土壤含水量对温室樱桃番茄生长发育及果实品质的影响

武慧平[1],朱铭强[2],张盼盼[3],王富刚[1],亢福仁[1],卜耀军[1]

(1.榆林学院生命科学学院,陕西 榆林 719000;2.西北农林科技大学林学院,陕西 杨凌 712100;3.西北农林科技大学农学院,陕西 杨凌 712100)

摘 要:以樱桃番茄红宝石为研究材料,以5个梯度的土壤含水量(分别为田间持水量的40%~50%、50%~60%、60%~70%、70%~80%和80%~90%)进行处理后,测定并分析植株生长状况、果实品质、产量和水分利用效率的变化规律。结果表明:在土壤含水量为田间持水量的70%~80%时,同化物在樱桃番茄上积累的最多,产量最高,为6.25 kg/m^2;在土壤含水量为田间持水量的60%~70%时,樱桃番茄果实品质的各项指标均达到最大值,其中Vc、可溶性糖和干物质的含量分别为652.2 mg/kg,72.8 g/kg,71.8 g/kg,可溶性固形物占总质量的9.8%,水分利用率也最大,为13.9 kg/m^3。综合分析水分对植株生长发育、果实品质、水分利用效率和产量的影响,认为土壤含水量为田间持水量的60%~70%,可以作为樱桃番茄生长期间理想的土壤水分控制指标。

关键词:土壤含水量;温室樱桃番茄;生长发育;果实品质;水分利用率

中图分类号:S626.5;Q945.17 **文献标识码**:A **文章编号**:1000-7601(2012)04-0032-05

樱桃番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill.)是番茄大家族中的主要成员之一,因其果型大小近似樱桃,故有樱桃番茄之称[1]。土壤水分是影响植物生长的主要因子之一,水分条件亦是影响樱桃番茄产量与品质的主要因素之一[2]。研究表明,亏缺灌溉能提高樱桃番茄果实的品质[3],充分灌溉则可以增加果实的产量,但是会降低果实内可溶性糖、有机酸、可溶性固形物及干物质的含量[4]。随着日光温室技术的不断改进,樱桃番茄在日光温室中的栽培面积逐年扩大,并且基本实现了周年生产。日光温室具有良好的保温、保墒以及减少无效水分蒸发的作用,为温室樱桃番茄生长发育提供了一个良好的半封闭或封闭的环境[5]。但是,随着现代精准、高效农业的发展和我国水资源供需矛盾的日益突出,以及人们对于樱桃番茄高产、优质、高效栽培目标的追求,发展樱桃番茄节水灌溉技术,即在不影响其生长发育和果实品质的前提下,通过科学合理的土壤水分管理,选择合适的灌溉方式及最佳的土壤含水量,使樱桃番茄的品质和产量达到最优状态,已成为亟需研究的问题。本试验以樱桃番茄红宝石为研究对象,研究不同土壤含水量对温室樱桃番茄生长发育、果实品质、产量及水分利用效率的影响,旨在筛选出适于温室樱桃番茄栽培的最佳灌水量,使其品质和产量达到最佳,既有高产量又有高品质,以期为樱桃番茄的现代化高效、高产、优质生产提供一定的理论参考。

1 材料与方法

1.1 材 料

1.1.1 试验材料 试验材料为樱桃番茄,品种为红宝石。

1.1.2 试验土壤条件 试验于2010年03月20日—2010年09月22日在陕西榆林市榆林学院试验基地的日光温室内进行。供试土壤为黄绵土,田间持水量为260 g/kg。土壤容重1.37 g/cm^3(0~40 cm土层),土壤有机质含量9.56 g/kg,全氮含量0.62 g/kg,全磷含量0.79 g/kg,全钾含量5.65 g/kg,碱解氮含量24.05 mg/kg,速效磷含量26.76 mg/kg,速效钾含量132.48 mg/kg。前茬作物为大白菜。

