

南疆膜下滴灌棉花耗水规律以及灌溉制度研究²⁰

刘新永, 田长彦, 马英杰, 刘宏萍

(中国科学院新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要: 2004年在南疆尉犁县进行了棉花膜下滴灌耗水规律以及灌溉制度的研究,通过设置三个灌水处理: 345 mm、420 mm、505 mm,并连续监测每次灌前棉花全生育期土壤含水量变化,得出以下结论:在花期(7月4日)滴灌定额45 mm,灌水只能影响到土壤0~40 cm,灌后第一天,土壤水分损失可达到20 mm;灌后四天,0~40 cm含水量已降至60%以下,棉花已受到水分胁迫。在南疆,在充分满足棉花对水分需求的条件下,膜下滴灌棉花耗水量为625 mm,505 mm的灌溉量可满足棉花对水分的需求。根据实验的灌水安排以及棉花各生育阶段的耗水率,南疆膜下滴灌棉花的灌溉制度为:蕾期每次灌水定额35 mm,每5天灌一次;花铃期每次灌水定额为50 mm,7天灌一次,盛铃期后,灌水定额逐渐降低至35 mm。

关键词: 膜下滴灌;棉花;灌溉制度;南疆

中图分类号: S275.6; S562 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)01-0108-05

膜下滴灌技术是将覆膜种植与滴灌技术相结合的一种新型灌溉技术^[1],在北疆已建立了比较完整的灌水施肥体系^[2~5],普遍认为全生育期灌溉345~375 mm,灌水11~12次,施N肥225 kg/hm²即可满足棉花对水肥的需求;而且研究结果表明:膜下滴灌棉花蕾期适宜土壤相对含水量为60%~70%,花铃期为70%~80%,而且膜下滴灌的灌溉制度的建立是根据棉花的耗水情况而确定的^[6~8]。在南疆棉花膜下滴灌技术刚刚大面积推广,还尚未建立一套完整的灌溉制度,在实际调查过程中发现,过量灌溉普遍存在,不仅降低了膜下滴灌水肥利用效率,而且达不到应有的增产目标。再加上南北疆气候、棉花生育期、土壤类型的差异,不能照搬北疆的灌水制度。本试验在南疆气候条件下,通过设置不同灌水处理,按照棉花生育期需水规律合理安排灌水量,根据棉花耗水情况确定膜下滴灌棉花优化灌溉制度。

1 试验地概况与研究方法

1.1 试验地概况

试验于2004年4~10月在尉犁县城南的孔雀农场直属队2号地进行,试验区域位于新疆南部塔里木盆地东北缘,当地属于典型的干旱区绿洲农业,灌溉水源主要来自塔里木河和孔雀河。当地年降水量43 mm左右,蒸发量2 910 mm,年均气温10.7℃, >10℃积温4 184℃,无霜期144~210 d。试验地棉花

已连作7 a以上,土壤为潮土,土壤表层0~60 cm的容重1.36 g/cm³,35 cm处有一粘土层,田间饱和持水量为33%。试验地在年前进行过冬灌,三月中旬又进行了一次春灌,灌水量250~300 mm,播种前,0~100 cm土层储水量约375 mm,其中40~100 cm的土壤相对含水量接近90%。

1.2 试验处理

试验共设三个灌溉量(345、420、505 mm),全生育期施用氮肥225 kg/hm²,全部追施,磷钾肥全部基施,P₂O₅ 150 kg/hm²,K₂O 90 kg/hm²。水肥分配按蕾期1/3,花铃期2/3进行。水肥分配如表1。

1.3 田间试验布置及灌溉系统

采用一膜四行种植模式,行距30、40、30 cm,一膜铺设两条滴灌带,位于窄膜之内。膜宽1.2 m,膜间宽0.5 m。株距10 cm,理论株数每公顷22万株,实际株数每公顷20.5万株,出苗率达到94%。棉花品种为巴棉三号。三膜一个试验小区,小区面积80 m²,长15.7 m,宽5.1 m,设三个重复。灌溉系统由动力系统、过滤系统、管道系统、施肥系统组成。动力系统为一台3.6 kw的雅马哈水泵,过滤器由砂石过滤器与网式过滤器二级过滤组成,施肥系统为压差施肥器,并与水表相连确定灌水量。管道系统由干管直径75 mm,支管直径50 mm,副管直径25 mm,以及毛管组成。毛管为内镶式紊流滴灌带,直径16 mm,正常工作压力0.1 Mpa,滴头间距300 mm,流量1.8

