

## 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

樊怀福<sup>1</sup>, 杜长霞<sup>1</sup>, 朱祝军<sup>1</sup>, 李文君<sup>2</sup>, 杨莉林<sup>3</sup>, 张 英<sup>2</sup>

(1. 浙江农林大学 农业与食品科学学院, 浙江 临安 311300; 2. 新昌县来益生态农业发展有限公司, 浙江 新昌 312500; 3. 新昌县白云草业研究所, 浙江 新昌 312500)

**摘要:** 以番茄‘浙杂 204’ *Lycopersicon esculentum* ‘Zheza 204’ 为试材, 采用基质盆栽, 研究了限根栽培对番茄植株生长、果实产量、品质及转色期的影响。结果表明: 限根栽培抑制了番茄植株的生长, 株高、茎粗均下降, 且随着生长期延长抑制作用愈加明显, 在前后 2 次生长测定中, 1 L 容器栽培植株株高和茎粗分别为 7 L 容器栽培的 80.06%, 80.06% 和 50.06%, 77.48%; 限根栽培下果实品质提高, 可溶性固形物、番茄红素和可滴定酸的含量提高幅度最高分别可达 18.72%, 50.67% 和 49.28%, 对维生素 C 质量分数的影响较小; 限根栽培还推迟了番茄果实的始红期, 而终红期与对照比较一致, 转色时间缩短, 降低了产量。总之, 限根栽培抑制了番茄植株生长, 改善了果实品质, 缩短了转色时间, 同时产量有一定程度的下降。图 7 表 1 参 23

**关键词:** 园艺学; 番茄; 限根; 生长; 果实品质

中图分类号: S642.1

文献标志码: A

文章编号: 2095-0756(2011)03-0343-06

## Growth, fruit quality and yield of large fruit tomato *Lycopersicon esculentum* ‘Zheza 204’ with root restriction

FAN Huai-fu<sup>1</sup>, DU Chang-xia<sup>1</sup>, ZHU Zhu-jun<sup>1</sup>, LI Wen-jun<sup>2</sup>, YANG Li-lin<sup>3</sup>, ZHANG Ying<sup>2</sup>

(1. School of Agriculture and Food Science, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Xinchang County Laiyi Ecological Agriculture Development Limited Company, Xinchang 312500, Zhejiang, China; 3. Xinchang County Baiyun Institute of Prataculture, Xinchang 312500, Zhejiang, China)

**Abstract:** The effects of root restriction on *Lycopersicon esculentum* ‘Zheza 204’ (tomato) plant growth, fruit yield, quality, and color-changing period in a substrate culture with 1, 3, 5, and 7 L cubage pots (7 L treatment served as a control) were studied. Results showed that root restriction inhibited plant growth, plant height, and stem thickness with an increase in inhibition as growth period increased. At the first measurement plant height and stem thickness cultured in 1 L pots were both 80.06% of those in the 7 L pots, but at the second measurement in 1 L pots plant height was 50.06% and stem thickness was 77.48% of the 7 L pots. With root restriction fruit quality increased, namely soluble solid content (18.72%), lycopene content (50.67%), and titratable acid content (49.28%). However, root restriction did not have a strong effect on vitamin C content. Root restriction also delayed initiation of the fruit color-changing period; whereas completion of the color-changing period was consistent with the control meaning that the total color-changing period was shortened. In addition, yield decreased with root restriction. Thus, root restrictions inhibited plant growth, improved fruit quality, shortened the color-changing time, and at the same time, reduced fruit yield. [Ch, 7 fig. 1 tab. 23 ref.]

**Key words:** horticulture; *Lycopersicon esculentum* (tomato); root restriction; growth; fruit quality

收稿日期: 2010-09-04; 修回日期: 2010-12-13

基金项目: 浙江省科学技术重大科技专项(优先主题)农业项目(2008C12002-1)

