

网络出版时间:2015-01-19 09:19

DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2015.03.008

网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20150119.0919.008.html

营养液滴灌频率对设施番茄生长与果实品质的影响

孙丽丽, 邹志荣, 韩丽蓉, 杨俊华

(西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

【摘要】【目的】研究营养液滴灌频率对温室番茄植株生长及果实产量、品质的影响,为设施番茄实际生产中营养液滴灌频率的合理安排、提高番茄产量和品质提供理论依据。【方法】以番茄(*Lycopersicon esculentum*)“金鹏一号”为试材,采用槽式栽培方法,以常规滴灌施肥为对照,设置 1 d 1 次、3 d 1 次、5 d 1 次、7 d 1 次(T1、T2、T3、T4)4 个营养液滴灌频率,测定植株营养生长期的株高、茎粗以及成熟果实内可溶性总糖、有机酸、维生素 C、可溶性固形物、可溶性蛋白及番茄红素含量,并比较各处理的果实产量。【结果】营养液滴灌频率对植株株高影响不显著,但对植株茎粗影响显著,以 T2 处理茎粗最大,比对照增加 0.82 mm;与对照相比,T1、T2、T3、T4 处理番茄果实产量分别提高 37.0%、46.1%、36.5%和 35.2%,但不同滴灌频率处理对番茄单株产量、果实产量无显著影响,且随着营养液滴灌频率的增加,番茄果实单果质量、单株产量及果实产量均呈先升后降的变化趋势,以 T2 处理果实产量最高;但 T2 处理果实糖/酸值最低,口感差;T3 处理果实可溶性总糖和可溶性蛋白含量、糖/酸值最大,分别比对照提高了 10.01%、22.41%、22.22%,果实口感好,风味较佳,且产量与 T2 处理差异不显著。【结论】番茄最佳营养液滴灌频率为每 5 d 1 次,该处理可以同时促进果实产量及品质提高。

【关键词】 营养液;滴灌频率;番茄;产量;果实品质

【中图分类号】 S641.201;S627.5

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2015)03-0119-06

Effects of nutrition solution drip irrigation frequency on plant growth and fruit quality of greenhouse tomato

SUN Li-li, ZOU Zhi-rong, HAN Li-rong, YANG Jun-hua

(College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】Effects of nutrition solution drip irrigation frequency on plant growth, yield and fruit quality of tomato were investigated. 【Method】Four nutrition solution drip irrigation frequencies, once per day (T1), once every 3 days (T2), once every 5 days (T3), and once every 7 days (T4), were tested for *Lycopersicon esculentum* ‘Jinpeng 1’ plants cultivated in trough with conventional drip irrigation and fertilization as the control. Plant height, stem, contents of soluble sugar, organic acids, vitamin C, solid and lycopene and fruit yield were measured and compared. 【Result】Nutrient fluid drip irrigation frequency had no significant effect on plant height. But it had significant effect on stem diameter, T2 had the largest stem diameter, which increased by 0.82 mm compared to the control. The yields of tomatoes in T1, T2, T3, and T4 were increased by 37.0%, 46.1%, 36.5%, and 35.2%, respectively. But the effects on fruit yield per plant and single fruit weight were insignificant, and they increased firstly and then decreased as the increase of drip irrigation frequency. Fruits of T2 had the highest yield, but with the lowest sugar/acid ratio and poor taste. T3 fruits had better taste and the highest contents of total soluble sugar and soluble protein

〔收稿日期〕 2013-11-14

〔基金项目〕 国家大宗蔬菜产业技术体系项目(CARS-25-D-02);陕西省农业系统专项资金项目

〔作者简介〕 孙丽丽(1985—),女,江苏徐州人,在读硕士,主要从事设施园艺生理生态研究。E-mail:sunlili139@163.com

〔通信作者〕 邹志荣(1956—),男,陕西延安人,教授,博士生导师,主要从事设施园艺研究。E-mail:zouzhihong2005@163.com

and sugar/acid ratio, which were increased by 10. 01%, 22. 41%, and 22. 22%, respectively. 【Conclusion】 Dripping once every 5 days(T3) was recommended to promote yield and quality of greenhouse tomato.