L/h。

1.4 测定项目及方法

取0~60 cm 土层土壤,20 cm 为一层,每次灌前

1~2 d 在滴灌带下取样,生育期结束时,分别在宽行及膜间中央增加取样点,含水量测定用烘干法。

表1 水肥分配
Table 1 Arrangement of water and N

水、肥总量 Total amount	05-21	06-06	06-13	06-20	06-27	07-04	07-11	07-18	07-25	08-01	08-08	08-16	08-27
345 mm	15	18	18	24	30	36	36	36	30	30	24	18	30
420 mm	15	22.5	22.5	30	45	45	45	45	37.5	37.5	30	30	30
505 mm	15	27	27	36	54	54	54	45	45	45	36	36	30
N 225 kg/hm ²			22.5	22.5	30	30	30	30	22.5	22.5	15		

2 结果与分析

2.1 膜下滴灌棉花全生育期水分动态

2.1.1 土壤本底含水量 由图1可以看出,由于播前三月中旬进行的春灌(灌溉量250~300 mm),播前(4月10日)土壤含水量是比较高的,特别是40 cm 以下土壤相对含水量已接近90%,充足的底墒为出苗提供优越的环境,再加上4月份的气温比较稳定,出苗率达到94%。土壤本底的盐分比较轻,低于3 g/kg,不会对棉花生长产生影响,表层0~20 cm 的

盐分较低,可能是春灌压盐所致。

2.1.2 苗期土壤相对含水量 如图2,在苗期(5月27日),土壤表层0~60 cm 的土壤相对含水量与播前相比都有所降低,但膜内外的土壤含水量无差异。苗期棉花植株小,蒸腾微弱,土壤含水量降低主要由于田间蒸发造成的,而膜内外土壤相对含水量没有差别,这可能是由于底墒比较充足,膜间蒸发的水分可以很快得到补充,再加上土壤水分的侧向运移,膜内外的土壤含水量达到平衡。

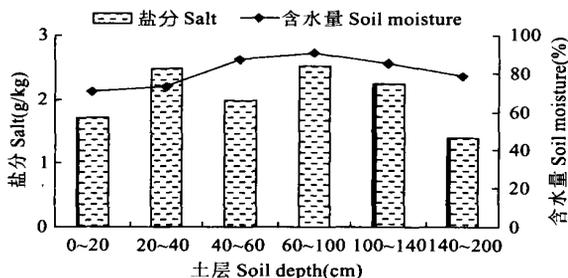


图1 土壤本底水盐分布

Fig.1 Distribution of water and salt in background soil

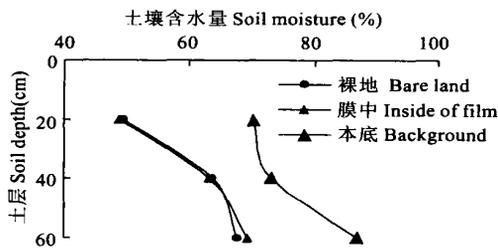


图2 苗期膜内外土壤含水量

Fig.2 Soil moisture inside and outside of plastic in seeding

2.1.3 各灌水处理灌前土壤相对含水量 在蕾期棉花适宜的土壤含水量为60%~70%^[2,3],而且在滴灌下棉花根系较浅,主要分布在0~40 cm,也就是说,在此区域的水分才能被棉花直接利用。如图3示,在蕾期,三种灌水量0~40 cm 土壤相对含水量差别不大,灌水505 mm 处理在灌前土壤含水量基本上达到60%左右,能保证满足棉花对水分的正常需求,其他两个处理灌前相对含水量要低于55%,在灌前棉花已受到水分严重胁迫。随着棉花生育进程,三个灌水量的灌前土壤含水量呈下降趋势,说明棉花消耗了一部分土壤储水量,也就是棉花的蒸散量要高于灌水的补给量,因此对于灌水量505 mm 的处理,膜下滴灌棉花可能会受到水分胁迫的危险,为了保证棉花的正常需水应适当加大灌溉定额。由

