doi:10.11937/bfyy.20172112

交替微润灌溉在大棚菠菜种植中的应用

郭英姿[1],申丽霞[1],尹玉娟[1],张春一[2]

(1.太原理工大学 水利科学与工程学院,山西 太原 030024;2.山西水务工程建设监理有限公司,山西 太原 030024)

摘 要:以大叶菠菜为试材,在大棚内采用微润灌溉与分根区交替灌溉相结合的灌溉方法,研究了不同压力水头与微润管间距下,交替微润灌溉对菠菜生长状况的影响。结果表明:交替微润灌溉处理下,灌溉用水量是常规充分灌溉的64.6%~71.5%,且交替微润灌溉下植株根长、株高、鲜质量、干质量等指标皆高于常规灌溉。在微润管埋5 cm深的条件下,1.5 m压力水头、30 cm微润管间距处理植株生长状况较好,1.0 m压力水头、20 cm微润管间距处理水分利用率最高。因此交替微润灌溉不仅可以应用于大棚内菠菜种植,而且此灌溉方式在节约灌溉用水的同时可促进植株生长,提高产量。

关键词:分根区交替灌溉;微润灌溉;植株生长

中图分类号:S 636.107+.1 **文献标识码**:A **文章编号**:1001-0009(2017)24-0081-05

我国是农业大国,但水资源严重不足、农业用水利用率低等问题制约我国农业进一步发展。尤其在干旱地区,灌水不足会影响大棚内蔬菜正常生长。分根区交替灌溉与微润灌溉技术是近年来发展迅速且应用广泛的节水灌溉技术。分根区交替灌溉技术(alternate partial root-zone irrigation,APRI)是通过控制灌水使一部分根系处于干燥状态,以触发植物的水分胁迫防卫系统,在保持高效光合作用、不影响干物质积累的情况下提高植株的水分利用率[1]。国内对分根区交替灌溉的研究发现[2-3],在保证作物产量、产值的情况下,分根区交替灌溉可以节约灌水量和施肥量,提高水分利用效率。微润灌溉技术(moistube irrigation,MI)是由深圳市微润灌溉技术有限公司提出的一种新型灌溉技术,利用半透膜的选择性透过功能,通过膜内外的水势差自动调整供水量,向土壤中持续供水。与其它灌溉方式相比,微润灌溉可以改善植株生长的土壤情况,减少水分蒸发量,节约灌溉用水,提高植株产量及品质[4]。有研究表明,在棚菜种植中应用微润灌溉,植株各项生理指标、单位面积产量及水分利用率皆高于滴灌[5-6]。该试验以大棚内种植的大叶菠菜为试验材料,利用微润灌溉与分根区交替灌溉相结合的方法,在控制微润管埋深的情况下设置不同的压力水头与微润管间距,以探究不同条件下微润灌溉对大棚内菠菜生长的影响。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验区位于山西太原,属于北温带,夏季炎热多雨,冬季寒冷干燥,年平均气温9.5 ℃,无霜期202 d,霜冻期为10月中旬至翌年4月中旬。

1.2 试验材料

供试品种为大叶菠菜,由晋武蔬菜种子有限公司提供。

第一作者简介:郭英姿(1993-),女,硕士研究生,研究方向为节水灌溉。E-mail:980012954@qq.com.

责任作者:申丽霞(1968-),女,博士,教授,现主要从事水肥资源高效利用等研究工作。E-mail:shenlixia919@sohu.com.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31271645,51409184);山西省农业科技攻关资助项目(20140311007-4);山西省自然科学基金资助项目(201701D121109)。

收稿日期:2017-07-14

1.3 试验方法

试验于2016年4月19日至5月23日在太原理工大学日光温室大棚内进行。采用土箱进行种植,土箱大小为90 cm×45 cm×40 cm,土箱内共种植3行,行间距为15 cm,土壤密度为0.57 g·cm^{-3},土壤初始含水率为23.10%。

