

不同基质含水量下盆栽番茄蒸腾量、鲜物质积累量及果实产量的差异

李霞^{1,2}, 解迎革², 薛绪掌^{1,*}, 王国栋², 李邵^{1,3}, 陈菲¹

(¹国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100097; ²西北农林科技大学理学院, 陕西杨凌 712100; ³扬州大学江苏省作物遗传生理重点实验室, 江苏扬州 225009)

摘要: 采用负水头灌溉装置, 设置了 10、30、50 和 70 hPa 不同供水吸力, 研究其对温室盆栽番茄蒸腾量、鲜物质积累及相关生理指标的影响。结果表明: 负水头盆栽装置实现了对基质含水量的精确控制, 10、30、50 和 70 hPa 吸力处理下盆栽基质含水量分别稳定在 88%、76%、63% 和 57%。在试验不同时期, 盆栽番茄的日蒸腾量受基质含水量影响的表现不同; 盆栽番茄的累积日蒸腾量最终表现为: 10 hPa 处理 > 30 hPa 处理 > 70 hPa 处理 > 50 hPa 处理。基质水分处理引起盆栽番茄物质积累的差异非常显著, 30 hPa 吸力下的鲜物质积累量最大, 10 和 50 hPa 的次之, 70 hPa 的最小。基质水分处理对盆栽番茄的产量、总蒸腾耗水量和作物水分生产率均有极显著影响。在 30 hPa 供水吸力下的产量、鲜物质积累量最高, 该供水吸力最有利于盆栽番茄生长。

关键词: 番茄; 负水头灌溉; 供水吸力; 蒸腾; 鲜物质积累; 作物水分生产率

中图分类号: S 641.2

文献标识码: A

文章编号: 0513-353X (2010) 05-0805-06

Difference of Transpiration, Fresh Matter Accumulation and Fruit Yield for Potted Tomato Under Moisture Content of Medium

LI Xia^{1,2}, XIE Ying-ge², XUE Xu-zhang^{1,*}, WANG Guo-dong², LI Shao^{1,3}, and CHEN Fei¹

(¹National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China; ²College of Science, Northwestern A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; ³Jiangsu Province Key Lab of Crop Genetics and Physiology, Yangzhou University Yangzhou, Jiangsu 225009, China)

Abstract: The effect of moisture content of medium on transpiration, fresh matter accumulation and related physiological indexes for potted tomato in greenhouse were studied through setting water supply tension at 10, 30, 50 and 70 hPa using negative pressure pot device. The results indicate: The moisture content of medium can be accurately controlled and maintained by the negative pressure pot device, moisture contents of medium are 88%, 76%, 63% and 57% at water supply tension 10, 30, 50 and 70 hPa correspondingly. In different experimental stages, influence of moisture content of medium on daily transpiration is different. Accumulative daily transpiration of potted tomato is as following: 10 hPa treatment > 30 hPa treatment > 70 hPa treatment > 50 hPa treatment. The effect of medium moisture content on fresh matter accumulation is the most significant at 30 hPa, followed by 10 and 50 hPa and

收稿日期: 2010-01-06; 修回日期: 2010-04-02

基金项目: 北京市农业科技示范推广项目; ‘十一五’国家科技支撑计划项目 (2007BAD33B01)

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: xuexz@nercita.org.cn)

the least is at 70 hPa. The effect of water supply tension on yield, water consumption and crop water productivity are extremely significant. 30 hPa is the most favorable water supply tension for potted tomato in greenhouse because of the maximum yield and the fresh matter accumulation.

Key words: tomato; negative pressure irrigation; water supply tension; transpiration; fresh matter accumulation; crop water productivity

土壤水分是影响植物生长的重要环境因子, 植物对水分条件的要求和适应, 是植物水分的重要特征(王沙生 等, 1981; Mitton et al., 1998; Guy et al., 2004)。植物生长于适宜的土壤水分条件, 有利于发挥其生长潜力, 达到增产增收(陈金平 等, 2004; 万克江 等, 2005)。然而现阶段我国农业生产中, 作物遭受水分胁迫和土壤水分浸渍的现象较普遍, 相关的研究已有很多(Tang, 1983; 董建国和余叔文, 1984; 吕军, 1994)。设施蔬菜生产中大多遭受土壤水分浸渍危害, 很多地方所采用的常规灌溉策略不仅浪费水资源而且由于地面蒸发量大使室内湿度过高, 从而抑制叶面蒸腾, 阻碍根系吸水, 带来的相应后果是容易滋生病虫害和深层渗漏引起的地下水污染(吴文勇 等, 2002)。减少水分散失和提高水分利用效率是温室生产中不可忽视的重要问题, 这要求把温室内土壤—植物—环境看作一个连续体, 在土壤水分条件被精确控制的条件下, 就土壤水分变化对作物生长及相关生理指标的影响进行系统研究。

