

## 滴灌水肥一体化施肥频率对日光温室番茄生长指标及产量的影响

陈志, 刘晓光, 李贺, 陈胜萍\* (唐山市农业科学研究院, 河北唐山 063001)

**摘要** 以温室番茄为研究对象, 采用水肥一体化滴灌方式研究唐山地区滴灌水肥一体化施肥频率对日光温室番茄生长指标及产量的影响, 以期为该地区设施番茄滴灌水肥一体化技术提供科技支撑。滴灌施肥频率设5个处理, 分别每3、5、7、9、11 d滴灌施肥1次, 在结果期测定不同施肥频率的株高、茎粗、叶面积、干物质重和产量。结果表明, 在灌溉量和施肥量一定的条件下, 当滴灌施肥频率为每7 d 1次时番茄植株长势最好, 总产量最高(135.06 t/hm<sup>2</sup>)。因此, 温室番茄结果期滴灌施肥频率以每7 d 1次为宜。

**关键词** 日光温室; 番茄; 滴灌; 水肥一体化; 施肥频率; 生长指标; 产量

中图分类号 S641.2; S275.6 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)09-0185-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.09.046

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Effects of Integrated Fertilization Frequency of Water and Fertilizer under Drip Irrigation on the Growth Indices and Yield of Tomato in Solar Greenhouse

CHEN Zhi, LIU Xiao-guang, LI He et al (Tangshan Research Institute of Agricultural Science, Tangshan, Hebei 063001)

**Abstract** Greenhouse tomato was taken as the research object to study the effects of integrated fertilization frequency of water and fertilizer under drip irrigation on the growth indices and yield of tomato in solar greenhouse in Tangshan area by using water-fertilizer integrated irrigation model, in order to provide scientific and technological supports for the integrated technology of drip irrigation with water and fertilizer in the local facilities. The frequency of fertilization and drip irrigation was set in 5 treatments, fertilization and drip irrigation once per 3, 5, 7, 9 and 11 days, respectively. The plant height, stem diameter, leaf area, dry matter weight and yield in the treatments with different fertilization frequencies were measured in the fruiting period. The results showed that under the conditions of a certain amount of irrigation and fertilizer application, the tomato plants grew the best and the yield was the highest (135.06 t/hm<sup>2</sup>), when the drip irrigation and fertilizer application frequency was once per 7 days. Therefore, the suitable drip irrigation and fertilization frequency of greenhouse tomato in the fruiting period was once per 7 days.

**Key words** Solar greenhouse; Tomato; Drip irrigation; Integration of water and fertilizer; Fertilization frequency; Growth indices; Yield

温室蔬菜生产是现代设施农业发展的重要组成部分, 合理施肥、提高水肥利用效率和提高土壤环境质量是保障温室蔬菜产业可持续发展的重要措施<sup>[1]</sup>。然而, 多数菜农盲目追求产量而增施化肥, 造成肥料资源的浪费、生态环境污染, 并加速了病虫害传播, 严重影响了设施蔬菜的产量和品质。为此, 运用科学、合理的控制方法实施水肥一体化, 探索出方便、可靠的设施蔬菜水肥一体化精准施肥技术, 对于设施蔬菜的产量及品质提高具有更深远的现实意义<sup>[2]</sup>。目前研究者从肥料用量、肥料配比、肥料类型等角度开展了多项研究, 为施肥制度的制订提供了依据<sup>[2-6]</sup>。张立勤等<sup>[7]</sup>研究了在不同滴灌施肥对制种玉米产量和水分利用效率的影响, 结果表明适宜的灌溉定额和施肥量均有利于制种玉米增产; 若灌溉定额偏低, 制种玉米产量下降。冯志文等<sup>[8]</sup>研究滴灌施肥条件下减量施肥对马铃薯田土壤养分积累及马铃薯产量的影响, 结果表明当施肥量比例为70%左右时, 可满足马铃薯对土壤速效养分的需求, 有利于根区土壤速效养分含量的提高, 减少了养分从根区的淋失。作物不同生育期的需肥水规律不同, 不同肥料用量、配比和灌水量的增减与作物产量、经济系数密切相关。目前对水肥一体化的研究中关于滴灌施肥、施肥量及水分利用率的研究较多, 而对施肥频率控制的研究鲜有报道。笔者以唐山地区冬季日光温室番茄为研究

