

负水头供给营养液对不同番茄品种生长特性的影响

毛思帅^{1,2}, 李豫宁², 胡跃高², 薛绪掌¹, 武新岩^{1,3}, 陈菲¹

(1. 国家农业智能装备技术研究中心, 北京 100097; 2. 中国农业大学 农学与生物技术学院, 北京 100193;

3. 河北农业大学 资源与环境科学学院, 河北 保定 071000)

摘要:通过负水头灌溉技术对“飞天”、“420”、“哈特”、“拉比”、“莎丽”、“金鹏”6个番茄品种供给营养液, 筛选营养液灌溉下产量高、营养液生产效率高、抗病且植株健壮的番茄品种, 以达到提高番茄产量、节水、节约成本的目的。结果表明: 植株形态上, “莎丽”长势最好, “哈特”、“420”品种植株弱小; “莎丽”、“金鹏”的净光合速率较高, “金鹏”、“420”的蒸腾速率较高; “莎丽”的相对叶绿素含量最高, “哈特”的相对叶绿素含量最低; 产量上, “莎丽”的果实产量最高, “哈特”最低; 营养液生产效率上, “飞天”、“拉比”、“莎丽”、“金鹏”4个品种效果相当, “420”、“哈特”营养液生产效率较低。综合以上因素, “莎丽”番茄应用负水头灌溉技术可获得最好的效果。

关键词:负水头; 营养液; 番茄; 产量; 生产效率

中图分类号:S 641.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)10-0028-05

近年来, 营养液栽培越来越多的受到人们的关注, 它可以避免与土壤有关的连作障碍, 实现清洁蔬菜的生产^[1], 因此有可能使产品作为优质、安全的食品进入超市优质优价销售, 获得较高的经济效益^[2]。同时, 这种

栽培方式还解决了设施栽培中存在重体力劳动等问题, 为大规模生产提供了条件。营养液栽培分为水培和固体培2种方式。在实际生产中营养液栽培存在的问题还很多, 如湛液型水培设备成本较高; 岩棉栽培虽然设备成本低廉, 但其废弃液容易造成地下水等环境污染, 且营养液管理复杂, 病原菌蔓延的危险高, 病害防治困难^[3]; NFT是一种节省资源型水培装置, 但在实际生产中容易使植株出现生育异常等^[2,4]。无土基质栽培的核心是用营养液通过基质来供应水分养分, 基质和营养液配合完成固定、支持植物, 调节供氧、供水和养分, 减少病原菌产生, 在一定程度上解决了营养液栽培上的不足^[5]。

第一作者简介:毛思帅(1988-), 男, 在读硕士, 研究方向为作物栽培。E-mail: msshhappy@163.com。

责任作者:薛绪掌(1967-), 男, 博士, 研究员, 现主要从事农业节水技术方面的研究工作。E-mail: xuexz@nrcita.org.cn。

基金项目:公益性行业(农业)科技专项资助项目(200903007-1)。

收稿日期:2012-02-22

Study on the Cultivation of Tomatoes with Different Organic Wasted as Eco-organic Soilless Cultivation Substrate

CAO Yun-e¹, ZHANG Xue-zhong², YANG Shi-hong², ZHANG Zhen-xing¹

(1. College of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021; 2. Agricultural Development Office of Helan, Yinchuan, Ningxia 750200; 2. Agricultural Development Office of Penyang, Guyuan, Ningxia 756504)

Abstract: In order to overcome soil obstacles effectively, through fermentation of organic wasted resources to replace nonrenewable matter resource corn stalks, mushroom wasted, chicken manure, clover, cow manure, rice bran were used as the main fermentative resources of eco-organic soilless cultivation substrate. The results indicated that pH and EC all went up after harvest, otherwise available N, available P, available K went down with different fermentation organic cultivation substrate. Among eight of cultivation substrate formula, the tomatoes cultivated with proportion of cow manure : corn stalks : chicken manure = 2 : 2 : 1, cow manure : clover = 2 : 1, corn stalks : chicken manure = 2 : 1, mushroom wasted : cow manure : chicken manure = 1 : 2 : 1 grew more strongly and had better quality, yield of per 667 m² were also much higher than the other treatments.