于每次测定土壤含水量都于灌前两天进行,因此实际间隔只有5 d。

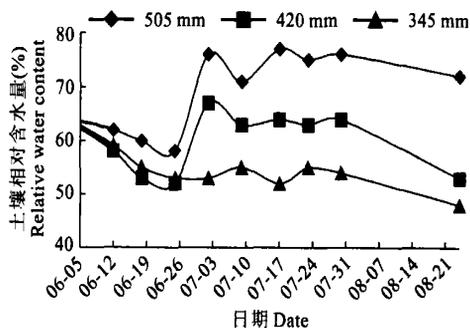


图3 灌前土壤相对含水量

Fig.3 Water content before irrigation

花铃期棉花最适宜的土壤含水量为70%~80%^[2~3],此时棉花的根系可以达到60 cm。花铃期三个灌水处理的灌前0~60 cm土壤相对含水量差异比较明显,而且灌前土壤含水量基本保持稳定,即棉花的蒸散量与灌水补给基本达到平衡。灌水505 mm的处理灌前土壤含水量保持在70%~80%,能保证棉花对水分的正常需求,而灌水420 mm的处理灌前土壤含水量为60%~70%,在此灌水量下棉花受到轻微胁迫,而灌水345 mm的处理,灌前土壤含水量维持在55%左右,棉花在灌前已受到严重水分胁迫。花铃期土壤含水量测定在灌水前一天进行。

产量受灌水量影响明显,如表2示,随着灌水量的增加产量也随之增加,而且充分满足棉花对水分需求(505 mm)时,其产量要显著高于水分胁迫的处

理(420 mm和345 mm)。

2.1.4 灌水周期内土壤相对含水量动态 在花期(7月4日),灌水定额45 mm灌后一周内的土壤相对含水量变化。灌前(7月2日)表层40 cm含水量已低于50%,此区域内的根系已受到严重水分胁迫。滴灌结束后1 h,表层0~40 cm土壤相对含水量增加明显,达到90%,说明灌水量45 mm时影响到的土壤深度为40 cm。而且土壤相对含水量由上而下逐渐降低,但膜内同一土层含水量差别不大,灌后一天,土壤0~40 cm的含水量已降至70%,蒸散量达到20 mm;此后几天内土壤0~40 cm含水量降低明显,在灌后第4天含水量已降至60%以下,0~40 cm的根系受到水分胁迫。另外30~40 cm含水量出现波动,可能是由于35 cm处存在的粘土层所致。

表2 各处理棉花产量
Table 2 Cotton yield of different treatments

项目 Item	灌水量 Irrigation amount (mm)		
	505	420	345
产量 Yield (kg/hm ²)	2888	2685	2610
差异显著性 Significance level	1% 5%	a A	b A

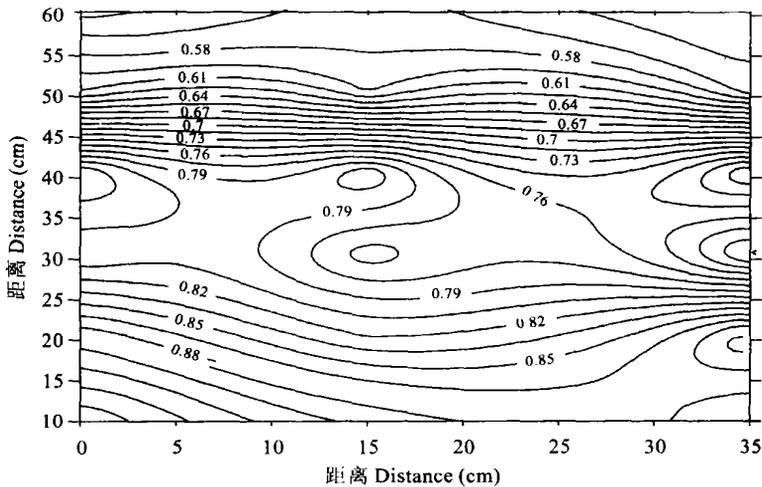


图4 灌后1 h土壤含水量分布

Fig. 4 Distribution of water in 1 hour after irrigation

2.1.5 滴灌结束后土壤相对含水量 与播前相比,表层60 cm含水量变化较大,已降至40%以下,60 cm以下土壤相对含水量变化不大,说明膜下滴灌棉花对水分的消耗主要在表层0~60 cm。灌水345 mm处理的膜间土壤相对含水量较其它两个灌溉量较低,在膜下三个水分处理的土壤相对含水量差异不大。

2.2 膜下滴灌棉花生育期耗水量及灌溉制度

棉花生育期的耗水量即棉花的蒸散量,根据公式^[9]

$$ET_{1-2} = 10 \epsilon H (\theta - \theta) + M + P + K - C$$

ET_{1-2} 棉花田间蒸散量(mm), ϵ 为土壤容重(g/cm^3), H 土层厚度(cm), θ 、 θ 为开始和结束时的土壤相对含水量(%), M 为灌水量(mm), P 为降雨量(mm), K 为毛管上升水量(mm), C 为深层渗