1.2 试验设计

本试验设5个梯度土壤水分处理:即土壤含水量分别为田间持水量的40%~50%(处理1),50%~60%(处理2),60%~70%(处理3),70%~80%(处理4)和80%~90%(处理5),随机区组设计,每处理重复3次。小区面积5.0 m×2.0 m,行距50 cm,株距50 cm。小区之间用塑料膜隔开(深60

收稿日期:2011-10-19

基金项目:陕西省交通厅项目(05Hx01);榆林市科技计划项目(nygg200806);陕西省教育厅科学研究计划项目(11JK0652)

作者简介:武慧平(1979—),女,陕西榆林人,讲师,硕士,主要从事生态环境建设方面的教学与科研工作。E-mail:ylcsmkzy@163.com。

通讯作者:亢福仁(1965—),男,陕西岐山人,硕士,教授,主要从事农业资源综合开发利用方面的教学与科研工作。E-mail:kangfuren@sina.com。

万方数据

cm),以防止水分侧渗。营养钵育苗,移栽后缓苗 1 周,然后开始进行水分控制,每小区选定长势基本一致的樱桃番茄 10 株作为测定植株。采用移动式滴灌系统对供试樱桃番茄进行灌水,灌水量通过水流量计控制。

1.3　测定指标与方法

1.3.1　形态指标、叶面积及产量的测定　(1) 形态指标。在樱桃番茄营养生长期间,分别于 04 月 10 日、04 月 17 日、04 月 24 日用直尺及游标卡尺测定株高、茎粗。在樱桃番茄结果期间(05 月 07 日—08 月 20 日)同样用直尺及游标卡尺测定株高、茎粗,同时每个处理在测定植株上采收长势一致的生理成熟果实 10 个,用直尺、游标卡尺测量果长、果径(肩部),并计算果形指数(果形指数 = 果长/果径)。(2) 叶面积。测定形态指标的同时测定叶面积。于清晨 8:00 ~ 9:00 采集樱桃番茄植株顶部向下数第 4 ~ 5 片长势一致的功能叶,每处理随机采摘 10 片叶,用叶形纸称重法准确测定选定叶片的面积[6],重复 3 次,取平均值。(3) 产量。按果实成熟时间平均每隔 10 d 采摘 1 次生理成熟果,分别统计各小区结果期樱桃番茄产量,各次产量相加为果实总产量,果实产量均为鲜重。全生育期共测定 10 次产量。

1.3.2　果实品质的测定　Vc 含量采用钼蓝比色法测定,可溶性总糖含量采用苯酚法测定,NaOH 滴定法测定有机酸含量[7],阿贝折光仪测定可溶性固形物含量,烘干法测定果实干物质含量[8]。在结果期每项营养指标均测定 6 次,每次测定均重复 3 次,取其平均值。

1.3.3　耗水量及水分利用效率(WUE)的测定与计算　每 5 d 采用烘干法测定 1 次土壤水分含量,各小区土壤含水量低于水分下限时即按水分上限进行补灌,水管灌溉,水表控制水量。分别统计各小区生长期耗水量。灌水量依据公式 $M/kg = (B \times \theta_{田} - S) \times 10 \times h \times r \times 10$ 计算。式中:B 为灌水上限,分别为田间持水量的 50%,60%,70%,80% 和 90%,$\theta_{田}$为田间持水量,为 260 g/kg,S 为土壤含水量,10 为小区面积(m^2),h 为灌水计划湿润层,为 0.4 m,r 为土壤容重,为 1.37 g/cm^3。依据产量和耗水量,计算水分利用效率(水分利用效率 = 产量/耗水量)。

2　结果与分析

2.1　土壤含水量对樱桃番茄生长的影响

由图 1、2、3 可以看出,在樱桃番茄整个生长期期间,随着土壤含水量的增加,樱桃番茄的株高、茎粗和单叶面积均呈明显的增加趋势,5 月份进入结果期之后,增加趋势减缓。其中,处理 1(40% ~ 50%)和处理 2(50% ~ 60%)的株高、茎粗和单叶面积均较小,这与胡文海等[9]的研究结果相吻合,即水分亏缺状态下植物可通过产生小而厚的叶片来减少蒸腾耗散量,以满足植物生长的需要。处理 5(80% ~ 90%)的株高和单叶面积均最大,这可能是土壤水分盈余造成了樱桃番茄植株的徒长;而处理 4(70% ~ 80%)的茎粗却最大,这说明适度的土壤含水量对樱桃番茄的健壮生长有促进作用。

