

# 根域容积限制对矮生观赏番茄生长发育的影响

张丽娟, 曲继松, 颜秀娟, 朱倩楠

(宁夏农林科学院 种质资源研究所, 宁夏 银川 750002)

**摘 要:**采用 5 种不同容积规格的塑料花盆栽培矮生观赏番茄“红珍珠”, 探讨根域容积对矮生观赏番茄生长发育的影响。结果表明:根域容积不同, 矮生观赏番茄的生长指标、光合指标差异显著, 其株高、茎粗、植株干鲜重及根系活力均随着花盆变小先增高后降低, 果实结果期到成熟期, T3 处理株高涨幅最大, 为 29.6%, T2 处理茎粗涨幅最大为 41.48%; 果实成熟期的根系活力均显著低于结果期, 结果期 T4 处理根系活力最强, 达  $57.17 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ; 随花盆的容积变小, 矮生番茄蒸腾速率( $T_r$ )逐渐增加, 水分利用效率(WUE)逐渐降低, 气孔导度( $G_s$ )、胞间  $\text{CO}_2$  浓度( $C_i$ )和净光合速率( $P_n$ )均先增加后降低, 气孔导度和胞间  $\text{CO}_2$  浓度均为 T4 处理最高, T1 处理最低; 净光合速率( $P_n$ )则 T2 处理最强。随花盆容积变小, 番茄的单株产量先增加后减少, T3 处理最高为 181.24 g, T5 处理最低为 124.6 g; 可滴定酸、可溶性糖和维生素 C 含量均逐渐增高。综合以上分析得出 T2、T3 处理花盆容积较适合矮生观赏番茄的生长。

**关键词:**根域容积; 限根栽培; 观赏番茄; 生长发育

**中图分类号:**S 641.205<sup>+</sup>.1 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2016)10-0024-04

随着社会发展的日新月异, 休闲、体验、低碳、环保已成为当今的一种时尚, 观赏蔬菜以其独特的新、奇、稀越来越赢得人们的青睐。研究和开发观赏蔬菜将美化环境和食用绿色蔬菜很好的结合起来, 不仅为美化居民生活增添了一道亮丽的风景, 也为人们的物质文化生活增添新的色彩<sup>[1-2]</sup>, 而且还带动了新兴的阳台园艺的发展。矮化型观赏番茄植株 30~50 cm, 果型小巧、色泽鲜艳、生食口味好, 居家盆栽于阳台、窗台上, 可观赏、可食用, 是阳台园艺应用时的好材料。

观赏蔬菜应用于家庭阳台, 最基本的栽培方式就是容器栽培和基质栽培。容器栽培也可称为限根栽培, 适当限制植物根系的生长发育, 已在花卉盆景、盆栽蔬菜和盆栽果树中得到应用<sup>[3]</sup>, 并且设施蔬菜方面在西瓜、黄瓜和番茄上已经取得了一定的成果<sup>[4-8]</sup>。通过限根栽培可以方便地对根系进行限制, 减少生长冗余, 还可通过对养分和水分的有效控制来调节植株生长发育以及改善产品品质, 提高经济系数<sup>[9-10]</sup>。然而, 关于整个生育期根域限制下栽培盆的容积对观赏蔬菜生长发育的影

响鲜有报道, 该研究以矮生观赏番茄为研究对象, 进行了不同规格的栽培盆对观赏番茄生长发育和品质的影响研究, 旨在为矮生观赏番茄在阳台园艺上的应用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验地点为宁夏农林科学院园艺研究所设施园艺实验基地 2 号温室; 供试材料以具有代表性的矮生“红珍珠”番茄为试材, 基质采用“天缘 2 号”育苗基质。

### 1.2 试验方法

不同容积的 5 种规格塑料花盆, 花盆由大到小规格分别为 T1(AA 330 mm×230 mm, AA 代表花盆的型号), T2(AA 310 mm×210 mm), T3(AA 270 mm×190 mm), T4(AB 220 mm×160 mm), T5(AA 180 mm×150 mm)等 5 个处理。每盆 1 株, 统一管理。每处理 3 次重复, 每重复 10 株。矮生番茄于 2013 年 6 月 28 日定植, 11 月中旬结束生长。