Key words: nutrition solution; drip irrigation frequency; tomato; yield; fruit quality

近年来,化肥、农药等农资产品价格不断上涨,在番茄栽培过程中,如果依旧遵循传统的水肥管理措施,必然会增加农业生产中的投入成本,因此需要探讨合理的水肥使用频率^[1]。研究者针对番茄^[2-5]、黄瓜^[6]、西瓜^[7]、一品红^[8]、花生^[9]等作物的研究表明,施肥频率对作物产量影响显著,如栗岩峰等^[3]研究表明,施肥频率从 4 周 1 次增加到每周 1 次时,番茄产量显著增加;翟亚明^[4]、邢文刚等^[5]的试验结果表明,3 d 1 次为番茄最佳的灌水频率;苏培玺等^[9]对花生的研究表明,在一定的灌水次数下,作物生育期某些时段水分对生殖器官分化的影响较对生长指标的影响更大,但关于番茄生育期营养液滴灌频率的研究尚未见报道。为此,本试验参考无土营养液栽培和营养液土培技术^[10-13],根据番茄各生育时期水肥的需求规律^[14-18],采用番茄山崎配方^[19-20]配制标准营养液,在保证各处理营养液滴灌量相同的前提下,通过调整营养液的滴灌频率,研究营养液滴灌频率对设施番茄生长及果实品质和产量的影响,以期为合理设置番茄设施栽培中营养液滴灌频率提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材 料

1.1.1 供试植物 供试番茄(*Lycopersicon esculentum*)品种为“金鹏一号”,种子由陕西杨凌裕丰种业提供,除施肥、灌水外均进行常规管理。

1.1.2 供试肥料 整地所用肥料为生物菌发酵型

有机肥料,其有机质含量≥450 g/kg,氮磷钾含量≥5 g/kg,有效活菌素≥0.6 亿/g,含微量元素锰、镁、硼、锌、铁元素,购自杨凌乐都生物有限公司;对照(CK)所用肥料:氮肥为尿素(含 N 46%)、磷肥为过磷酸钙(含 P₂O₅ 12%)、钾肥为硫酸钾(含 K₂O 50%),均购自杨凌丰田生物技术有限公司;营养液配方采用山崎配方^[19-20]。

1.2 试验设计

试验于 2013-03—2013-07 在西北农林科技大学园艺场日光温室内进行,温室土壤全氮、全磷、全钾含量分别为 0.39,36.35,13.06 g/kg,碱解氮、速效磷和速效钾含量分别为 24.43,0.24 和 18.44 mg/kg。按 9 000 kg/hm² 施入生物菌发酵型有机肥料。采用槽式栽培,槽底及四周铺设废旧棚膜,各槽之间埋 50 cm 深的塑料薄膜,以防止槽间水肥相互渗透。小区面积 4.4 m²,其槽长 5.5 m、宽 0.8 m,番茄植株株行距为 30 cm×40 cm,采用双行定植,每槽定植 32 株。

苗期采用常规栽培管理,从番茄开花坐果期开始试验,到拉秧前 10 d 停止,营养液滴灌频率共设 4 个处理,分别为:T1. 每天进行 1 次营养液滴灌;T2. 每 3 d 进行 1 次营养液滴灌;T3. 每 5 d 进行 1 次营养液滴灌;T4. 每 7 d 进行 1 次营养液滴灌。同时设对照(CK):在番茄整个生育期根据农民的经验灌水,氮磷钾肥的总施用量分别为 1 200,975,300 kg/hm²,各生育期的具体施肥比例见表 1,均一次性穴施。每个处理重复 3 次,每重复 3 槽。

表 1 番茄常规施肥方案
Table 1 Conventional fertilization schemes for tomato %

施肥方式 Fertilization time	施肥比例 Ratio of fertilization		
	氮(N) Nitrogen	磷(P ₂ O ₅) Phosphorus	钾(K ₂ O) Potassium
基肥 Base fertilizer	40	90	34
坐果期 Fruit setting stage	6	4	11
始收期 First harvest time	11	6	16
追肥 Topdressing	盛果期 Full bearing period	0	17
	盛采期 Harvest season	0	17
	末采期 Recovery stage	0	5

T1—T4 处理追肥期 N、P₂O₅、K₂O 及水的施用总量分别为 610.5,270.0,1 069.5 kg/hm² 和 7 500 L/hm²;N、P、K 及水在番茄坐果期、始收期、盛果期、盛采期、末采期的用量比例分别为 15%,

