

低压微润灌溉对日光温室小气候及番茄生长特性的影响

李朝阳¹, 杨玉辉¹, 王兴鹏^{1,2}

(1. 塔里木大学 水利与建筑工程学院, 新疆 阿拉尔 843300; 2. 中国农业科学院 农田灌溉研究所, 河南 新乡 453000)

摘 要:以番茄为试材,研究了低压微润灌溉对日光温室小气候及番茄生长特性的影响,以明确低压微润灌溉在南疆地区设施大棚内的适宜性。结果表明:微润灌溉条件下的地温变化较滴灌稳定,变幅较小。番茄苗期至坐果期微润灌溉的地温普遍较滴灌高 2.98℃,而在坐果期至成熟期则较滴灌低 2.03℃。微润灌溉分别较滴灌的室内温度增加 2.63℃,湿度降低 11.2 个百分点。微润灌溉的番茄根系直径、茎粗分别较滴灌增加 19.30%和 14.50%,而滴灌主根长及主根系数量分别较微润灌溉提高 13.80%和 11.29%。微润灌溉的番茄长势要好于滴灌,尤其是在苗期至坐果期可加快番茄株高生长,在一定程度上能够增加番茄须根数量及茎粗,但对主根长和主根系数量具有一定的抑制作用。

关键词:微润灌溉;番茄;地温;湿度;生长特性

中图分类号:S 641.226.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)11-0047-05

温室是一个半封闭体系,与露地作物栽培相比较,土壤水分对温室作物生长、内部小气候的影响会更直接。研究温室节水技术不仅在于节水的目的,同时也是适宜灌溉技术的优选过程。低压微润灌溉属于一种微量、连续、缓慢的微孔渗水灌溉新技术,对土壤水分具有较好的调控作用,相对于其它灌溉方式,土壤不会出现过饱和状态或干湿交替状态,能够有效减少地表蒸发节约用水。微润灌溉有利于促进作物生长、提高产量和水分利用效率(WUE)^[1-5]。相对于沟灌,微润灌溉能够提高大棚空气温度、土壤温度,降低空气湿度^[6],且番茄株高、茎粗均高于滴灌处理^[7],微润灌溉玉米单株干物质积累趋势异于

膜下滴灌^[8],株高、茎粗与地上鲜物质质量呈增加趋势^[9]。田德龙等^[10]研究表明,微润灌溉能促进向日葵的生长,显著提高向日葵产量和水分利用效率。李朝阳等^[11]认为微润灌溉表层土壤形成干土层,起到覆膜作用,减少了表层土壤蒸发,提高了灌溉水利用系数。南疆地区采用地面灌溉方式导致土壤表层蒸发强烈,失水较快,极易造成设施内土壤的次生盐渍化问题。而且荒漠性土壤保水性较差,降低了土壤水分的有效性,过量灌溉会形成土壤深层渗漏,导致田间水利用系数较低。因此,针对南疆地区的特殊土壤条件,研究适宜该地区的灌溉方式十分必要。该试验开展了低压微润灌溉对日光温室小气候及番茄生长特性影响的研究,以期对低压微润灌溉技术在内陆极端干旱区设施生产中的推广应用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

新疆和田地区墨玉县地处塔克拉玛干沙漠南缘(东经 79°08′~80°51′,北纬 36°36′~39°38′),面积 2.5 万 km²,其中平原绿洲占 5.9%,沙漠占 85.6%,属极端干旱荒漠气候,年平均气温 11.3℃,1 月平均气温 -6.5℃,7 月平均气温 24.8℃,极端最低气温 -18.7℃。年平均降水量 36.2 mm。无霜期 177 d,

第一作者简介:李朝阳(1986-),男,河南许昌人,硕士,讲师,现主要从事水资源高效利用等研究工作。E-mail:406487698@qq.com.

