

不同膜下滴灌模式对土壤水分及棉花产量的影响

余 美¹, 杨劲松¹, 刘梅先¹, 李晓明¹, 王 进²

(1.中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008; 2.乌兰乌苏农业气象试验站, 新疆 石河子 832003)

摘 要:采用负压计法和烘干法, 监测不同的灌溉定额、灌溉频率下膜下滴灌棉田在水平和垂直方向的水分含量, 并调查棉花生长状况。结果表明, 当灌溉水质为淡水且滴孔流量为 $1.6 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$ 时, 过量灌溉(450 mm)和适量灌溉(375 mm)膜内 0~60 cm 土层的含水量适宜, 过量灌溉的含水量最高, 少量灌溉(300 mm)使土层在蕾期以后处于轻度干旱状态; 低频(10 d)和适频(7 d)灌溉膜内 0~60 cm 土层的含水量适宜, 低频灌溉的含水量最高, 而高频(3 d)灌溉使土层在花铃期处于轻度干旱状态; 灌溉定额和灌溉频率对棉花产量均有显著影响, 过量和高频灌溉的棉花产量分别为区组内最高。

关键词:膜下滴灌; 水分运动; 灌溉定额; 灌溉频率

中图分类号:S275.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-2043(2010)12-2368-07

Study on Effects of Different Mulched Drip Irrigation Modes on Soil Moisture and Cotton Yield

YU Mei¹, YANG Jing-song¹, LIU Mei-xian¹, LI Xiao-ming¹, WANG Jin²

(1. Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China; 2. Wulanwusu Agro-meteorological Experiment Station, Shihezi 832021, China)

Abstract: Tension meters and oven drying method were adopted to monitor the soil moisture contents at horizontal and vertical positions in field under mulched drip irrigation of different water quotas and frequencies, moreover, the cotton yield was investigated. The experiment results show that, with fresh water and drip emitter discharge at $1.6 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$, excessive irrigation (450 mm) and sufficient irrigation (375 mm) can ensure appropriate water content in soil layers of 0~60 cm under film, and the moisture contents are the highest under excessive irrigation. On the contrary, the soil layers are in light-degree drought condition after bud stage under deficient irrigation (300 mm). Low-frequent irrigation (10 days) and middle-frequent irrigation (7 days) can make the moisture suitable in soil layers of 0~60 cm, and the moisture contents are the highest under low-frequent irrigation. Contrarily, the soil layers are in light-degree drought condition during flowering and boll-forming stage under high-frequent irrigation (3 days). The water quota and frequency of irrigation all have significant influence on the cotton yield, and the highest cotton yield can be obtained under excessive irrigation and high-frequent irrigation respectively among different water quotas, and frequencies.

Keywords: mulched drip irrigation; transportation of soil water; irrigation quota; irrigation frequency

新疆地处亚欧大陆腹地, 属干旱与半干旱气候区, 降雨稀少, 蒸发强烈, 是一个水分相当贫乏的区域。全疆水资源总量为 793 亿 m^3 , 每 1 万 km^2 占有水量仅为 4.96 亿 m^3 , 为全国平均占有量的 18%。20 世

纪 80 年代以来, 新疆生产建设兵团根据当地的实际情况, 大力发展和推广管灌、喷灌、滴灌、涌泉灌、渗灌等节水灌溉技术。由于膜下滴灌具有地形适应性强、水分利用率高等突出优势, 成为在新疆绿洲推广速度最快、面积最大的节水灌溉技术。掌握膜下滴灌土壤水分的运移规律、棉花生育期的耗水规律以及积盐、脱盐规律等, 是新疆等干旱地区发展推广膜下滴灌技术的迫切需要。

20 世纪 90 年代以后, 国内外开始膜下滴灌的土壤水分动态试验研究。吕殿青、马富裕、郑旭荣等认为膜下滴灌水流缓慢, 不断浸润根层, 可使主根区土壤保持良好的水分环境^[1]; “小灌量, 短周期”的灌溉制度