作者简介: 樊怀福, 副教授, 博士, 从事蔬菜栽培生理研究。E-mail: wwghff@126.com

番茄 *Lycopersicon esculentum* 是世界上栽培面积最大的蔬菜之一。番茄营养丰富,既可生食又可熟食,还可用作加工原料,是中国人民喜食的一种重要果菜。近年来,随着社会经济的发展和人们生活水平的提高,番茄品质越来越受到人们的关注。提高番茄的品质已逐渐成为园艺生产研究的重要课题之一。植物根系具有吸收、合成、分泌、感知等多种重要生理功能,任何影响根系生长的环境因子和栽培措施都会影响到整个植株的生长发育。研究表明:葡萄 *Vitis vinifera* 等多种果树限制根域对促进开花、提早结果和提高品质等方面有良好的效果<sup>[1]</sup>。同时,限根后植株根系生长在较小的可控的范围内,还可大大节约肥水的利用效率,也为土壤改良提供了必要条件。采用根域限制技术可提高果实品质在果树上已经被证实并推广应用。以往的研究主要集中在果树上,蔬菜根域限制研究较少,且研究用材料(如番茄,主要集中于小果型品种)或研究方法(限根方法)等存在差异,研究结果不尽相同,是否根域限制同样能够有效提高蔬菜特别是果菜类蔬菜的品质尚不明确。因此,本研究以大果型番茄为试材,采用基质盆栽的方式,研究了根域限制对大果型番茄生长和品质的影响,为限根栽培在番茄栽培上的应用以及探索提高番茄品质的途径提供依据。

## 1 材料与方方法

### 1.1 试材与处理

试验于2009年2月至7月在浙江农林大学农学院玻璃温室进行。以番茄‘浙杂204’ *Lycopersicon esculentum* ‘Zheza 204’品种为材料。种子在28℃恒温箱催芽,露白后播种于盛有泥炭:蛭石=1:1(体积比)的50孔穴盘中,置于人工气候室中育苗,昼温25℃,夜温20℃。待幼苗3叶1心时,选择无病虫,无损伤,整齐一致,长势良好的幼苗定植于体积为1,3,5,7L等4种不同规格的栽培容器中,基质采用泥炭:蛭石=1:1(体积比),1株·容器<sup>-1</sup>。苗高35~40cm时用绳子吊蔓,植株采用单干整枝。

### 1.2 测定指标及方法

株高(茎基部到生长点)用卷尺测量;茎粗(茎基部)用游标卡尺测量;采收前3穗番茄果实,分别测定番茄可溶性固形物、维生素C、番茄红素和可滴定总酸质量分数和果实总质量。可溶性固形物测定采用折射仪法(手持式糖度计N-20E,日本)测定,维生素C质量分数测定采用2,6-二氯酚法(GB/T 6195-1986),番茄红素采用分光光度计法<sup>[2-3]</sup>测定,酸碱指示剂法测定总酸含量(GB/T 12293-1990)。

### 1.3 数据分析方法

所有数据用SAS软件进行单因素方差分析,并对平均数用Duncan's新复极差法进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同容积栽培对番茄植株生长的影响

从图1可以看出,5月11日对植株生长的测定结果表明,各处理间相比较,1L容器栽培植株株高与其他各处理间均有差异显著,分别是3,5和7L栽培的82.61%,76.45%和80.06%。3,5和7L容器栽培间差异不显著。对于茎粗,7,5,3和1L处理茎粗依次减少,7L和5L差异不显著,其他各

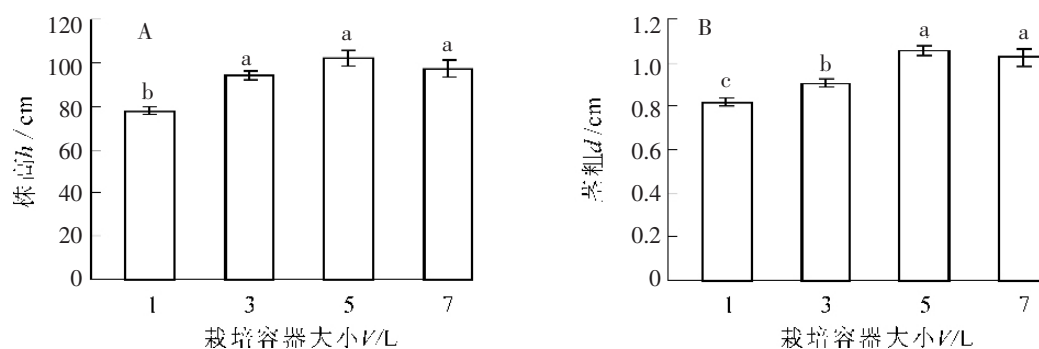


图1 限根栽培对番茄植株株高(A)和茎粗(B)的影响(5月11日)