漏量(mm)。由于每次滴灌定额较低,不会产生深层渗漏,而滴灌棉花根系主要分布在0~60 cm,南疆的降雨量在4~10月份约为10 mm,对土壤相对含水量几乎没有影响,因此膜下滴灌水分平衡公式可以简化为^[2]:

$$ET_{1-2} = 10 H (\theta - \theta_0) + M$$

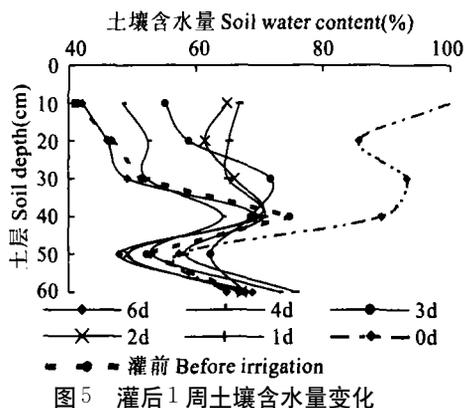


图5 灌后1周土壤含水量变化

Fig.5 Change of water in 1 week after irrigation

2.2.1 棉花生育期耗水量及耗水速率 棉花的耗

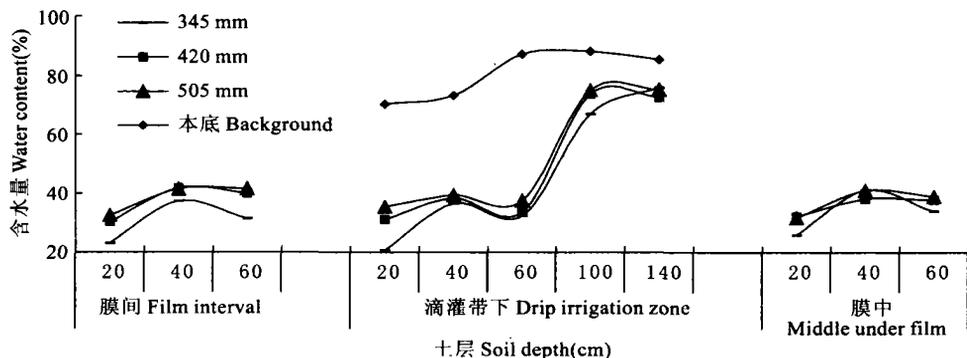


图6 棉花生育期结束后土壤含水量分布

Fig.6 Distribution of water after harvesting of cotton

南疆膜下滴灌棉花耗水率一个重要特点是:蕾期棉花耗水强度较大,几乎接近花铃期的棉花耗水量,这与南疆气候有关,六月份气温回升快,棉花未封行,蒸发量比较大,尽管蕾期棉花由于叶面积小、蒸腾量低,但二者之和仍然很大,因此在蕾期要满足棉花对水分的需求需加大蕾期的灌溉量。

2.2.2 南疆膜下滴灌棉花灌溉制度 通过监测灌前土壤含水量,并结合实验中灌水量安排,根据田间水量平衡所计算的棉花生育期耗水量以及耗水率,南疆膜下滴灌棉花在充分供水条件下的灌溉制度为:蕾期每次灌水定额 35 mm,每 5 天灌一次;花铃期每次灌溉定额 50 mm,灌水周期为 7 d,但在盛铃期以后灌水量逐渐降低至 35 mm,在推荐灌水量下

水量随灌水量的增加而增加,灌水量为 345 mm 的处理生育期平均耗水量为 505 mm,灌水量为 420 mm 的处理平均耗水量为 570 mm,而灌水 505 mm 的处理则达到了 625 mm,很明显都消耗了土壤储水量,分别为 160、150、120 mm,随着灌水量增加,消耗土壤储水量降低。

根据棉花田间生育期观测资料,4月25日~6月5日为苗期,6月6日~6月28日为蕾期,6月29日~8月24日为花铃期,8月25日以后为吐絮期,根据这几个生育阶段的土壤相对含水量变化与灌溉水量计算出棉花的蒸散量,灌水从6月6日开始。在满足棉花对水分需求的前提下(灌水量 505 mm),南疆膜下滴灌棉花苗期耗水量 80 mm,蕾期耗水量 150 mm。花铃期 350 mm,吐絮期为 45 mm,花铃期耗水量约占整个生育期的 60%。而膜下滴灌棉花蕾期与花铃期的耗水强度比较接近,也就是说南疆膜下滴灌棉花主要生育期(蕾期和花铃期)平均耗水率为 7~7.5 mm/d。

