

痕量灌溉管作地埋滴灌带对基质栽培 樱桃番茄生长发育的影响

胡健泰¹, 陈其兵¹, 刘兴成¹, 王晓兵², 张涛¹

(1.武威市农业技术推广中心, 甘肃 武威 733000; 2.民勤县农业技术推广中心, 甘肃 民勤 733999)

摘要:利用痕量灌溉管滴头独特的膜过滤特点, 将痕量管作为滴灌带埋设于栽培介质中, 以‘釜山88’樱桃番茄为试材, 研究了该模式应用于日光温室樱桃番茄基质栽培的可行性及其不同布置方式对樱桃番茄生长、品质、产量和水分生产效率的影响。结果表明:痕量灌溉管作为地埋式滴灌带用于基质栽培樱桃番茄是可行的。不同布置方式对基质栽培条件下樱桃番茄生长、品质、产量和水分生产效率均有一定影响, 且不同处理间存在一定程度差异, 其中痕量管埋深15 cm为所有处理中影响最明显的布置方式。与表层覆基质处理相比, 痕量管埋深15 cm时, 植株株高、茎粗、果实纵径、果实横径、果实可溶性固形物含量、产量和水分生产效率分别增加5.62%、7.33%、5.70%、2.80%、8.80%、16.54%和34.61%。基质栽培条件下, 痕量灌溉管可作为地埋式滴灌带使用, 且痕量管埋深15 cm是该试验条件下日光温室樱桃番茄基质栽培较适宜的埋设深度。

关键词:樱桃番茄; 基质栽培; 痕量灌溉管; 地埋滴灌带; 生长发育

中图分类号:S641.2; S275.6 **文献标志码:**A

Effects of trace irrigation pipes as buried drip irrigation belts on growth and development of cherry tomato in substrate cultivation

HU Jiantai¹, CHEN Qibing¹, LIU Xingcheng¹, WANG Xiaobing², ZHANG Tao¹

(1. Wuwei Agricultural Technology Extension Center, Wuwei, Gansu 733000, China;

2. Minqin County Agricultural Technology Extension Center, Minqin, Gansu 733999, China)

Abstract: By using the unique membrane filtration characteristics of trace irrigation pipe drip head, the trace pipes were embedded in the cultivation medium as drip irrigation belts. The feasibility of applying this model to the substrate cultivation conditions of cherry tomato in solar greenhouse and the effects of different arrangements on the growth, quality, yield and water production efficiency of cherry tomato were studied. The results showed the feasibility to use trace irrigation pipes as underground drip irrigation belts for substrate cultivation of cherry tomatoes. Different arrangements had certain effects on the growth, quality, yield, and water production efficiency of cherry tomato under substrate cultivation conditions, and there were certain differences among different treatments. The buried depth of trace pipe was 15 cm, which had the most obvious effects among all treatments. Compared with the surface substrate treatment, the plant height, stem diameter, fruit longitudinal diameter, fruit transverse diameter, fruit soluble solid content, yield and water production efficiency increased by 5.62%, 7.33%, 5.70%, 2.80%, 8.80%, 16.54% and 34.61%, respectively, when the trace tube buried depth was 15 cm. Under the conditions of substrate cultivation, trace irrigation pipes can be used as buried drip irrigation belts, and the burial depth of trace pipes are 15 cm, which is the most suitable burial depth for the substrate cultivation of cherry tomato in solar greenhouse under the test conditions.

Keywords: cherry tomato; substrate cultivation; trace irrigation pipe; buried drip irrigation belt; growth and development

甘肃省武威市属于水资源严重不足的资源性缺水地区,尤其是石羊河流域人均水资源量不足 700 m^3 ,耕地占有水资源量 $3\ 300\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$,水资源贫乏,供需矛盾明显,而先进节水灌溉技术是提高水资源利用率和农业生产降本增效的重要举措。目前,武威市主要引进并推广了以膜下滴灌、微喷灌等为主的节水灌溉技术,但这些节水技术在日光温室蔬菜水肥灌溉时容易出现滴头堵塞等问题,加之作物水分利用率不高,温室蔬菜常年连作,限制了当地温室蔬菜产业的降本、提质、增效。武威市戈壁农业发展迅速,蔬菜大多采用基质种植,因此,探索高效的节水节肥基质栽培模式是当下需要解决的实际问题。