对象, 研究滴灌水肥一体化施肥频率对番茄生长发育及产量的影响, 以确定该地区温室番茄适宜的施肥频率, 为设施番茄滴灌水肥一体化技术的应用提供科技支撑。

#### 1 材料与方法

**1.1 试验区概况** 试验在唐山市农业科学研究院温室进行。试验区地理位置为118°11'E, 39°36'N。通过土壤测定<sup>[8]</sup>可知, 供试土壤为黏壤土, 容重为1.2 g/cm<sup>3</sup>, 土壤饱和体积含水率为45.2%, 土壤中等肥力, 碱解氮含量为81.03 mg/kg, 速效钾含量为185.12 mg/kg, 速效磷含量为46.24 mg/kg, 全氮含量为2.45 g/kg, 有机质含量为423.60 g/kg, 土壤pH为6.82。

**1.2 试验材料** 选择唐山市农业科学研究院自育番茄品种唐粉108作为试验材料。

**1.3 试验方法** 试验于2019年10月31日至2020年6月30日进行。2019年10月31日播种, 12月16日定植, 定植前施腐熟的鸡粪100 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>作为基肥。采用大垄双行种植, 垄宽1.5 m, 垄长7 m, 垄台高15 cm。定植株行距为40 cm×50 cm, 小区面积为100 m<sup>2</sup>, 每个小区定植260株。采用单干整枝方式, 每株留4穗果, 每穗3~4个果。膜下滴灌, 在垄中心铺设滴灌带, 滴头间距40 cm, 滴头流量为1.4 L/h。

2020年2月15日至6月20日(结果期)进行滴灌施肥频率试验。滴灌施肥频率设5个处理, 分别为每3、5、7、9、11 d滴灌施肥1次, 即结果期滴灌追肥次数分别为42、25、18、14、11次, 对应处理编号依次为F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub>、F<sub>4</sub>、F<sub>5</sub>。每公顷施磷酸二铵120 kg、尿素120 kg、硫酸钾150 kg、冲施肥300 kg、微量元素肥料75 kg。结果期灌溉与施肥同时进行,

**基金项目** 国家大宗蔬菜产业技术体系项目(CARS-23); 唐山市科技计划项目(20150203E, 19150212E); 唐山市重点实验室建设项目(2020TS009); 唐山市人才资助项目(A201903016)。

**作者简介** 陈志(1977—), 男, 河北唐山人, 助理研究员, 从事设施栽培研究。\*通信作者, 研究员, 从事蔬菜育种与栽培研究。

**收稿日期** 2021-08-18

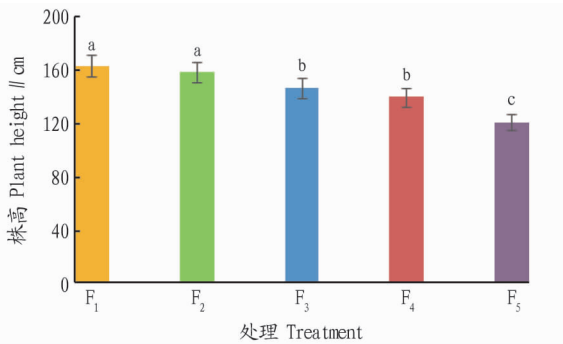
每个处理灌水量和施肥量一致,即每次滴灌都施肥,施肥频率与滴灌频率一致。每个处理3次重复,随机处理,其他田间管理为常规管理。

**1.4 测定指标与方法** 分别于2020年4月10日、4月30日、5月10日、5月30日、6月20日测定生长指标,随机抽取各小区植株10株,取平均值。生长指标包括株高、茎粗、叶面积、干物质重,株高使用皮尺测量,茎粗和叶面积使用植物效能分析仪(Yaxin-1161G)测定,干物质重使用电子天平测量。在果实采收期进行产量调查,从4月15日开始进行,每隔3d采收1次,统计各小区产量。