责任作者:王兴鹏(1978-),男,回族,宁夏吴忠人,硕士,副教授,现主要从事极端干旱荒漠区农业水土环境等研究工作。E-mail:13999068354@163.com.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51469029);兵团中青年科技创新领军人才计划资助项目(2016BC001);塔里木大学重大专项培育资助项目(TDZKPY201501);塔里木大学青年基金资助项目(TDZKQN201512)。

收稿日期:2017-02-16

春夏多大风,有沙尘暴,风向多西北风和西风。

1.2 试验材料

供试低压微润带由深圳微润科技有限公司提供,微润带上的微孔数量为 $10 \text{ 万} \cdot \text{cm}^{-2}$ 个以上,微孔孔径为 $10 \sim 900 \text{ nm}$ 。供试番茄品种“青研番茄一号”由墨玉县农技站提供。供试日光温室长 60 m 、宽 7 m 。

1.3 试验方法

1.3.1 番茄种植方式 试验于2013年10月至2014年1月在新疆和田地区墨玉县扎瓦乡设施日光温室内进行。番茄种植模式为一垄2行,株行距为 $20 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$,起垄种植,垄宽 50 cm ,垄长 6 m ,垄间距为 70 cm 。2013年10月10日移栽,2014年1月15日番茄收获结束。小区面积 16 m^2 ,设3次重复,以滴灌为对照。2种灌溉条件下的番茄均采用相同田间管理方式。

1.3.2 微润带与滴灌带的布置 微润带埋设在番茄行中位置,埋置深度为 20 cm (图1)。微润带每延米日(24 h)出水量为 $q=3L/(m \times d)$ 。其中, L 代表单位长度出水量(L); m 代表单位长度(m); d 代表天(d),即24 h 每延米出水量 3 L ,额定工作水头 1.5 m 。微润带的供水及压力水头由安装在日光温室内的储水桶提供,储水桶容积 1.5 m^3 ,安装高度 1.5 m 。在管道连接处安装调压控制阀和流量计,便于对微润带的压力和水量进行调节和计量(图2);滴灌(对照)试验在另一日光温室进行,采用单翼迷宫式滴灌带,滴头间距 10 cm ,滴头流量 $2.0 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$,工作压力 0.1 MPa ,滴灌带布置方式为1管2行,铺设在番茄行中,采用压力水泵外接水箱供水。



图1 微润带

Fig.1 Moistube-irrigation tape

1.4 项目测定

1.4.1 地温测定 分别在微润灌溉和滴灌的番茄行中埋设地温计,埋设深度分别为 5 、 10 、 15 、 20 、



图2 供水装置

Fig.2 Water supply device

25 cm ,每隔 5 d 测定1次数据。

1.4.2 室内温度及湿度测定 分别在微润灌溉和滴灌的日光温室内安装温湿度计进行温湿度测定,每隔 5 d 测定1次数据。

1.4.3 番茄生长的测定 分别于2013年10月20日、10月30日、11月9日、11月19日、11月29日、12月9日、12月19日、12月29日和2014年1月8日,在微润灌溉和滴灌的日光温室内各随机选择10株番茄,用钢卷尺量取高度,测定标准为自地表垂直量取到主茎最高点。

1.4.4 番茄根、茎的测定 分别于番茄苗期、花期、坐果期、成熟期在微润灌溉和滴灌的日光温室内随机选取10株番茄整株取根,用水冲洗干净,去除杂物,测定番茄主根系长、根系直径、根系数量、主茎直径。用钢卷尺测定番茄的主根系长度,同时记录主根系数量;用 0.01 mm 电子游标卡尺测定根系直径和茎粗。