痕量灌溉技术是一种抗堵、小流量的地下灌溉技术,其特别之处在于控水头是特制滴头,与栽培介质接触后,水流在管道中会形成一定的表面张力和毛细管力,受到栽培介质空隙间张力和重力、范德华力的作用,控水头中的水会被自动抽出,依照植物的需求,缓慢、适量地为植物根系进行供水,最大限度地杜绝水资源浪费。痕量灌溉管出水口控水滴头由很多根并列在一起的表面能强大的纤维材料填充而成,其间隙远远小于植物根系直径,从而完全杜绝了植物根系伸入出水口引起堵塞的现象^[1-3]。研究人员在多地多种作物上开展了痕量灌溉相关研究,生产中也有不少试验和应用案例:2008年开始,该技术在设施生菜、球茎茴香、茄子、番茄等蔬菜种植中得以试验应用^[4-7];杨明宇等^[8]、安顺伟等^[9]、沈富等^[10]先后开展了茄子、番茄、辣椒等蔬菜在土壤栽培中的痕量管理设试验研究;沈富等^[11]开展了痕量灌溉技术在日光温室西葫芦栽培上的应用研究,且节水效果良好。那么利用痕量灌溉管抗堵塞、小流量的性能,将其作为滴灌带埋设在栽培介质中,能否避免耕层水分过多从地表蒸发,进而达到节水目的?将其埋深后,直接将水分、养分供应到植株根系附近被作物吸收,会对作物生长发育产生何种影响?尤其在日光温室蔬菜基质栽培水肥灌溉模式中,较为常见的是将灌溉滴头直接插入栽培基质的方式,将痕量管作为滴灌带埋设于基质栽培作物中使用的研究鲜见报道。因此,本试验引进痕量灌溉管,将其作为滴灌带,接入普通滴灌水肥灌溉装置,研究该模式对基质栽培樱桃番茄生长发育的影响及其不同布设方式对基质栽培樱桃番茄生长、产量、品质和水分生产效率的影响,探索痕量灌溉管作为地理式滴灌带在节水角度的可行性,并选择最适布设方式,以期为西北寒旱区沙漠

气候条件下日光温室蔬菜生产提供新的水肥灌溉模式,为基质栽培中应用痕量灌溉管进行水肥供应提供试验依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于2022年4—9月在甘肃省民勤县大滩镇东大农场6号日光温室中进行,灌溉水源为地下水,试验温室为土墙无立柱钢骨架结构,长100 m,跨度9.5 m。该农场位于甘肃省河西走廊石羊河流域下端,海拔1 250 m,三面被巴丹吉林和腾格里沙漠包围,为典型的西北干旱沙漠型气候。据气象资料显示,民勤年降水量不足110 mm,年蒸发量超过2 600 mm,年均日照数超过3 000 h,昼夜温差大。该区域耕作土壤以沙化盐化灌淤土为主。

试验地耕层0~20 cm土壤理化性质如下:容重 $1.39\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$,孔隙率50.24%,田间持水率22.37%,有机质0.91%,碱解氮 $33.03\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效磷 $7.29\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效钾 $180.18\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,pH值8.83,全氮0.065%,全磷0.17%,全钾1.77%。

1.2 供试材料及种植方式

试验樱桃番茄品种为‘釜山88’,种苗由甘肃河西甜美农业发展有限公司提供。

供试痕量管由北京普泉科技有限公司依据试验设计提供(型号为TQI-900型,内径16 mm,出水口间隔25 cm)。

栽培基质主要由椰糠、泥炭、炭化稻谷壳、珍珠岩等构成,由武汉生升永和农业有限公司提供。

试验于2022年3月20日育苗,4月27日定植,9月30日收获完毕。种植采用地下槽式填充基质栽培模式,槽面宽60 cm,槽底宽50 cm,槽深25 cm,地表覆白色地膜,操作行宽80 cm。采用株距25 cm、行距50 cm方式进行定植,定植密度 $5.7\text{ 万株}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