交替微润灌溉处理在每个土箱内设置2条微润管,交替进行灌水,微润管埋5 cm深。以常规灌溉处理为对照(CK),试验处理见表1,其中总灌溉量为实际灌溉量。播种后,将2条微润管同时打开进行灌水,5 d后关闭一根供水管道,2条微润管道交替进行灌溉。

表1 试验处理

Table 1 Experimental treatments

处理 Treatment	微润管埋深 Buried depth of micro pipe/cm	微润管间距 Micro-pipe spacing/cm	压力水头 Pressure head/m	交替周期 Alternate cycle/d	灌溉量 Irrigation volume/L
常规(CK)	—	—	—	—	65.0
T1	5	30	1.5	10	46.5
T2	5	20	1.5	10	46.5
T3	5	30	1.0	10	42.0
T4	5	20	1.0	10	42.0

1.4 项目测定

1.4.1 土壤含水率及土壤温度的测定

土壤含水率与土壤温度每隔5 d测量1次,在交换灌水管道前进行测量。于离土箱一侧的长边边框5.0、22.5、40.0 cm处分别取土进行测量,每行取4个样本,共12个样本,求其平均值。土壤含水率使用烘干法测量土壤含水率,土层测量深度为0~15 cm。土壤温度使用土壤水分测试仪进行测量,土层测试深度为0~7 cm。

1.4.2 植株株高、根长的测定

在收获时,用直尺对植株株高、根长进行测量,每行取3个样本,每箱共9个样本,求其平均值。株高为从植株子叶节点开始至植株叶片最高端长度,根长为从植株子叶节点至植株主根系最底端长度。

1.4.3 植株鲜质量、干质量的测定

在各处理中,每行选取3株,每箱共取9株,取整棵植株。通过电子秤称重得到单株植株鲜质量,将植株烘干至恒重得到单株植株干质量。

1.4.4 植株产量

收获时,用电子秤对每个土箱内所有植株进行称重。

1.4.5 植株水分利用率

收获时,将每个土箱中所有植株进行烘干处理,105 ℃杀青15 min,80 ℃烘至恒重,并对其用电子秤称量,得整个土箱内干物质质量。灌溉水为植株整个生育期所用灌水量之和。$WUE = DW/ET_{\alpha}DW$,土箱内干物质质量(g),ET_{α}为菠菜生育期间实际灌水量(kg),即各阶段灌水量之和。

1.5 数据分析

采用Excel软件对试验数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对土壤含水率与土壤温度的影响

由图1可知,播种后5 d,双管同时开启进行灌溉,土壤含水率增加迅速,随着交替灌溉的进行,土壤含水率开始持平。土壤初始含水率为23%,CK在试验期内含水率缓慢上升,最高为27%;交替微润灌溉土壤含水率在开始灌溉后10 d,土壤含水率增加至45%~52%,其中T1处理土壤含水率最高为52%;10~35 d时,交替微润灌溉处理下土壤含水率保持持平;播种后15 d,土壤温度呈下降趋势,播种20 d,由于外界气温的升高土壤温度也随之升高,随后随外界气温下降而总体下降。在各灌溉处理中,CK下土壤温度最高,T1处理土壤温度最低。20 d时,各灌溉处理之间土壤温度差异最大,其中,CK温度最高为25 ℃,T1处理温度最低为21 ℃。