35%,25%,20%和 5%,拉秧前 10 d 停止营养液滴灌,改为只滴清水。番茄坐果期、始收期、盛果期、盛采期以及末采期持续时间各以 21,27,7,35,15 d 计。

本试验使用西安瑞特快速制造工程研究有限公司的精密水肥灌溉控制机,进行营养液滴灌量的自动化精量控制,各小区内滴灌管滴头间距 0.3 m,双股铺设在每槽中间,采用膜下滴灌。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 植株的表观生长量 试验开始后,各小区分别选取 9 株番茄,定期(03-19,04-02,04-16,04-30)测定植株的株高(茎基部到生长点的长度)和茎粗(茎基部的粗度),直到 04-30 植株打顶。

1.3.2 产 量 番茄果实分小区采收,田间直接称质量,并统计果实数量,分次采收,统计总产量。

1.3.3 果实品质 取番茄第 2 穗成熟果实测定品质,其中维生素 C 含量、有机酸含量、可溶性总糖含量、可溶性蛋白含量均参考文献[21]的方法测定;可溶性固形物采用数显糖度仪测定,番茄红素用甲苯提取番茄红素法^[22]测定。

1.4 数据处理与分析

采用 Excel 2007 软件进行数据处理,用

SPSS 19.0 软件对各处理数据进行 LSD 多重比较分析。

2 结果与分析

2.1 营养液滴灌频率对番茄株高和茎粗的影响

表 2 显示,随着生育期延长,各处理番茄株高逐渐增高,茎粗加粗,但各处理间株高没有明显差异,而茎粗有显著差异,至 04-30 植株打顶,随营养液滴灌频率降低,植株茎粗呈先升后降的变化趋势, $T_2>T_1>T_3>T_4$, T_2 与其他处理间差异显著($P<0.05$),比 CK、 T_4 分别增加 0.82 和 1.29 mm。可见,番茄打顶之前(植株营养生长期),在营养液滴灌量一致的前提下,不同滴灌频率对植株株高影响不显著,而对植株茎粗影响显著,这充分说明营养液供给间隔时间过长或过短均不利于植株茎粗增加。每 3 d 1 次的营养液滴灌频率可使作物生长健壮,维持地上部分适宜的光合面积,避免植株营养生长过弱,促进“源”合成更多的同化物向“库”运输,达到增产增收。

表 2 营养液滴灌频率对番茄株高和茎粗的影响

Table 2 Effects of nutrition solution drip irrigation frequency on plant height and stem diameter of tomato

处理 Treatment	株高/cm Plant height				茎粗/mm Stem diameter			
	03-19	04-02	04-16	04-30	03-19	04-02	04-16	04-30
CK	23.00 a	59.00 a	87.00 a	105.67 a	0.41 a	8.79 ab	9.64 b	9.81 ab
T1	23.17 a	56.33 a	88.00 a	102.67 a	0.41 a	8.72 b	9.41 bc	9.64 b
T2	23.00 a	61.67 a	90.00 a	104.67 a	0.42 a	9.26 a	10.41 a	10.63 a
T3	23.00 a	58.97 a	86.33 a	105.00 a	0.41 a	8.72 b	8.84 d	9.62 b
T4	22.67 a	57.33 a	85.33 a	105.00 a	0.42 a	8.90 ab	9.00 cd	9.34 b

注:同列数据后标不同字母表示在 $P=0.05$ 水平上差异显著,下表同。

Note: Different lowercase letters in each column indicate significant difference at $P=0.05$ level. The same below.

2.2 营养液滴灌频率对番茄单果质量和产量的影响

从表 3 可知,番茄单果质量、单株产量、果实产量均随着营养液滴灌频率的降低呈先升后降的变化趋势,与 CK 相比,营养液滴灌处理均提高了番茄的单果质量、单株产量和果实产量,且以 T_2 处理最高,分别比 CK 提高了 23.67%,46.09%和 46.07% ($P<0.05$),但 T_2 处理单株产量及果实产量与 T_1 、 T_3 、 T_4 处理间均没有显著差异($P>0.05$), T_1 、 T_3 、

