

栽培方式和根系空间大小对日光温室番茄产量和品质的影响

王亚萍¹, 李仪曼¹, 黄代峰², 韩道杰³, 王彦刚³, 杨凤娟^{1,4}, 魏珉^{1,4*}

(1. 山东农业大学园艺科学与工程学院, 山东泰安 271000; 2. 烟台市农业科学研究院, 山东烟台 265599; 3. 宁夏中青农业科技有限公司, 宁夏银川 750002; 4. 宁夏瓜菜产业技术协同创新中心, 宁夏银川 750061)

摘要 以“硕丰 688”为试材, 设置基质槽栽和袋栽 2 种栽培方式, 10.0、7.5、5.0、2.5 L 4 种根系基质容积, 研究了不同栽培方式和根系空间大小对日光温室番茄生长、产量及品质的影响。结果表明, 相同栽培方式下, 随着根系空间减小, 番茄植株生长量、净光合速率及产量逐渐降低, 但果实成熟时间提前, 品质显著提高; 相同根系容积下, 与袋栽相比, 槽栽番茄单果重及产量较高。综合产量与品质指标, 槽栽栽培、单株根系空间 7.5 L 可作为推荐栽培方式。

关键词 番茄; 栽培方式; 根系空间; 产量; 品质

中图分类号 S641.2 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2021)23-0037-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.23.011

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effects of Cultivation Methods and Root Space on Yield and Quality of Tomato in Solar Greenhouse

WANG Ya-ping¹, LI Yi-man¹, HUANG Dai-feng² et al (1. College of Horticultural Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271000; 2. Yantai Academy of Agricultural Sciences, Yantai, Shandong 265599)

Abstract In this experiment, “Shuofeng 688” was used as the test material. Cultivation methods include pot planting and bag planting, and four root spaces were 10.0, 7.5, 5.0 and 2.5 L. The effects of different cultivation methods and root space size on the growth, yield and quality of tomato cultivated in solar greenhouse substrate were studied. The results showed that under the same cultivation mode, with the decrease of root space, the plant growth, net photosynthetic rate and yield of tomato decreased gradually, but the fruit ripened earlier and the quality improved significantly. Under the same root volume, compared with bag planting, pot planting tomato had higher single fruit weight and yield. Considering the yield and quality index, it was suggested to choose pot culture with 7.5 L substrate volume per plant.

Key words Tomato; Cultivation method; Root space; Yield; Quality

我国设施园艺面积世界第一, 蔬菜以番茄种植面积最大。果实产量与品质是影响番茄种植效益的重要因素^[1-2], 采用合理的栽培技术可以提高产量和品质^[3-4]。近年来, 随着人们消费习惯改变以及对番茄营养和风味品质要求的提高, 品质提升技术越来越受到关注^[5-6]。无土栽培、限根栽培、水肥调控等均是提高番茄果实品质的有效手段^[7-9], 但量化管理指标不够明确。笔者以中果型番茄品种为试材, 研究了槽式与袋式栽培下根系空间大小对番茄产量和品质的影响, 以期为优质高效生产提供技术指导。

1 材料与与方法

1.1 试验材料 供试番茄品种为“硕丰 688”, 中型果, 购自山东安信种苗有限公司。栽培基质(草炭、珍珠岩、蛭石体积比为 2:1:1)和栽培袋购自山东商道生物科技有限公司。

1.2 试验设计 试验于 2019 年 2—7 月在山东农业大学园艺实验站日光温室中进行。采用槽栽(C)和袋栽(D)方式, 单株根系占有基质体积分别为 10.0 L (CK)、7.5 L (T1)、5.0 L (T2)、2.5 L (T3), 8 个处理, 每处理 2 次重复。番茄幼苗于四叶一心时定植, 双行种植, 小行距 20 cm, 大行距 100 cm, 株距 45 cm, 单杆整枝, 五穗果后留 2 片叶打顶。每天滴灌日本山崎番茄专用配方营养液, 各处理灌溉次数不同, 总量相同, 每次灌溉允许 5%~10% 流出。试验期间环境

条件见图 1。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 生物量及物候期。 每重复选取长势一致的 10 株番茄挂牌标记, 定植后第 20、40 和 60 天测定株高、茎粗。结果盛期取样测定生物量。观测第 3 穗开花、坐果及采收时间。