收稿日期: 2010-05-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(40771097); 公益性行业(农业)科研专项经费项目(200903001); 国家科技支撑计划项目课题(2006BAD05B02, 2007BAC17B04); 新疆自治区科技攻关项目(200733144-1); 国家“863”计划重点项目课题(2006AA100207)

作者简介: 余 美(1976—), 女, 湖南华容人, 博士后, 主要从事水资源及盐渍土方面的研究。E-mail: myu@issas.ac.cn

通讯作者: 杨劲松 E-mail: jsyang@issas.ac.cn

可确保棉花高产稳产,提高棉花水分利用效率^[2];棉花膜下滴灌时保持土壤含水率在 50%~80%田间持水率可以得到较理想的作物耗水分布;采用“浅灌勤灌”的方法可使棉花根系主要吸水层在 60 cm 土层深度以内^[3]。蔡焕杰的试验研究表明,灌水量过多或过少均不利于高产,为了取得高产和较高的水分利用率,全生育期的耗水量应在 345~380 mm 之间;棉花膜下滴灌的灌溉制度为全生育期灌水 12~14 次,灌水定额 25~30 mm^[4]。王小兵的试验结果表明,灌水周期 2 d 的高频处理下表层土壤含水率较高;随着灌水频率的增大,棉花花铃期耗水强度增大,产量提高 7.3%~17.4%^[5]。Shrivastava、Karlberg 通过番茄滴灌试验得出,与无覆膜的地面漫灌相比,当灌量为 40%的蒸发皿蒸发量时,覆膜滴灌可有效降低杂草侵扰,增产 53%,节水 44%^[6];滴头附近土层较外行湿润,0~40 cm 根系层含水量在电导率为 6 dS·m⁻¹ 咸水灌溉下较淡水灌溉高;小滴头流量时覆膜处理下根系层的含水量显著高于裸地处理,而大滴头流量时覆膜和裸地处理下根系层的含水量差异很小^[7]。McCann 的观测结果表明,在过量灌溉处理下 0~70 cm 土层的含水量先随灌溉增大,后因作物蒸腾减小的波动性最为强烈,其次为充分灌溉,再次为少量灌溉;生育期内过量灌溉下的含水量总体增长,充分灌溉基本稳定,少量灌溉总体下降^[8]。

目前,田间试验普遍存在观测手段单一、观测时段短、观测土层少等不足,尚缺乏对棉田膜下滴灌水分运移规律的系统研究。本文根据新疆耕作实际,考虑灌溉定额和灌水周期两大水分影响因子设置田间试验,综合负压计定位观测和土样采集手段,对 100 cm 内 5 个土层的水分动态进行全生育期监测,以期较为全面地揭示不同灌溉模式对土壤水分状况的影响,为新疆膜下滴灌区采用科学的灌溉模式提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区设在新疆乌兰乌苏农业气象试验站,东经 85°49′、北纬 44°17′,海拔 468.2 m。年均气温 7.0℃,年均降水量 210.6 mm,年均蒸发量 1 664.1 mm,年均日照时数 2 861.2 h。土壤质地为粘壤土,地下水埋深在 20 m 以下。供试棉花品种为新疆主栽新陆早 13 号,采用覆膜滴灌,一膜两管四行,行距为 30 cm+60 cm+30 cm+60 cm,株距 9 cm(见图 1)。滴灌带置于 30 cm 窄行之间,滴孔间距 30 cm,滴孔流量 1.6 L·h⁻¹。

试验地于 2009 年 4 月 21 日播种,10 月 3 日开

始收获至 10 月 19 日结束。由于 2008 年 11 月进行了冬灌,且播种前后雨量充沛,土壤墒情好,因此没有滴灌出苗水。2009 年 6 月 23 日灌头水,9 月 11 日灌水结束,灌溉水源为当地井水(淡水,矿化度 0.31 g·L⁻¹)。