(505 mm),膜下滴灌棉花全生育期耗水量为 625 mm。

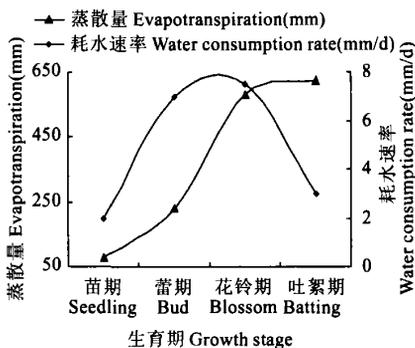


图7 棉花生育期蒸散量及耗水速率(mm/d)

Fig.7 Evapotranspiration and water consumption in different growth stages of cotton

3 小结与讨论

苗期0~60 cm 土壤相对含水量有所降低,但由于底墒充足而且膜内的土壤水分发生侧向转移,膜内外土壤含水量已无差别;棉花生育期结束时,不同灌水处理土壤相对含水量差别不大,与播前相比,土层0~60 cm 土壤相对含水量变化较大。灌水505 mm 的处理满足了棉花主要生育期对水分的需求,而灌水345 mm 处理在灌前已受到水分的严重胁迫。

在滴灌定额45 mm 的条件下,灌水只能影响到土壤0~40 cm,灌后1 h 土壤含水量由上至下逐渐降低,但膜内同一层土壤相对含水量差异不大;灌后第1天,0~40 cm 土壤相对含水量已降至70%,水分损失达到20 mm;灌后4天,0~40 cm 土壤相对含水量已降至60%,表层棉花根系开始受到水分胁迫。

在春灌的条件下,505 mm 的灌溉量基本上可满足棉花对水分的需求,膜下滴灌棉花全生育期耗水量约为625 mm。试验中蕾期的灌溉量偏低,需加大蕾期的灌溉量。根据实验的灌水安排以及棉花各生育阶段的耗水强度,南疆膜下滴灌棉花充分供水条件下的灌溉制度为:蕾期每次灌水定额40 mm,每5天灌一次;花铃期每次灌水定额为50 mm,每7天

灌一次,盛铃期过后,灌水定额逐渐降低至35 mm。

本试验只是探讨了南疆膜下滴灌条件下棉花充分灌溉的灌溉制度,为了进一步挖掘棉花膜下滴灌的节水潜能,还需进一步研究南疆膜下滴灌棉花的非充分供水的灌溉制度。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 李明思,郑旭荣,贾宏伟.棉花膜下滴灌灌溉制度试验研究[J].中国农村水利水电,2001,(11):13-15.
- [3] 胡晓棠,李明思,马富裕.膜下滴灌棉花的土壤干旱诊断指标与灌水决策[J].农业工程学报,18,(1):49-5.
- [4] 刘建军,陈燕华,李明思.膜下滴灌棉花植株耗水率与土壤水分的关系[J].棉花学报,2002,14(4):200-203.
- [5] 蔡焕杰,邵光成,张振华.荒漠气候区膜下滴灌棉花需水量和灌溉制度的试验研究[J].水利学报,2002,(11):119-124.
- [6] 高艳红,陈玉春,吕世华.西北干旱区绿洲不同灌溉制度的数值模拟[J].地理科学进展,2004,23(1):38-51.
- [7] 范文波,刘换芳,朱保荣.弃耕地苜蓿耗水规律及灌溉制度研究[J].水土保持学报,2003,17(3):165-16.
- [8] 刘增进,李宝萍,李远华.冬小麦水分利用效率与最优灌溉制度的研究[J].农业工程学报,2004,20(4):58-62.
- [9] 水利部农村水利水土保持司.中华人民共和国水电行业标准,灌溉试验规范(SL-13-90)[S].北京:中国水利水电出版,1990.

Water consumption characteristics and scheduling of drip irrigation under plastic film for cotton in south Xinjiang

LIU Xin-yong, TIAN Chang-yan, MA Ying-jie, LIU Hong-ping
(Xinjiang Institute of Ecology and Geography, CAS, Urumqi 830011, China)

Abstract: The scheduling of drip irrigation was studied in Yuli County, Kuerle in 2004 with three irrigation treatments: 345 mm, 420 mm and 505 mm. It was found that, when the irrigation ration was 45 mm in florescence stage, the soil moisture in 0~40 cm layer increased sharply to 90%; after one day it dropped to 70%, and the water loss was up to 20 mm; after four days it dropped to 60%, and the crop was affected by water stress. The water demand of cotton is about 625 mm for drip irrigation under plastic film in south Xinjiang. According to the arrangement of irrigation and water demand of cotton, the rational irrigation scheduling is: 40 mm for every four days in bud stage; 50 mm for every seven days in florescence stage; and 35 mm for every seven days after flourishing boll stage.

Key words: drip irrigation under plastic film; cotton; irrigation scheduling; south Xinjiang