Key words: organic fermented cultivation substate; tomato; quality; yield

该试验所采用的负水头供水控水盆栽装置可以很好地解决设备成本较高、营养液管理复杂、病害防治困难这些问题。负水头供水控水技术是将供水器埋入土壤中,利用植株水分生理特征和土壤张力特性,实现植株对水分“连续自动获取”,使土壤水分“持续恒定”地控制在某一水平。负水头控水技术直接供水已经成熟应用于番茄^[6-7]、黄瓜^[8-9]、菠菜^[10]、豆角^[11]等,而负水头灌溉技术供营养液应用于蔬菜研究中少见报道。现将负水头供营养液与基质栽培结合,采用负水头供水控水盆栽装置供给优化后的营养液选取不同品种的番茄进行栽培比较试验,寻找在此营养液灌溉下产量高、营养液生产效率高的番茄品种,从而达到高产、节水、节约成本的目的。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验用 6 个番茄品种分别为“飞天”、“420”、“哈特”、“拉比”、“莎丽”、“金鹏”,种苗由北京东昇农业技术开发(集团)有限公司提供;采用负水头供水控水盆栽装置供营养液,营养液采用调整的华南番茄营养液配方(表 1),供水吸力统一设置为 5 kPa。番茄采用基质栽培,基质配方为草炭:硅藻土:蛭石=2:2:1,每盆装基质 7 kg。配方理化性质:容重 0.219 g/cm³,总孔隙度 80.5%,pH 6.98,EC 0.98 mS/cm,有机质 22.535%,全氮 0.598%,有效磷 4.32 mg/kg,有效磷含量 330 mg/kg。

表 1 试验用番茄营养液配方

Table 1 Nutrient solution composition for tomato											mg/L	
Ca(NO ₃) ₂ • 2H ₂ O	KNO ₃	KH ₂ PO ₄	MgSO ₄ • 7H ₂ O	N	P	K	Ca	Mg	S			
590	404	340	246	126	60	253.5	100	24	64			

1.2 试验方法

试验于 2010 年 9~12 月在北京市农林科学院日光温室内进行,共 6 个处理,5 次重复,随机排列。9 月 22 日定植,选取长势一致的植株,每盆定植 1 株。番茄定植后即设定 5 kPa 的供水吸力开始供营养液,定期进行整枝打杈,12 月 11 日拉秧。

1.3 负水头供水控水盆栽装置原理^[12]

图 1 为负水头供水控水盆栽装置原理示意图,该装置由盛土盆、陶瓷盘供水器、储水管和负压控制系统组成。其中负压控制系统由控压管与集气管连接组成。陶瓷盘内灌溉水由于土壤基质势的作用缓慢的渗入土壤,集气管内水进入陶瓷盘,压强减小,使得储水管内水在大气压的作用下通过控压管进入集气管,储水管通过进气管与外界气压回归一致。如此不断循环,灌溉水在负压控制下连续输送到盆栽装置的土壤层供作物吸收利用。此时控压管提供给集气管出水的压强为 $-\rho gh_1$,其中 h_1 为控压管高度; ρ 为灌溉水的密度; g 为重力常数, h_1 的值定义为供水吸力。通过调节不同的供水吸力

即 h_1 的值即可调节盆栽系统所需要的不同土壤含水量值。读取 1 d 储水管水面下降的高度值 h_2 与集气管内水面下降的高度值 h_3 ,二者之和 $h_2 + h_3$ 即为盆栽植物一天的蒸散量。当供水平衡时,集气管内因水中溶解气体逸出而导致水面下降的高度极小,故 h_3 可以忽略不计,即日蒸散量计为储水管下降的高度值 h_2 ,根据储水管内径值,即可以算出盆栽植物日蒸散值。