1.3.2 光合特性相关指标。 盛果期, 每重复选择长势一致的 3 株番茄, 采用 CIRAS-3 便携式光合测定仪于晴天 09:00—11:00 测定生长点下方第 4 片功能叶光合参数。

1.3.3 植株产量及果实品质指标。 每重复选择长势一致的 10 株番茄挂牌标记, 记录采收数量及果重, 计算单株产量及折合产量。取第 3 穗成熟果实测定品质, 重复 3 次。可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定, 可溶性蛋白含量采用考马斯亮蓝 G-250 法测定, 有机酸含量采用酸碱滴定法^[10] 测定, 番茄红素含量使用分光光度法测定^[11]。

1.4 数据分析 采用 Microsoft Excel 2007 和 DPS 7.05 软件进行试验数据处理和统计分析, 用 Duncan 新复极差法进行差异显著性检验 ($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同处理对番茄植株生长的影响 由图 2 可知, 相同栽培方式下随着根系空间的减少, 番茄株高、茎粗和地上部干重均呈下降趋势, 而地下部干重和根冠比呈上升趋势。由表 1 可知, 结果盛期, 槽栽和袋栽 T1、T2、T3 地上部干重分别较 CK 降低 21.1%、25.4%、41.9% 和 20.3%、21.7%、41.6%; 地下部干重分别较 CK 提高 3.2%、31.9%、51.5% 和 8.3%、7.5%、28.9%; 相同根系容积下, 袋栽的株高和茎粗低于槽栽, 但干重和根冠比均高于槽栽, DCK、DT1、DT2 和 DT3 地上

基金项目 宁夏瓜菜产业技术协同创新中心(2017DC55)。

作者简介 王亚萍(1995—), 女, 内蒙古包头人, 硕士研究生, 研究方向: 设施蔬菜与无土栽培。* 通信作者, 教授, 博士, 博士生导师, 从事设施蔬菜与无土栽培研究。

收稿日期 2021-03-09; **修回日期** 2021-04-07

部干重和地下部干重分别较 CCK、CT1、CT2 和 CT3 提高

1.6%、2.5%、6.6%、2.0%和 48.0%、55.4%、20.6%、25.9%。

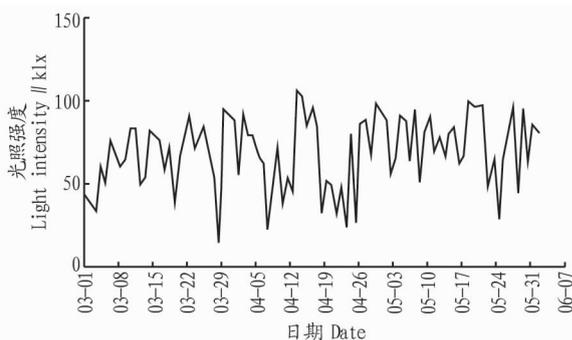
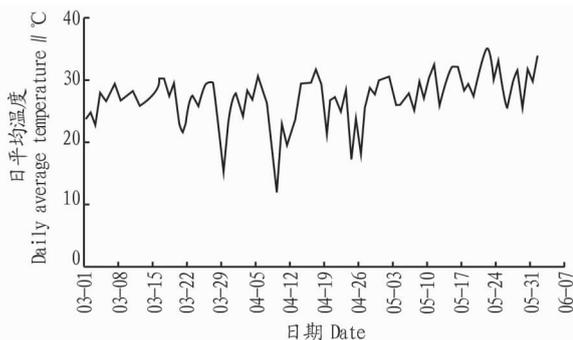
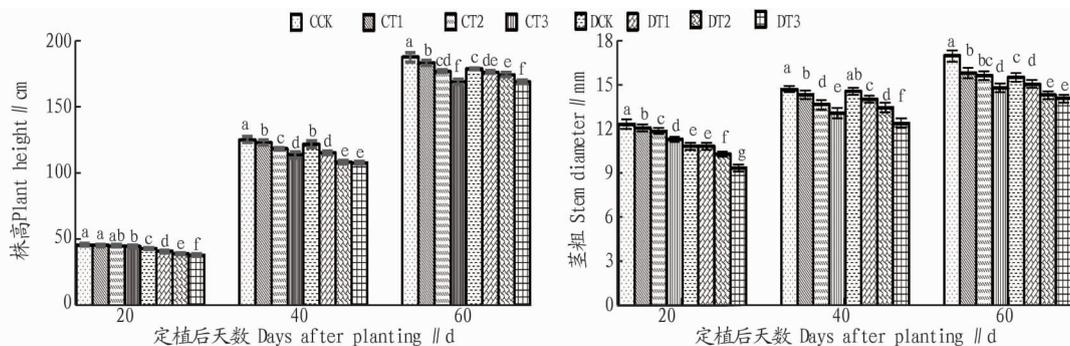