1.3 试验设计与田间管理

1.3.1 试验设计 试验以痕量管不同埋设深度设5个处理,即T1(CK,表层覆基质)、T2(埋深5 cm)、T3(埋深10 cm)、T4(埋深15 cm)、T5(埋深20 cm),各处理3次重复,15个小区,小区面积 13.3 m^2 ,随机区组排列。

1.3.2 田间管理 定植时种苗处于四叶一心期,每穴放入氧化硼片剂1粒,用复合微生物活性菌剂作灌根处理。各处理浇同量的定植水。灌溉装置首部安装过滤装置。试验采用单秆整枝,7穗花后留2片叶进行摘心。各处理施肥时间与施肥量一致,田间管理同民勤县当地传统管理方式一致。

1.4 测定指标和方法

生长指标:缓苗后挂牌标记观察株,每行标记连续 5 株,每畦 10 株。间隔 15 d 左右定株观察记载一次株高、茎粗。株高用钢卷尺测量,测樱桃番茄茎基部到生长点的垂直长度;茎粗用电子游标卡尺测量,测茎基部第一片真叶处的直径,每次保持游标卡尺尺面方向与种植行方向垂直,测量始终固定由同一人操作。

品质指标:果实纵、横径用电子游标卡尺测量,果形指数为果实纵径与横径的比值。根据樱桃番茄果实成熟情况,随机选取标记观察植株 1~3 穗、4~5 穗、6~7 穗成熟果实,分别测定果实的可溶性固形物、可滴定酸含量等品质指标,取平均值为计量值。果实可溶性固形物含量用 PAL-106 数显糖度计测定,可滴定酸含量用氢氧化钠滴定法测定^[12]。

产量指标:单果质量为标记观察植株中随机选取的 30 个果实称重后计算的平均值,产量以每次采收量的总和计,单株结果数为单株植株实际结果数量的均值。

水分生产效率 = 单位面积产量/单位面积用水量^[13]。

1.5 数据处理

用 Excel 软件进行原始数据处理,IBM SPSS statistics 25.0 软件进行差异显著性分析检验,最小显著差法(LSD)进行多重比较($P < 0.05$),Origin 2019b 软件进行图表制作。

2 结果与分析

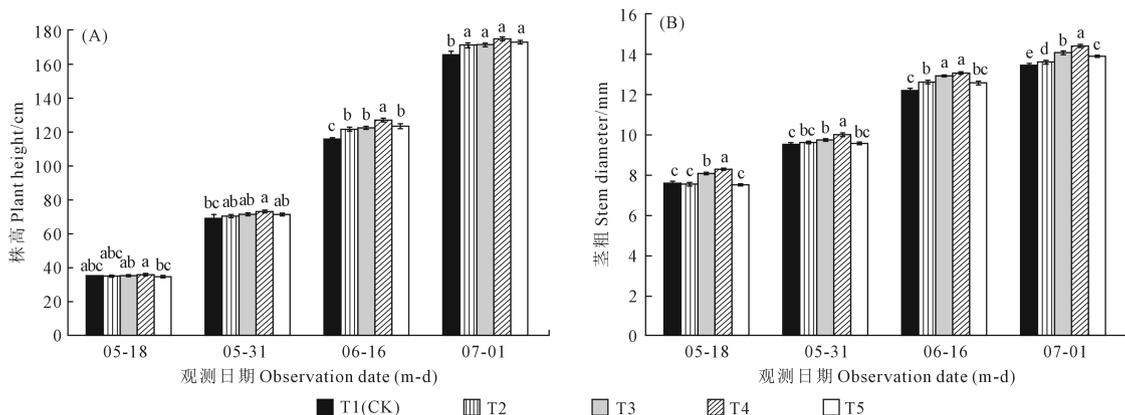
2.1 痕量管作为滴灌带的不同布设方式对樱桃番茄株高和茎粗的影响

痕量管作为滴灌带不同布设方式对樱桃番茄株高和茎粗的影响如图 1 所示。由图 1A 可知,5 月 18 日,T4 的株高显著高于 T5,增加 0.04%。5 月 31