### 1.3 项目测定

分别于矮生番茄结果初期(2013-08-18)和果实成熟期(2013-10-20), 各处理随机选取植株 5 株, 株高采用直尺测定; 茎粗采用游标卡尺测定; 根系活力采用改良 TTC 法测定<sup>[11]</sup>; 干物质含量采用烘干法测定; 可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定, 总酸含量采用酸碱滴定法测定, 维生素 C 含量采用 2,6-二氯酚靛酚比色法测定<sup>[12]</sup>。

**第一作者简介:**张丽娟(1980-), 女, 辽宁喀左人, 硕士, 助理研究员, 现主要从事蔬菜栽培生理等研究工作。E-mail: juanzi800219@163.com.

**基金项目:**宁夏农林科学院自主研发资助项目(NKYJ-15-03); 公益性行业(农业)科研专项资助项目(201503137)。

**收稿日期:**2015-12-22

光合指标的测定:在日光温室条件下,采用 TPS-2 便携式光合作用测定系统,平均光合有效辐射为  $1\,107\,\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ,自然  $\text{CO}_2$  浓度,叶片连体,测定净光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)、气孔导度(Gs)、胞间  $\text{CO}_2$  浓度(Ci),水分利用效率按照  $\text{WUE}=\text{Pn}/\text{Tr}$  计算。每处理选取 5 片完好的功能叶进行测量,每叶片重复 3 次,取其平均值。

1.4 数据分析

数据采用 Excel 2003 软件和 DPS 7.05 软件分析。

2 结果与分析

2.1 不同容积花盆对矮生观赏番茄生长指标的影响

由表 1 可以看出,矮生番茄结果初期和果实成熟期,其株高、茎粗及植株干鲜重变化一致,均随着花盆变小先增高后降低,不同的是株高方面 T3 处理最高,其次是 T2、T5 处理最矮,相对于结果初期,果实成熟期 T3

处理的株高增幅最大,为 29.6%,然后是 T1 处理,为 23.63%;茎粗方面,T2 处理的茎最粗,果实成熟期与结果初期相比,增幅最大,为 41.48%,T4、T5 处理植株较细,且二者无显著性差异,T3 处理增幅仅次于 T2 处理,为 28.04%;植株干鲜重方面,均是 T2 处理最大,其次是 T1 处理,然后是 T3、T5 处理最小。

2.2 不同容积花盆对矮生观赏番茄光合指标的影响

由表 2 可知,随花盆的容积变小,矮生番茄各项光合指标变化规律明显。蒸腾速率( $T_n$ )逐渐增加,水分利用效率 WUE 逐渐降低,气孔导度、胞间  $\text{CO}_2$  浓度和净光合速率(Pn)均先增加后降低,气孔导度和胞间  $\text{CO}_2$  浓度均为 T4 处理最高,其次是 T5、T1 处理最低;净光合速率(Pn)方面,则 T2 处理最强,其次是 T3、T1 处理最弱。

表 1 不同花盆容积对矮生观赏番茄生长指标的影响

处理	株高/cm		茎粗/mm		全株鲜重/g		全株干重/g		干物质含量/%	
	08-18	10-20	08-18	10-20	08-18	10-20	08-18	10-20	08-18	10-20
T1	9.82d	12.14bc	9.37b	10.80c	122.28b	259.40b	11.78b	21.65a	9.63a	8.35ab
T2	10.68b	12.71b	10.27a	14.53a	143.20a	292.85a	13.97a	23.36a	9.76a	7.98bc
T3	11.35a	14.71a	8.95c	11.46b	58.66c	197.40c	4.11c	13.73b	7.01c	6.96d
T4	10.13c	12.43b	7.89d	9.45d	47.02d	124.80d	4.05c	11.15bc	8.61b	8.93a
T5	9.87d	11.57c	7.82d	9.02d	40.71d	95.80e	3.95c	7.46d	9.70a	7.79c

注:同列数据后标的小写字母表示差异显著( $P<0.05$ ),下表同。

表 2 不同花盆容积栽培的矮生观赏番茄的光合指标

处理	净光合速率	气孔导度	蒸腾速率	胞间 $\text{CO}_2$ 浓度	水分利用效率
	$/(\text{CO}_2\,\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1})$	$/(\text{H}_2\text{O}\,\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1})$	$/(\text{H}_2\text{O}\,\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1})$	$/(\text{CO}_2\,\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1})$	$/(\text{g}\cdot\text{kg}^{-1})$
T1	12.6d	98.47e	0.79e	93.00cd	15.95a
T2	20.3a	127.33d	1.68cd	110.33c	12.08b
T3	19.1ab	240.33c	1.86c	204.67b	10.27bc
T4	18.5bc	369.80a	2.87b	291.75a	5.96d
T5	17.1c	332.00b	3.88a	264.67ab	4.77de