Figure 1 Effect of root restriction on plant height(A) and stem thickness(B) of tomato (May 11th)

处理间差异显著，1 L 容器栽培分别是 3、5 和 7 L 容器栽培的 90.50%、77.48% 和 80.06%。

7 月 10 日的测定结果显示(图 2)，随着生育期的延长，各处理间相株高均有显著差异，其中 1 L 栽培容器栽培植株株高最小，7 L 栽培的番茄株高最高，为 1 L 栽培容器栽培植株的 199.75%；对于各处理的茎粗，1 L 和 3 L 及 5 L 和 7 L 差异不显著，而 1 L 和 3 L 分别与 5 L 和 7 L 差异显著。

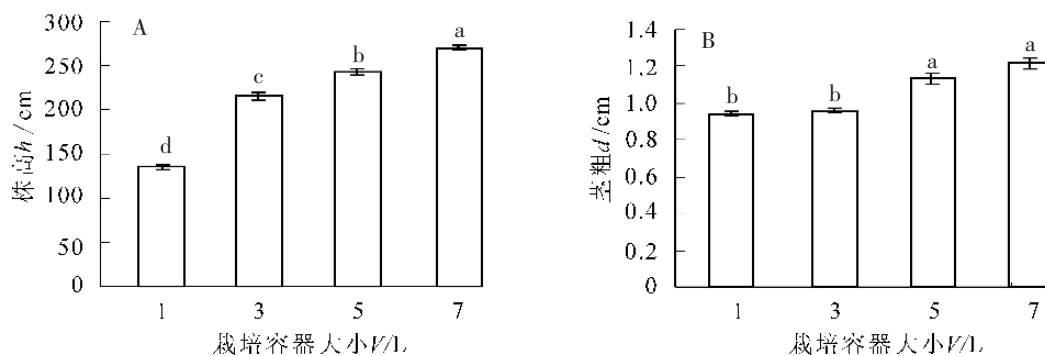


图 2 限根栽培对番茄植株株高(A)和茎粗(B)的影响(7月10日)

Figure 2 Effect of root restriction on plant height(A) and stem thickness(B) of tomato (July 10th)

## 2.2 不同容积栽培对番茄成熟期的影响

从表 1 可以看出，对于番茄第 1 穗果实，采用容积较小的容器栽培，推迟了果实的始红期。1 L 的栽培容器栽培的番茄与 7 L 栽培的比较，延迟了 9~10 d，比 3 L 和 5 L 延迟了 6~10 d，3 L 和 5 L 容器栽培始红期和全红期一致；对于第 2 穗果实，用 3 L 和 5 L 的容器栽培始红期与其他处理比较均有提前，5 L 栽培的番茄的全红期最早，用 1 L 栽培的始红期延迟，全红期与其他处理比较一致；对于第 3 穗果实，1 L 栽培延迟了番茄的始红期，3、5 和 7 L 的容器栽培始红期一致，全红期用 5 L 容器栽培的最早，其他各处理一致。

表 1 限根栽培对番茄成熟期影响

Table 1 Effect of root restriction on tomato maturation

处理	第 1 穗果实		第 2 穗果实		第 3 穗果实	
	始红期	全红期	始红期	全红期	始红期	全红期
1 L 栽培容器	06-10-06-17	06-25-06-28	06-21-06-25	07-05-07-08	06-28-07-01	07-08-07-11
3 L 栽培容器	06-04-06-07	06-28-07-01	06-13-06-17	07-05-07-08	06-25-06-28	07-08-07-11
5 L 栽培容器	06-04-06-07	06-25-06-28	06-13-06-17	06-28-07-01	06-25-06-28	07-05-07-08
7 L 栽培容器	06-01-06-07	06-28-07-01	06-17-06-21	07-05-07-08	06-25-06-28	07-08-07-11

## 2.3 不同容积栽培对番茄产量的影响

由图 3 可知：限根栽培降低了番茄的产量，各处理间相比较，栽培容器从大到小产量依次下降，7、5 和 3 L 间产量差异不显著，1 L 和 7、5、3 L 比较产量显著下降，分别为 7、5 和 3 L 的 67.16%、67.64% 和 70.37%。

