

不同灌水方式对大棚番茄植株生长、产量及水分利用效率的影响

赵伟¹, 刘梦龙¹, 杨圆圆¹, 张锋², 杨兆森¹, 陈志杰²

(1. 渭南市农业技术推广中心, 陕西 渭南 714000; 2. 陕西省动物研究所, 陕西 西安 710032)

摘要:以番茄为试材, 采用田间试验的方法, 研究了膜下暗灌(G1)、膜下滴灌(G2)、隔沟交替灌溉(G3)和普通沟灌(G4)4种灌水方式对塑料大棚番茄植株生长、产量和水分利用效率的影响, 以期筛选出适合当地番茄的灌溉方式。结果表明: G1、G3和G4 3种灌溉方式较G2灌水方式均显著提高了番茄株高和茎粗。G2灌水量最少, 为 $1\,146\text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, G3次之为 $1\,601\text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, G1和G4 2种灌水方式灌水量最大, 约为 $2\,000\text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 。G2、G3较G4灌水方式分别节水44.2%和22.1%。G2灌水利用效率最高为 $48.1\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, G1、G4最低为 $27\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。与其它灌溉方式相比, G3显著增加了番茄地上部和地下部干质量; 而普通沟灌根系干质量最小, 根/冠比最低。综上所述, 膜下滴灌和隔沟交替灌溉在不降低产量的前提下, 可显著降低灌水量, 提高灌水利用效率, 为塑料大棚番茄合适的灌水方式。

关键词:灌水方式; 番茄; 产量; 水分利用效率

中图分类号: S 641.207⁺.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2017)16-0075-05

我国是缺水国家, 人均水资源占有量仅为 $2\,059.7\text{ m}^3$ ^[1]。农业是高耗水行业, 2013年全国总用水量 $6\,183.4\text{ 亿 m}^3$ 中, 其中农业用水占63.4%^[1], 蔬菜生产用水约占农业用水的30%^[2]。我国农业生产节水空间较大, 研究发现通过改变传统的灌水方式, 制定科学合理的灌溉制度, 可在获得高产量同时提高水分利用效

率^[3-5], 因此, 选择合适灌水方式是提高农业用水利用率, 解决我国缺水问题和维持农业可持续发展的有效途径。

番茄(*Lycopersicon esculentum*)是目前世界种植面积最广、最受欢迎的主要设施作物之一^[6-7]。番茄生长、产量、品质及灌水利用效率状况深受土壤水分的影响^[8-11]。有研究表明, 设施棚室生产中采用合适灌水方式及科学的灌溉制度, 可有效改善棚室小环境, 提高番茄灌溉水利用效率, 促进番茄生长, 改善番茄品质, 提高番茄产量^[3, 11-15]。杨再强等^[12]研究发现, 轻度土壤水分胁迫利于根系生长。王忠鹏等^[3]研究表明, 滴灌充分供水处理比沟灌提高水分利用效率、产量和经济效益。李建明等^[7]研究表明, 番茄的产量随灌溉上限增加而显著增加, 超过一定范围后产量逐渐降低。

以往研究多集中于1种或2种灌溉方式下番茄产量、水分利用效率的响应, 而多种灌水模式对

第一作者简介:赵伟(1984-), 女, 河北晋州人, 博士, 农艺师, 研究方向为植物营养与调控及水肥一体化。E-mail: weil2327@163.com.

责任作者:陈志杰(1960-), 男, 陕西洛南人, 研究员, 研究方向为设施蔬菜病虫害防治。E-mail: zhijiechen68@sina.com.

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2014BAD14B00); 陕西省科学院重点及产业化资助项目(2013K-03); 渭南市2016年科技计划资助项目(2016KYN-18)。

收稿日期:2017-04-05

番茄植株生长、产量和灌水利用效率研究较少。因此,该研究分析了4种不同灌水方式下番茄植株生长、产量和水分利用效率的响应,旨在为设施番茄的水分管理提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验于2015年4月28日至8月20日在渭南市大荔县陕西省科学院现代农业科技示范基地进行。供试土壤为壤土,耕层土壤含有机质 $11.37 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全氮 $0.489 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全磷 $0.740 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全钾 $21.39 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,矿质态氮 $25.36 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效磷 $221 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾 $224 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,田间饱和持水量 24.74% 。土壤容重 $1.26 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。塑料大棚长70 m、宽8 m,2014年2月建成。前茬作物为番茄。

