

不同灌溉模式对设施番茄产量 与土壤养分运移的影响

马 群,贾 骥,刘 静,王 炼,卢树昌
(天津农学院 农学系,天津 300384)

摘要:为有效提高设施番茄水肥利用率,加快推进现代化农业发展进程。试验设置滴灌施肥与传统漫灌施肥两种模式,共 5 个处理,研究了不同灌溉模式对设施番茄产量以及设施菜田土壤温度、硝态氮、有效磷和氮肥利用率的影响。结果表明:同漫灌施肥相比,滴灌施肥模式能提高设施菜田土壤温度 $0.5\sim 1.5^{\circ}\text{C}$,增产 $4\%\sim 35\%$,氮肥利用率提高 $2\%\sim 17\%$ 。综合节水、氮肥利用和产量 3 项指标,以每 6 d 滴灌 1 次,灌溉定额为每次 $180\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ 效果最佳。

关键词:设施番茄;灌溉模式;硝态氮;有效磷

中图分类号:S641.2;S275

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2013)10-0065-04

蔬菜产业是我国农业的主要支柱产业之一。近些年,设施栽培蔬菜面积迅速增加,2007 年达到 340 万 hm^2 ,居世界首位^[1]。天津市设施蔬菜发展很快,目前设施蔬菜栽培面积约为 4.3 万 hm^2 ,约占全市蔬菜面积的一半以上^[2]。设施蔬菜生产具有高投入、高产出、高效益的特征,其集约化程度很高。受集约化高产出、高投入的利益驱动,盲目施肥、灌溉成为菜农传统蔬菜管理体系中的普遍模式^[3]。设施农业生产中过高的水肥资源消耗已经成为制约设施农业健康发展的重要因素。因此,发展现代农业,必须要解决水肥利用问题。水肥一体化技术能够实现水分和养分的综合协调,不但能够有效提高水肥利用效率,还能够提高设施蔬菜产量,大力发展水肥一体化是加快推进现代农业的战略选择^[4]。该研究针对天津市设施菜田水肥管理的现状,研究不同灌溉施肥模式对蔬菜生长及土壤养分环境的影响,对缓解天津大都市水肥资源紧张,防控及综合治理农业面源污染起到了至关重要的作用,对推动天津现代农业可持续发展具有重要的现实及长远意义。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在天津市武清区北部无公害生产基地——大孟庄镇后幼庄试验基地进行。设施菜田面积约 13.3 hm^2 ,种植制度以黄瓜-番茄为主。试验地土壤质地中等,有机质含量 $18.5\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,全氮含量 $2.32\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,有效磷含量 $339.31\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效钾含量 $320.94\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,且土壤存在一定盐渍化状况,水溶性盐总量 $3.04\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

1.2 材料

供试作物为番茄品种美国欧冠;供试肥料为尿素(含 N 46%)和圣诞水溶肥(19-8-27)。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验共设 5 个处理,即每次灌水量分别为常规滴灌定额(A)、常规滴灌定额的 1.2 倍(B)、常规滴灌定额的 0.8 倍(C)、传统漫灌(D)、无氮肥下传统漫灌(E),其中无氮肥下传统漫灌作对照,各处理灌溉定额见表 1。各处理在移栽定植前畦灌或沟灌 1 次透水,灌溉定额为每次 $600\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$;定植到幼苗 7~8 片真叶展开、第一花序现蕾后,畦灌或沟灌 1 次透水,灌溉定额为每次 $600\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$,不施肥;开花至第 1 果穗直径 2~3 cm 前,灌小水,即滴灌 1 次,灌溉定额为每次 $180\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ 。第 1 穗果膨大到“乒乓球”大小至试验结束,病害防治按照传统管理进行。

小区(畦)面积 9 m^2 ,畦南北向 6.45 m ,东西向宽 1.4 m ,大行距 140 cm ,每畦双行内的行距 $40\sim 50\text{ cm}$,共 63 个畦。整棚种植有效面积

收稿日期:2013-06-07

基金项目:天津市应用基础及前沿技术研究计划资助项目(09JCYBJC08600)

第一作者简介:马群(1990-),男,天津市人,在读学士,从事农业资源与环境研究。E-mail:513365559@qq.com。

通讯作者:卢树昌(1970-),男,河北省献县人,博士,教授,从事土壤资源综合利用与养分资源综合管理教学和科研工作。E-mail:lsc9707@163.com。