本研究中利用负水头供水控水盆栽装置, 初步探讨了不同基质含水量情况下番茄的生长及相关生理指标的变化规律, 以期温室作物生长研究和实际温室水分管理提供理论和实践依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试验设计

试验于 2008 年 7 月 6 日—10 月 16 日在北京市农林科学院内进行, 供试番茄品种为京研‘盆栽红’。试验用盆的内径 30 cm, 盆高 30 cm。采用沙土、草炭、蛭石、珍珠岩按 6:3:2:1 混和栽培, 每盆施尿素 5.66 g、过磷酸钙 5.66 g、硫酸钾 4.5 g、复合肥 5.66 g、微量元素 1 g, 与基质混匀后装满盆。

7 月 6 日育苗, 8 月 4 日选长势一致的幼苗, 每盆定植 1 株; 用厚度为 0.1 mm 的铝箔反光膜覆盖盆栽表面, 防止基质表面蒸发。设置 10、30、50 和 70 hPa 等 4 个供水吸力处理, 每个处理 3 次重复。

1.2 负水头供水控水盆栽装置的原理

负水头供水控水盆栽装置(李邵 等, 2008)是基于负压入渗原理, 通过调节控压管的高度来控制土壤所需的不同负水头吸力值, 从而精确调节和持续控制盆栽系统所需要的不同土壤含水量。每天集气管内水面下降的高度与储水管水面下降的高度之和即为盆栽植物每天的蒸腾量。当供水平衡时, 由于水中溶解的气体逸出而导致集气管内水面下降的幅度很小, 可忽略不计, 所以每天的蒸腾量即为储水管下降的高度值, 通过量取储水管内径, 即可算出盆栽植株每日的实际蒸腾值。

1.3 测定方法

基质含水量在 105 ~ 110 °C 条件下烘干测定。

日蒸腾量的测定: 8 月 19 日起, 每天 17: 00 记录储水管水位高度, 相邻两天记录的高度差乘以储水管内截面积, 3 次重复求平均即可得出不同吸力处理下盆栽植株的日蒸腾量(基质表面覆盖

铝箔, 防止蒸发)。

累积日蒸腾量的计算: 从试验开始测定日蒸腾量算起, 第 n 天的累积日蒸腾量就是这 n 天的日蒸腾量之和。

总蒸腾耗水量的计算: 整个试验过程盆栽植株的蒸腾耗水总量, 即日蒸腾量之和。

鲜物质积累量的测定: 用湘仪天平仪器厂生产的 ES-15K 型, 精度为 1 g 的电子天平来测定, 定植后每隔 1 周称 1 次质量, 每次称得的质量与定植时的质量之差, 3 次重复求平均后就是这段时间内不同处理的鲜物质积累量。

作物水分生产率: 即作物消耗单位水量的产出, 其值等于作物产量 (一般指经济产量) 与作物净耗水量或蒸发蒸腾量之比值, 单位为 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

1.4 数据分析

试验数据用 DPS V7.55 软件进行差异显著性分析, 用 SPSS 11.5 软件进行回归分析。

2 结果与分析

2.1 不同供水吸力下盆栽的基质含水量差异

负水头灌溉装置的最大特点就是能持续精确控制土壤含水量 (邹朝望, 2007)。为了验证负水头盆栽装置在不同吸力下控制基质含水量的效果, 将供水器盘面基质作为研究对象, 每隔两周或一周在 17:00 时用土钻取 15 cm 深基质样, 测定其含水量。如图 1 所示, 各处理的盆栽基质含水量随着灌溉时间稍有波动, 但幅度很小。这说明负水头盆栽装置能很好地控制基质含水量, 能实现对盆栽持续灌溉和含水量的精确控制, 10、30、50 和 70 hPa 吸力处理下的盆栽基质含水量分别稳定在 88%、76%、63% 和 57%。