1.2 试验材料

供试番茄品种为“金鹏11号”,2015年4月定植,8月中旬收获。试验所用牛粪为风干牛粪,氮肥为尿素(N 46%)、磷肥为过磷酸钙(P_2O_5 12%)、钾肥为硫酸钾(K_2O 51%)。

1.3 试验方法

试验设置4种处理:膜下暗灌(G1),在种植行膜下沟内灌溉;膜下滴灌(G2),种植行膜下铺设滴灌带,每行铺设一条滴灌带;隔沟交替灌水(G3),在操作行和种植行膜下沟内间隔灌溉;普通沟灌(G4),在操作行上和种植行膜下沟内同时灌溉。每处理3次重复,小区长、宽均为3.6 m。番茄定植株距45 cm、宽窄行种植,宽70 cm、窄50 cm。G1宽行为垄,其它处理宽行为沟。定植后统一灌一次缓苗水,然后开始水分试验,依土壤田间持水量65%为灌溉下限。灌水时用水表计量灌水量,G1、G3和G4灌水时间相同,G2除在G1、G3和G4灌水时还在灌水间隔时多灌水一次,各处理灌水量不同。滴灌的灌水量为灌层水面蒸发量的70%,膜下暗灌、隔沟交替灌溉和大水漫灌均灌至沟两头见水,且至根部位置。肥料用量和施用时间相同。肥料施用具体为基施风干牛粪 $112.5 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,化肥用量为N、 P_2O_5 和

K_2O 分别为471.1、356.5、795.0 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。田间管理同常规管理。

1.4 项目测定

1.4.1 番茄生长指标测定

定植后每7~10 d测番茄株高(茎基部到生长点的距离)、茎粗(茎基部的粗度)和叶片数。

1.4.2 番茄产量

用电子称记录各小区整生长周期的果实产量,并统计果实个数(计算单果质量),核算单株产量及单位面积产量。

1.4.3 番茄生物量

于盛果期(2015年7月22日)每小区采5株代表性的植株,分别测定根、茎、叶、果实生物量。

1.5 数据分析

试验数据采用SAS Verion 8.1 for Windows软件进行方差分析,差异显著性采用LSD法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同灌水方式对番茄植株生长状况的影响

由图1可知,番茄定植30 d之前,不同灌水方式下番茄株高差异不显著,定植30 d后,与滴灌(G2)相比,隔沟交替灌溉(G3)、普通沟灌(G4)和膜下暗灌(G1)均显著提高番茄株高和茎粗,增幅分别为7.8~20.5 cm和1.2~2.1 mm。不同灌溉方式下番茄的叶片数和株高/茎粗比差异不显著。

2.2 不同灌水方式对番茄地上部分和根系的影响

由表1可知,与其它灌溉方式相比,隔沟交替灌溉(G3)显著增加茎、叶干质量为主的地上部干质量和根系干质量,地上部干质量增幅为19.0%~25.5%,根系干质量增幅为21.8%~35.2%,表明隔沟交替灌溉可促进根系生长,进而增加番茄对养分的吸收和累积。与其它灌溉方式相比,普通沟灌(G4)根系干质量最小为256 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,而 $>2 \text{ mm}$ 根数最多,普通沟灌根/冠比最低,不同灌溉方式对番茄最长根长影响不显著。