563.89 m²,其中滴灌 433.6 m²,漫灌 133.4 m²。

基肥施用腐熟鸡粪 75 m³·hm⁻²,磷酸二铵 525 kg·hm⁻²,硫酸钾 375 kg·hm⁻²;追肥:氮、磷、钾

追施量分别为 420、90、300 kg·hm⁻²;漫灌施肥(处理 D)追施氮、磷、钾用量按照滴灌模式氮、磷、钾总量设计;对照除不追施氮肥外,其它同处理 D。

表 1 灌溉方案

Table 1 Irrigation schemes

处理 Treatments	灌溉期 Irrigation period	灌溉频率 Frequency	每次灌溉定额/ m ³ ·hm ⁻² Irrigation quota	总定额/ m ³ ·hm ⁻² Grossirrigation quota
A	全生育期	6 天滴灌 1 次	180	2700
B		6 天滴灌 1 次	216	3240
C		6 天滴灌 1 次	144	2160
D		10 天滴灌 1 次	600	5400
E(CK)		10 天滴灌 1 次	600	5400

1.3.2 测定项目及方法 2012 年 8 月 10 日整地,8 月 20 日定植,并分别于 10 月 25 日、11 月 25 日、12 月 25 日分别采集 0~30、30~60、60~90、90~120 cm 深度土壤样品,用于土壤硝态氮、有效磷、水溶性磷、水溶性盐总量及土壤 pH 等指标的测定,同时测定表层地温。土壤有效氮磷、EC、pH 等指标按照常规分析方法测定,土壤地温用地温计测定。所得数据采用 Excel 2003 软件进行分析处理。

氮肥利用率(%)=[(施氮区番茄吸氮肥总量-无氮区番茄吸氮肥总量)/所施肥料中氮素总量]×100,根据近 3 年基地试验分析结果,每 1 000 kg 番茄需要吸收氮素平均为 2.8 kg,该研究氮肥利用率采用此参数计算。

2 结果与分析

2.1 不同灌溉模式对设施番茄产量的影响

由图 1 可看出,漫灌模式下无氮处理番茄产量最低,为 37 500 kg·hm⁻²,且漫灌模式施氮处理和滴灌模式施氮处理产量均显著高于无氮处理。在滴灌模式中灌水量最高的处理 B 产量最高,达到

99 600 kg·hm⁻²,略高于正常滴灌定额处理 A,但二者差异不显著。滴灌模式中灌水量最低的处理 C 产量显著低于处理 A 和 B,但与漫灌施氮处理 D 产量差异不显著。可见,适宜灌水量下滴灌施肥对设施番茄产量有较大提高作用。

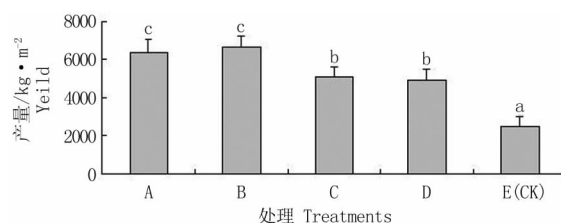


图 1 不同灌溉模式对设施番茄产量的影响

Fig. 1 Effect of different irrigation conditions on greenhouse tomato yield

2.2 不同灌溉模式对设施土壤温度的影响

由表 2 可知,与漫灌模式相比,不同测定时间滴灌模式能明显提高不同土层深度的土壤温度,提高幅度在 0.5~1.5℃,尤其 5 cm 和 10 cm 土层温度提高更明显,说明采用滴灌模式对提高土壤温度有一定作用。

表 2 不同灌溉模式对设施土壤温度的影响

Table 2 Effect of different irrigation conditions on greenhouse tomato soil temperature

日期/月-日 Date	处理 Treatments	不同土层温度/℃ Soil temperatures in different soil layers				
		5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm
12-01	A	13.0	13.5	14.0	14.0	14.5
	D	12.0	12.0	13.5	14.0	14.5
12-05	A	11.5	11.5	12.0	12.0	12.5
	D	10.0	11.0	11.5	12.0	12.5
12-10	A	13.0	13.5	14.5	14.5	15.0
	D	12.0	13.0	14.0	14.5	14.5