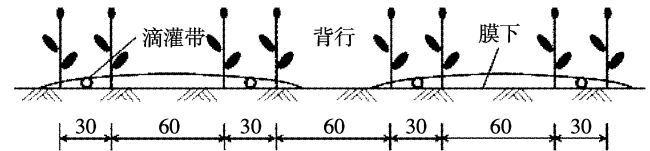


图 1 棉花种植与滴灌带布置

Figure 1 Cropping model of cotton and layout of drip irrigation belt

1.2 试验处理及小区划分

根据新疆的耕作灌溉实践,设置两组单因素试验。试验因素为灌溉定额和灌溉周期,每个因素设置 3 个水平,每个处理设置 3 个重复,共布设 18 个小区,小区规格为 3 m×6 m。试验小区用白色聚氯乙烯塑料膜隔离,隔离深度 50 cm,以消除水分的横向渗流。处理小区在试验区内随机排列。棉花播种之前,在试验小区内取土,测定土壤的初始含水量和初始含盐量,见表 1。

表 1 土壤理化性质

Table 1 Soil physical and chemical properties

基础性状	深度/cm				
	0~10	10~20	20~40	40~60	60~100
容重/g·cm ⁻³	1.25	1.27	1.45	1.53	1.54
初始含水量/%	15.45	17.46	18.66	20.30	16.21
含水量 C_v	0.09	0.08	0.11	0.11	0.16
田间持水量/%	24.3				
初始含盐量/g·kg ⁻¹	2.22	1.41	0.82	0.91	1.00

1.2.1 定额区组

根据新疆棉花膜下滴灌各生育期的耗水量与耗水强度的研究成果^[9],本次试验的灌溉定额分设 3 个水平,即适量灌溉 375 mm、过量灌溉 450 mm、少量灌溉 300 mm。不同定额处理的灌溉周期均为 7 d。

1.2.2 频率区组

蕾期和花铃期的平均灌水周期设为适频 7 d、低频 10 d 和高频 3 d(见表 2)。不同频率处理的灌溉定额均为 375 mm。

1.3 设点及取样

对于处理相同的 3 个小区,在其中 1 个小区的中间选点,分别于横向(膜下和背行)、垂向不同位置(在横向取样点下 10、20、40、60、100 cm)埋设张力计,每隔 3 日观测 1 次,获取膜下、背行土壤剖面的水分动

[illegible]