图1 番茄生育期内温度及光照强度变化

Fig.1 Changes of temperature and light intensity during tomato growth period



注:不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)

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

图2 栽培方式和根系空间大小对番茄植株生长的影响

Fig.2 Effects of cultivation methods and root space on tomato plant growth

表1 栽培方式和根系空间大小对番茄干物质质量的影响

Table 1 Effects of cultivation methods and root space on dry matter quality of tomato

处理 Treatment	干重 Dry weight/g		根冠比 Root shoot ratio
	地下部 Underground	地上部 Aboveground	
CCK	8.19±0.03 e	157.31±2.46 a	0.04±0.01 g
CT1	8.45±0.34 e	124.15±0.55 b	0.07±0.01 f
CT2	10.80±0.35 d	117.34±0.24 c	0.09±0.01 d
CT3	12.41±0.31 c	91.41±0.94 d	0.14±0.01 b
DCK	12.12±0.26 c	159.78±0.77 a	0.08±0.01 e
DT1	13.13±0.26 b	127.27±3.73 b	0.10±0.01 c
DT2	13.03±0.24 b	125.13±0.77 b	0.10±0.01 c
DT3	15.62±0.16 a	93.25±1.07 d	0.17±0.01 a

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments ($P<0.05$)

2.2 不同处理对番茄植株光合特性的影响 由表2可知,相同栽培方式下,根系空间减小降低了番茄植株的净光合速率、蒸腾速率及气孔导度,其中槽栽 T1、T2 和 T3 净光合速率分别较 CK 降低 6.5%、6.9%和 18.9%,袋栽 T1、T2 和 T3 分别较 CK 降低 9.9%、7.3%和 15.2%;相同根系容积下,除对照外,槽栽蒸腾速率和气孔导度低于袋栽,净光合速率和胞间 CO₂ 浓度差异不显著。

2.3 不同处理对番茄果实成熟的影响 由图3可知,不同处理影响番茄果实发育和成熟。相同栽培方式下,根系空间

减小促进了果实成熟,槽栽和袋栽均为 T3 采收时间最早,较对照提前 1.6~2.4 d;相同根系容积下,袋栽与槽栽采收时间无显著差异。

表2 栽培方式和根系空间大小对番茄光合特性的影响

Table 2 Effects of cultivation methods and root space on photosynthetic characteristics of tomato

处理 Treatment	净光合 速率 P_n $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$	胞间 CO ₂ 浓度 C_i $\mu\text{mol}/\text{mol}$	蒸腾速 率 E $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$	气孔 导度 G_s $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$
CCK	17.43±0.34 a	271.50±6.66 b	8.40±0.22 bc	946.25±11.39 a
CT1	16.30±0.41 b	280.50±2.52 a	7.67±0.26 cd	759.50±1.73 e
CT2	16.23±0.78 b	281.00±5.72 a	7.33±0.65 d	739.50±12.23 f
CT3	14.13±0.32 c	281.25±6.18 a	5.93±0.12 e	566.50±9.91 g
DCK	17.20±0.22 a	267.25±2.63 b	9.43±0.17 a	931.50±4.65 b
DT1	15.50±0.79 b	278.00±6.48 a	9.06±0.23 ab	923.50±1.29 b
DT2	15.95±0.52 b	278.25±5.85 a	8.03±0.18 cd	875.00±8.21 c
DT3	14.58±0.36 c	279.25±6.13 a	7.83±0.21 cd	805.25±5.32 d

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments ($P<0.05$)

2.4 不同处理对番茄果实产量的影响 由表3可知,栽培方式与根系空间大小均对单果数、单株产量及折合产量有显著影响。相同栽培方式下,限制根系空间使番茄产量降低,折合产量,槽栽 T1、T2 和 T3 分别较 CK 降低 0.4%、10.5%和 15.3%,袋栽 T1、T2 和 T3 分别较 CK 降低 1.9%、5.7%和 13.7%,除 T1 外,其他处理与对照均达显著差异;相同根系空