续表 2

Continuing Table 2

日期/月-日 Date	处理 Treatments	不同土层温度/℃ Soil temperatures in different soil layers				
		5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm
12-15	A	12.0	12.5	13.5	14.0	14.5
	D	10.5	11.5	12.5	13.5	14.0
12-20	A	12.5	12.5	13.5	14.0	14.5
	D	11.0	12.0	13.0	14.0	14.5
12-25	A	13.0	13.5	14.5	14.5	15.0
	D	11.5	12.0	13.5	14.0	14.5

2.3 不同灌溉模式对氮肥利用率的影响

灌水量和灌水施肥模式对设施番茄氮肥利用率影响较大。研究表明,漫灌冲施氮肥(D)的模式下,氮肥的利用率最低,仅为 24%,灌水量最高的滴灌施肥模式(B)氮利用率最高,达

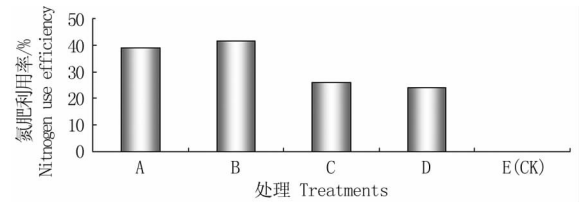


图 2 不同灌溉模式对氮肥利用率的影响
Fig. 2 Effect of different irrigation conditions on nitrogen use efficiency

41.4%,正常滴灌定额处理(A)氮肥利用率为 39%,而灌水量最低的滴灌施肥模式(C)因水分不充足影响氮肥的发挥,其氮肥利用率较低,与漫灌施肥模式相当(见图 2)。可见,灌水量和灌水方式对氮肥利用率影响较大。

2.4 不同灌溉模式对设施番茄土壤养分运移的影响

2.4.1 不同灌溉模式对土壤硝态氮的影响 研究表明,同漫灌施肥模式(D)相比,滴灌施肥模式能大大降低土壤各层硝态氮的含量,不同灌溉模式下硝态氮在土壤中均有不同程度下移,尤其漫灌模式和灌水定额最大的滴灌模式(B)氮向下运移更加明显(见表 3)。

表 3 不同灌溉模式对土壤硝态氮运移的影响

Table 3 Effect of different irrigation conditions on soil nitrate nitrogen movement

采样日期/月-日 Date	采样深度/cm Depth	硝态氮含量/mg·kg ⁻¹ Nitrate nitrogen content			
		A	B	C	D
10-25	0~30	101.92	81.38	54.43	221.03
	30~60	84.35	85.69	69.02	118.69
	60~90	81.25	109.12	75.75	174.60
	90~120	79.44	87.15	75.86	80.98
11-25	0~30	82.79	72.77	114.97	177.71
	30~60	75.11	83.36	72.60	133.06
	60~90	78.13	85.03	88.01	121.95
	90~120	70.22	65.76	47.85	122.49
12-25	0~30	76.96	87.13	93.35	159.63
	30~60	66.60	60.61	69.50	110.24
	60~90	57.00	54.04	64.16	104.09
	90~120	44.14	45.42	47.65	79.19

2.4.2 不同灌溉模式对土壤有效磷的影响 研究表明,采用水肥一体化技术大大减少了设

施土壤中有效磷的积累,改善了试验区土壤中磷素水平偏高的局面。总体来看,采用滴灌施肥模

式土壤有效磷下移状况明显低于漫灌施肥模式(见图3)。

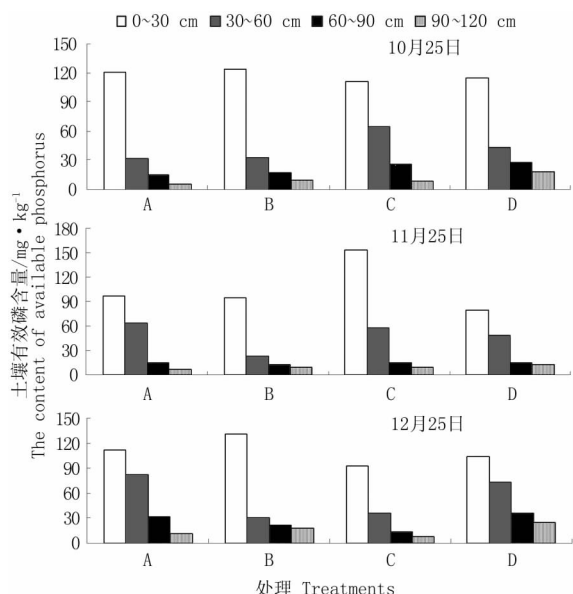


图3 不同灌溉模式土壤有效磷运移状况
Fig. 3 Effect of different irrigation conditions
on soil available phosphorus movement