## 2.4 不同容积栽培对番茄品质的影响

2.4.1 不同容积栽培对番茄可溶性固形物质量分数的影响 由图 4 可见：对番茄第 1 穗果实，限根栽培提高了其可溶性固形物质量分数，随着栽培容器减小，可溶性固形物质量分数依次增加，其中 1 L 和 7 L 差异显著，其他各处理间差异不显著；对于第 2 穗果实，7、5 和 3 L 可溶性固形物质量分数依次升高，1、3 与 7 L 可溶性固形物有差异显著，1、3 和 5 L 间可溶性固形物质量分数差异不显著；在第 3 穗果

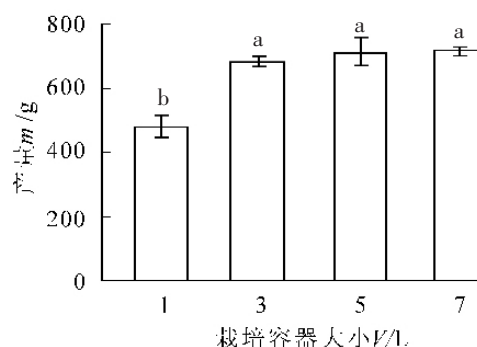


图 3 限根栽培对番茄产量的影响

Figure 3 Effect of root restriction on production of tomato (July 10th)

实中, 3 L栽培容器可溶性固形物质量分数最少, 与1 L和7 L差异显著, 其他各处理差异不显著。

2.4.2 不同容积栽培对番茄番茄红素质量分数的影响 第1穗果实1, 3, 5和7 L果实番茄红素的质量分数依次下降, 1 L处理番茄红素质量分数最高, 7 L处理番茄红素的质量分数最低, 是1 L处理的74.82%。在4个处理中, 5 L和7 L番茄红素质量分数差异不显著, 其他各处理间差异均显著。第2穗和第3穗果实, 与第1穗果实番茄红素变化有相同的趋势(图5)。

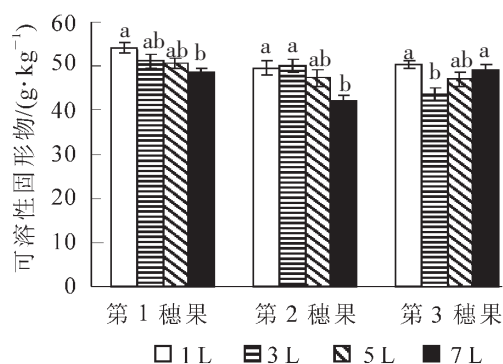


图4 限根栽培对番茄果实可溶性固形物的影响

Figure 4 Effect of root restriction on soluble solid content of tomato

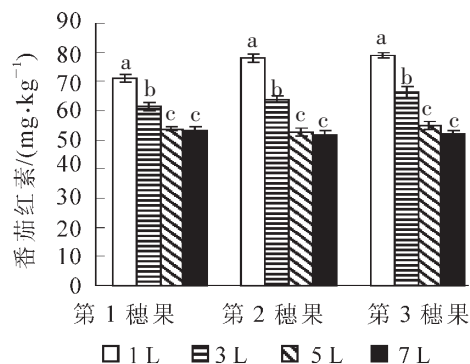


图5 限根栽培对番茄果实番茄红素的影响

Figure 5 Effect of root restriction on lycopene content of tomato

2.4.3 不同容积栽培对维生素C(Vc)质量分数的影响 由图6可知: 限根栽培提高了第1穗番茄果实中维生素C质量分数, 1, 3, 5与7 L处理比较, 果实中维生素C质量分数比较均有所升高, 分别是7 L果实维生素C质量分数的109.13%, 110.86%和106.95%, 但各处理间维生素C质量分数无显著性差异。对于第2穗番茄果实, 1, 3, 5与7 L处理比较果实中维生素C质量分数比较也均有升高, 1, 3和5 L分别是7 L果实维生素C质量分数的112.44%, 110.37%和114.52%。各处理间维生素C质量分数差异不显著性。对于第3穗番茄果实, 1 L处理维生素C质量分数最高, 与5 L和7 L处理差异显著, 分别是5 L和7 L处理的120.31%, 117.11%。