1.5 数据分析

采用 Excel 2007 和 Sigmaplot 12.0 软件对试验数据进行分析、制图。

2 结果与分析

2.1 不同灌溉方式对日光温室地温的影响

由图3可知,微润灌溉条件下,不同土层深度的地温变化趋势较为一致,各层的地温变化幅度较小, 5 、 10 、 15 、 20 、 25 cm 地温均值分别为 21.9 、 20.8 、 19.7 、 18.9 、 $18.4 \text{ }^{\circ}\text{C}$,这是由于连续灌水方式能够使土壤水分保持在某一范围内变化,土壤比热相对稳定,地温变化较小。由图4可知,滴灌条件下,不同土层深度的地温变化幅度较大,表层 5 、 10 cm 的地温变化最为剧烈。 5 、 10 、 15 、 20 、 25 cm 地温均值分别为 20.5 、 19.2 、 17.8 、 17.5 、 $17.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$,这是因为间歇式灌溉使土壤存在干湿交替,土壤水分减小地温升高,反之则降

低,地温受灌水影响较大,而其它土层地温变化相对稳定,变幅较小。由图 5 可知,随着外部气温的逐月下降,设施内地温逐渐降低,在生育末期(1 月)地温达到最低值。番茄移栽后的苗期至坐果期,微润灌 0~25 cm 土层地温均值较滴灌高 2.98 °C,这一时期较高的地温更有利于番茄快速生长。而在坐果期至成熟期微润灌较滴灌低 2.03 °C,这一阶段的低地温对于番茄生长和产量则不会产生较大的影响。

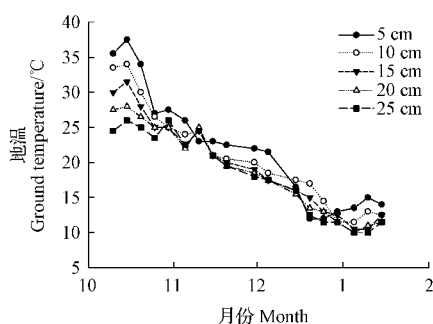


图 3 微润灌溉方式对地温的影响

Fig. 3 Effect of oistube-irrigation on ground temperature

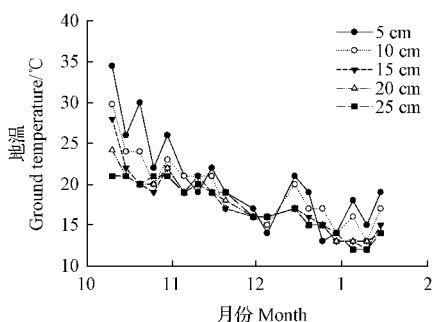


图 4 滴灌灌溉方式对地温的影响

Fig. 4 Effect of drip-irrigation on ground temperature

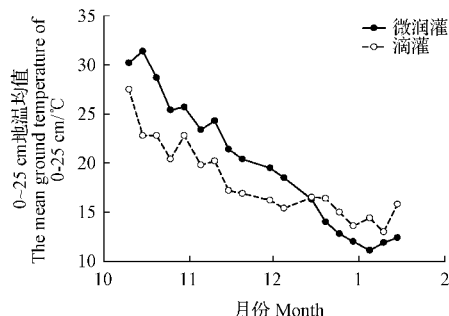


图 5 微润灌和滴灌地温均值的变化

Fig. 5 Change of mean ground temperature of oistube-irrigation and drip-irrigation

2.2 不同灌溉方式对日光温室室温、湿度的影响

由图 6 可知,微润灌与滴灌对日光温室温度影响的差异性较大。在番茄生育期内,微润灌溉的平均室温 32.95 °C,较滴灌高 2.63 °C,且变幅较滴灌小,而滴灌的室温变化起伏较大。由于微润灌溉后地面 0~10 cm 土层水分补给较少,地表干燥,水分蒸发弱消耗室内热量少,室温相对较高。而滴灌易造成地表湿润,表层水分蒸发强烈消耗热量使室温降低。