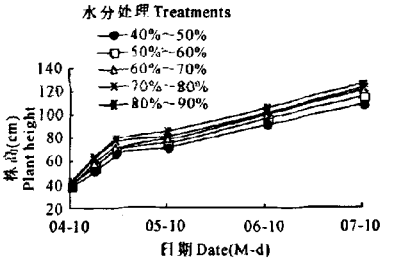

图 1　土壤含水量对樱桃番茄株高的影响

Fig.1　Effects of soil moisture on plant height of greenhouse cherry tomato

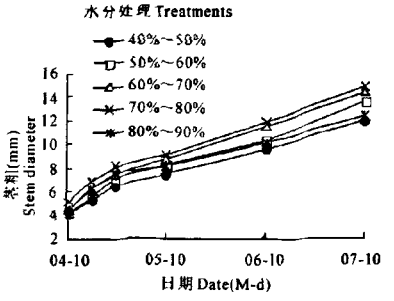

图 2　土壤含水量对樱桃番茄茎粗的影响

Fig.2　Effects of soil moisture on stem diameter of greenhouse cherry tomato

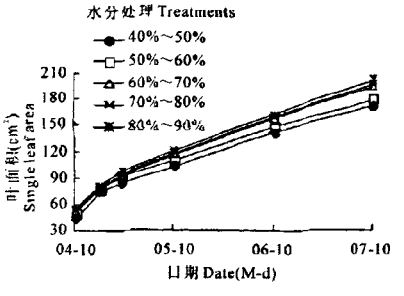

图 3　土壤含水量对樱桃番茄叶面积的影响

Fig.3　Effects of soil moisture on single leaf area of greenhouse cherry tomato

万方数据

2.2 土壤含水量对樱桃番茄果实形态的影响

由表1可看出,在樱桃番茄的整个结果期内,不同土壤水分处理对其果长、果径、单果质量的影响大致相同,均为处理4>处理3>处理2>处理1。从处理1至处理4中,随着土壤含水量的不断增加,樱桃番茄果实的长、宽以及单果质量均逐渐增加,而处理5中果实的各项生长指标却呈下降趋势,这可能是水分过多使得樱桃番茄植株营养生长旺盛,而分配给果实的同化物减少造成的,也可能与水分过多影响了樱桃番茄根系对土壤养分的吸收有关。

表1 土壤含水量对樱桃番茄果实形态的影响

Table 1 Effect of soil moisture on fruit shape of greenhouse cherry tomato

测定日期 Date (M-d)	水分处理 Treatments	果长(cm) Fruit length	果径(cm) Fruit weight	单果质量(g) Fruit diameter	果形指数 Fruit shape index
05-10	40%~50%	1.8d	1.8c	14.0d	1.0b
	50%~60%	1.9d	2.0b	16.1c	1.0b
	60%~70%	2.4b	2.1b	17.5b	1.1ab
	70%~80%	2.7a	2.5a	21.8a	1.1ab
	80%~90%	2.2c	1.9bc	16.0c	1.2a
06-10	40%~50%	1.9d	1.8d	18.2e	1.1ab
	50%~60%	2.5c	2.2c	20.0d	1.0b
	60%~70%	2.9b	2.5ab	22.8b	1.2a
	70%~80%	3.1a	2.8a	26.8a	1.1ab
	80%~90%	2.6c	2.2bc	21.2c	1.2a
07-10	40%~50%	2.1d	2.0c	17.4e	1.0b
	50%~60%	2.4c	2.2b	18.9d	1.0b
	60%~70%	2.8b	2.5a	23.1b	1.1ab
	70%~80%	3.1a	2.6a	26.3a	1.2a
	80%~90%	2.5c	2.1bc	21.8c	1.2a

注:同列相同字母表示无显著差异($P<0.05$),下表同。

Note: Values within a column with the same letter indicate no significant difference($P<0.05$). They are the same in the following tables.

