布管方式下的棉花产量和品质

10 月下旬,待棉花基本吐絮,2 个处理田间实收计产。同时取 50 铃测单铃重、衣分和品质。实收的棉花和铃样均晒后称重,得到 6 个小区的产量,折合成每公顷产量。对采收的 50 个棉铃称重轧花称皮棉,得出衣分重。将皮棉送检棉纤维品质,结果见表 6。

从表 6 可见,窄行处理比偏置处理棉花显著增产,增产率高达 14.8%。增产主要原因之一是窄行处理的单株结铃数显著高于偏置处理。土壤养分的变化影响作物产量及产量构成因素,同时也影响着作物对水分的高效利用<sup>[19]</sup>;窄行处理养分随水直接运送到棉花根区,有利于棉花吸收利用,形成高产。而偏置处理湿润区与根区部分偏离,以致养分吸收率低,产量相对较低。

窄行处理马克隆值显著大于偏置处理;单铃重大于偏置处理,衣分略低于偏置处理,但差异不显著;其它纤维品质未呈现显著差异。可见窄行处理马克隆值偏大,其它品质未受影响。

表 6 两种布管方式下棉花产量性状及棉纤维品质  
Table 6 The cotton fiber quality on different pipe arrangement

处理 Treatment	产量 Yield /(kg · hm <sup>-2</sup> )	单铃重 Single boll heavy/g	衣分 Lint/%	马克隆 Micro-naire	成熟度 Maturity	上半均长 Fibre length/mm	整齐度 Uniformity /%	短纤维 SFI/%	强度 Strength /(gf · tex <sup>-1</sup> )	伸长 Elongation	反射率 Reflectance
窄行布管 PNR	6687 (3.08)*	5.47	42.7	5.22 (5.15)**	0.88	29.53	84.5	7.5	30.6	6.5	80.3
偏置布管 BPA	5824	5.12	43.7	4.80	0.87	29.35	84.1	7.9	31.1	6.9	80.2

### 3 结 论

从以上分析可见,窄行布管有利于提高土壤水分和养分利用率,降低土壤根区含盐量,促进棉花营养生长和生殖生长,提高产量,具体如下:

1)窄行布管因水肥供应充分,棉花花铃期和盛铃期蕾花铃数和铃数比偏置布管多 13.9%和5.9%,花铃期棉花叶片、茎秆、蕾花铃的干生物量和叶面积均高于偏置布管 21.2%、10.3%、14.9%和29.2%,差异达到显著。说明其棉花营养生长和生殖生长势都强于偏置布管。且因植株健壮,窄行布管棉花黄萎病发病率比偏置布管低 23%。

2)在棉花营养生长和生殖生长并进旺盛的花铃期,窄行布管的土壤耗水量显著高于偏置布管,0~40 cm 土层平均耗水高 0.75%~1.12%,水分利用率高。棉花盛铃后期对水分的需求减少,窄行布管凭借湿润区优势能贮存较多的水分,以防止棉花停水后早衰。

3)窄行布管土壤湿润体与棉花根系分布范围重合性好,养分随水直接运送达棉花根区,有利于棉株对养分的吸收利用,故根层土壤养分总体低于偏置布管,这与水分的吸收规律一致。窄行布管比偏置布管增产 14.8%,差异显著。窄行布管棉纤维马克隆值显著大于偏置布管,其它品质无显著差异。

#### 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):122-127.
- [2] 宁松瑞,左强,石建初,等.新疆典型膜下滴灌棉花种植模式的用水效率与效益[J].农业工程学报,2013,29(22):90-99.
- [3] 王允喜,李明思,魏闯,等.毛管间距对膜下滴灌棉花根系及植株生长的影响[J].灌溉排水学报,2010,29(1):68-73.
- [4] 冉立忠,蔡新宏.棉花膜下滴灌不同毛管间距对产量和效益的

影响[J].中国棉花,2005,(S1):57-58.

- [5] 蔡焕杰,邵光成,张振华.棉花膜下滴灌毛管布置方式的试验研究[J].农业工程学报,2002,18(1):45-49.
- [6] 程冬玲,吴恩忍.棉花膜下滴灌两种布设方式的试验研究[J].干旱地区农业研究,2001,19(4):87-91.
- [7] 李淦,高丽丽,张巨松.适宜膜下滴灌频次提高北疆机采棉光合能力及产量[J].农业工程学报,2017,33(4):178-185.
- [8] 张亭亭,类潇,王玉涛,等.新疆阿拉尔市水资源优化配置[J].中国水运,2014,14(8):213-214.
- [9] 新疆生产建设兵团农业局.兵团耕地施肥指标体系建立[C]//兵团测土配方施肥技术报告论文集.五家渠:新疆生产建设兵团出版社,2011.
- [10] 国家林业局.LY/T1210-1275-1999.森林土壤分析方法:中华人民共和国林业行业标准[S].北京:中国标准出版社,1999.
- [11] 马富裕,李俊华,李明思,等.棉花膜下滴灌增产机理及主要配套技术研究[J].新疆农业大学学报,1999,22(1):63-68.
- [12] 朱靖蓉,汪玲,王斌,等.棉花各生育期精细水肥调控对滴灌棉田土壤盐分变化的影响[J].新疆农业科学,2010,47(10):1963-1969.
- [13] 王允喜,李明思,蓝明菊.膜下滴灌土壤湿润区对田间棉花根系分布及植株生长的影响[J].农业工程学报,2011,27(8):31-38.
- [14] 蔡利华,陈玲,贡万辉,等.滴灌棉田根系与土壤氮磷钾养分的分布特征[J].中国土壤与肥料,2015,(2):44-48.
- [15] 张计峰,褚贵新.灌溉方式对新疆棉花条田盐分运移的影响[J].华北农业学报,2007,22(增刊):97-998.
- [16] 付明鑫,王广友,鲍明运,等.氮磷钾在滴灌棉田土壤中的移动性研究[J].新疆农业科学,2005,42(6):426-429.
- [17] 刘洪亮,曾胜河,施敏,等.棉花膜下滴灌施肥技术的研究[J].土壤肥料,2004,(2):30-31.
- [18] 池静波,黄子蔚,黄玉萍,等.滴灌条件下不同产量水平棉花各生育期需肥规律的研究.新疆农业科学,2009,42(2):327-331.
- [19] 李法云,宋丽,郑良,等.水肥耦合作用对土壤养分变化及春小麦生长发育的影响[J].辽宁大学学报,2001,28(3):263-267.