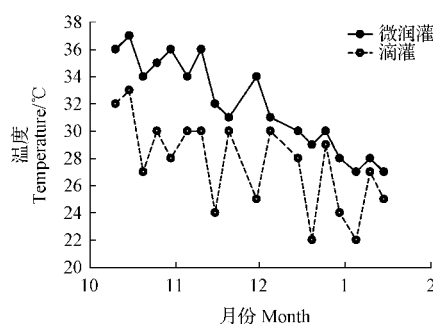


图 6 微润灌和滴灌方式对室温的影响

Fig. 6 Effect of oistube-irrigation and drip-irrigation on greenhouse temperature

由图 7 可看出,微润灌和滴灌对于日光温室湿度的影响趋势较为一致。在番茄生育期内,微润灌溉的室内平均湿度为 24.7%,比滴灌降低 11.2 个百分点。由于滴灌后地表湿度大,蒸发强烈,在封闭的空间内缺少外界气流交换,湿度较大。

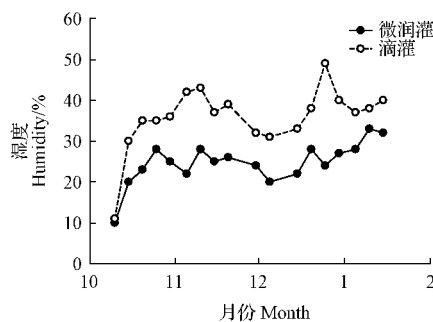


图 7 微润灌和滴灌方式对湿度的影响

Fig. 7 Effect of oistube-irrigation and drip-irrigation on greenhouse humidity

2.3 低压微润灌溉对设施日光温室番茄生长特性的影响

2.3.1 对番茄株高的影响 由图 8 可看出,灌溉方式对番茄株高的影响较大,微润灌溉条件下,不同时期番茄长势优于滴灌,尤其是在苗期至坐果期番茄株高较高。在整个番茄生育期内,滴灌番茄的株高均值为 29.6 cm,微润灌番茄的株高均值为 31.8 cm。

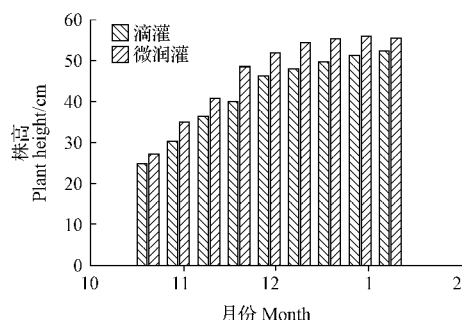


图8 微润灌和滴灌方式对番茄株高的影响

Fig. 8 Effect of oistube-irrigation and drip-irrigation on plant height of tomato

说明微润灌溉在促进番茄生长、加快生育进程方面较滴灌有优势。

2.3.2 对番茄根、茎生长的影响 由图9可知,在番茄苗期滴灌和微润灌对根系的影响较小,主根系长度分别为21.3、20.2 cm。但在番茄花期、坐果期和成熟期,滴灌对番茄主根系的生长影响高于微润灌。在整个番茄生育期内,滴灌的番茄主根平均长度为50.2 cm,较微润灌增长13.80%。由图10可知,在番茄苗期滴灌和微润灌对主根系数量的影响不明显,主根系数量分别为17、18根,但花期后滴灌番茄的主根系数量逐渐高于微润灌。在整个番茄生育期内,滴灌的番茄主根系平均为34.5根,较微润灌提高11.29%。由图11可知,在番茄苗期滴灌番茄的根系直径为1.27 mm,而微润灌为1.31 mm,二者相差较小。但是花期至成熟期微润灌对于番茄根系的调控作用逐渐显现,此时期微润灌的根系平均直径为3.03 mm,较滴灌提高19.30%。由图12可知,在番茄苗期滴灌的茎秆直径为7.8 mm,而微润灌为8.1 mm,二者差距不明显,而花期至成熟期微润灌的番茄茎秆直径均值为22.93 mm,较滴灌增加14.50%。因此,在日光温室番茄种植过程中微润灌溉对番茄主根长、主根系数量具有一定的调控抑制作用,但在一定程度上能够增加须根数量和茎粗。