2.3 土壤含水量对樱桃番茄产量的影响

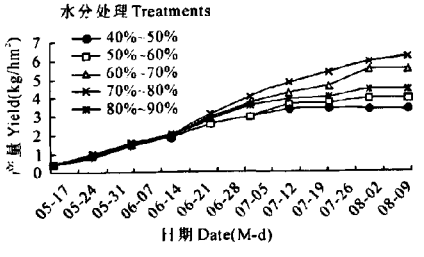

图4 土壤含水量对樱桃番茄产量的影响

Fig.4 Effects of soil moisture on yield of greenhouse cherry tomato

由图4可以看出,各处理的樱桃番茄产量均呈"S"型增长曲线。在结果初期(05月17日至06月16日),随着时间的推移,樱桃番茄产量逐渐增加,各处理产量的增加幅度大体相当;但是到了结果中期(06月16日至08月05日),产量的增幅逐渐增大,随后樱桃番茄产量的增幅逐渐递减;在结果初期各处理产量差异不大,结果中期差异逐渐变大,并且处理3和处理4的增加幅度明显高于其它3种处理。而且从整个结果期来看,处理1、2、5的产量明显低于处理3和处理4的产量,增产效果比较明显。但是在处理3和处理4之间,后者却又较前者高出一些。

2.4 土壤含水量对樱桃番茄果实营养品质的影响

从表2可知,土壤含水量不同对樱桃番茄果实营养指标影响的差异均达到显著水平。其中处理3的干物质、可溶性固形物、Vc、可溶性糖和糖酸比均显著高于其它4种处理。随着土壤水分含量的逐渐增加,樱桃番茄果实的各项营养指标呈现出了先增加后减少的抛物线型趋势,当土壤水分含量为田间持水量的60%~70%时,达到最大值。

2.5 土壤含水量对樱桃番茄生长期耗水量及水分利用效率的影响

水分利用效率(*WUE*)指植物消耗单位水量所产出的同化物的量,反映植物生产过程中的能量转化效率,也是评价水分亏缺下植物生长适宜度的综

万方数据

合指标之一[10]。表 3 试验数据表明,各不同处理的水分利用效率呈现出处理 3 > 处理 2 > 处理 1 > 处理 4 > 处理 5。前 4 个处理的产量随灌水量的增加而升高,而处理 5 的产量随灌溉量的增加反而降低,并且伴随着水分利用效率的降低。其中,处理 3 的水分利用效率最高,分别较处理 1、处理 2、处理 4、处理 5 提高了 9.4%、6.1%、33.6%、93.1%。但是从产量和节水方面综合考虑,认为处理 3 即土壤含水量为田间持水量的 60% ~ 70%综合效益最明显。

表 2　土壤含水量对樱桃番茄果实营养品质的影响

Table 2　Effects of soil moisture on the quality of greenhouse cherry tomato

水分处理 Treatments	干物质 Dry matter (g/kg)	可溶性固形物 Soluble solid (%)	Vc (mg/kg)	可溶性糖 Soluble sugar (g/kg)	有机酸 Organic acid (g/kg)	糖酸比 Sugar/acid
40% ~ 50%	63.3c	7.8d	599.6c	56.7d	6.3ab	9c
50% ~ 60%	65.2b	8.7b	630.0b	65.6b	6.4a	10.2b
60% ~ 70%	71.8a	9.8a	652.2a	72.8a	6.4a	11.3a
70% ~ 80%	62.9c	8.2c	599.8c	65.7b	6.5a	10.1b
80% ~ 90%	61.0d	8.0cd	594.5c	59.2c	6.1b	9.7bc

表 3　土壤含水量对樱桃番茄生长期耗水量及水分利用效率的影响

Table 3　Effects of soil moisture on water consumption and water use efficiency of greenhouse cherry tomato