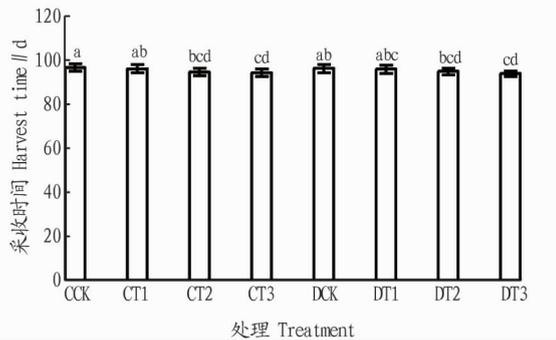


图3 不同处理对番茄果实成熟的影响

Fig. 3 Effects of different treatments on tomato fruit ripening

间下,袋栽产量均低于槽栽,DCK、DT1、DT2和DT3产量分别比CCK、CT1、CT2和CT3低6.6%、8.0%、1.5%和4.8%。

表3 栽培方式和根系空间大小对番茄果实产量的影响

Table 3 Effects of cultivation methods and root space on tomato fruit yield

处理 Treatment	单果重 Single fruit weight//g	单株产量 Yield per plant//g	折合产量 Yield kg/hm ²
CCK	170.0±3.5 a	3 397.7±68.0 a	113 560.5±2 368.5 a
CT1	168.3±3.1 a	3 360.2±68.8 a	113 065.5±2 089.5 a
CT2	152.1±3.8 d	3 040.3±80.5 d	101 607.0±2 511.0 c
CT3	144.1±3.2 e	2 882.2±67.6 e	96 147.0±2 148.0 d
DCK	159.0±3.0 b	3 177.7±62.8 b	106 062.0±2 011.5 b
DT1	155.4±2.1 c	3 107.0±54.3 c	103 998.0±1 408.5 b
DT2	151.1±4.5 d	3 018.5±65.4 d	100 060.5±2 976.0 c
DT3	137.8±3.9 f	2 754.9±70.0 f	91 528.5±2 574.0 e

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments ($P<0.05$)

2.5 不同处理对番茄果实品质的影响 从表4可以看出,栽培方式与根系空间的变化对果实品质有显著影响,随着根系空间的减小,可溶性糖含量增加,有机酸含量下降,糖酸比显著提高。其中槽栽T1、T2和T3的糖酸比分别比CK高50.4%、57.8%和106.4%,袋栽T1、T2和T3分别比CK高21.8%、58.3%和72.1%;相同根系容积下,与袋栽相比,槽栽果实番茄红素含量提高,且糖酸比下降。

表4 栽培方式和根系空间大小对番茄果实品质的影响

Table 4 Effects of cultivation methods and root space on tomato fruit quality

处理 Treatment	可溶性糖 Soluble sugar//%	有机酸 Organic acid//%	番茄红素 Lycopene μg/g	糖酸比 Sugar acid ratio
CCK	3.84±0.02 e	0.56±0.01 a	64.24±1.64 b	6.92±0.15 e
CT1	4.60±0.03 c	0.44±0.01 c	65.18±1.66 b	10.41±0.18 c
CT2	4.41±0.03 d	0.40±0.01 d	64.19±2.45 b	10.92±0.44 c
CT3	5.09±0.16 b	0.36±0.01 e	73.38±1.05 a	14.28±0.97 ab
DCK	3.96±0.03 e	0.47±0.02 b	56.33±1.60 c	8.41±0.37 d
DT1	4.34±0.03 d	0.42±0.02 cd	47.32±1.75 e	10.24±0.34 c
DT2	5.01±0.04 b	0.38±0.02 e	52.55±2.35 d	13.31±0.66 b
DT3	5.46±0.05 a	0.38±0.01 e	66.75±1.10 b	14.47±0.42 a

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments ($P<0.05$)