3 讨论与结论

高天明等^[12]的研究表明,滴灌黄芩地温要低于微润灌黄芩,这是由于微润灌溉连续低流量供水方式使番茄根区长期保持较好的土壤水分条件,连续灌水方式能够使土壤水分保持在某一范围内变化,土壤比热相对稳定,地温变化较小。该研究表明,在微润灌溉条件下不同土层深度的地温变化趋势较为一致,变化幅度较小,而滴灌的地温变化幅度较大,表层5、10 cm的变化较为剧烈。在番茄苗期至坐果

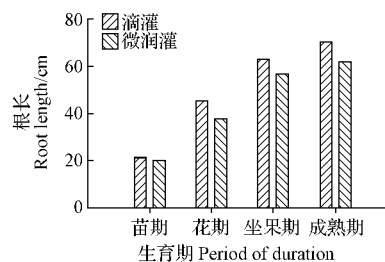


图9 微润灌和滴灌方式对番茄主根长的影响

Fig. 9 Effect of oistube-irrigation and drip-irrigation on main root length of tomato

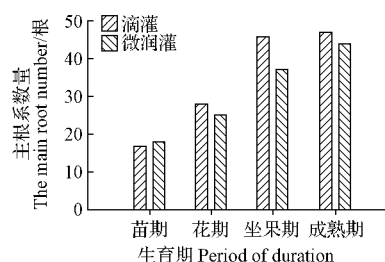


图10 微润灌和滴灌方式对番茄主根系数量的影响

Fig. 10 Effect of oistube-irrigation and drip-irrigation on main root number of tomato

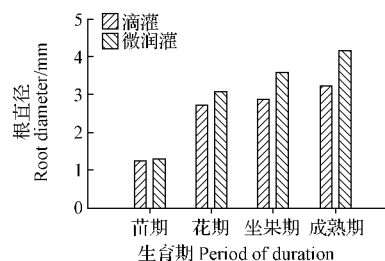


图11 微润灌和滴灌方式对番茄根系直径的影响

Fig. 11 Effect of oistube-irrigation and drip-irrigation on roots diameter of tomato

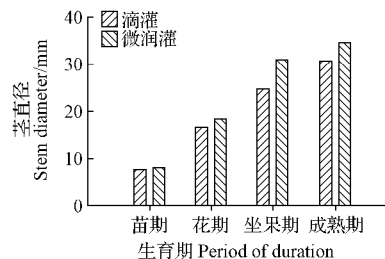


图12 微润灌和滴灌方式对番茄茎直径的影响

Fig. 12 Effect of oistube-irrigation and drip-irrigation on stem diameter of tomato

期微润灌地温普遍较滴灌高 2.98℃,坐果期至成熟期则较滴灌低 2.03℃。

微润灌溉在调节温室小气候方面作用较滴灌效果明显,在秋冬季日光温室番茄种植时应使室温保持在较高温度则更有利于番茄的生长,而保持温室内较低湿度对于控制病菌和病虫害较为有利,同时,湿度越大,室温降低,作物生长减缓。该研究得出在番茄生育期内,微润灌溉的平均室温较滴灌提高 2.63℃,平均湿度较滴灌降低 11.2 个百分点。这与于秀琴等^[6]的研究结论较为一致。

作物的根、茎指标能够直观反映作物的生长状况及生理发育是否良好。当根区存在水分胁迫时会激励根系向深层生长寻求水分补给,主根系比较发达、相对较长,须根不发达,茎秆直径小;反之,主根长相对较短、数量较少,须根发达,茎粗较大。通过该研究发现,微润灌溉在一定程度上能够增加番茄须根数量和茎粗,但对番茄主根长、主根系数量具有一定的抑制作用。微润灌溉的番茄长势要明显好于滴灌,尤其是在苗期至坐果期番茄生长较快。微润灌溉的番茄根系直径、茎粗分别较滴灌直径增加 19.30%和 14.50%,而滴灌主根生长及主根系数量分别较微润灌提高 13.80%和 11.29%。薛万来等^[7]研究也表明微润灌溉处理的番茄株高、茎粗比滴灌处理分别高 6.36%、3.11%。