**1.5 数据统计与分析** 使用Excel 2019软件对试验数据进行整理,再利用SAS软件进行方差分析。

## 2 结果与分析

**2.1 不同滴灌施肥频率对番茄株高的影响** 由图1可知,处理 $F_1$ 番茄株高最高,为163.11 cm,其次为处理 $F_2$ ,而处理 $F_5$ 最低。经方差分析发现,处理 $F_1$ 与 $F_2$ 间差异不显著( $P>0.05$ ),这2个处理与其他处理差异显著( $P<0.05$ ),处理 $F_3$ 与 $F_4$ 间差异不显著( $P>0.05$ )。由此可见,加大滴灌施肥频率虽然有利于番茄生长,但容易造成植株徒长,造成营养浪费;若施肥频率过低,会造成植株吸收营养不足。施肥频率为7~9 d 1次可以完全满足植株生长所需的养分。



注:不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercase letters indicate significant difference ( $P<0.05$ )

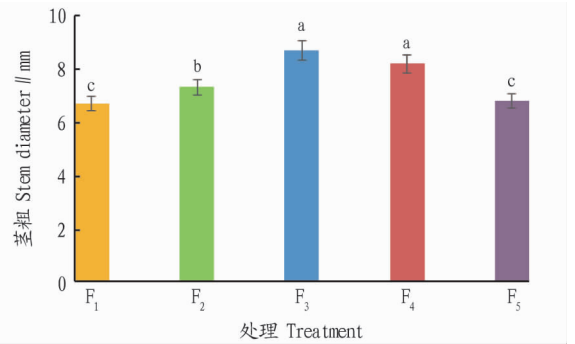
图1 不同滴灌施肥频率对番茄株高的影响

Fig. 1 Effects of different drip irrigation and fertilization frequencies on the plant height of tomato

**2.2 不同滴灌施肥频率对番茄茎粗的影响** 由图2可知,处理 $F_3$ 和 $F_4$ 番茄茎粗分别为8.7和8.2 mm,而处理 $F_1$ 茎粗最小(6.7 mm)。经方差分析发现,处理 $F_3$ 与 $F_4$ 间差异不显著( $P>0.05$ ),这2个处理与其他处理差异显著( $P<0.05$ ),处理 $F_2$ 与处理 $F_1$ 、 $F_5$ 间差异显著( $P<0.05$ ),处理 $F_1$ 与 $F_5$ 间差异不显著( $P>0.05$ )。这说明滴灌施肥频率过高或过低均对番茄茎粗有影响。

**2.3 不同滴灌施肥频率对番茄叶面积的影响** 由图3可知,处理 $F_4$ 和 $F_3$ 番茄叶面积分别为7.65和7.52  $\text{cm}^2$ ,处理 $F_2$ 叶面积最小(5.86  $\text{cm}^2$ )。方差分析表明,处理 $F_3$ 与 $F_4$ 间无显著差异( $P>0.05$ ),这2个处理与其他处理差异显著( $P<0.05$ ),处理 $F_2$ 与 $F_5$ 间差异不显著( $P>0.05$ )。由此可见,滴

灌施肥有利于番茄叶面积的增加。在一定范围内,施肥频率越小,越有利于番茄叶面积的增加。当滴灌施肥频率为7~9 d 1次时叶面积较大。

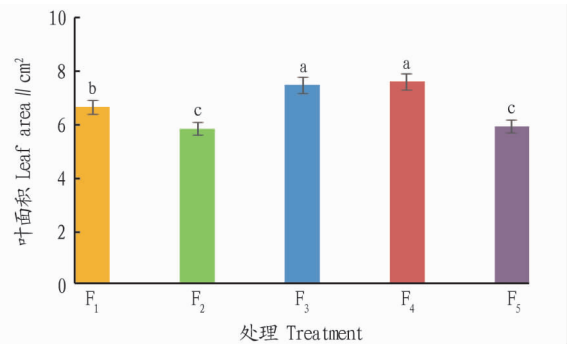


注:不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercase letters indicate significant difference ( $P<0.05$ )

图2 不同滴灌施肥频率对番茄茎粗的影响

Fig. 2 Effects of different drip irrigation and fertilization frequencies on the stem diameter of tomato



注:不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercase letters indicate significant difference ( $P<0.05$ )