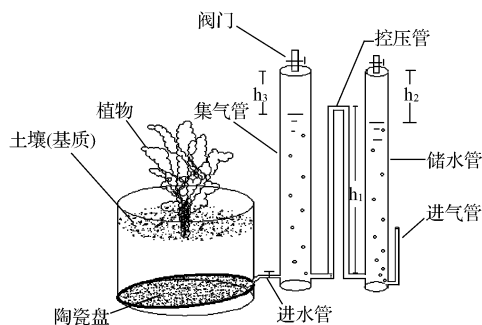


图 1 负水头供水控水盆栽装置示意图

Fig. 1 Sketch map of negative pressure pot device

1.4 项目测定

1.4.1 株高、茎粗 从番茄定植后定期记录番茄植株形态指标,打顶后停止记录。番茄株高用直尺测定从地面到生长点的高度;茎粗用游标卡尺测定。

1.4.2 果实产量、各部分生物量的测定 番茄产量采用累积称重法;各部分生物量采用烘干称重测定;水洗后获取番茄根系,烘干后称取干重。

1.4.3 植株消耗营养液量及营养液生产效率 每隔几天从试验装置储水管的标尺上直接读取水位高度,根据储水管内径换算蒸散量,累积法计算番茄不同生育期及全生育期耗水(营养液)量。营养液生产效率用以下公式计算:水分利用效率=果实产量/营养液总消耗量。

1.4.4 生理指标 光合参数:采用 LI-6400 便携式光合仪(LI-COR, USA),在 11 月 17 日上午 10:00 测定倒 10 叶的净光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)光合参数。光源为人工光源,光强为 500 mol · m⁻² · s⁻¹。相对叶绿素含量测定:分别在 9 月 19 日、9 月 30 日、10 月 10 日、10 月 20 日用 SPAD-502 叶绿素仪,选取番茄植株的倒 8 叶,直接测定叶片的相对叶绿素含量,每个叶片测 5 次,5 次的平均值为该叶片的相对叶绿素含量。

1.5 数据分析

采用 Stateview 软件进行方差分析,其它分析在 Excel 中进行。

2 结果与分析

2.1 负水头供营养液下不同番茄品种的株高

由图 2 可知,负水头供营养液时,不同品种的株高均随着生育进程持续增加。“莎丽”长势最旺,“拉比”、“金

鹏”、“飞天”3个品种在各个时期长势相近,只有“金鹏”从10月20日开始株高增长迅速,最后达到与“莎丽”相差不大的株高。“拉比”和飞天在整个生育期里株高的增长基本保持一致。而“420”、“哈特”2个品种长势明显不如其它品种,株高与其它品种之间的差距随着生育期的进行持续增大,其中“哈特”株高增长速率最低、株高最低。

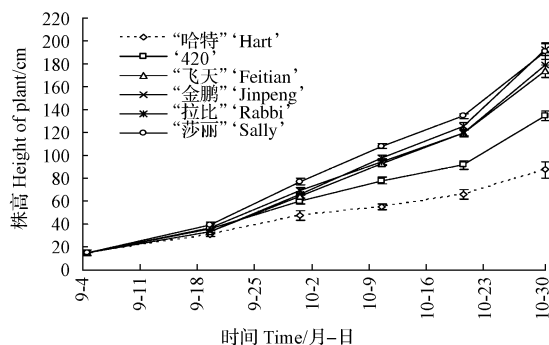


图2 负水头供营养液下不同番茄品种的株高

Fig. 2 Plant height of different tomato varieties under nutrient solutions from negative pressure device

2.2 负水头供营养液下不同番茄品种的相对叶绿素含量

由表2可知,“飞天”、“莎丽”、“金鹏”的相对叶绿素含量从定植后到10月10日一直处于增长的状态,而后相对叶绿素含量下降;“420”、“哈特”的相对叶绿素含量从定植后到测量结束一直处于下降的状态;“拉比”的相对叶绿素含量处于波动状态。