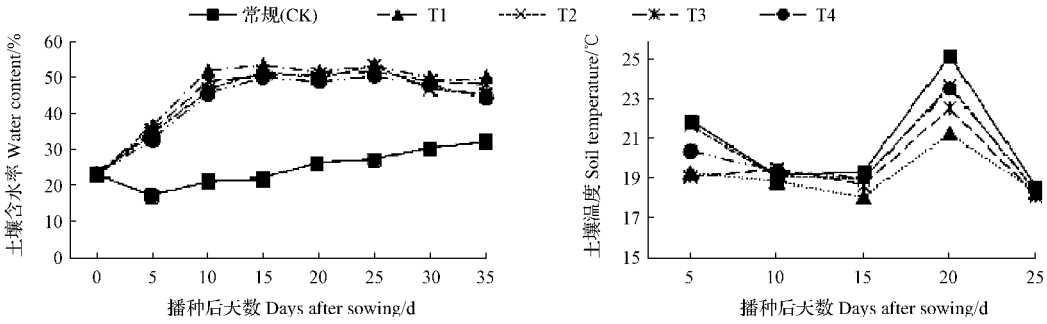

图 1　土壤含水率及土壤温度的变化

Fig. 1　Change of soil water content and soil temperature

2.2　不同处理对植株株高与根长的影响

由图 2 可知，在整个生育期结束时，植株株高依次为 T2＝T4＞T1＞T3＞CK，根长依次为 T1＞T2＞T3＞T4＞CK。T2 处理与 T4 处理最高，与 CK 相差 7 cm，T1 处理根系最长，比 CK 长 3 cm。各交替微润灌溉处理，其根系长度随土壤含水率的降低呈变短趋势。

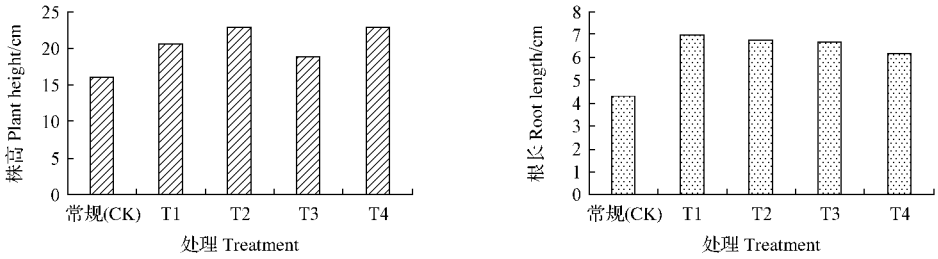

图 2　植株株高、根长的变化

Fig. 2　Changes of plant height and root length of the plants

2.3　不同处理对植株鲜质量与干质量的影响

由图 3 可知，CK 处理的植株鲜质量与干质量最低，各交替微润灌溉中，T2 处理鲜质量最高，T4 处理干质量最高。播种后，植株鲜质量与干质量随生育期的进行而逐渐增加，二者变化趋势相近。在播种后 21 d 内，各处理鲜质量与干质量差异较小，随后，各处理间差异逐步增大，收获时，T2 处理鲜质量比 CK 高 4 g，T4 处理干质量比 CK 高 0.3 g。

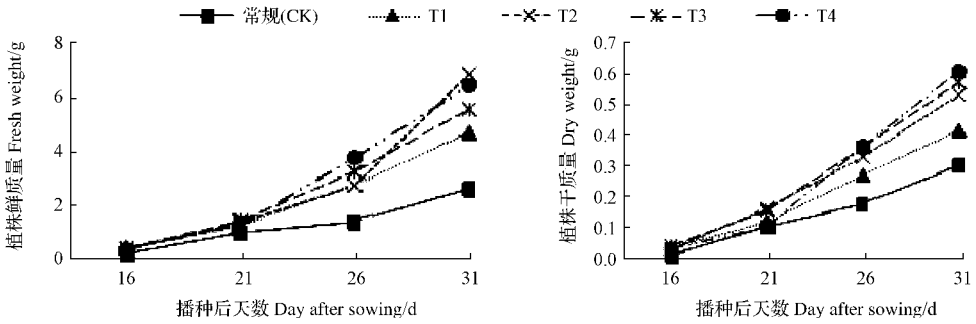

图 3　植株鲜质量、干质量的变化

Fig. 3　Changes of fresh weight and dry weight of the plants

2.4 不同处理对植株产量及水分利用率的影响

由图 4 可知,收获时,各处理产量依次为 T4>T2>T3>T1>CK,各处理水分利用率依次为 T4>T3>T2>T1>CK,T4 处理下产量与水分利用率均优于其它处理。