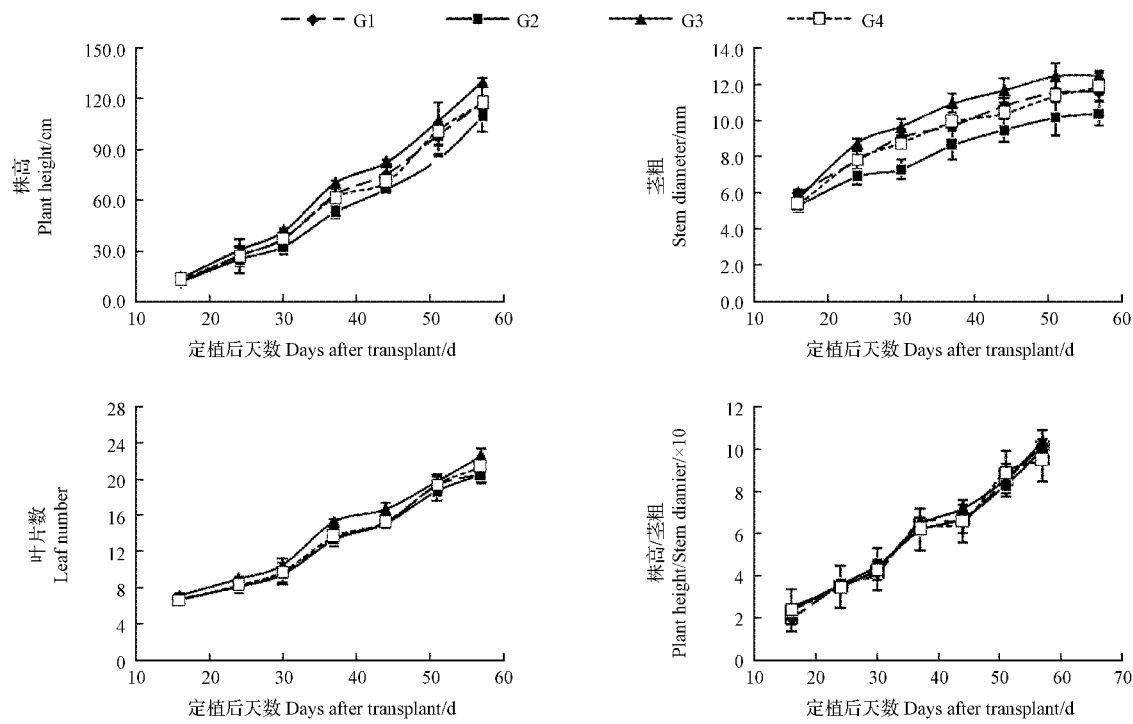


图 1 不同灌水方式对番茄株高、茎粗、叶片数和株高/茎粗比的影响

Fig. 1 Effect of different irrigation methods on plant height, stem diameter, leaf number and plant height/stem diameter of tomato

表 1 不同灌水方式对番茄地上部分和根系的影响

Table 1 Effect of different irrigation methods on aboveground biomass and root of tomato

处理 Treatment	茎干质量 Stem dry weight /($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	叶干质量 Leaf dry weight /($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	茎叶干质量 Dry weight of stem and leaf /($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	根干质量 Root dry weight /($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	根长 Root length /cm	>2 mm 根数 >2 mm root number	根/冠比 ($\times 10$) Root-cap ratio
G1	1 297b	3 268b	4 565b	284b	30.0a	8.3c	0.62a
G2	1 138b	3 189b	4 327b	281b	30.0a	9.7b	0.65a
G3	1 569a	3 864a	5 433a	346a	31.3a	10.7b	0.64a
G4	1 208b	3 239b	4 447b	256c	31.7a	13.6a	0.57b

注:同列不同小写字母表示差异达显著水平($P < 0.05$)。下同。

Note: Different lowercase letters within the same column mean significant difference at the 5% level. The same below.

2.3 不同灌水方式对产量和灌水利用效率的影响

由表 2 可知,膜下滴灌(G2)灌水量最少,为 $1\,146\text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, 隔沟交替灌溉(G3)次之为 $1\,601\text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, 膜下暗灌(G1)和普通沟灌(G4)2 种灌水方式灌水量最大,约为 $2\,000\text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, G2、G3 较 G4 灌水方式分别节水 44.2% 和

22.1%。可见膜下滴灌和隔沟交替灌溉均是节水灌溉方式。不同灌水方式下番茄单果质量、单株产量和单位面积产量差异不显著;番茄单果质量为 193~218 g,单株产量为 1.86~2.09 kg,单位面积产量为 53.9~55.6 $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。G2 灌水利用率最高为 $48.1\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, G3 次之为 $33.7\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, G1、G3 最低约为 $27\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

表 2 不同灌水方式对番茄产量和灌水利用率的影响

Table 2 Effect of different irrigation methods on yield and water utilization of tomato

处理	灌水量	单果质量	单株产量	单位面积产量	灌水利用率
Treatment	Irrigation amount/(m ³ ·hm ⁻²)	Single fruit weight/g	Yield per plant/kg	Yield per unit/(t·hm ⁻²)	Water utilization/(kg·m ⁻³)
G1	2 034a	218a	1.86a	54.6a	26.8c
G2	1 146c	193a	2.06a	55.1a	48.1a
G3	1 601b	202a	2.09a	53.9a	33.7b
G4	2 055a	214a	1.96a	55.6a	27.1c