表2 负水头供营养液下不同番茄品种的相对叶绿素含量

Table 2 SPAD value of different tomato varieties under nutrient solutions from negative pressure device

品种 Varieties	相对叶绿素含量 SPAD value			
	9月19日	9月30日	10月10日	10月20日
“哈特”“Hart”	44.72a	42.90b	41.52c	34.78c
“420”	46.50a	45.38ab	45.22b	42.20b
“飞天”“Feitian”	45.46a	46.02a	48.48ab	45.42a
“金鹏”“Jinpeng”	44.46a	45.62ab	47.60ab	43.66ab
“拉比”“Rabbi”	47.34a	45.12ab	46.80ab	45.06ab
“莎丽”“Sally”	46.86a	46.46a	50.28a	46.44a

注:同列不同字母表示差异显著($P<0.05$),下同。

Note: Significant differences among treatments in the same column are indicated by different small letters at $P<0.05$ level, the below is same.

表3 负水头供营养液下不同番茄品种果实产量、生物产量及营养液生产效率

Table 3 Fruit yield, biomass and nutrient solution production efficiency of different tomato varieties under nutrient solutions from negative pressure device

品种 Varieties	地上部干重 Shoot dry weight/g	根系干重 Root dry weight/g	根冠比 R/S	果实产量 Fruit yield/g	营养液消耗总量 Nutrient solution consumption/kg	营养液生产效率 Nutrient solution production efficiency/g · kg ⁻¹
“哈特”“Hart”	22.22 c	3.71c	0.17 a	52.5 d	14.44 d	3.57 c
“420”	59.87 ab	6.27 ab	0.11 b	397.6 c	28.90 ab	13.76 b
“飞天”“Feitian”	51.55 b	5.63 b	0.12 b	623.6 bc	20.90 c	31.32 a
“金鹏”“Jinpeng”	69.57 ab	6.64 ab	0.09 b	776.1 b	28.46 b	27.23 a
“拉比”“Rabbi”	73.32 a	6.26 ab	0.09 b	799.9 ab	25.33 bc	31.66 a
“莎丽”“Sally”	77.45 a	7.88 a	0.11 b	951.1 a	30.96 a	30.60 a

9月19日,各品种间相对叶绿素含量无显著差异;之后,品种对相对叶绿素含量有显著影响,随着生育进程各品种间相对叶绿素含量的差异性逐渐扩大;“莎丽”的相对叶绿素含量最高,“哈特”的相对叶绿素含量最低,其余品种居中。

2.3 负水头供营养液下不同番茄品种的净光合速率和蒸腾速率

由图3可知,“金鹏”、“莎丽”的净光合速率较高,说明这2个品种的物质积累速度快;相反“哈特”的净光合速率值最低,其物质积累速度最慢。从蒸腾速率来看,“420”、“金鹏”的蒸腾速率较高,说明这2个品种耗水,在一定时间内单位叶面积蒸腾的水量大,导致营养液消耗量增加,从而影响营养液利用效率。

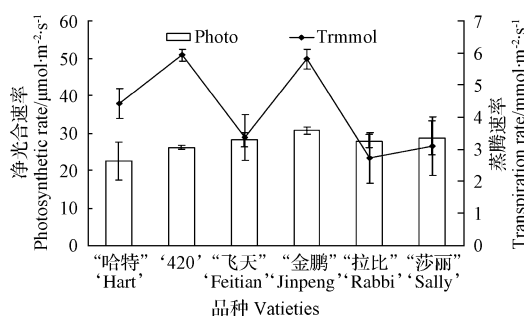


图3 负水头供营养液下不同番茄品种的净光合速率和蒸腾速率

Fig. 3 Photosynthetic rate and transpiration rate of different tomato varieties under nutrient solutions from negative pressure device