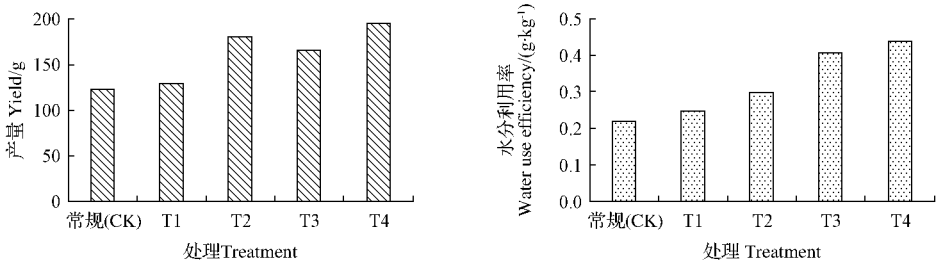

图 4 植株产量、水分利用率的变化

Fig. 4 Changes of yield and water use efficiency of the plants

3 结论与讨论

该试验中,CK 比 1.0 m 压力水头下交替微润灌水量用水量多 54.8%,且其水分利用率远低于交替微润灌溉处理,1.5 m 压力水头处理灌溉量多于 1.0 m 压力水头处理。一方面,微润灌溉属于地下灌溉,土壤作为覆盖物可以减少水分的蒸发损失;另一方面,交替微润灌溉土壤温度低于 CK,水分蒸发与温度呈正比关系,因此土壤温度较低的交替微润灌溉蒸发速率较小。杨文君等[7]微润灌溉的试验证明,微润灌溉是利用半透膜内外水势差而自动调整向土壤中的供水量,从而减少灌水冗余,因此微润灌溉比 CK 节约灌溉用水,提高水分利用率。薛万来[8]对微润灌溉下水分运移试验证明,在微润灌溉下,水分入渗量与压力水头呈正相关,且压力水头越大,水分运移距离越广,土壤平均含水率越高,该试验结果与以上研究结论相同。

根系是植株吸收水分与养分的重要器官。根系发达有利于植株吸收更多的水分与养分,水分与养分的利用率便越大。研究发现,干旱胁迫会降低根系呼吸速率,此外,呼吸速率降低导致的功能不足会进一步影响植株根系生长[9]。该试验中,水分胁迫抑制了根系生长,因此 CK 植株主根长度小于微润灌溉处理,且各微润灌溉处理其主根长度随土壤含水率降低而减少。但交替微润处理下土壤含水率在植株整个生育期内皆处于较高水平,没有对植株造成水分胁迫,无法判断在土壤湿润、干旱 2 种状态交替的情况下是否会诱使根系生长。

植株的生长以及干物质的积累与植株蒸腾速率以及光合速率有很大关系。王海珍等[10]、姚全胜等[11]研究表明,在土壤含水率较高的环境下,植株可以充分利用环境资源,保持较高光合速率,相反,当土壤含水率在一定水平以下时,光合速率则会受到抑制。植株蒸腾速率与土壤含水率密切相关,在水分充足的情况下,植株的蒸腾速率也会随之提高[11]。该试验中,植株株高与植株鲜、干质量相同,受植株光合作用以及蒸腾作用的影响较大,CK 根系吸水不足,抑制了植株的光合作用及蒸腾作用,致使植株生长缓慢,反之,土壤水含量较为充沛,根系生长状态良好的交替微润灌溉具有更高的株高以及鲜、干质量。

魏镇华等[12]研究表明,合理交替周期下的交替微润灌溉促进了番茄的生殖生长,提高了水分利用率,且对产量减少的影响不显著。该试验中,交替微润灌溉处理水分利用率与产量都高于 CK,但在 T1 处理下,土壤含水率过高导致植株存活率降低,因此收获时产量较少,且因其压力水头较大,微润管入渗量大,耗水量大,导致水分利用率低。

该试验条件下,微润管间距 20 cm、压力水头 1.0 m 处理的节水性能、产量优于其它处理。但试验进行时间为 4—5 月,大棚内温度处于适宜水平,水分蒸发较少,在高温环境水分蒸发量较大情

况下，该种灌溉方式的节水情况以及对植株生长的影响尚待验证。

参考文献

[1] 康绍忠，张建华，梁宗锁，等. 控制性交替灌溉：一种新的农田节水调控思路[J]. 干旱地区农业研究，1997，15(1)：1-6.