水分处理 Treatments	灌水量 Irrigation quantity (mm)	耗水量 Water consumption (mm)	产量 Yield (kg/m^2)	水分利用效率 Water use efficiency (kg/m^3)
40% ~ 50%	195.4	188.5	2.4c	12.7b
50% ~ 60%	240.5	198.4	2.6bc	13.1ab
60% ~ 70%	294.3	231.8	3.4a	13.9a
70% ~ 80%	356.8	335.7	3.5a	10.4c
80% ~ 90%	402.5	389.5	2.8b	7.2d

3　讨　论

水分状况是影响番茄生长的重要因素,王聪聪[11]等的研究表明,不同采摘时期的番茄果实可溶性固形物和 Vc 含量与其形成关键期的土壤水分状况密切相关;适度的水分胁迫可以提高番茄果实中可溶性固形物、总糖、Vc、有机酸等含量,还有利于水分利用效率的提高,但是水分胁迫虽然提高了番茄果实的风味品质却降低了番茄的产量和单果重[12-14]。李文娆等[15]和吴燕等[16]分别研究了不同施肥方式和灌溉方式对樱桃番茄产量及品质的影响;张鲁鲁等[17]以温室甜瓜为研究对象,研究了不同灌水量对温室甜瓜生长及生理特性的影响;同时,也有学者以番茄为研究对象,分析研究了滴灌方式在节水灌溉方面的效应以及对番茄生长状况的影响[18-20]。而本研究是在综合分析了前人研究成果的基础之上,利用滴灌技术精确控制灌水量,综合研究分析不同土壤水分含量对樱桃番茄的生长发育、产量及果实品质的影响,筛选出了樱桃番茄生育期产量与品质均为最佳状态下的土壤水分含量,为樱桃番茄的高效精准栽培提供了帮助。

4　结　论

对樱桃番茄产量与土壤水分及水分利用效率关系的分析结果表明,随着土壤含水量的增加,樱桃番茄的产量亦相应增加,但是土壤水分对其产量的影响也有一个阀值,即当土壤含水量达到一定值时,樱桃番茄的产量也达到最大,而再增加土壤含水量时,其产量不增反降。

综合分析本研究的结果表明,土壤水分含量对樱桃番茄在营养生长期间和生殖生长期间的形态建成影响基本相同。对其产量的影响呈现出"S"型趋势,当土壤含水量为田间持水量的 70% ~ 80%时,产量达到最高。但是,除了产量以外,果实的品质也是人们追求的重要目标之一,随着人们生活水平的提高,人们对品质的要求渐渐高于对产量的要求。由本研究结果与分析可知,当土壤含水量为田间持水量的 60% ~ 70%时,樱桃番茄果实品质的各项指标都达到最高,而且其水分利用效率也最大。同时比较发现 60% ~ 70%和 70% ~ 80%处理之间的产量差异不显著,因此,从节水和效益方面综合考虑,认为土壤含水量为田间持水量的 60% ~ 70%是樱桃番茄整个生产过程中所需的最佳土壤水分。

万方数据

参考文献:

[1] 李万军.樱桃番茄生物学特性及高产栽培技术[J].现代农村科技,2010,(6):14.

[2] Phene C J, Hutmacher R B, Davis K R, et al. Water fertilizer management of processing tomatoes[J]. Acta Horticulture, 1990,277:137-193.

[3] Mitchell J P, Shennan C, Grattan S R, et al. Tomato yields and quality under water deficit and salinity[J]. AmerSoc HortSci, 1991,116:215-221.

[4] 刘明池,陈殿奎.亏缺灌溉提高番茄果实品质风味的基础研究[J].中国蔬菜,2002,(6):4-6.

[5] 林碧英,张 瑜,陈青青,等.不同施肥水平对温室樱桃番茄生长和产量的影响[J].西北农业学报,2010,19(5):122-126.

[6] 赵春江.数字农业信息标准研究:作物卷[M].北京:中国农业出版社,2004:356-361.

[7] 高俊凤.植物生理学实验技术[M].西安:西安地图出版社,2000:121-246.

[8] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2007:283-284.