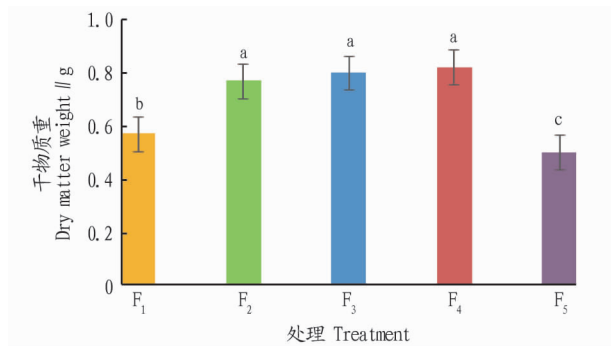
图3 不同滴灌施肥频率对番茄叶面积的影响

Fig. 3 Effects of different drip irrigation and fertilization frequencies on the leaf area of tomato

**2.4 不同滴灌施肥频率对番茄植株干物质重的影响** 从图4可以看出,处理 $F_4$ 番茄植株干物质重最大(0.82 g),处理 $F_3$ 略低于处理 $F_4$ ,而处理 $F_5$ 植株干物质重最小。方差分析表明,处理 $F_2$ 、 $F_3$ 、 $F_4$ 间差异不显著( $P>0.05$ ),这3个处理与处理 $F_1$ 、 $F_5$ 间差异显著( $P<0.05$ )。由此可见,随着施肥频率的减少,番茄植株干物质重逐渐增加,当达到一定限值后番茄植株干物质重有所减少。当滴灌施肥频率为7~9 d 1次时,番茄植株干物质重较大。

**2.5 不同滴灌施肥频率对番茄产量的影响** 温室番茄自2020年4月8日开始采摘,6月30日结束。不同滴灌施肥频率处理番茄产量变化趋势相似,前期产量相对较低,中后期产量较高。从图5~6可以看出,处理 $F_2$ 、 $F_3$ 与 $F_4$ 前期产量较高,这3个处理与其他处理间差异显著( $P<0.05$ ),处理 $F_5$ 前期产量最低;处理 $F_3$ 总产量最高(135.06  $\text{t}/\text{hm}^2$ ),其次为处理 $F_4$ ,经方差分析可知二者差异显著( $P<0.05$ ),这2个处理与其他处理差异显著( $P<0.05$ ),处理 $F_1$ 与 $F_2$ 间差异不显

著( $P>0.05$ ),总产量大小顺序为  $F_3>F_4>F_2>F_1>F_5$ 。由此可见,高频率滴灌施肥导致番茄植株生长过旺,光合产物不能顺利地运输到果实中,延缓了果实膨大。处理  $F_5$  的总产量最低,说明滴灌施肥频率较低时,会导致营养供应不充足,降低番茄总产量。

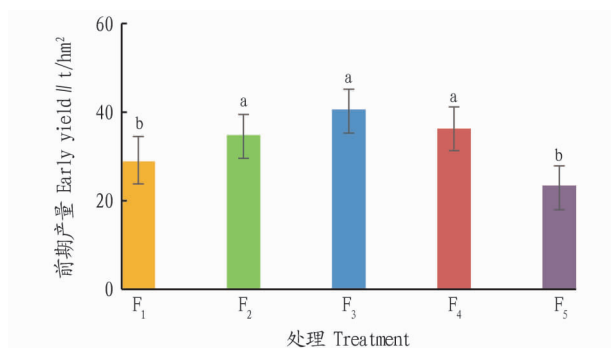


注:不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercase letters indicate significant difference ( $P<0.05$ )

图 4 不同滴灌施肥频率对番茄植株干物质重的影响

Fig. 4 Effects of different drip irrigation and fertilization frequencies on the dry matter weight of tomato plants



注:不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercase letters indicate significant difference ( $P<0.05$ )

图 5 不同滴灌施肥频率对番茄前期产量的影响

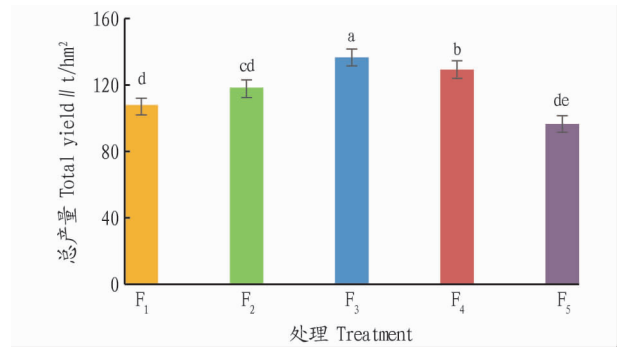
Fig. 5 Effects of different drip irrigation and fertilization frequencies on the early yield of tomato