T_4 果实产量比 CK 提高了 37.02%,36.49%和 35.18%。由此可知,3 d 1 次的营养液滴灌频率是番茄营养液滴灌频率的阈值,高于或低于此频率均不利于番茄产量的形成。可见,在温室番茄栽培中,既要考虑番茄营养液需求量,还需合理安排营养液的滴灌频率,以保证番茄在充足的水肥供求基础上对水肥充分吸收利用,以提高水肥利用率,达到产量上的优化。

表 3 营养液滴灌频率对番茄产量的影响

Table 3 Effects of nutrition solution drip irrigation frequency on tomato yield

处理 Treatment	单果质量/kg Fruit weight	单株产量/kg Yield per plant	小区产量/kg Experimental plot yield	果实产量/(kg·hm ⁻²) Fruit yield
CK	0.129 c	1.903 b	60.97 b	138 596.54 b
T1	0.151 b	2.777 a	83.52 a	189 910.17 a
T2	0.169 a	2.780 a	89.03 a	202 446.75 a
T3	0.157 b	2.600 a	83.19 a	189 173.33 a
T4	0.153 b	2.577 a	82.40 a	187 361.09 a

2.3 营养液滴灌频率对番茄果实品质的影响

营养液不同滴灌频率下的番茄果实品质测定结果(表 4)表明,随营养液滴灌频率降低,番茄果实内可溶性总糖含量呈先降后升再降的变化趋势,而有机酸含量变化趋势与可溶性总糖截然相反。T3 处理可溶性总糖含量最高,较 CK 提高了 10.01%;有机酸含量最低,比 CK 降低了 10.34%。而 T2 处理果实的可溶性总糖含量最低,有机酸含量最高。比较各处理糖/酸值可知,T3 处理果实糖/酸值最高,为 11.00,较 CK 提高了 22.22%;而 T2 处理果实的糖/酸值最小,为 5.94,低于 CK;T2 与 T3 差异显著

($P<0.05$)。同时,T3 处理果实的可溶性蛋白含量最高,为 42.54 mg/kg,比 CK 提高了 22.41%,说明滴灌频率过高或过低都不利于果实内可溶性蛋白含量的增加,但营养液不同滴灌频率间的可溶性蛋白含量差异不显著($P>0.05$)。

表 4 结果还表明,营养液各滴灌频率处理果实内维生素 C 和可溶性固形物含量均低于 CK,且差异显著($P<0.05$)。番茄红素含量随着营养液滴灌频率的降低而增大,T4 处理番茄红素含量较 CK 提高了 8.25%。T4 处理果实内维生素 C、可溶性固形物及番茄红素含量在营养液处理中均最大。

表 4 营养液滴灌频率对番茄果实品质的影响

Table 4 Effects of nutrition solution drip irrigation frequency on quality of tomato

处理 Treatment	可溶性总糖/ (g·kg ⁻¹) Soluble sugar	有机酸/ (g·kg ⁻¹) Organic acid	糖/酸 Sugar-acid ratio	维生素 C/ (mg·kg ⁻¹) Vitamin C	可溶性固形物/ (mg·kg ⁻¹) Soluble solids	可溶性蛋白/ (mg·kg ⁻¹) Soluble protein	番茄红素/ (μg·g ⁻¹) Lycopene
CK	44.14 a	4.93 ab	9.00 ab	116.04 a	49 300 a	34.75 b	27.53 b
T1	45.58 a	4.99 ab	9.14 ab	82.59 c	41 000 c	28.73 ab	20.10 d
T2	30.17 b	5.17 a	5.94 c	89.67 bc	43 000 c	34.81 ab	23.60 c
T3	48.56 a	4.42 b	11.00 a	86.05 c	46 700 b	42.54 a	27.71 b
T4	38.14 ab	5.12 a	7.50 bc	100.30 b	47 700 ab	34.54 ab	29.80 a

3 讨 论

本研究结果表明,营养液滴灌频率对植株的株高影响不显著,但 3 d 滴灌 1 次与其他处理间茎粗差异显著,这与邢文刚等^[5]、李旋胜等^[23]关于灌水频率对番茄、西葫芦生长及产量影响的研究结果基本一致。不同处理间茎粗出现显著差异可能是因为本试验施肥滴灌频率不同所致,且以 3 d 滴灌 1 次的植株茎粗最大,长势最好。