[9] 胡文海,陈春霞,胡雪华,等.干旱胁迫对2种辣椒植株形态可塑性与持水力的影响[J].江西农业大学学报,2008,30(4):643-647.

[10] 吴夏蕊,彭世彰.设施农业中水分调控与水分利用效率关系研究[J].沈阳农业大学学报,2004,35(5/6):604-606.

[11] 王聪聪,孙 磊,郭凤台,等.土壤水分状况对温室滴灌番茄水分利用效率及果实品质的影响[J].灌溉排水学报,2011,30(2):86-89.

[12] 周 筠,高艳明,李建设.不同灌水量对温室夏茬樱桃番茄植株生长和果实品质的影响[J].北方园艺,2011,(16):66-69.

[13] 刘海涛,齐红岩,刘 洋,等.不同水分亏缺程度对番茄生长发育、产量和果实品质的影响[J].沈阳农业大学学报,2006,37(3):414-418.

[14] 郭相平,张烈君,王 琴,等.作物水分胁迫补偿效应研究进展[J].河海大学学报(自然科学版),2005,33(6):634-637.

[15] 李文娆,李建设,芦 燕,等.不同施肥方式对温室樱桃番茄果实和土壤硝酸盐含量变化的影响[J].西北植物学报,2005,25(9):1798-1804.

[16] 吴 燕,梁银丽,朱娟娟,等.灌溉方式对温室樱桃番茄产量和品质的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2009,37(8):177-181.

[17] 张鲁鲁,蔡焕杰,王 健,等.不同灌水量对温室甜瓜生长和生理特性的影响[J].干旱地区农业研究,2009,27(6):58-61.

[18] 王贺辉,赵 恒,高 强,等.温室番茄滴灌灌水指标试验研究[J].节水灌溉,2005,(4):22-23.

[19] 常英祖,赵元忠,孔令峰,等.日光温室番茄膜下滴灌节水试验研究[J].甘肃农业大学学报,2007,42(3):119-121.

[20] 梁 岳,卢恩胜.温室番茄滴灌与沟灌对比试验研究[J].安徽农业科学,2007,35(6):1640-1641.

Effects of soil moisture on growth and fruit quality of greenhouse cherry tomato

WU Hui-ping[1], ZHU Ming-qiang[2], ZHANG Pan-pan[3],
WANG Fu-gang[1], KANG Fu-ren[1], BU Yao-jun[1]

(1. *Department of Life Science, Yulin College, Yulin, Shaanxi* 719000, *China*;
2. *College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling, Shaaxi* 712100, *China*;
3. *College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling, Shaaxi* 712100, *China*)

Abstract: The influence of soil moisture on the growth, fruit shape, fruit quality and water use efficiency of greenhouse cherry tomato (Lycopersicon esculentum Mill) was studied to select the the optimum soil moisture in order to provide basis theoretical support for rational watering in cultivating process of greenhouse cherry tomato. Ruby cherry tomato was used as the object of study by five soil moisture levels (with field capacity of 40% ~ 50%, 50% ~ 60%, 60% ~ 70%, 70% ~ 80% and 80% ~ 90%) to measure the change rule of plant growth, fruit quality, yield and water use efficiency. The results indicated that the highest output was 6.25 kg/m^2 when the most hydrates were accumulated of greenhouse cherry tomato in the field capacity of soil moisture content 70% ~ 80% conditions. When soil moisture accounted for 60% ~ 70% of the field capacity, every quality indicators reached the maximum: ie. Vc 652.2 mg/kg, soluble sugar 72.8 g/kg, and dry matter content 71.8 g/kg respectively. The proportion of soluble solid was 9.8% and water use efficiency in the conditions was also the largest (13.9 kg/m^3). Taking into consideration of the effects of soil moisture on the growth, fruit quality, water utility efficiency and fruit yield, the field capacity of 60% ~ 70% could be used as an ideal soil moisture indicator of greenhouse cherry tomato.

Keywords: soil moisture; greenhouse cherry tomato; plant growth; fruit quality; water use efficiency

万方数据