2.3 不同容积花盆对矮生观赏番茄根系活力的影响

由图 1 可知,结果期矮生番茄的根系活力变化较大,随花盆变小,根系活力先增加后降低,T4 处理的根系活力最强,达  $57.17\,\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ,其次是 T3 处理,其它差异不大;果实成熟期的根系活力均显著低于结果

前期,变化趋势一致,T3 处理较高,为  $5.80\,\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ,其次是 T4 处理。

2.4 不同容积花盆对矮生观赏番茄果实品质的影响

由表 3 可以看出,随花盆容积变小,番茄的单株产量先增加后减少,T3 处理最高为 181.24 g,其次是 T2 处理,T2 与 T1 处理无显著性差异,T5 处理最低为 124.6 g,T1 和 T4 处理无显著性差异;可滴定酸、可溶性糖和维生素 C 含量均随花盆容积变小逐渐增高。

表 3 不同花盆容积栽培的矮生观赏番茄的产量及果实品质

处理	单株产量	可滴定酸	可溶性糖	维生素 C
	/g	$/(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1})$	$/(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1})$	$/(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$
T1	163.57c	53.08e	64.62cd	272.36d
T2	179.53ab	55.79cd	65.37c	275.62cd
T3	181.24a	56.42c	67.43b	279.85c
T4	165.32c	59.21ab	67.56b	287.54b
T5	124.60d	60.58a	70.68a	298.69a

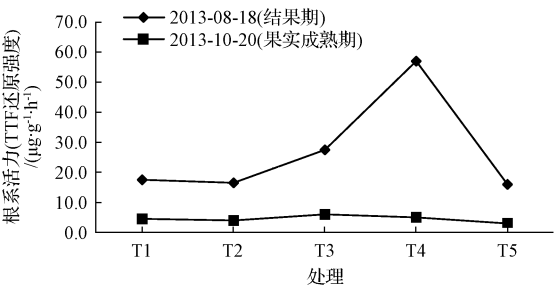


图 1 不同花盆容积对矮生观赏番茄根系活力的影响

### 3 讨论与结论

一般当植株的主根受到限制时,植株的营养生长受到明显的抑制,表现为植株矮化,茎粗变细<sup>[13]</sup>。该试验结果中,T2 处理(或 T3 处理)以后的处理,矮生番茄株高、茎粗及植株干鲜重均随着花盆变小而降低,这与大多数关于限根栽培的报道一致<sup>[14-15]</sup>。可能由于矮生番茄本身植株矮小,T1 处理的花盆容积相对于其自然生长的根系来说较大,不足以起到对根系的限制作用,相反的却造成了养分的浪费。在根域限制条件下,光合作用往往受到抑制,具体表现是净光合速率、气孔导度、胞间二氧化碳浓度等降低<sup>[16-17]</sup>。该结果中,从 T2 处理以后,随着花盆容积的减小,叶片的 Pn 降低,Tr 增强,光合能力下降,这与葛俊青等<sup>[5]</sup>、王世平等<sup>[18]</sup>报道一致,但 T1 处理的 Pn 却显著降低,可见过大的栽培容积反而不利于植株的光合作用。Gs 和 Ci 随花盆容积的减小而增大,直到 T4、T5 处理略有降低,这与蔡箫等<sup>[19]</sup>和 SHI 等<sup>[8]</sup>的研究结果不同,可能由于 T1~T4 处理的根域限制不足以构成 Gs 和 Ci 的降低。WUE 反映了 CO<sub>2</sub> 同化作用和水分消耗的关系,限根栽培能提高叶片的水分利用效率<sup>[19]</sup>,该结果中,WUE 随花盆容积减小而降低,这主要是由于基质栽培下水分的蒸发和蒸腾大大提高,导致花盆容积越小,其 WUE 越低。蔡箫等<sup>[19]</sup>认为限根栽培阻碍了根系的生长,将绝大部分的根系限制在了营养和水分均丰富的耕作层,缩短了运移距离,提高了根系活力。该结果也表明适度的根域限制能够提高番茄的根系活力。关于限根栽培对产量和果实品质的影响,YUICHI 等<sup>[20]</sup>研究表明,根域限制条件下,提高了番茄果实中可溶性固形物的含量。樊怀福等<sup>[7]</sup>采用容积较小钵钵进行番茄限根栽培,单果质量下降,果实品质得到改善,其中可溶性固形物、可滴定酸和维生素 C 含量均大幅提高,且栽培容器容积愈小,品质提高和单果质量下降愈明显。王敏等<sup>[21]</sup>研究表明随着限根体积的减小,番茄产量降低,但番茄果实的总糖、维生素 C 和可溶性固形物含量均有所提高。该试验中,随花盆容积变小,番茄的单株产量先增加后减少,T3 处理最高;可滴定酸、可溶性糖和维生素 C 含量均逐渐增高,与以上研究结果一致。综合以上分析可见,T2、T3 处理的花盆容积较适合矮生观赏番茄的生长。