Effect of Low Pressure Oistube-irrigation on Microclimate and Tomato Growth Characteristics in Greenhouse

LI Zhaoyang¹, YANG Yuhui¹, WANG Xingpeng^{1,2}

(1. College of Water Resource and Architectural Engineering, Tarim University, Alaer, Xinjiang 843300; 2. Farmland Irrigation Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Xinxiang, Henan 453000)

Abstract: Tomato was used as test material, the effects of low pressure oistube-irrigation on greenhouse microclimate and field tomato growth characteristics were studied. To explore the suitability of low pressure oistube-irrigation of facilities greenhouse. The results showed that the change of oistube-irrigation ground temperature was more stable than that of drip-irrigation; the ground temperature of tomato seedling-fruit stage was 2.98℃ higher than that of drip-irrigation and 2.03℃ lower than that of drip-irrigation in fruit-mature period. Oistube-irrigation had a positive effect on regulating the solar greenhouse microclimate, increasing indoor temperature by 2.63℃ and humidity by 11.2 percentage point compared with drip-irrigation, respectively. The root diameter and stem diameter of oistube-irrigation were 19.30% and 14.50% higher than that observed in drip-irrigation. However, the main root length and quantity of drip-irrigation increased by 13.80% and 11.29%. Oistube-irrigation increased tomato growth trend especially at the stage of seedling-fruit. Oistube-irrigation increased the diameter of the stem and quantity of fibrous root of tomato, but it inhibited the length and quantity of main root.

Keywords: oistube-irrigation; tomato; ground temperature; humidity; growth characteristic

参考文献

- [1] 张俊,牛文全,张琳琳,等.初始含水率对微润灌溉线源入渗特征的影响[J].排灌机械工程学,2014,32(1):72-79.
- [2] 张俊,牛文全,张琳琳,等.微润灌溉线源入渗湿润体特性试验研究[J].中国水土保持科学,2012,10(6):32-38.
- [3] 薛万来,牛文全,张俊,等.压力水头对微润灌土壤水分运动特性影响的试验研究[J].灌溉排水学报,2013,32(6):7-11.
- [4] HE Y Q, CHENG Z Y, ZHANG R, et al. Effects of different ways of micro-moist irrigation on growth and yield of maize[J]. Journal of South China Agricultural University, 2012, 33(4): 566-569.
- [5] 张国祥,申丽霞,郭云梅.基于微润灌溉技术的光温室内白菜生长状况试验研究[J].节水灌溉,2016(7):6-9.
- [6] 于秀琴,窦超银,于景春.温室微润灌溉对黄瓜生长和产量的影响[J].中国农学通报,2013,29(7):159-163.
- [7] 薛万来,牛文全,张子卓,等.微润灌溉对大棚番茄生长及水分利用效率的影响[J].干旱地区农业研究,2013,31(6):61-66.
- [8] 何玉琴,成自勇,张芮,等.不同微润灌溉处理对玉米生长和产量的影响[J].华南农业大学学报,2012,33(4):567-570.
- [9] 张明智,牛文全,王京伟,等.微润管布置方式对夏玉米苗期生长的影响[J].节水灌溉,2016(3):80-84.
- [10] 田德龙,郑和祥,李熙婷.微润灌溉对向日葵生长的影响研究[J].节水灌溉,2016(9):94-98.
- [11] 李朝阳,夏建华,王兴鹏.低压微润灌灌水均匀性及土壤水分分布特性[J].节水灌溉,2014(9):9-12.
- [12] 高天明,张瑞强,王健,等.微润灌与滴灌对黄苣草地温度与产量的影响差异[J].节水灌溉,2016(8):86-90.