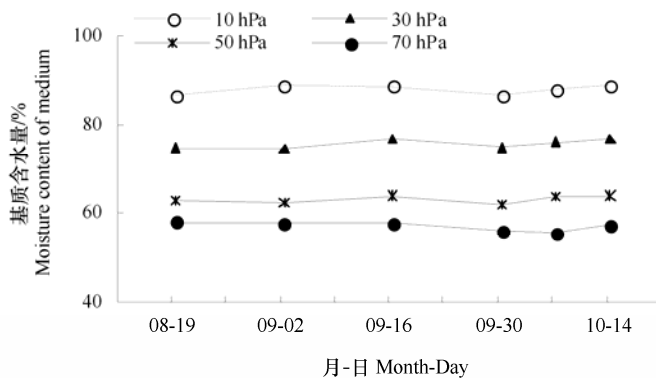


图 1 不同吸力下基质含水量的时间分布

Fig. 1 Temporal distribution of moisture content of medium under water supply tension

2.2 不同供水吸力下盆栽番茄的日蒸腾量及日蒸腾积累动态

如图 2 所示, 盆栽番茄植株的日蒸腾量因基质水分处理的不同而不同。在试验初期, 不同吸力下盆栽番茄的日蒸腾耗水量的差异不显著。随着番茄植株的生长, 试验中期差异逐渐表现出来, 以 30 hPa 吸力处理的日蒸腾量最大, 10 hPa 吸力下的依次之, 50 hPa 吸力的最小。试验后期, 10 hPa 吸力处理的日蒸腾量超过 30 hPa 的, 位居第一。

由日蒸腾量的变化趋势可以得出,在温室内光照强度、温度、空气相对湿度等环境因子相对一致的情况下,基质水分对盆栽植株蒸腾的影响较为显著;整体看来,10 hPa 吸力下的基质水分条件最利于植株蒸腾。

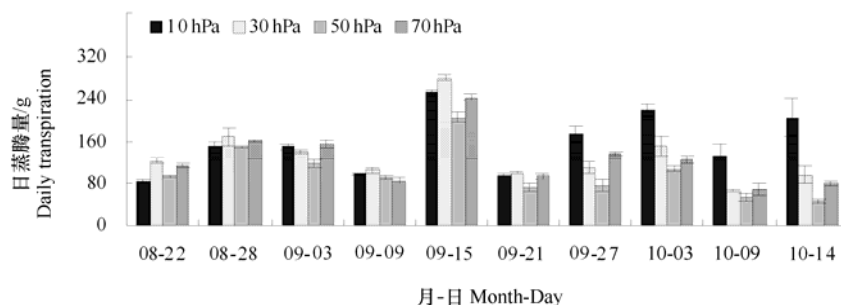


图2 不同供水吸力下盆栽番茄的日蒸腾量

Fig. 2 Daily transpiration of potted tomato plants under water supply tension

图3是连续57 d(8月20日—10月15日)所测得的盆栽番茄的累积日蒸腾量变化曲线。试验初期,不同吸力下植株的累积日蒸腾量差异不显著;随着植株的生长,30 hPa 吸力下植株累积日蒸腾量最大,10和70 hPa 的仅次于,但两者曲线非常接近,50 hPa 的最小;到了番茄开花结果期,10 hPa 吸力下植株累积日蒸腾量增大,位居第1位;试验结束时,累积日蒸腾量表现为:10 hPa 处理>30 hPa 处理>70 hPa 处理>50 hPa 处理。

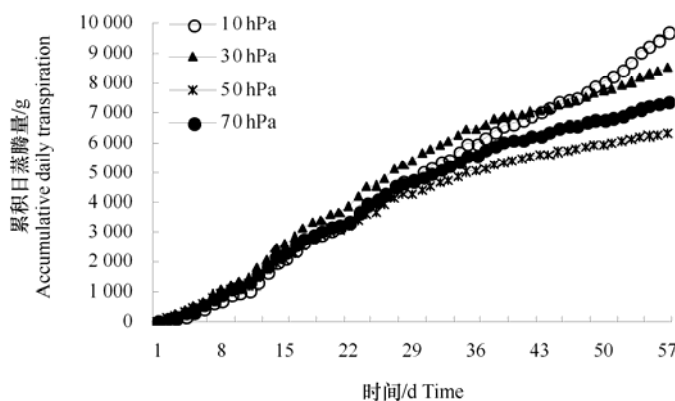


图3 不同供水吸力下盆栽番茄的日蒸腾累积动态

Fig. 3 Daily transpiration accumulation dynamics of potted tomato plants under water supply tension

2.3 不同供水吸力下盆栽番茄的鲜物质积累动态

图4给出了不同吸力下盆栽番茄的鲜物质增长动态。从图4中可以看出,基质水分处理引起盆栽番茄物质积累的差异非常显著,30 hPa 供水吸力保证基质含水量在76%左右,比较有利于番茄植株的生长,其鲜物质积累量最大;10 hPa 和50 hPa 吸力的次之,两者的鲜物质积累曲线比较接近;70 hPa 供水吸力下盆栽番茄鲜物质积累最小。