韩建会等^[24]研究表明,灌水周期延长会对土壤水分造成胁迫,对果实产量形成有一定的负面影响,会造成不同程度减产。本研究发现,番茄果实产量随营养液滴灌频率的提高呈先增后降的变化趋势,3 d 滴灌 1 次处理果实产量最高,说明在营养液滴灌量相同的情况下,当营养液滴灌频率低于 3 d 1 次时,土壤会出现水肥亏缺现象,从而造成 T3、T4 处理果实产量降低;滴灌频率高于 3 d 1 次时,植株短时期内因养分富余而下渗,根系层无法充分吸收利用养分,也会导致养分吸收利用不足,从而使产量降低。这与韩建会等^[24]的研究报道结果一致。相较于 CK,营养液滴灌均达到了增产的目的,说明滴灌营养液土培这种水肥管理方案优于传统的水肥施用技术,它满足了番茄生长过程中对水肥的需求规律,植株根系能够充分吸收土壤中供给的各类养分,在提高水肥利用率的基础上提高了果实产量。

齐红岩等^[25]、刘明池等^[26]研究表明,随着灌水间隔的延长,亏缺灌溉可使番茄中可溶性糖、有机酸及糖酸比均呈增加趋势,改善番茄果实的品质和口感,而且水分亏缺越严重,效果越明显。而本试验结果显示,随营养液滴灌频率的降低,番茄果实内可溶性总糖呈先降后升再降的变化趋势,有机酸含量变化趋势与可溶性总糖相反。原因可能是,齐红岩等^[25]、刘明池等^[26]的试验是在控制养分供给量不变的条件下改变水分供应量,水分亏缺会使番茄植株体内含水量减少,干物质积累增加;而在本试验中,随营养液滴灌频率的降低,水肥胁迫程度增强,短时间内土壤供水、供肥能力减弱,而水肥集中供应量增大,导致果实内可溶性糖及有机酸含量的变化机理存在差异。本试验结果表明,3 d 滴灌 1 次处理果实产量虽然最高,但果实品质并未得到改善,其糖/酸值最低,仅为 5.94,低于糖/酸值参考评价值(6.0)^[27],口感较差;而 5 d 滴灌 1 次处理果实糖/酸值达到 11.0,比 CK 提高了 22.22%,果实口感好,风味较佳。这充分说明过频的营养液供给会影响果实产量,但适宜的胁迫会提高果实品质,这与齐红岩等^[25]、刘明池等^[26]的研究结果一致。但有关滴灌频率对番茄果实品质影响的机理还有待进一步研究。

4 结 论

在 3 d 1 次的营养液滴灌频率下,番茄植株长势

健壮,产量最高,单果质量、单株产量、果实产量均最大,分别比 CK 提高 23.67%,46.09%和 46.07%,但果实糖/酸值最低,果实风味差;5 d 1 次滴灌频率下果实产量与 3 d 1 次处理无显著差异,但果实糖/酸值最大,果实口感好,果实风味最佳。因此,若兼顾果实产量和品质,则以 5 d 1 次为最佳营养液滴灌频率,其果实产量及品质均较佳。

[参考文献]