2.4.4 不同容积栽培对可滴定酸质量分数的影响 由图7可以看出: 对于第1穗番茄果实, 限根栽培提高了番茄果实中可滴定酸质量分数, 7, 5, 3 L与1 L处理果实中可滴定酸质量分数依次升高, 1 L处理可滴定酸质量分数分别是7, 5和3 L处理可滴定酸质量分数的149.28%, 135.17%和117.23%。5 L和7 L两处理间差异不显著。1 L和3 L与任一处理间差异均显著; 第2穗果实变化趋势与第1穗果实相同, 1 L可滴定酸质量分数最高, 与7 L处理间差异显著, 7, 5和3 L间无显著性差异, 1 L处理可滴定酸质量分数分别是7, 5和3 L处理的127.49%, 114.86%和106.91%, 1 L和3 L差异显著。其他各处理间差异不显著; 对于第3穗果实, 变化趋势与第1穗果实相同, 1 L可滴定酸质量分数最高, 分别是7, 5和3 L处理的143.26%, 116.42%和103.85%。7 L与各处理间比较均有差异显著性, 5 L与1 L差异显著, 1 L和3 L差异显著, 1 L处理可滴定酸质量分数分别是7, 5和3 L处理的127.49%,

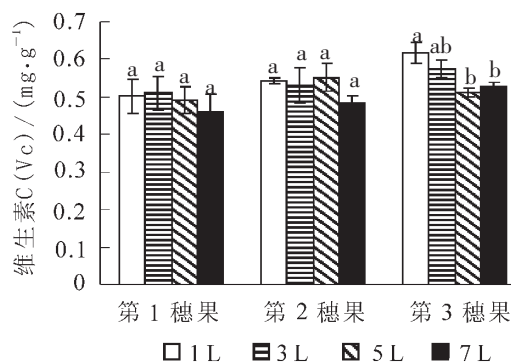


图6 限根栽培对番茄果实维生素C质量分数的影响

Figure 6 Effect of root restriction on vitamin C content of tomato

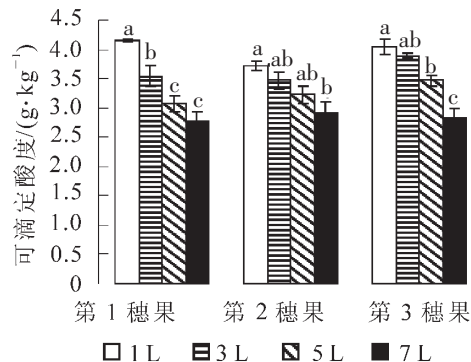


图7 限根栽培对番茄果实可滴定酸质量分数的影响

Figure 7 Effect of root restriction on titratable acid content of tomato

114.86%和 106.91%。其他各处理间差异不显著。

### 3 讨论

通过限根栽培可以方便地对根系进行限制，减少生长冗余，提高经济系数<sup>[4-6]</sup>。限根栽培对植株的生长量会产生影响，如根的总量减少，树干的横截面积，枝条的长度和粗度增加受到抑制等。本研究中，在生长初期，限根栽培对番茄生长的抑制程度较小，随着生育期的延长，根域限制对植株生长的抑制作用越来越明显，且随着栽培容积的减少生长量依次减少，株高、茎粗明显下降。实验中各处理间均达到了显著差异，这与葛均青等<sup>[7]</sup>在黄瓜 *Cucumis sativus* 上的研究结果一致。限根条件下植株生长受到影响的原因是多方面的。植物生长中许多代谢过程均会受到根域限制的影响，从而导致植株生长量的下降<sup>[8]</sup>。Peterson 等<sup>[9]</sup>认为根域限制可能影响植物水分平衡从而影响新梢生长。还有报道<sup>[10-13]</sup>认为根域限制影响了根系激素的合成和运输，从而抑制植物的生长。Wang 等<sup>[14]</sup>指出根域限制降低了葡萄体内氮素质量分数是其生长被抑制的重要原因之一。与对照比较，根域限制的巨峰葡萄树从萌芽到休眠期，无论主干、母枝、叶片，还是树液，其氮素明显降低。Mark 等<sup>[15]</sup>和 Boland 等<sup>[16]</sup>证明了根域限制降低了桃树叶中的氮量。总之，限根后植株生长量的下降是植物体各代谢过程受到影响后综合作用的结果。