#### 参考文献

[1] 颜冰,罗丽丽. 观赏蔬菜的应用状况[J]. 农业研究与应用,2011(6), 18-22.

- [2] 黄丹枫,杨丹妮. 都市菜园生产模式之二:观赏蔬菜研究与开发[J]. 长江蔬菜,2012(24):1-4.
- [3] 杨洪强,李林光,接玉玲. 园艺植物的根系限制及其应用[J]. 园艺学报,2001,28(增刊):705-710.
- [4] 王灿磊,孙亮,冷平,等. 无纺布限根栽培对西瓜根域温度、植株生长和果实品质的影响[J]. 中国农业大学学报,2011,16(3):81-86.
- [5] 葛均青,于贤昌,李建勇,等. 限根程度对黄瓜生长及光合特性的影响[J]. 西北农业学报,2004,13(4):174-178.
- [6] 王伟娟,黄远,汪力威,等. 根域容积对甜瓜生理特性、果实产量和品质的影响[J]. 华中农业大学学报,2013,32(6):27-31.
- [7] 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.
- [8] SHI K, DING X T, DONG D K, et al. Root restriction-induced limitation to photosynthesis in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) leaves[J]. Scientia Horticulturae, 2008, 117:197-202.
- [9] DAVID C F, JAMES R S, STEPHEN C M. Root pruning and root restriction of fruit trees-current review[J]. Acta Hort, 1992, 322:153-166.
- [10] IMAI S, FUJIWARA S, TANAKA S, et al. Effect of soil moisture on vine growth and fruit production of 'Kyoho' grapes growing on restricted rooting volume[J]. Environment Control in Biology, 1991, 29:133-140.
- [11] 张志良,瞿伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 3 版. 北京:高等教育出版社,2003.
- [12] 杨冬艳,郭文忠,曲继松,等. 套种三叶草对日光温室樱桃番茄生长及根际土壤环境的影响[J]. 西北农业学报,2012,21(6):108-111,128.
- [13] 王伟娟. 根域容积和调亏灌溉对甜瓜生理特性和果实品质的影响[D]. 武汉:华中农业大学,2011.
- [14] ZAHARAH S S, RAZI I M. Growth, stomata aperture, biochemical changes and branch anatomy in mango (*Mangifera indica* cv. Chokanan) in response to root zone restriction and water stress[J]. Sci Hort, 2009, 123:58-67.
- [15] ZHU L N, WANG S P, YANG T Y, et al. Vine growth and nitrogen metabolism of 'Fujiminori' grapevines in response to root zone restriction[J]. Sci Hort, 2006, 107:143-149.
- [16] 秦嗣军,吕德国,刘国成,等. 盆栽樱桃植株的光合特性[J]. 园艺学报,2007,34(1):35.
- [17] XIE Z S, LI B, FORNEY C F, et al. Changes in sugar content and relative enzyme activity in grape berry in response to roots restriction[J]. Scientia Horticulturae, 2009, 123:39-45.
- [18] 王世平,张才喜,罗菊花,等. 果树根域容积栽培研究进展[J]. 果树学报,2002,19(5):298-301.
- [19] 蔡箫,韩浩章,王晓立. 限根栽培对黄瓜初果期生长和光合特性的影响[J]. 安徽农学通报,2012,18(23):54-55,73.
- [20] YUICHI Y, TAIKI M, AYA S, et al. Growth, yield and fruit quality of tomato as affected by root zone restriction in combination with solar-mediated fertigation regime[J]. Scientific Reports of the Faculty of Agriculture, 2007, 96: 37-42.
- [21] 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.