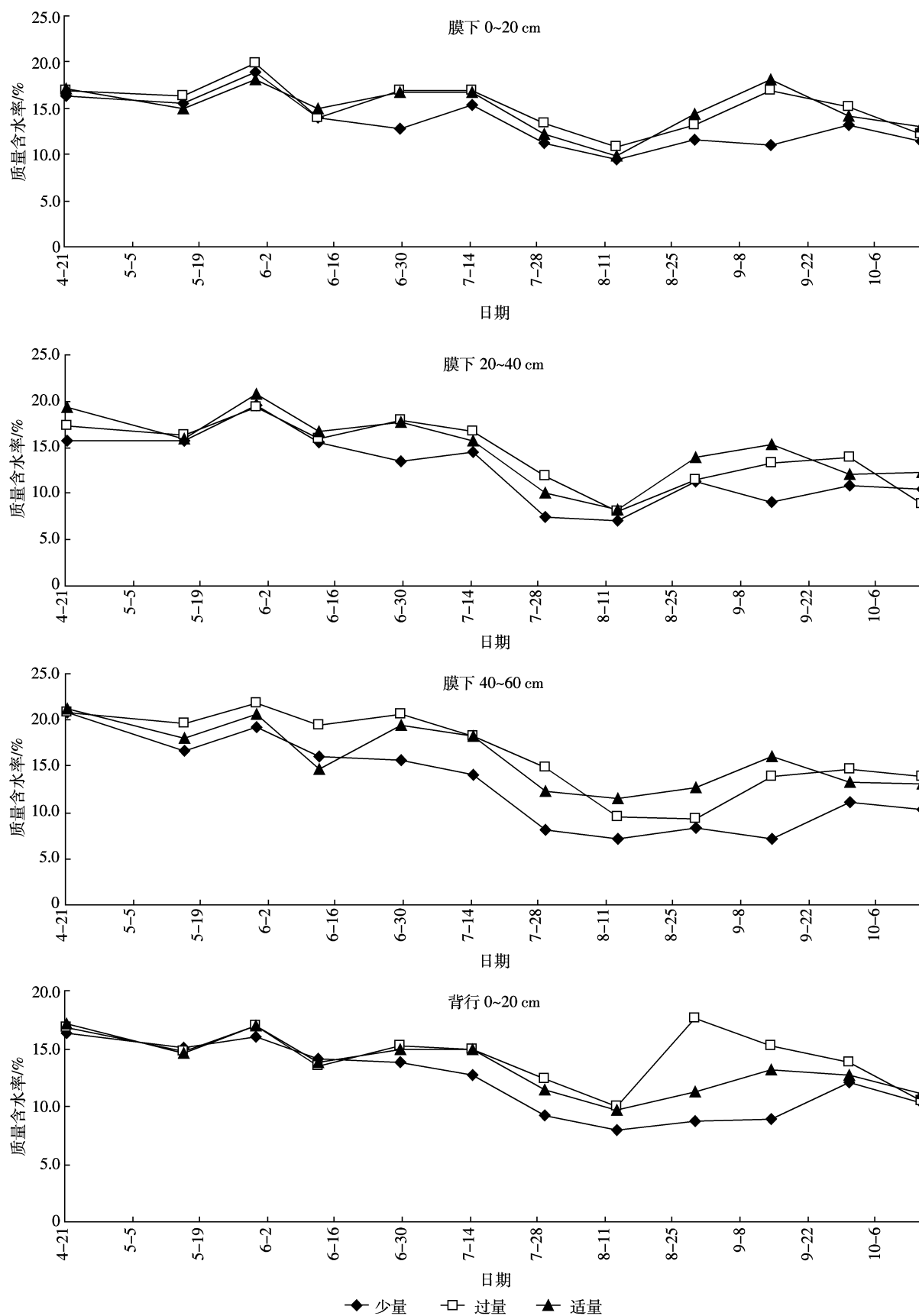


Figure 2 Water content variation in soil layers under different irrigation quotas