2.4 负水头供营养液下不同番茄品种的果实产量、干物质积累及营养液生产效率

从表3可知,“莎丽”的果实产量最高;“拉比”、“金鹏”、“飞天”次之,“420”果实产量较低,“哈特”最低。地上部干重和根系干重呈现出相同规律,“飞天”与“莎丽”品种间差异显著,“哈特”与其它5个品种均有显著差异。根冠比,“哈特”与其它品种间有显著差异,其它各品种间差异不显著。“莎丽”果实产量最高,且地上部、根系干重在6个品种中最高。

营养液消耗总量,“莎丽”、“420”、“金鹏”的消耗量较大,“哈特”消耗量最小。在营养液生产效率上,“飞天”、

“拉比”、“莎丽”、“金鹏”4 个品种间差异不显著,‘420’与这 4 个品种存在显著差异;“哈特”与其它 5 个供试品种均存在显著差异。

“哈特”品种营养液消耗量最小,“莎丽”营养液消耗量最大,但其蒸腾速率并不大,说明其将营养液更多的用于鲜物质积累,该品种植株和果实含水量可能较大。营养液生产效率方面,“拉比”最高,略高于“莎丽”,可能因为其蒸腾速率很低,植株不用过多的吸收营养液弥补蒸腾作用消耗的水分。“哈特”营养液生产效率最低,可能是由于其在结果期染病总产量过低造成的。‘420’营养液生产效率也很低,可能是由于其蒸腾速率过大,消耗了过多的水分而产量并没有明显的增长。

2.5 负水头供营养液下不同番茄品种的营养液消耗量

随着生育期的进行,营养液消耗不断增加(图 4)。整个生育期内,“莎丽”和‘420’的营养液消耗情况基本相同,只是在 12 月 6 日的最后测量中存在较大的差异。10 月 19 日前,“拉比”的营养液消耗情况与“莎丽”、‘420’基本保持一致,10 月 19 日后,消耗营养液的速率下降。“金鹏”的营养液消耗一直以一个变化不大且速率较快增长。“飞天”和“哈特”营养液消耗量较低,其中“飞天”在 11 月 1 日后营养液消耗速率降低,而“哈特”在 10 月 19 日开始营养液消耗速率就开始大幅下降。

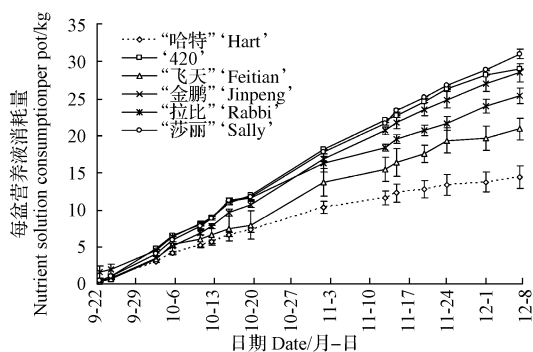


图 4 负水头供营养液下不同番茄品种营养液消耗量

Fig. 4 Effects on accumulation of daily nutrient solution use of different tomato varieties under nutrient solutions from negative pressure device

由图 5 可知,苗期各品种营养液消耗量差距不大,开花坐果期‘420’、“金鹏”、“莎丽”营养液消耗量大,其它品种消耗量较低。盛果期与苗期营养液消耗量相差不大,“哈特”的消耗量明显降低。各生育期的营养液消耗量和全生育期的营养液消耗量具有相同的趋势,“莎丽”、‘420’、“金鹏”在各生育期营养液消耗量都比较大,“哈特”的消耗量最低。