## Effect of Root Volume on the Growth and Development of Potted Ornamental Tomato

ZHANG Lijuan, QU Jisong, YAN Xiujuan, ZHU Qiannan

(Institute of Germplasm Resources, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Science, Yinchuan, Ningxia 750002)

# 水培菠菜不同配方的产量、品质主成分分析研究

王 瑞, 胡笑涛, 王文娥, 苏苑君, 乔 源, 张 栋

(西北农林科技大学 旱区农业水土工程教育部重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

**摘 要:** 由于使用营养液提供完全营养, 无土栽培蔬菜较传统栽培方法具有产量高、品质好等优点, 而营养液配方是影响蔬菜的生长过程及最终产量及品质的重要因素之一。该试验以菠菜为试材, 采用人工光环境条件下水培试验, 比较了 0.8 倍 Hogland、日本山崎、日本园试、华南农大叶菜 A 等 4 个叶菜类常用营养液配方对菠菜品质、生物量动态的影响。结果表明: 0.8 倍 Hogland 配方地上鲜重最大, 华南农大叶菜 A 最小; 地下鲜重日本山崎配方最大, 华南农大叶菜 A 最小; 日本园试配方菠菜的硝酸盐含量较低, 可溶性糖、维生素 C 含量均为最高, 生物量也较大; 日本山崎配方的营养元素利用效率最高采用主成分分析法对多指标进行综合评判, 日本园试配方得分最高, 是 4 种配方中适宜菠菜水培的营养液配方。

**关键词:** 水培菠菜; 品质; 产量; 元素利用效率

**中图分类号:** S 636.104<sup>+</sup>.7 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-0009(2016)10-0027-05

近年来, 随着人们生活水平的提高, 对蔬菜需求量大大增加, 同时对蔬菜品质也有了较高的要求。为了追

求高产, 在蔬菜种植过程中农民盲目施肥, 导致蔬菜品质降低、硝酸盐含量过高, 并产生土壤次生盐碱化和连作障碍等问题<sup>[1]</sup>。无土栽培是一种高效农业技术措施, 适应面广, 节约土地, 可以突破传统的农业种植方式, 不再受到时间、空间的限制, 人为的控制农业生产。水培作为无土栽培的一种, 可以通过控制植物外界因素以及营养液环境使得蔬菜处于生长发育所需的最佳环境, 完全实现农作物周年连续生产的高效农业, 有着生长周期

**第一作者简介:** 王瑞(1991-), 女, 硕士研究生, 研究方向为农业节水理论与技术。E-mail: wangrui19911128@163.com.

**责任作者:** 胡笑涛(1972-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为节水灌溉理论与技术。E-mail: huxiaotao11@nwsuaf.edu.cn.

**基金项目:** 国家“863”计划课题资助项目(2013AA103004)。

**收稿日期:** 2015-12-16

**Abstract:** Taking ornamental tomato ‘red pearls’ as materials that were cultivated with plastic pots of 5 different volumes, in order to explore effects of root volume on the growth and development of ornamental tomato. The results showed that with the different root volume, the growth index and the photosynthetic characteristics were significant difference, all its plant height, stem diameter, dry and fresh weight and root activity were increased and then decreased with smaller flowerpots volume. From the fruit setting stage to fruit mature period, the increase scope of T3 plant height (29.6%) was the biggest, and the increase scope of T2 stem diameter (41.48%) was the biggest; the root activity of fruit mature period was obviously lower than fruit setting stage, and the fruit setting stage of T4 was the strongest, reached  $57.17 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ; with smaller flowerpots volume, the Tn of ornamental tomato increased, the WUE reduced gradually, the Gs, the Ci, and the Pn all increased and then decreased, each the Gs and the Ci of T4 were the highest, and T1 were the lowest; the Pn of T2 was the strongest. With smaller flowerpots volume, the per plant yield was increased and then decreased, the T3 was the highest with 181.24 g, and the T5 was the lowest with 124.6 g; the titratable acid, soluble sugar and vitamin C all increased gradually. On the basis of the above analysis, the flowerpots volume of T2 and T3 were suitable for the growth of ornamental tomato.

**Keywords:** root volume; root restriction culture; ornamental tomato; growth and development