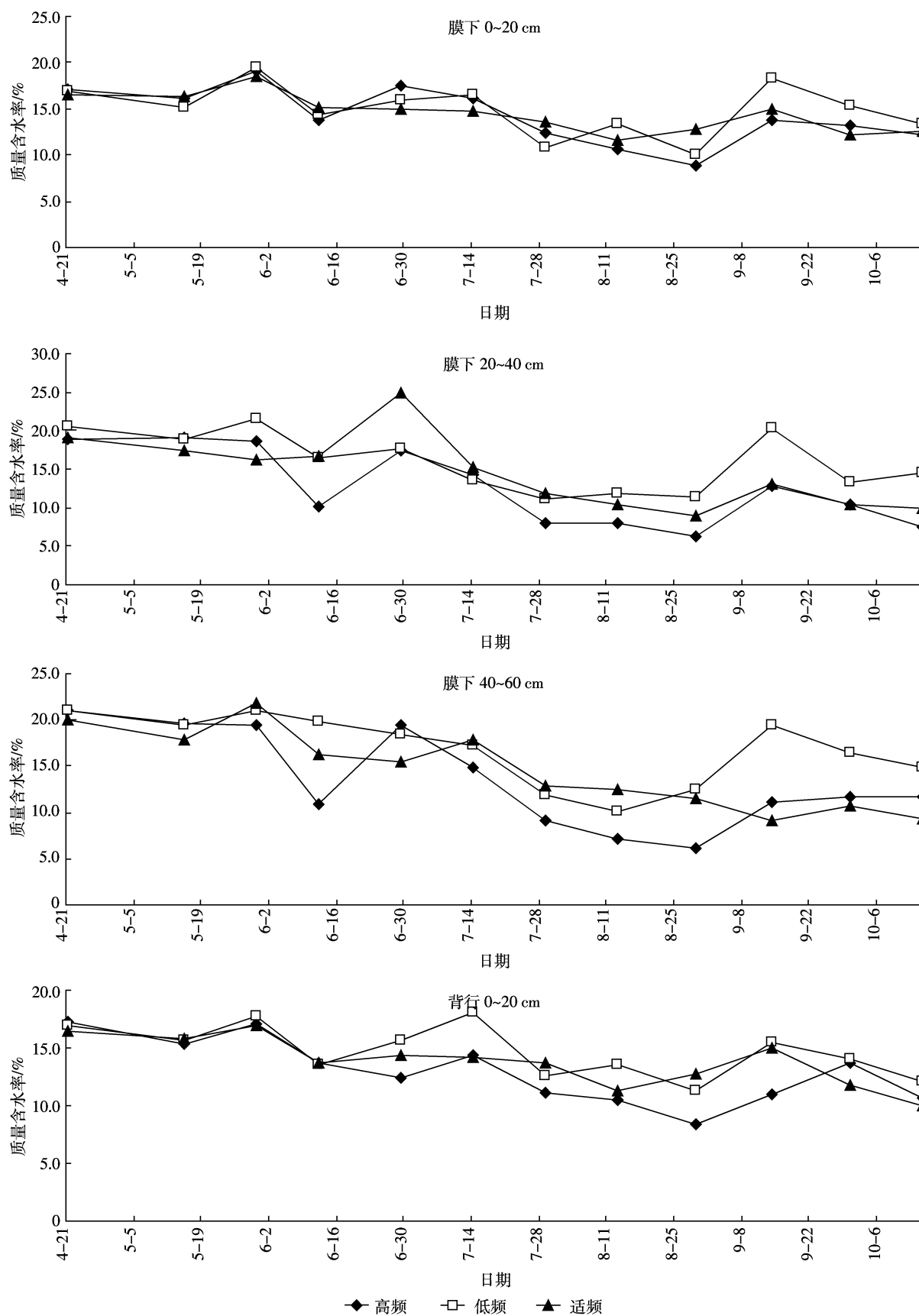


Figure 3 Water content variation in soil layers under different irrigation frequencies

花缺水。

3 结论

(1)在淡水和适频灌溉条件下,不同定额滴灌的同时期土壤含水量是不同的:膜下 60 cm 内各土层的含水量以过量滴灌最高,排序基本为过量>适量>少量。过量和适量灌溉下,各层含水量介于 50%~80%田间持水量之间。少量灌溉处理下,各层含水量在蕾期以后分布在凋萎系数和 50%田间持水量之间,土壤基本处于轻度干旱状态,且花铃期 40~60 cm 土层含水率接近凋萎系数。

(2)在淡水和适量灌溉条件下,不同周期滴灌的同时期土壤含水量是不同的:膜下 60 cm 内各土层的含水量以低频滴灌最高,排序基本为低频>适频>高频。低频和适频灌溉下,各层含水量介于 50%~80%田间持水量之间。高频灌溉处理下,各层含水量介于 40%~80%田间持水量之间,且在棉花需水旺盛的花铃期处于轻度干旱状态,其中 40~60 cm 土层的含水率低至凋萎系数。