3 结论与讨论

李邵等^[7]研究发现负水头灌溉方式下的番茄生产要优于常规漫灌。张伟娟^[13]研究表明,负水头供给营养

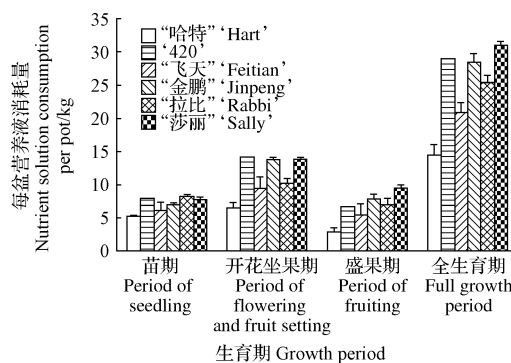


图 5 负水头供营养液下不同番茄品种不同生育期内营养液消耗量

Fig. 5 Effects on nutrient solution consumption of different tomato varieties in different growth periods under nutrient solutions from negative pressure device

液方式下,番茄的生产优于常规灌溉。为使负水头供给营养液技术能在实际生产中发挥更大的作用,该试验在 6 个供试品种中选取产量高、营养液生产效率高的品种以在实际生产中获得最大效益。采用负水头供水控水盆栽装置,可以很好地控制土壤的基质含水量,使各品种的基质含水量保持在一个差异不大的水平;同时可以监测番茄各个生育期水肥消耗量,为试验的顺利进行提供了保证。

从形态学角度考虑,“哈特”品种植株弱小,‘420’植株矮小粗壮。“飞天”、“拉比”、“莎丽”、“金鹏”4 个品种在形态上差异不大,总体来看,比较适中。生理指标上,“金鹏”、“莎丽”的净光合速率较高,净光合速率越大的植株越有利于物质的积累^[14];相反哈特的净光合速率值最低,其物质积累速度最慢。‘420’、“金鹏”的蒸腾速率较高,说明这 2 个品种在一定时间内单位叶面积蒸腾的水量大,导致营养液消耗量增加,从而影响营养液利用效率。蒸腾速率大的需消耗更多的水分用于植株蒸腾,不利于营养液的高效利用。“莎丽”的相对叶绿素含量最高,“哈特”的相对叶绿素含量最低,其余品种居中,叶绿素含量高的品种对物质积累更有利。

产量方面,各品种间地上部干重、根系干重、果实产量差异都比较明显,“莎丽”的果实产量及干物质积累最大,“哈特”的最低。丁伟红等^[15]、吾建翔等^[16]在番茄品种比较试验中发现供试品种间在总产量上有显著差异,说明产量与品种密切相关。实际生产中果实产量是主要考虑的指标,‘420’、“哈特”与其它 4 个品种总产量差距较大,不适合用于实际生产。而番茄种植就是为获得果实产量最大化,所以在实际生产中考虑到经济效益因素不适合选用‘420’。

营养液生产效率是由总产量和营养液总消耗量共同决定的,所以并没有营养液生产效率并没有与营养液

消耗量呈现出相同的趋势。在营养液生产效率上,“飞天”、“拉比”、“莎丽”、“金鹏”4个品种间差异不显著,四者效果相当,“420”与这4个品种存在显著差异,“哈特”与其它5个供试品种均存在显著差异。从经济角度考虑,选取营养液生产效率高的品种更为合适。

综合以上各项试验指标,负水头供给营养液条件下,在6个供试品种中,“莎丽”的产量最高、营养液生产效率高、抗病且植株健壮,可获得最好的效果,将其作为负水头供营养液番茄生产体系中秋茬推荐栽植品种。