3 结论与讨论

作物植株生长深受土壤水分状况的影响,王忠鹏等^[3]研究表明,水分对番茄株高的影响呈正效应,对茎粗的影响不明显。他人研究表明^[11-12,16],土壤水分亏缺会引起番茄株高和茎粗降低,且水分亏缺越严重,其降幅越大。该研究表明,定植 30 d 后,与滴灌(G2)相比,隔沟交替灌溉(G3)、普通沟灌(G4)和膜下暗灌(G1)均显著提高番茄株高和茎粗。这可能由于番茄定植 30 d 后进入生长旺盛期^[17],而该试验滴灌处理由于水分供应不够充足,在一定程度上抑制了番茄植株的生长。不同灌溉方式下番茄的叶片数和株高/茎粗比差异不显著。

该研究表明,与其它灌溉方式相比,隔沟交替灌溉(G3)显著增加了以茎、叶干质量为主的地上部干质量和根系干质量,表明隔沟交替灌溉可促进根系生长,进而增加番茄对养分的吸收和累积。杨再强等^[12]研究认为,轻度土壤水分胁迫对番茄植株地上部分的生长影响不显著,利于根系生长。普通沟灌(G4)根系干质量最小,>2 mm 根数最多,根/冠比最低,这可能与普通沟灌灌水充分,使土壤通气状况下降,植物根际水分饱和,植物的空气状态差,根系出现渍水与缺氧,造成根系活力降低有关^[12]。不同灌溉方式对番茄最长根长影响不显著。

G2、G3 较 G4 灌水方式分别节水 44.2%和 22.1%。可见膜下滴灌和隔沟交替灌溉均是节水灌溉方式。不同灌水方式下番茄单果质量、单株产量和单位面积产量差异不显著;番茄单果质量为 193~218 g,单株产量为 1.86~2.09 kg,单位面积产量为 53.9~55.6 t·hm⁻²。G2 灌水利用率最高为 48.1 kg·m⁻³,G3 次之为 33.7 kg·m⁻³,G1、G3 最低约为 27 kg·m⁻³。王燕等^[5]研究也表明,膜下滴灌与沟灌相比,降低了番茄产量,但大大节约灌水量。该研究膜下滴灌仅设了一个相对较低的灌水量,后续试验将设定不同灌水量进行深入研究。

参考文献

- [1] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2014.
- [2] 刘晓敏, 范凤翠, 王慧军. 华北地区设施蔬菜节水技术集成模式综合评价[J]. 中国农学通报, 2011, 27(14): 165-170.
- [3] 王忠鹏, 成自勇, 张芮, 等. 膜下滴灌水分调控对番茄产量影响和经济效益评价的研究[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(3): 30-34.
- [4] 张栓堂, 焦艳平, 王福田, 等. 温室番茄不同灌水方式试验研究[J]. 节水灌溉, 2016(10): 59-63.
- [5] 王燕, 蔡焕杰, 陈新明, 等. 不同灌水方式下番茄节水高产机理研究[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(2): 261-265.
- [6] NURUDDIN M M, MADRAMOOTOO C A, DODDS G T. Effects of water stress at different growth stages on greenhouse tomato yield and quality[J]. Hort Science, 2003, 38(7): 1389-1393.
- [7] 李建明, 潘铜华, 王玲慧, 等. 水肥耦合对番茄光合、产量及水分利用效率的影响[J]. 农业工程学报, 2014, 30(10): 82-90.
- [8] 邱渊, 赵连圆, 胡田田, 等. 水肥供应对番茄生长及产量形成的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2016, 34(2): 245-251.
- [9] 姬景红, 张玉龙, 张玉玲, 等. 不同灌溉方法对保护地土壤有机质及氮素影响的研究[J]. 土壤通报, 2007, 38(6): 1105-1109.
- [10] 黄红荣, 李建明, 张军, 等. 滴灌条件下水肥耦合对番茄光合、产量和干物质分配的影响[J]. 灌溉排水学报, 2015, 34(7): 6-12.
- [11] 高方胜, 徐坤, 徐立功, 等. 土壤水分对番茄生长发育及产量品质的影响[J]. 西北农业学报, 2005, 14(4): 69-72.
- [12] 杨再强, 邱译萱, 刘朝霞, 等. 土壤水分胁迫对设施番茄根系及地上部生长的影响[J]. 生态学报, 2016, 36(3): 748-757.
- [13] 牛云慧, 曹红霞, 石小虎, 等. 水分亏缺对温室番茄生长发育及生理特性的影响[J]. 灌溉排水学报, 2013, 32(4): 69-72.
- [14] COOLONG T, SURENDRAN S, WARNER R. Evaluation of irrigation threshold and duration for tomato grown in a silt loam soil[J]. Hort Technology, 2011, 21(4): 466-473.
- [15] 杨慧, 曹红霞, 柳美玉, 等. 水氮耦合条件下番茄临界氮浓度模型的建立及氮素营养诊断[J]. 植物营养与肥料学报, 2015, 21(5): 1234-1242.
- [16] 王学文, 付秋实, 王玉珏, 等. 水分胁迫对番茄生长及光合系统结构性能的影响[J]. 中国农业科学, 2010, 15(1): 7-13.
- [17] 王伟承, 张玉龙, 姬景红, 等. 灌溉方法对保护地番茄需水特点的影响[J]. 灌溉排水学报, 2008, 27(3): 93-96.