[2] 陆文娟，李伏生，农梦玲. 不同水肥条件下分根区交替灌溉对玉米生理特性和水分利用的影响[J]. 生态学报，2014，34(18)：5257-5265.

[3] 汪耀富，蔡寒玉，张晓海，等. 分根交替灌溉对烤烟生理特性和烟叶产量的影响[J]. 干旱地区农业研究，2006，24(5)：94-98.

[4] KOUMANOV K S，HOPMANS J W，SCHWANKL L W. Spatial and temporal distribution of root water uptake of an almond tree under microsprinkler irrigation[J]. Irrigation Science，2006，24(4)：267-278.

[5] 薛万来，牛文全，张子卓，等. 微润灌溉对日光温室西红柿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.

[6] 张立坤，窦超银，李光永，等. 微润灌溉技术在大棚娃娃菜种植中的应用[J]. 中国农村水利水电，2013(4)：53-60.

[7] 杨文君，田磊，杜太生，等. 半透膜节水灌溉技术的研究进展[J]. 水资源与水工程学报，2008，19(6)：61-63.

[8] 薛万来. 微润灌溉条件下土壤水盐运移规律研究[D]. 北京：中国科学院大学，2014.

[9] 占爱. 提高养分、水分吸收的根系形态和生理调控[D]. 杨凌：西北农林科技大学，2015.

[10] 王海珍，韩路，徐雅丽，等. 土壤水分梯度对灰胡杨光合作用与抗逆性的影响[J]. 生态学报，2017，37(2)：432-442.

[11] 姚全胜，雷新涛，王一承，等. 不同土壤水分含量对杧果盆栽幼苗光合作用、蒸腾和气孔导度的影响[J]. 果树学报，2006，23(2)：223-226.

[12] 魏镇华，陈庚，徐淑君，等. 交替控水条件下微润灌溉对番茄耗水和产量的影响[J]. 灌溉排水学报，2014，33(4/5)：139-143.

Application of Alternate Micro-irrigation on Cultivation of Spinach in Greenhouse

GUO Yingzi[1]，SHEN Lixia[1]，YIN Yujuan[1]，ZHANG Chunyi[2]

(1. College of Water Conservancy and Engineering，Taiyuan University of Technology，Taiyuan，Shanxi 030024；2. Shanxi Water Industry Construction Supervision Company，Taiyuan，Shanxi 030024)

Abstract：Leaf spinach was used as test materials，and the methods of moistube irrigation and alternate partial root-zone irrigation were combined in greenhouse，the effect of alternate micro-irrigation on spinach growth under different pressure heads and micro pipe spacings were studied. The results showed that under alternate micro-irrigation，the irrigation water was 64.6%—71.5% of conventional irrigation. Under alternate micro-irrigation，the plant height，root length，fresh weight and dry weight were higher than that of conventional irrigation. Micro pipe was buried in the depth of 5 cm，under the treatment of micro pipe under 1.5 m pressure head，30 cm micro pipe spacing，spinach growth condition was better，under the treatment of 1.0 m head pressure and 20 cm micro pipe spacing，the water use efficiency was the highest. The conclusion was that alternate micro-irrigation could be applied to the cultivation of spinach in greenhouse，and this irrigation method could promote plant growth and yield while saving irrigation water.

Keywords：alternate partial root-zone irrigation；moistube irrigation；plant growth