参考文献

- [1] 池田英男. 新编农业设施学[M]. 日本朝仓书店, 1994.
- [2] 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(7): 171-173.
- [3] 朱恩, 林天杰. 温室蔬菜岩棉栽培技术[J]. 吉林蔬菜, 1999(2): 21-22.
- [4] Keng J C W, Scott T W, Lugo Lopez M A. Fertilizer management with drip irrigation in an Oxisol [J]. Agronomy Journal, 1979, 71(6): 971-980.
- [5] 田吉林. 番茄无土基质栽培的营养特征[J]. 上海农业学报, 2001, 17(3): 76-79.
- [6] 李霞, 解迎春, 薛绪掌, 等. 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[J]. 园艺学报, 2010, 37(5): 1-6.
- [7] 李邵, 薛绪掌, 郭文善, 等. 负水头灌溉对温室番茄生长、产量及品质的影响[J]. 农业工程学报, 2008, 24(增刊2): 225-229.
- [8] 李邵, 薛绪掌, 郭文善, 等. 不同供水吸力对温室黄瓜光合特性及根系活力的影响[J]. 应用生态学报, 2010, 21(1): 67-73.
- [9] 万克江, 薛绪掌, 王志敏. 供水吸力对黄瓜若干生理指标的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(6): 98-102.
- [10] 耿伟, 万克江, 薛绪掌, 等. 负压供水下菠菜某些生理指标的变化[J]. 农业系统科学与综合研究, 2006, 22(4): 248-251.
- [11] 耿伟, 薛绪掌, 王志敏. 不同供水吸力下豆角若干生理指标的变化[J]. 中国农学通报, 2006, 22(5): 206-210.
- [12] 邹朝望, 薛绪掌, 张仁铎, 等. 负水头灌溉原理与装置[J]. 农业工程学报, 2007, 23(11): 17-21.
- [13] 张伟娟. 负水头灌溉下保水剂、营养液对温室番茄生产的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2010.
- [14] 石嵩, 须晖, 李天来, 等. 冬春季不同番茄品种株型特征及其对群体光强分布的影响[J]. 中国蔬菜, 2005(5): 5-9.
- [15] 丁伟红, 黄芸萍, 李林章, 等. 大棚硬果型番茄新品种比较试验[J]. 农业科技通讯, 2010(7): 79-81.
- [16] 吾建祥, 何锦豪. 大棚冬春栽培以色列番茄新品种比较试验[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(14): 4167-4168.

Study on Growth, Physiology and Yield of Different Tomato Varieties with Supplying Nutrient Solution by Negative Pressure Irrigation

MAO Si-shuai^{1,2}, LI Yu-ning², HU Yue-gao², XUE Xu-zhang¹, WU Xin-yan^{1,3}, CHEN Fei¹

(1. National Research Center for Intelligent Agricultural Equipments, Beijing 100097; 2. College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193; 3. Department of Environment Science, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000)

Abstract: To further improve the application of the negative pressure irrigation device on tomato production so as to increase the yield of tomato and raise productive efficiency of nutrient solution, the negative pressure irrigation technique were employed with supplying optimized nutrient solution to the 6 cultivars, to be specific ‘Feitian’, ‘420’, ‘Hart’, ‘Rabbi’, ‘Sally’, and ‘Jinpeng’, and selected the cultivar with strong, resistant to disease, high productive, and high productive efficiency of nutrient solution. The results showed that under the nutrient solution from negative pressure irrigation, ‘Sally’ grew the best; ‘Hart’ and ‘420’ was weak. In terms of physical signs, ‘Sally’, and ‘Jinpeng’ showed high net photosynthetic rate. While transpiration rate of ‘Jinpeng’ and ‘420’ was relatively high. the SPAD value of ‘Sally’ was highest while the SPAD value of ‘Hart’ was the lowest. Fruit yield of ‘Sally’ was the highest; ‘Rabbi’, ‘Jinpeng’ and ‘Feitian’ follow; ‘420’ were the low and ‘Hart’ was the lowest. On the aspect of the production efficiency of nutrient solution, ‘Rabbi’, ‘Sally’, ‘Feitian’ and ‘Jinpeng’ had the same effect; ‘420’ and ‘Hart’ showed lower effect. Considered all of the elements mentioned above, ‘Sally’ had the best achievement when applying this kind of irrigation.

Key words: negative pressure irrigation; tomato varieties; yield; productive efficiency of nutrient solution