日,T4 的株高显著高于 T1,增加 0.06%,T2~T5 间差异不显著。6 月 16 日,T2~T5 的株高均显著高于 CK,分别增加 4.92%、5.61%、9.67% 和 6.56%,其中 T4 与其他处理差异显著。7 月 1 日,T2~T5 的株高也显著高于 CK,分别增加 3.56%、3.68%、5.62% 和 4.53%,T2~T5 处理间无显著差异。从茎粗来看,5 月 18 日,T3 和 T4 的茎粗显著大于 CK,分别增加 6.93% 和 9.58%。5 月 31 日的测定结果与 5 月 18 日类似。6 月 16 日,T4 与 T2、T3、T5 间差异显著,T2、T3、T5 处理间差异不显著,但 T3 和 T4 的茎粗显著大于 T2、T5 和 T1。7 月 1 日,T2~T5 的茎粗均显著大于 CK,分别增加 1.35%、4.67%、7.33% 和 3.46%,各处理间差异显著(图 1B)。由此可知,痕量管作为滴灌带不同布设方式对基质栽培条件下樱桃番茄株高和茎粗生长发育均有一定程度的影响,但不同处理的影响程度存在明显差异,其中 T4 处理(痕量管理深 15 cm)影响最显著。

2.2 痕量管作为滴灌带的不同布设方式对樱桃番茄产量及其构成因素的影响

痕量管作为滴灌带不同布设方式对樱桃番茄产量及其构成因素的影响如表 1 所示。由表 1 可知,单株结果数方面,T4 和 T5 分别较 T1(CK)显著增加 9.93% 和 5.58%,且两处理间差异显著;T4 与 T2 和 T3 间差异显著,T5 与 T1、T2 间差异显著。单果质量方面,T3 和 T4 与其他处理间差异显著,T1 和 T2 与 T5 间差异显著,其中 T3 和 T4 分别较 T1(CK)显著增加 5.28% 和 6.01%,但两处理间无显著差异。单位面积产量方面,T2~T5 均显著高于 T1(CK),分别增加 1.66%、8.07%、16.54% 和 3.16%。由此可知,随着痕量管理深的增加,樱桃番茄的单株结果数、单果质量和总产量整体呈先升后降趋势,其中 T4 处理对樱桃番茄产量构成因素及产量的影响最显著。



注:不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$),下同。

Note: Different lowercase letters indicate significant differences between treatments ($P < 0.05$), the same as below.

图 1 痕量管作为滴灌带的不同布设方式对樱桃番茄株高和茎粗的影响

2.3 痕量管作为滴灌带的不同布设方式对樱桃番茄品质的影响

痕量管作为滴灌带不同布设方式对樱桃番茄品质的影响结果见表2。由表2可知,果实纵径方面,T2~T5均显著高于CK,分别增加3.52%、2.35%、5.70%和2.57%,其中T4与T3、T5之间差异显著。果实横径方面,T2、T4、T5均显著高于CK,分别增加3.23%、2.80%和2.37%,但这3个处理间无显著差异。果形指数方面,各处理与CK间均无显著差异。可溶性固形物含量方面,T2~T5均显著高于CK,分别增加3.89%、6.40%、8.80%和5.37%,且这4个处理间差异显著。可滴定酸含量方面,T3、T4、T5均显著低于CK,分别降低9.76%、14.63%和7.32%,其中T4与T3、T5之间差异显著。固酸比是反

表2 痕量管作为滴灌带的不同布设方式对樱桃番茄品质的影响

Table 2 Effects of different deployment methods of trace tubes as drip irrigation belts on cherry tomato quality