- [1] 曾春芝. 不同水分处理对大棚滴灌甜瓜产量与品质的影响 [D]. 武汉:华中农业大学,2009.
Zeng C Z. Effects of different water treatments on yield and quality of melon under drip irrigation [D]. Wuhan: Huazhong Agriculture University,2009. (in Chinese)
- [2] 栗岩峰. 滴灌水肥管理对土壤水氮动态及番茄生长的影响 [D]. 北京:中国水利水电科学研究院,2006.
Li Y F. Effect of drip irrigation water and fertilizer management on soil water and nitrogen dynamics and growth of tomato [D]. Beijing:China Water Conservancy and Hydropower Research,2006. (in Chinese)
- [3] 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.
Li Y F, Li J S, Rao M J. Effects of drip fertigation strategies and frequencies on yield and root distribution of tomato [J]. Scientia Agriculture Sinica, 2006, 39(7): 1419-1427. (in Chinese)
- [4] 翟亚明. 不同滴灌频率及灌水量对番茄生长的影响研究 [D]. 南京:河海大学,2008.
Zhai Y M. Effects of different drip irrigation frequency and amount on tomato growth [D]. Nanjing: Hehai University, 2008. (in Chinese)
- [5] 邢文刚,李志忠,陈泰熊,等. 滴灌对番茄生长及产量的影响 [J]. 人民黄河,2010,32(5):72-74.
Xing W G, Li Z Z, Chen T X, et al. Effect of dripping irrigation on tomato growth and yield [J]. Yellow River, 2010, 32(5): 72-74. (in Chinese)
- [6] 郭文忠,曲梅,韦彦,等. 灌溉频率对日光温室黄瓜生长发育及干物质积累的响应 [J]. 中国农学通报,2007,23(5):467-470.
Guo W Z, Qu M, Wei Y, et al. The primary study on response of growth, yield and dry matter of cucumber under different irrigation frequency in solar greenhouse [J]. Chinese Agriculture Science Bulletin, 2007, 23(5): 467-470. (in Chinese)
- [7] 张保东,刘国栋,代艳侠,等. 滴灌频率对温室小西瓜生长势、产量及品质的影响 [J]. 中国瓜菜,2009(6):7-9.
Zhang B D, Liu G D, Dai Y X, et al. Effect of irrigation frequency on plant growth, yield and fruit quality of greenhouse mini watermelon [J]. China Cucurbits and Vegetables, 2009(6): 7-9. (in Chinese)
- [8] 孙向丽,张启翔. 浇水频率和施肥量对一品红盆花品质的影响 [J]. 华北农学报,2010,25(增刊):204-207.
Sun X L, Zhang Q X. Effects of watering frequency and fertilizer amount on the quality of potted *Euphorbia pulcherrima* [J]. Acta Agriculture Boreali-Sinica, 2010, 25(Sup.): 204-207. (in Chinese)
- [9] 苏培玺,陈怀顺. 荒漠绿洲区花生在不同灌溉条件下的产量变化及光合生理特性 [J]. 作物学报,2005,31(12):1660-1664.
Su P X, Chen H S. Changes in yield under different irrigating schemes and photosynthetic characteristics of peanut in oasis [J]. Acta Agriculture Sinica, 2005, 31(12): 1660-1664. (in Chinese)
- [10] 吕卫光,赵京音,姚政,等. 现代化温室无土栽培番茄营养液管理技术调查 [J]. 中国蔬菜,2002(1):18-19,28.
Lü W G, Zhao J Y, Yao Z, et al. Investigation of the nutrient solution management of tomato cultivation in modern greenhouse [J]. China Vegetables, 2002(1): 18-19, 28. (in Chinese)
- [11] 曹云娥,李建设,高艳明. 蔬菜养液土耕技术综述 [J]. 吉林蔬菜,2005(1):46-48.
Cao Y E, Li J S, Gao Y M. Review on technology of nutriture vegetable in soil [J]. Jinlin Vegetable, 2005(1): 46-48. (in Chinese)
- [12] 赵淑梅,李保明. 日本的营养液栽培现状及其新技术 [J]. 农业工程学报,2001,17(4):171-173.
Zhao S M, Li B M. Introduction to present status, development and new techniques of nutriture systems in Japan [J]. Transaction of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2001, 17(4): 171-173. (in Chinese)
- [13] 高艳明,李建设,曹云娥. 日光温室番茄滴灌营养液土培试验研究 [J]. 西北农业学报,2006,15(6):121-126.
Gao Y M, Li J S, Cao Y E. Study on the fertigation of tomato soil culture by drip irrigation in greenhouse [J]. Acta Agriculture Boreali-Occidentalis Sinica, 2006, 15(6): 121-126. (in Chinese)
- [14] 孙磊,孙景生,刘浩,等. 日光温室滴灌条件下番茄需水规律研究 [J]. 灌溉排水学报,2008,27(2):51-54.
Sun L, Sun J S, Liu H, et al. Water requirement rules of tomato in sunlight greenhouse [J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2008, 27(2): 51-54. (in Chinese)
- [15] 徐淑贞,张双宝,鲁俊奇,等. 日光温室滴灌番茄需水规律及水分生产函数的研究与应用 [J]. 节水灌溉,2001(4):26-28.
Xu S Z, Zhang S B, Lu J Q, et al. Study and application on tomato water requirement law and CWPf with drop irrigation in covered land of sun shining [J]. Water Saving Irrigation, 2001(4): 26-28. (in Chinese)
- [16] 许金香,高丽红. 日光温室不同栽培茬口番茄需水量初探 [J]. 中国农学通报,2005,21(5):308-312.
Xu J X, Gao L H. Primary study on water requirement of tomato in different season in solar greenhouse [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2005, 21(5): 308-312. (in Chinese)
- [17] 程扶玖,黄平,邹运鼎,等. 番茄营养元素吸收特性研究 [J]. 园艺学报,1993,20(1):56-60.
Cheng F J, Huang P, Zou Y D, et al. Investigation on charac-

teristics of nutritive absorbtion of tomato [J]. Acta Horticulture Sinica,1993,20(1):56-60. (in Chinese)