多数研究结果表明<sup>[17-21]</sup>：根域限制后可改变地上部分的发育强度及生理代谢方向，有利于树体由营养生长向生殖生长转化，限根栽培能够提高果树果实的品质已经被大量报道了。本研究中发现：限根栽培同样能够提高番茄果实的品质。采用限根栽培，番茄果实中可溶性固形物、可滴定酸、番茄红素和维生素 C 的质量分数均有不同程度的增加。舒海波等<sup>[22]</sup>采用有机土栽培研究表明，限根栽培明显提高了番茄总糖和番茄红素质量分数，但维生素 C 基本保持不变，这可能是栽培品种和栽培条件与本研究不同导致研究结果存在一定差异。王世平等<sup>[23]</sup>指出，根系限制提高葡萄等果树果实品质的原因主要有 3 点：①由于根系分布在已知的范围内，可克服传统栽培条件下的施肥盲目性，能有的放矢地施肥，可避免肥效的后延对树体生长和果实的不良影响；②由于根系密集，根域狭小，叶片的蒸腾可使根域土壤水分很快降低，可避免土壤过湿造成的贪青旺长及果实成熟不良的现象，并且重复不断的水分胁迫，不仅能使新梢生长适时停止，减少光合产物的浪费，而且还能促进果实上色和积累；③由于根域限制抑制了新梢的旺盛生长，改变了光合产物的分配。番茄果实品质的提高同样与以上因素有关。限根栽培导致番茄产量的下降可能与限根影响了番茄坐果率等因素有关。

采用限根栽培，对番茄果实的转色也产生了一定影响，延迟了番茄的始红期，而对全红期无显著影响，与对照基本保持一致。这说明采用限根栽培在一定程度上缩短了番茄的转色时间，影响了番茄红素的合成速度。而在葡萄上的研究表明，限根后葡萄上色提前，着色加浓，并推测这些变化与内源激素的变化有关；Othmane 等<sup>[21]</sup>对桃树 *Amygdalus persica* 的研究表明，限根对果实的红色、质量、直径都没有影响。以上与本研究结果均有所不同，可能由于试材、限根方法、立地条件和气候条件等因素导致研究结果不一致。其具体的机制尚需进一步研究。

综上所述，通过限根栽培提高了番茄果实的品质，产量虽有一定程度的下降，但在产量下降允许的范围内，可生产出高品质的番茄，对于高品质番茄的栽培具有一定的指导意义。

#### 参考文献：

- [1] IMAI S, FUJIWARA K, TANAKA S, *et al.* Effect of soil moisture on vine growth and fruit production of ‘Kyoho’ grapes growing on restricted rooting volume [J]. *Environ Control Biol*, 1991, **29**: 133 – 140.
- [2] BROWN J M A, DROMGOOGLE F I, GUEST P M. The effects of spectrophotometer characteristics on the measurement of chlorophylls [J]. *Aquatic Bot*, 1980, **9**: 173 – 178.
- [3] ADSULE P G, DAN A. Simplified extraction procedure in the rapid spectrophotometric method for lycopene estimation in tomato [J]. *J Food Sci Technol*, 1979, **16**: 216 – 216.
- [4] 吕德国. 限根对果树生长发育的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2000, **31** (4): 361 – 364.  
LÜ Deguo. Influences of root restriction on the growth and development of fruit trees [J]. *J Shenyang Agric Univ*, 2000, **31** (4): 361 – 364.