(3)籽棉测产结果显示,水量区组的产量排序为过量>适量>少量;周期区组的产量排序为高频>适频>低频。

(4)综上,土壤含水量随灌水量的增大而增大,随灌水频率的增大而减小,少量和高频灌溉会导致土壤轻度干旱。根据不同处理下棉花主根区的水分状况、产量以及节水抑盐效果,在北疆宜采用适量、高频组合的淡水灌溉模式。

参考文献:

- [1] 吕殿青,王全九,王文焰,等.膜下滴灌土壤盐分特性及影响因素的初步研究[J].灌溉排水,2001,20(1):28-31.
LU Dian-qing, WANG Quan-jiu, WANG Wen-yan, et al. Salt distribution and effect factors in under-film drip irrigation [J]. *Irrigation and Drainage*, 2001, 20(1):28-31.
- [2] 马富裕,李蒙春,张旺锋,等.北疆棉花高产水分生理基础的初步研究[J].新疆农业大学学报,1997,20(4):14-18.
MA Fu-yu, LI Meng-chun, ZHANG Wang-feng, et al. The study of physiological characters in north Xinjiang high yield cotton under different water supply[J]. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 1997, 20(4):14-18.
- [3] 郑旭荣,胡晓棠.棉花膜下滴灌田间耗水规律的试验研究[J].节水灌溉,2000(5):25-27.
ZHENG Xu-rong, HU Xiao-tang. Experimental research on water consumption of the cotton under drip irrigation mulched with plastic films [J]. *Journal of Water-Saving Irrigation*, 2000(5):25-27.
- [4] 蔡焕杰,邵光成,张振华,等.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):119-123.
CAI Huan-jie, SHAO Guang-cheng, ZHANG Zhen-hua, et al. Water demand and irrigation scheduling of drip irrigation for cotton under plastic mulch [J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2002 (11):119-123.
- [5] 王小兵,李明思,张旺锋,等.膜下高频滴灌棉花田间耗水规律的试验研究[J].水资源与水工程学报,2008,19(1):21-24.
WANG Xiao-bing, LI Ming-si, et al. Experimental research on water consumption of the cotton under high-frequency drip irrigation mulched with plastic films[J]. *Journal of Water Resources & Water Engineering*, 2008, 19(1):21-24.
- [6] Shrivastava P K, Parikh M M, Sawani N G. Effect of drip irrigation and mulching on tomato yield[J]. *Agricultural Water Management*, 1994, 25 (2):179-184.
- [7] Karlberg L, Rockstrom J. Low-cost drip irrigation-A suitable technology for southern Africa An example with tomatoes using saline irrigation water[J]. *Agricultural Water Management*, 2007,89:59-70.
- [8] McCann I, Kee E, Adkins J. Effect of irrigation rate on yield of drip-irrigated seedless watermelon in a humid region [J]. *Scientia Horticulturae*, 2007, 113(2):155-161.
- [9] 郭金强,危常州,侯振安,等.北疆棉花膜下滴灌耗水规律的研究[J].新疆农业科学,2005,42(4):205-209.
GUO Jin-qiang, WEI Chang-zhou, HOU Zhen-an, et al. Study on the regular pattern of water consumption of cotton under film mulch with drip irrigation in north Xinjiang[J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2005, 42(4):205-209.
- [10] 吴争光,虎胆·吐马尔白.不同灌水频率棉花膜下滴灌土壤盐运移规律研究[J].新疆农业大学学报,2009,32(4):50-54.
WU Zheng-guang, Hudan·tumaerba. A study on the transportation law of water and salt in soil under different frequencies of mulching-film drip irrigation of cotton[J]. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 2009, 32(4):50-54.
- [11] 柴付军,李光永,张 琼,等.灌水频率对膜下滴灌土壤盐分布和棉花生长的影响研究[J].灌溉排水学报,2005,24(3):12-15.
CHAI Fu-jun, LI Guang-yong, ZHANG Qiong, et al. Study on effects of irrigation frequency on moisture and salt regime and growth of cotton under mulch-film drip irrigation[J]. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2005, 24(3):12-15.