处理 Treatment	纵径/cm Longitudinal diameter	横径/cm Transverse diameter	果形指数 Fruit shape index	可溶性固形物含量/% Soluble solid content	可滴定酸含量/% Titratable acid content	固酸比 Solid-acid ratio
T1(CK)	2.98±0.04c	2.32±0.05c	1.28±0.02a	8.75±0.02e	0.41±0.01a	21.34±0.05e
T2	3.09±0.04ab	2.40±0.01a	1.29±0.02a	9.09±0.01d	0.40±0.01ab	22.73±0.48d
T3	3.05±0.06b	2.33±0.03bc	1.31±0.02a	9.31±0.01b	0.37±0.01c	25.16±0.03b
T4	3.15±0.02a	2.39±0.02a	1.32±0.01a	9.52±0.01a	0.35±0.01d	27.20±0.09a
T5	3.06±0.03b	2.38±0.03ab	1.29±0.01a	9.22±0.02c	0.38±0.01bc	24.26±0.03c

映樱桃番茄口感的重要参数,T2~T5固酸比均显著高于CK,分别增加6.51%、17.90%、27.46%和13.68%,且这4个处理之间差异显著。由此可知,痕量管作为滴灌带的不同布设方式对樱桃番茄果实的纵径、横径、可溶性固形物含量、可滴定酸含量和固酸比能够产生一定的影响,其中T4处理对樱桃番茄品质影响效果相对较佳。

2.4 痕量管作为滴灌带的不同布设方式对樱桃番茄水分生产效率的影响

水分生产效率是评价节水效果的重要指标之一。痕量管作为滴灌带不同布设方式对水分生产效率的影响结果见表3。从表3可看出,随着痕量管埋深的增加,灌溉量呈逐渐下降趋势,而水分生产效率却呈先升后降趋势。T2~T5处理的灌溉量与T1(CK)相比分别显著减少7.70%、11.34%、13.42%和15.19%,同时T5与T4、T4与T3、T3与T2处理之间差异显著。不同处理水分生产效率表现为T4>T3>T5>T2>T1(CK),T4、T3、T5、T2分别较T1(CK)显著提高34.61%、21.89%、21.64%、10.14%,其中T4与其余处理之间差异显著,T2与T3、T5之间差异亦显著。

3 讨论

张军^[14]研究表明,樱桃番茄根系主要集中在距植株水平距离5~15 cm处0~30 cm深度土层

表1 痕量管作为滴灌带的不同布设方式对樱桃番茄产量及其构成因素的影响

Table 1 Effects of different deployment methods of trace tubes as drip irrigation belts on yield and its composition factors of cherry tomato

处理 Treatment	单株结果数 Number of fruit set per plant	单果质量 Single fruit mass/g	产量 Yield /(kg·hm ⁻²)
T1(CK)	89.6±1.16c	10.48±0.07b	53523.46±19.93e
T2	90.4±1.68c	10.56±0.05b	54413.57±8.16d
T3	92.0±0.86bc	11.03±0.17a	57841.32±11.05b
T4	98.5±1.58a	11.11±0.25a	62377.10±2.43a
T5	94.6±0.59b	10.24±0.18bc	55216.13±9.97c

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$),下同。

Note: Different lowercase letters after the same column of data indicate significant differences among treatments ($P<0.05$), the same below.

表3 痕量管作为滴灌带的不同布设方式对樱桃番茄水分生产效率的影响

Table 3 Effects of different deployment methods of trace tubes as drip irrigation belts on moisture production efficiency of cherry tomato

处理 Treatment	灌溉量 Irrigation quantity /(m ³ ·hm ⁻²)	产量 Yield /(kg·hm ⁻²)	水分生产效率 Water production efficiency /(kg·m ⁻³)
T1(CK)	1441.50±0.72a	53523.46±24.41e	37.13±0.09d
T2	1330.50±0.90b	54413.57±10.00d	40.90±0.09c
T3	1278.00±1.01c	57841.32±13.53b	45.26±0.02b
T4	1248.00±0.67d	62377.10±2.98a	49.98±0.10a
T5	1222.50±0.64e	55216.13±12.22c	45.17±0.02b