Effects of Different Irrigation Methods on Tomato Growth, Yield and Water Use Efficiency

ZHAO Wei¹, LIU Menglong¹, YANG Yuanyuan¹, ZHANG Feng², YANG Zhaosen¹, CHEN Zhijie²

(1. Weinan Agricultural Technology Promotion Center, Weinan, Shaanxi 714000; 2. Shaanxi Institute of Zoology, Xi'an, Shaanxi 710032)

Abstract: Tomato was used as material, a field experiment was carried out to investigate the effects of different irrigation methods on tomato growth, yield and water use efficiency under plastic greenhouse. Four irrigation methods were set, respectively, for furrow irrigation under mulch (G1), drip irrigation under mulch (G2), alternative furrow irrigation (G3) and common furrow irrigation (G4) in order to select suitable irrigation way for local tomato. The results indicated that the irrigation amount was the least in G2 ($1\,146\text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$). G3 ($1\,601\text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$) took the second place. The irrigation amount for G1 and G4 was $2\,000\text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$. Compared with G4, G2 and G3 decreased water amount by 44.2% and 22.1%, respectively. Compared with G2, the irrigation methods of G1, G3 and G4 significantly increased plant height and stem diameter of tomato. The G2 had the highest water use efficiency (WUE) $48.1\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, and the lowest was in G1 and G4 (about $27\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$). Compared with other irrigation methods, G3 significantly increased the dry weight of stem, leaf and root. While the G4 had the lowest root dry weight and root/shoot ratio. Therefore, G2 and G3 on the basis of raising the WUE and reducing irrigation amount were suitable for tomato cultivating under plastic greenhouse.

Keywords: irrigation methods; tomato; yield; water use efficiency

欢迎订阅 2018 年《北方园艺》

主 管: 黑龙江省农业科学院
刊 号: CN 23-1247/S

主 办: 黑龙江省农业科学院、黑龙江省园艺学会
邮发代号: 14-150

半月刊 每月 15、30 日出版 单价: 15.00 元 全年: 360.00 元

投稿网址: www.haasep.cn

全国各地邮局均可订阅, 或直接向编辑部汇款订阅。

自 2017 年 13 期起,《北方园艺》栏目改版,设有研究论文、研究简报、设施园艺、园林花卉、资源环境生态、贮藏加工检测、中草药、食用菌、专题综述、产业论坛、不定期刊登栏目(农业经纬、农业经济、农业信息技术)、实用技术、新品种(彩版);刊载文章力求体现科研—生产—技术服务的全产业链,汇聚园艺行业最新科研成果,跟踪园艺学科最新研究热点,期待广大作者、读者、编委一如既往的支持我们。

中文核心期刊(1992—2014)

美国化学文摘社(CAS)收录期刊

中国农业核心期刊

2015、2016 年期刊数字影响力 100 强

地址: 黑龙江省哈尔滨市南岗区学府路 368 号《北方园艺》编辑部
邮编: 150086 电话: 0451-86674276 信箱: bfybjb@163.com