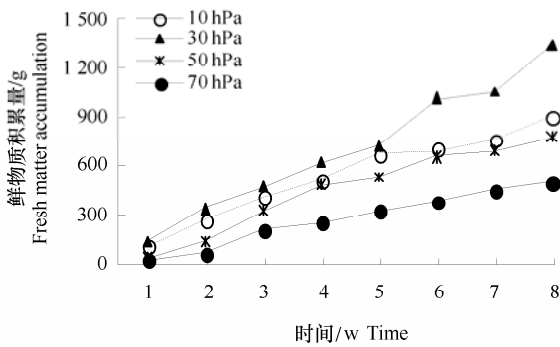


图 4 不同吸力条件下盆栽番茄的鲜物质积累过程

Fig. 4 Fresh matter accumulation process of potted tomato plants under water supply tension

2.4 不同吸力处理下的产量、总蒸腾耗水量和作物水分生产率

表 1 给出了不同基质水分处理下盆栽番茄的产量、总蒸腾耗水量及作物水分生产率。从表 1 中可以看出，基质水分处理对温室盆栽番茄的产量、总蒸腾耗水量和作物水分生产率均有极显著影响。30 hPa 吸力下的产量最高，与其它处理间的差异均达极显著水平；而 10 hPa 吸力下的产量最低。总蒸腾耗水量以 10 hPa 的最大，30 和 70 hPa 的次之，50 hPa 的最小，各处理间的差异达显著水平。除 10 hPa 吸力处理外，其它各处理间的作物水分生产率的差异不显著，30 hPa 供水吸力下的作物水分生产率最大、50 和 70 hPa 的仅次之，10 hPa 吸力下的水分生产率最小。10 hPa 吸力下盆栽番茄总耗水量最高，产量最低，可见盆栽基质含水量偏高反而增加了植株的“无效”蒸腾，降低了作物水分生产率。

表 1 不同基质水分处理下产量、总蒸腾耗水量及作物水分生产率

Table 1 Yield, transpiration water consumption and crop water productivity under water supply tension

处理/ hPa Treatments	产量/g Yield	总蒸腾耗水量/kg Transpiration water consumption	作物水分生产率/(kg · m ⁻³) Crop water productivity
10	210.798 ± 9.9162C	9.719 ± 0.3977A	21.79 ± 1.503B
30	298.330 ± 4.8829A	8.539 ± 0.4466AB	34.97 ± 0.487A
50	220.522 ± 9.2994 C	6.341 ± 0.2329C	34.85 ± 1.802A
70	255.680 ± 1.4183B	7.402 ± 0.11791BC	34.58 ± 0.725A

注：多重比较采用 Duncan’s 新复极差法，不同大写字母表示 0.01 水平上差异显著。

Note: The Duncan’s new heteropolar bond method of difference was applied for the multiple comparison, different capital letters represent statistic significance at 0.01 level.

3 讨论

本试验研究了不同基质含水量对盆栽番茄蒸腾、鲜物质积累及相关生理指标的影响。在利用负水头盆栽装置精确控制基质含水量的前提下，通过基质表面覆盖限制基质蒸发，获得了盆栽番茄的日蒸腾量动态；同时结合精密天平的称量，原位无损的测定了番茄植株的鲜物质积累动态。这是负水头盆栽装置的两个全新应用，为植株蒸腾及鲜物质积累测定方法提出了新的思路。

由不同供水吸力下盆栽番茄的日蒸腾量的变化趋势可以得出，基质含水量对盆栽植株蒸腾的影响较为显著，尽管在试验的不同阶段，供水吸力对盆栽番茄日蒸腾量的影响表现不同，但是整体看来 10 hPa 处理最利于番茄植株蒸腾。

不同基质含水量对盆栽番茄鲜物质积累的影响非常显著，供水吸力为 30 hPa 时最有利于番茄植

株的生长,其鲜物质积累量达到最大。试验研究了番茄定植3周到试验结束这个过程的鲜物质积累动态,用负水头盆栽装置测定植株整个生育期的鲜样质量增长动态是我们下一步的试验内容。