中,地表15~25 cm、距植株0~10 cm范围内最易出现土壤水分低值区。本研究表明,痕量管作为滴灌带的不同布设方式对日光温室基质栽培条件下樱桃番茄生长发育均有一定影响,其中以痕量管理深15 cm处理为宜,该处理下植株株高和茎粗均优于其他埋深处理,较表层覆基质处理分别增加5.62%和7.33%,果实纵径和横径分别增加5.70%和2.80%;果实可溶性固形物含量较表层覆基质处理提高8.80%;单位面积产量和水分生产效率均高于其他处理,产量较表层覆基质处理提高16.54%,水分生产效率提高34.61%,可能是由于痕量管理深后降低了地表水分蒸发量,水分利用率提高^[15-16]。

本研究将痕量管作为滴灌带,初步揭示了其在

节水角度的可行性及其不同布置方式对基质栽培樱桃番茄生长发育的影响,今后将尝试将该方式进行推广,利用痕量管使用寿命长的优点,继续观察其多次利用的效果,并进一步开展痕量管作为滴灌带对日光温室樱桃番茄基质栽培的水肥耦合、生理学特征、水肥利用效率、品质改良以及灌溉制度等方面影响的研究,以期优化集成适宜干旱条件下日光温室基质栽培番茄的水肥管理技术规范。

4 结 论

痕量灌溉管作为埋式滴灌带时,不同埋设深度对基质栽培条件下樱桃番茄的生长、品质、产量和水分生产效率有不同影响,埋深 15 cm 是影响最明显的布置深度,与表层覆基质相比,该处理下樱桃番茄株高、茎粗、果实纵径、果实横径、可溶性固形物含量、产量和水分生产效率分别增加 5.62%、7.33%、5.70%、2.80%、8.80%、16.54% 和 34.61%,可知痕量管理深 15 cm 是该试验条件下日光温室樱桃番茄基质栽培较适宜的埋设深度。结合本试验和前人对痕量灌溉系统下痕量管不同埋深的研究,在基质等孔隙度大的物质作为栽培介质时痕量管应适当浅埋,在土壤作为栽培介质时应适当深埋,埋设深度设置要依栽培介质理化性质、耕作制度、作物根系特点等因素来决定,选择适宜布置方式以达到最优效果。

参 考 文 献:

- [1] 诸钧. 痕量灌溉技术研究进展[J]. 灌溉排水学报, 2015, 34(增刊2): 63-68.
ZHU J. Research progress of trace irrigation technology[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2015, 34(S2): 63-68.
- [2] 韩晓玲, 周前进, 万霞, 等. 华中科大学者发明新灌溉模式[N]. 湖北日报, 2013-02-27(9).
HAN X L, ZHOU Q J, WAN X, et al. Scholars from Huazhong University of Science and Technology invented a new irrigation model[N]. Hubei Daily, 2013-02-27(9).
- [3] 王兴达. 浅析我国农业节水灌溉方法[J]. 南方农机, 2020, 51(13): 83-84.
WANG X D. Analysis on agricultural water-saving irrigation methods in China[J]. South Agricultural Machinery, 2020, 51(13): 83-84.
- [4] 周继华, 王志平, 刘宝文. 痕量灌溉对温室生菜生长和产量及水分利用效率的影响[J]. 北方园艺, 2013(13): 51-53.
ZHOU J H, WANG Z P, LIU B W. Effect of trace irrigation on growth, yield and water use efficiency of lettuce[J]. Northern Horticulture, 2013(13): 51-53.
- [5] 诸钧, 金基石, 杨春祥. 痕量灌溉对温室种植球茎茴香产量、干物质分配和水分利用率的影响[J]. 排灌机械工程学报, 2014, 32(4): 338-342.
ZHU J, JIN J S, YANG C X. Effects of trace quantity irrigation on yield, dry matter portioning and water use efficiency of spherical fennel grown in greenhouse [J]. Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering, 2014, 32(4): 338-342.
- [6] 刘秋丽. 痕量灌溉不同灌水量对大棚茄子生长及水分利用效率的影