[18] 齐红岩,李天来,郭 泳,等. 日光温室番茄长季节栽培条件下植株营养元素吸收特性的研究 [J]. 沈阳农业大学学报,2000,3(1):64-67.
Qi H Y,Li T L,Guo Y,et al. Nutrients absorption properties of tomato in long-season cultivation in solar greenhouse [J]. Journal of Shenyang Agricultural University,2000,3(1):64-67. (in Chinese)

[19] 孙敏红,许益娟. 不同营养液配方对番茄幼苗生长的影响 [J]. 广东农业科学,2008(8):55-57.
Sun M H,Xu Y J. Effect of different nutrient solutions on growth of tomato seedlings [J]. Guangdong Agricultural Sciences,2008(8):55-57. (in Chinese)

[20] 赵 娜,徐 晶,汪 磊,等. 不同肥料配方对番茄复合基质育苗的影响 [J]. 北方园艺,2010(24):49-50.
Zhao N,Xu J,Wang L,et al. Effects of different fertilizer formula proportion on compound material seedling of tomato [J]. Northern Horticulture,2010(24):49-50. (in Chinese)

[21] 高俊凤. 植物生理学实验指导 [M]. 北京:高等教育出版社,2005.
Gao J F. Experimental guidance for plant physiology [M]. Beijing:Higher Education Press,2005. (in Chinese)

[22] 杨定清,谢永红,王 棚,等. 番茄中番茄红素检测方法的改进 [J]. 西南农业学报,2010,23(1):277-279.
Yang D Q,Xie Y H,Wang P,et al. Improvement of detection of lycopene from tomato [J]. Southwest China Journal Agricultural Sciences,2010,23(1):277-279. (in Chinese)

[23] 李旌胜,李光永,赵月芬. 温室滴灌条件下灌水频率对西葫芦生长的影响 [C]//中国水利学会. 第八届全国微灌大会论文汇编. [出版地不详]:[出版者不详],2009:396-402.
Li J S,Li G Y,Zhao Y F. Effect of drip irrigation frequency on growth of squash under drip irrigation [C]//China Water Conservancy Association. Eighth national conference micro-irrigation papers series. [S. l]:[s. n.],2009:396-402. (in Chinese)

[24] 韩建会,徐淑贞. 日光温室番茄滴灌节水效果及灌溉制度的评价 [J]. 西南农业大学学报,2003,25(1):77-79.
Han J H,Xu S Z. Water-saving effect of drip irrigation and evaluation of irrigation regimes for tomato production in solar energy greenhouses [J]. Journal of Southwest Agricultural University,2003,25(1):77-79. (in Chinese)

[25] 齐红岩,李天来,曲春秋,等. 亏缺灌溉对设施栽培番茄物质分配及果实品质的影响 [J]. 中国蔬菜,2004(2):4-7.
Qi H Y,Li T L,Qu C Q,et al. Effects of deficit irrigation on dry matter distribution and fruit quality of tomato in protected cultivation [J]. China Vegetables,2004(2):4-7. (in Chinese)

[26] 刘明池,张慎好,刘向丽. 亏缺灌溉时期对番茄果实品质和产量的影响 [J]. 农业工程学报,2005,12(21):92-95.
Liu M C,Zhang S H,Liu X L. Effects of different deficit irrigation periods on yield and fruit quality of tomato [J]. Transaction of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2005,12(21):92-95. (in Chinese)

[27] 徐明磊. 番茄高可溶性固形物种质的创造及相关基因的差异表达研究 [D]. 重庆:西南大学,2006.
Xu M L. Establishment of new tomato breeding germplasm of increasing soluble solids content and differential expression of genes related soluble solids content in tomato [D]. Chongqing,Southwest University,2006. (in Chinese)