3 结论与讨论

与漫灌施肥模式相比,滴灌施肥模式能够明显提高设施菜田土壤地温,提高幅度在 $0.5\sim 1.0^{\circ}\text{C}$,降低设施菜田土壤中硝态氮和有效磷含量。滴灌施肥模式较传统漫灌冲肥模式增产 $4\%\sim 35\%$,氮肥利用率最高达到 41.4% ,提高 $2\%\sim 17\%$ 。综合氮肥利用率和产量两项指标,以每6 d滴灌1次,每次 $180\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ 处理A效果最佳。

水肥一体化技术是“以水调肥”和“以肥促水”的水肥耦合的农业新技术,具有显著的省水、省肥和高产高效等特点^[5]。研究表明,与传统水肥管理模式相比,水肥一体化技术节水率为 $30\%\sim$

40% ,节约肥料 $35\%\sim 42\%$ ^[6-7]。该研究中,滴灌施肥模式较传统漫灌冲肥模式增产 $4\%\sim 35\%$,节水 $40\%\sim 60\%$,其中节水 50% 的滴灌施肥模式(处理A)最佳。滴灌施肥模式氮肥利用率较传统漫灌冲肥模式高 $2\%\sim 17\%$ 。

灌溉施肥模式是降低设施土壤氮磷环境风险的重要途径^[8]。有研究表明,当土壤有效磷达到 $50\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上时,土壤水溶性磷含量显著增加^[9]。该研究中滴灌施肥模式土壤硝态氮和有效磷向土壤下层运移的程度明显低于传统漫灌冲肥模式。传统漫灌冲肥处理 $60\sim 90\text{ cm}$ 土层土壤硝态氮含量均在 $100\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上,有效磷含量在土层 30 cm 以下明显下移。该试验仅对设施番茄产量和土壤氮磷养分运移进行了研究,未进行灌溉施肥模式对蔬菜品质的影响分析,在今后试验中有待进一步的深入研究和探索。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国农业部. 中国农业统计资料[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008: 3-5.
- [2] 天津市统计局. 2009 天津统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2009: 257-259.
- [3] 刘志杰, 郭云峰, 郑育锁, 等. 天津市设施农业应用水肥一体化技术的思考[J]. 天津农业科技, 2012(1): 35-36.
- [4] 吴勇, 高祥照, 杜森, 等. 大力发展水肥一体化, 加快建设现代农业[J]. 中国农业信息, 2011(12): 19-21.
- [5] Bar Yosef B. Advances in fertigation[J]. Advances in Agronomy, 1999, 65: 3-5.
- [6] 薛守政, 钱峰. 设施蔬菜的水肥一体化技术[J]. 吉林蔬菜, 2010(4): 98.
- [7] 张子鹏, 陈仕军. 水肥一体化灌溉技术在大田蔬菜生产上的应用初报[J]. 广东农业科学, 2009(6): 89-90.
- [8] 李俊良, 金圣爱, 陈清, 等. 蔬菜灌溉施肥新技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 3-10.
- [9] Jordan C, McGuckin S O, Smith R V. Increased predicted losses of phosphorus to surface waters from soils with high concentrations[J]. Soil Use and Management, 2000, 16(3): 27-35.

Effect of Different Irrigation Conditions on Yield and Soil Nutrients Movement of Greenhouse Tomato

MA Qun, JIA Su, LIU Jing, WANG Lian, LU Shu-chang

(Department of Agronomy, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384)

Abstract: In order to improve water and fertilizer use efficiency of greenhouse tomato and accelerate development process of modern agriculture. The effects of different irrigation modes on yield of greenhouse tomato, soil temperature, soil nitrate nitrogen, available phosphorus and nitrogen fertilizer use rate were studied with drip fertilization and flood irrigation fertilization. The results showed that drip irrigation fertilization could improve soil temperature $0.5\sim 1.5^{\circ}\text{C}$, compared with flood irrigation fertilization, yield increased $4\%\sim 35\%$ and nitrogen use efficiency increased $2\%\sim 17\%$. By comprehensive analysis of saving water, nitrogen use and yield, the most optimal treatment was that irrigation frequency was once every six days and irrigation quota was $180\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$.

Key words: greenhouse tomato; irrigation modes; nitrate nitrogen; available phosphorus