3 讨论与结论

光合作用是作物产量形成的基础^[12],限制根系生长空间会影响植株对水分和养分的吸收,降低同化CO₂的能力,最终减少产量^[13-14]。该试验结果表明,相同栽培模式下,除7.5 L外其他根系容积番茄产量与对照(根系容积为10L)相比均显著降低,可能是过度限根所致^[15];但根系空间的减小促进了番茄果实成熟,提高了果实糖酸比。研究表明,适度限根处理后根系生长空间缩小,分布变集中,水肥吸收效率提高,会促进光合产物向果实的分配^[16-18],另外在根域限制条件下果实中激素含量增加,同样会调控植株吸收的养分向果实积累,提高果实品质^[19-20]。相同根系空间下,槽式栽培产量高于袋栽,可能是由于槽栽基质温湿度变化小,根系所处环境更稳定,且相邻植株根系相互交错,水分养分吸收受到制约小,在一定程度上缓解了限根胁迫,有利于番茄植株产量提高。

综上所述,采用槽式栽培根系空间为7.5 L的处理与对照相比产量未显著降低,果实品质提高,可作为推荐栽培方式。

参考文献

- [1] 覃敏,赖怀禄,练瀚,等. 营养液浓度变化管理对限根栽培樱桃番茄生长及果实品质的影响[J]. 农业工程技术, 2019, 39(22): 64-68.
- [2] 姜玲玲,刘静,赵同科,等. 有机无机配施对番茄产量和品质影响的 Meta 分析[J]. 植物营养与肥料学报, 2019, 25(4): 601-610.
- [3] 王志国. 园艺植物的根系限制及其应用[J]. 现代园艺, 2015(20): 119.
- [4] 王敏,李建设,高艳明. 限根栽培对日光温室樱桃番茄植株生长和品质的影响[J]. 西北农业学报, 2014, 23(7): 131-137.
- [5] 周杨,李涛,王虹云,等. 袋培模式对设施番茄光合特性及生长的影响[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(15): 46-48.
- [6] 高雪琴,唐中祺,罗石磊,等. 日光温室不同栽培方式对番茄产量及品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(14): 163-166.
- [7] 舒海波,贺超兴,王怀松,等. 园艺作物限根栽培技术研究进展[J]. 农业科技通讯, 2009(4): 85-88.
- [8] 王世平,张才喜,罗菊花,等. 果树根域限制栽培研究进展[J]. 果树学报, 2002, 19(5): 298-301.
- [9] 武行,陈佩,王灿磊,等. 无纺布限根栽培对西瓜果实发育及其营养品质的影响[J]. 中国农业大学学报, 2013, 18(2): 45-49.
- [10] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 45-112.
- [11] 万学闯,刘文革,阎志红,等. 西瓜果实发育过程中番茄红素、瓜氨酸和V_c等功能物质含量的变化[J]. 中国农业科学, 2011, 44(13): 2738-2747.
- [12] 姚棋,赵鑫,陈浩婷,等. 缺铁胁迫下外源亚精胺对番茄幼苗生长及生理特性的影响[J]. 山东农业科学, 2020, 52(12): 39-43.
- [13] 陶先萍,罗宏海,张亚黎,等. 根域限制下水氮供应对膜下滴灌棉花叶片光合生理特性的影响[J]. 生态学报, 2013, 33(12): 3676-3687.
- [14] 张雨新,张富仓,邹海洋,等. 生育期水分调控对河西地区滴灌春小麦生长和水分利用的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2017, 35(1): 171-177.
- [15] 吴鑫泉,王鸿,张帆,等. 戈壁日光温室限根栽培对油桃营养生长和光合特性的影响[J]. 西北植物学报, 2020, 40(1): 104-112.
- [16] 甘雅文,李隆,李鲁华,等. 新疆核桃与小麦间作系统种间根直径及根长空间分布特征[J]. 西北农业学报, 2015, 24(5): 56-63.
- [17] 樊怀福,杜长霞,朱祝军. 不同容积盆栽对樱桃番茄果实品质和叶片氮代谢影响[J]. 中国农学通报, 2012, 28(16): 150-154.
- [18] 樊怀福,杜长霞,朱祝军,等. 限根栽培对大果型番茄浙杂204植株生长、果实品质和产量的影响[J]. 浙江农林大学学报, 2011, 28(3): 343-348.
- [19] 黄幸. 不同限根方式对龙眼生长发育的影响[D]. 南宁: 广西大学, 2020.
- [20] 吴杨焕,周进,王静静,等. 限根对设施无土栽培精品西瓜品质及产量的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(16): 113-115.