### 3 讨论与结论

不同滴灌施肥频率对番茄生长指标的影响各不相同。该试验结果发现,在土壤持水量较高的条件下,滴灌施肥频率高有助于促进番茄植株生长,但容易造成徒长。若滴灌施肥频率过低,会造成番茄植株吸收养分不足,植株的茎粗、叶面积、干物质重都会降低。若滴灌施肥频率过高或过低,不利于番茄植株的茎粗、叶面积、干物质重的增加。由此可见,适宜土壤持水量和肥力分布才能协调根冠生长,最终达到较高的产量和资源利用效率。

滴灌施肥频率是水肥一体化的重要环节。研究滴灌施

肥频率对作物生长状况和产量的影响,将为设施蔬菜滴灌水肥一体化技术提供科技支撑。该研究结果发现,滴灌施肥频率对番茄前期产量和总产量的影响不大,这与栗岩峰等<sup>[9]</sup>对施肥频率对蔬菜作物产量的影响研究结果相一致。



注:不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercase letters indicate significant difference ( $P<0.05$ )

图 6 不同滴灌施肥频率对番茄总产量的影响

Fig. 6 Effects of different drip irrigation and fertilization frequencies on the total yield of tomato

该研究还发现,该地区冬季日光温室滴灌水肥一体化施肥频率为每 7 d 1 次时,番茄总产量最高。窦超银等<sup>[10]</sup>研究发现大棚黄瓜产量最高的滴灌施肥频率为每 3 d 1 次,这与蔬菜作物本身对肥水的不同需求有直接关系。该试验滴灌施肥频率为每 7 d 1 次时有助于促进番茄生长发育,番茄植株长势最好。因此,在实际的滴灌水肥一体化管理中,建议大棚番茄结果期滴灌施肥频率以每 7 d 1 次为宜。番茄不同生长周期对肥水的需求不同。该试验只对番茄结果期的滴灌施肥频率进行了研究,结果期与其他生长阶段滴灌施肥频率是否一致仍需进一步研究。

### 参考文献

- [1] HANSON B R, SIMUNEK J, HOPMANS J W. Evaluation of urea-ammonium-nitrate fertigation with drip irrigation using numerical modeling[J]. *Agricultural water management*, 2006, 86(1/2): 102-113.
- [2] 郭凯先. 水肥一体化技术在青海高寒干旱地区辣椒生产上的应用[J]. *中国农村水利水电*, 2016(10): 73-76.
- [3] 王荣蓬, 于健, 张俊生, 等. 水肥一体化对基质栽培下樱桃番茄品质的影响[J]. *节水灌溉*, 2018(1): 38-41, 44.
- [4] 梁志雄, 钟俊周, 文国宇, 等. 不同水肥一体化模式在烤烟生产中的应用效应[J]. *安徽农业科学*, 2019, 47(5): 162-165, 195.
- [5] 孟亮. 水肥一体化技术对设施辣椒产量形成和养分吸收与分配规律的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2017.
- [6] 侯东颖, 郝科星, 张曼, 等. 水肥一体化技术对西瓜产量及品质的影响[J]. *安徽农业科学*, 2018, 46(25): 116-118.
- [7] 张立勤, 车宗贤, 崔会玲, 等. 不同水肥条件对滴灌制种玉米产量和水分利用效率的影响[J]. *节水灌溉*, 2018(12): 29-32.
- [8] 冯志文, 万书勤, 康跃虎, 等. 滴灌施肥条件下减量施肥对马铃薯土壤养分积累及产量的影响[J]. *节水灌溉*, 2019(8): 28-33, 38.
- [9] 栗岩峰, 李久生, 饶敏杰. 滴灌系统运行方式施肥频率对番茄产量与根系分布的影响[J]. *中国农业科学*, 2006, 39(7): 1419-1427.
- [10] 窦超银, 孟维忠. 结果期滴灌施肥频率对黄瓜生长和产量的影响[J]. *江苏农业科学*, 2018, 46(7): 139-141.