- [5] EREZ A, ABLOWITZ, NIR G. Container-grown peach orchards [J]. *Acta Hortic*, 1989, **254**: 231 – 236.
- [6] FERREE D C, MYERS S C, SCHUPP J R. Root pruning and root restriction of fruit trees-current review [J]. *Acta Hortic*, 1992, **322**: 153 – 166.
- [7] 葛均青, 于贤昌, 李建勇, 等. 限根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.  
GE Junqing, YU Xianchang, LI Jianyong, *et al.* Effect of root restriction on the growth and photosynthetic characteristics of cucumber [J]. *Acta Agric Boreal-Occident Sin*, 2004, **13** (4): 174 – 178.
- [8] KRIZEK D T, CARMİ A, MIRECKI R M, *et al.* Comparative effects of soil moisture stress and restricted root zone volume on morphogenetic and physiological response of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] [J]. *J Exp Bot*, 1985, **36**: 25 – 28.
- [9] PETERSON T A, REINSCL M D, KRIZEK D T. Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. ‘Better Bush’) plant response to root restriction [J]. *J Exp Bot*, 1991, **42**: 1241 – 1249.
- [10] RICHARDS D, ROWE R N. Effect of root restriction, root pruning and 6-benzylaminopurine on the growth of peach seedling [J]. *Ann Bot*, 1977, **41**: 729 – 740.
- [11] CARMİ A, HEUER B. The role of roots in control of bean shoot growth [J]. *Ann Bot*, 1981, **48**: 519 – 528.
- [12] ISMAIL M R, DAVIES W J. Root restriction affects leaf growth and stomatal response: the role of xylem sap ABA [J]. *Sci Hortic*, 1998, **74**: 257 – 268.
- [13] HAVER D, SCHUCH U. Influence of root restriction and ethylene exposure on apical dominance of petunia (*Petunia xhybrida* Hort. Vilm.-Andr.) [J]. *Plant Growth Regul*, 2001, **35**: 187 – 196.
- [14] WANG S P, OKAMOTO G, KEN H. Effect of rooting-zone restriction on the changes in carbohydrates and nitrogenous compounds in ‘Kyoho’ grapevines during winter dormancy and early shoot growth [J]. *J Jpn Soc Hort Sci*, 1998, **67** (4): 577 – 572.
- [15] RIEGER M, MARRA F. Response of young peach trees to root confinement [J]. *J Am Soc Hort Sci*, 1994, **119** (2): 223 – 228.
- [16] BOLAND A M, JERIE P H, MITCHELL P D, *et al.* Long-term effects of restricted root volume and regulated deficit irrigation on peach ( I ) Growth and mineral nutrition [J]. *J Am Soc Hort Sci*, 2000, **125**: 135 – 142.
- [17] 朱丽娜, 鲁华东, 张才喜, 等. 根域限制下施肥水平对葡萄幼树生长及营养元素吸收的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2004 (3): 13 – 16.  
ZHU Li’na, LU Huadong, ZHANG Caixi, *et al.* Effect of fertilization levels on young vine growth and absorption of mineral nutrition under root system control [J]. *Sino-overseas Grapevine & Wine*, 2004 (3): 13 – 16.
- [18] 方金豹, 顾红, 陈锦永, 等. 根域限制对幼年桃树生长发育的影响[J]. 中国农业科学, 2006, **39** (4): 779 – 785.  
FANG Jinbao, GU Hong, CHEN Jinyong, *et al.* Effects of restricted root volume on growth and development of young peach trees [J]. *Sci Agric Sin*, 2006, **39** (4): 779 – 785.
- [19] BOLAND A M, MITCHELL P D, GOODWIN I, *et al.* The effect of soil volume on young peach tree growth and water use [J]. *J Am Soc Hort Sci*, 1994, **119** (6): 1157 – 1662.
- [20] BRUCE S, ANTHONY W. Leaf gas exchange, dry matter partitioning, and mineral element concentrations in mango as influenced by elevated atmospheric carbon dioxide and root restriction [J]. *J Am Soc Hort Sci*, 1997, **122** (6): 849 – 855.
- [21] OTHMANE M, MARK R, STEPHEN C, *et al.* Interaction of root confinement and fruiting in peach [J]. *J Am Soc Hort Sci*, 1995, **120** (2): 228 – 234.
- [22] 舒海波, 贺超兴, 张志斌, 等. 不同有机土栽培方式对温室番茄植株生长及产量和品质的影响[J]. 西北农业学报, 2010, **19** (6): 120 – 125.  
SHU Haibo, HE Chaoxing, ZHANG Zhibin, *et al.* Effects of organic soils on growth, yield and quality of tomato in solar greenhouse [J]. *Acta Agric Boreal-Occident Sin*, 2010, **19** (6): 120 – 125.
- [23] 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.  
WANG Shiping, ZHANG Caixi, LUO Juhua, *et al.* Advances in research of rooting-zone restricted fruit growing [J]. *J Fruit Sci*, 2002, **19** (5): 298 – 301.