- 响[J]. 中国农村水利水电, 2018, (8): 27-30.
LIU Q L. The effects of different kinds of irrigation water on growth and water use efficiency of eggplants in the great caverns [J]. China Rural Water and Hydropower, 2018, (8): 27-30.
- [7] 汤英, 周立华, 韩小龙, 等. 四种高效节水灌溉技术在设施番茄种植中的应用研究[C]//中国水利学会 2016 学术年会论文集, 成都: 中国水利学会, 2016: 1178-1184.
TANG Y, ZHOU L H, HAN X L, et al. Comparative analysis research on tomato growing in greenhouse with four water saving irrigation techniques [C]//Proceedings of the 2016 Academic Annual Conference of the Chinese Water Conservancy Society, Chengdu; Chinese Society of Hydraulic Engineering, 2016: 1178-1184.
- [8] 杨明宇, 安顺伟, 周继华, 等. 痕量灌溉管不同埋深对温室茄子生长、产量及水分利用效率的影响[J]. 中国蔬菜, 2012, (20): 78-82.
YANG M Y, AN S W, ZHOU J H, et al. Effects of different trace irrigation pipe depths on eggplant growth, yield and water utilization efficiency in solar greenhouse[J]. China Vegetables, 2012, (20): 78-82.
- [9] 安顺伟, 周继华, 刘宝文, 等. 痕量灌溉管不同埋深对番茄生长、产量和水分利用效率的影响[J]. 作物杂志, 2013, (3): 86-89.
AN S W, ZHOU J H, LIU B W, et al. Effects of trace irrigation pipe depth on development, yield and water use efficiency of tomato in solar greenhouse[J]. Crops, 2013, (3): 86-89.
- [10] 沈富, 李建设, 刘宏久, 等. 痕量灌溉管不同埋深对日光温室辣椒生长影响[J]. 节水灌溉, 2015, (11): 19-23, 32.
SHEN F, LI J S, LIU H J, et al. Effect of trace irrigation pipe burial depth on growth of greenhouse pepper [J]. Water Saving Irrigation, 2015, (11): 19-23, 32.
- [11] 沈富, 刘宏久, 李建设, 等. 痕量灌溉技术在日光温室西葫芦栽培上的应用研究[J]. 湖北农业科学, 2016, 55(2): 381-384.
SHEN F, LIU H J, LI J S, et al. Application of trace irrigation techniques on squash cultivate in greenhouse [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2016, 55(2): 381-384.
- [12] 翟丽萍, 王伟伟, 张舵, 等. 酸碱滴定法测定果蔬中维生素 C 的可行性[J]. 高师理科学刊, 2021, 41(12): 76-80.
ZHAI L P, WANG S W, ZHANG D, et al. Feasibility of determination of vitamin C in fruits and vegetables by acid-base titration [J]. Journal of Science of Teachers' College and University, 2021, 41(12): 76-80.
- [13] 张娜, 郑雅莲, 赵艳. 不同渗灌埋深对温室黄瓜、番茄水分生产效率及土壤氮素的影响[J]. 北京农业, 2011, (30): 31-34.
ZHANG N, ZHENG Y L, ZHAO Y. Effects of subsurface irrigation depth on vegetable water use and soil nitrogen [J]. Beijing Agriculture, 2011, (30): 31-34.
- [14] 张军. 番茄根系层分布与土壤水分变化区域间的关系研究[D]. 北京: 中国科学院大学, 2015.
ZHANG J. Research on relationship between tomato roots distribution and soil water variation area [D]. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences, 2015.
- [15] 丛丽君, 汪生林, 李建设, 等. 痕量灌溉管不同埋深对日光温室栽培番茄品质和产量的影响[J]. 西北农业学报, 2017, 26(7): 1062-1067.
CONG L J, WANG S L, LI J S, et al. Effects of pipe depth of trace irrigation on yield and quality of tomato in solar greenhouse [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2017, 26(7): 1062-1067.
- [16] 邢立文, 崔宁博, 董娟, 等. 痕量灌溉条件下水肥耦合对温室番茄综合影响分析[J]. 中国农村水利水电, 2019, (6): 93-99.
XING L W, CUI N B, DONG J, et al. Assessment and analysis of integrated effects of water and fertilizer coupling on greenhouse tomato under trace irrigations [J]. China Rural Water and Hydropower, 2019, (6): 93-99.