基质水分处理对盆栽番茄的产量、总耗水量和作物水分生产率也有极显著影响。30 hPa 吸力处理下最利于盆栽番茄生长,其产量和作物水分生产率最高。50 hPa 吸力下的产量和总蒸腾耗水量都小于 70 hPa 的,达到最低,这说明 70 hPa 吸力下盆栽植株的长势要比 50 hPa 的好,但原因不明,有待进一步研究。10 hPa 吸力下的总蒸腾耗水量最大,产量最低,可见盆栽基质含水量过高,增加了植株的“无效”蒸腾,降低了作物水分生产率。

References

- Chen Jin-ping, Liu Zu-gui, Duan Ai-wang, Meng Zhao-jiang, Zhang Ji-yang. 2004. Effects of soil moisture on physiological characteristics and the dynamic state of factors causing photosynthesis decline in potted tomato leaves in green house. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 24 (9): 1589 - 1593. (in Chinese)
- 陈金平, 刘祖贵, 段爱旺, 孟兆江, 张寄阳. 2004. 土壤水分对温室盆栽番茄叶片生理特性的影响及光合下降因子的动态. *西北植物学报*, 24 (9): 1589 - 1593.
- Dong Jian-guo, Yu Shu-wen. 1984. Effects of cytokinin on senescence and ethylene production in waterlogged wheat plants. *Acta Phytophysiological Sinica*, 10 (1): 55 - 61. (in Chinese)
- 董建国, 余叔文. 1984. 细胞分裂素对渍水小麦衰老的影响. *植物生理学报*, 10 (1): 55 - 61.
- Guy F M, Julieta N A, Khanyisa B M. 2004. Photosynthetic and gas exchange characteristics of dominant woody plants on a moisture gradient in an African savanna. *Global Change Biology*, 10 (3): 309 - 317.
- Li Shao, Xue Xu-zhang, Guo Wen-shan, Li Xia, Chen Fei. 2008. Study and application of negative pressure water supplying, controlling pot device and irrigation system. *Journal of Shanghai Jiao Tong University: Agricultural Science*, 26 (5): 478 - 482. (in Chinese)
- 李 邵, 薛绪掌, 郭文善, 李 霞, 陈 菲. 2008. 负水头供水盆栽装置及灌溉系统的研究与应用. *上海交通大学学报: 农业科学版*, 26 (5): 478 - 482.
- Lü Jun. 1994. The injury to winter wheat growth by soil water logging and its mechanism. *Acta Phytophysiological Sinica*, 20 (3): 221 - 226. (in Chinese)
- 吕 军. 1994. 渍水对冬小麦生长的危害及其生理效应. *植物生理学报*, 20 (3): 221 - 226.
- Mitton J B, Garant M C, Yoshino M. 1998. Variation in allozymes and stomatal size in pinyon (*Pinus edulis*, *Pinaceae*), associates with soilmoisture. *American Journal of Botany*, 85: 1262 - 1265.
- Tang Z C. 1983. Response and adaptability of plants to water stress. I. General concepts of stress resistance and the resistance to water-logging in plant. *Plant Physiology Communications*, (3): 24 - 29.
- Wang Sha-sheng, Gao Rong-fu, Wu Guan-ming. 1981. *Plant physiology*. Beijing: Chinese Forestry Publishing House: 102 - 135. (in Chinese)
- 王沙生, 高荣孚, 吴贯明. 1981. *植物生理学*. 北京: 中国林业出版社: 102 - 135.
- Wan Ke-jiang, Xue Xu-zhang, Wang Zhi-min, Zhang Yan-li, Ma Zhi-hong. 2005. Influence of water supply tension to some physiological parameters of cucumber. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 23 (6): 98 - 102. (in Chinese)
- 万克江, 薛绪掌, 王志敏, 张艳丽, 马智宏. 2005. 供水吸力对黄瓜若干生理指标的影响. *干旱地区农业研究*, 23 (6): 98 - 102.
- Wu Wen-yong, Yang Pei-ling, Liu Hong-lu. 2002. Retrospect and prospect on researches of water and heat transfer in Soil-Plant-Environment Continuum (SPEC) in greenhouse. *Irrigation and Drainage*, 21 (1): 76 - 79. (in Chinese)
- 吴文勇, 杨培岭, 刘洪禄. 2002. 温室土壤植物环境连续体水热运移研究进展. *灌溉排水*, 21 (1): 76 - 79.
- Zou Chao-wang. 2007. Fundamental research of negative hydraulic head irrigation technique [Ph.D. Dissertation]. Wuhan: Wuhan University. (in Chinese)
- 邹朝望. 2007. 负水头灌溉技术基础研究 [博士论文]. 武汉: 武汉大学.