

文章编号: 1672-3317(2010)04-0123-03

温室樱桃番茄水分效应及水分生产函数

罗安荣¹, 梁银丽^{1,2}, 朱艳丽¹, 吴兴¹,
郝旺林¹, 陈晨¹, 林兴军², 彭强¹(1. 西北农林科技大学 生命科学学院, 陕西 杨凌 712100;
2. 中国科学院水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 以温室樱桃番茄为试验材料, 通过对全生育期 5 个土壤水分水平的控制, 研究了不同灌水水平对日光温室樱桃番茄产量、品质及水分利用效率的影响。结果表明, 樱桃番茄的产量、品质与土壤水分含量密切相关, 土壤相对水分含量为 50%~60%、60%~70%、80%~90% 和 90%~100% 的产量与 70%~80% 的相比, 分别减少了 39.70%、22.53%、3.43% 和 20.30%。土壤水分适宜(70%~80%) 不仅可以提高樱桃番茄的产量, 而且可以提高水分利用效率, 水分利用效率随灌水量的增加先增加后降低, 且在 70%~80% 水分利用效率最高。

关键词: 樱桃番茄; 土壤含水率; 水分利用效率; 水分生产函数; 产量; 品质

中图分类号: S274.1 文献标志码: A

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2009 年 3 月至 11 月在陕西杨凌西北农林科技大学水土保持研究所试验场日光温室中进行。小区长 6 m, 宽 3.6 m, 相邻小区间用深埋 60 cm 的隔水膜防止水分侧渗。试验地土质为黑垆土, 田间持水率为 24%。土壤密度为 1.26 g/cm³, 有机质含量 18.2 g/kg, 碱解氮 85 mg/kg, 速效磷 25.0 mg/kg, 速效钾 216 mg/kg, pH 值 7.9。试验设 5 个水分处理: 土壤含水率分别为田间持水率的 50%~60% (W₁)、60%~70% (W₂)、70%~80% (W₃)、80%~90% (W₄)、90%~100% (W₅), 每处理重复 3 次。试验材料为樱桃番茄, 品种为千禧樱桃。

樱桃番茄于 2009 年 4 月 11 日定植, 行距为 60 cm, 株距为 40 cm。定植后 30 d 开始进行水分处理, 此前各处理灌水量保持一致。在每小区选生长良好, 长势一致的 8 株苗进行标记, 以便于试验观察和结果统计。每小区施尿素(含 N 46.4%)、磷酸二铵(含 P₂O₅ 40%)、硫酸钾复合肥(有效含量为 45%) 各 162 g 作为基肥, 4 月 30 日再次向每个小区施尿素 250 g、磷酸二铵 250 g、硫酸钾复合肥 400 g。

1.2 测试项目与方法

当土壤含水率低于设定土壤含水率下限时按照上限补灌, 用水表控制灌水量。采用烘干称质量法(土钻法)测定 0~40 cm 土壤含水率, 重复 3 次取平均值。通过水量平衡法计算补水量。依据耗水量及产量计算水分利用效率。

按果实成熟期每隔 10 d 左右采摘 1 次生理成熟果。分别统计各小区结果期樱桃番茄产量, 全育期共测定 13 次产量。

结果期分为 3 个阶段, 分别是结果初期(6 月 10 日至 7 月 17 日)、结果盛期(7 月 18 日至 8 月 20 日)、结果末期(8 月 21 日至 9 月 15 日)。结果期测产量时, 各处理在定株中随机采摘 15~20 个成熟度、大小、颜色基本一致的果实, 用 2,6-二氯酚酚滴定法测定抗坏血酸(VC)含量, 蒽酮比色法测定可溶性糖含量, NaOH

*收稿日期: 2010-03-26

基金项目: 中国科学院知识创新重要方向资助项目(KZCX2-YW-4433); 国家科技支撑资助项目(2006BAD09B07)

作者简介: 罗安荣(1986), 男, 陕西富平人。硕士研究生, 主要从事水分生理研究。

通讯作者: 梁银丽(1957), 女, 陕西咸阳人。教授, 研究方向为农业生态及作物生理生态。

滴定法测定有机酸含量, 烘干法测定果实干物质含量^[7]。全育期的每项品质指标共测 3 次, 每次测定指标重复 3 次, 取其平均值。

试验全生育期补水 13 次, 平均 10 d 补水 1 次。灌溉情况如表 1 所示。

表 1 樱桃番茄全生育期灌水量

日期	0510	0526	0607	0613	0624	0707	0716	0725	0817	0822	0908	0924	1007
W ₁	19.65	19.65	7.31	7.31	16.69	2.52	3.50	12.73	18.30	18.93	12.92	18.93	15.50
W ₂	21.19	21.19	8.63	8.63	16.12	13.20	14.66	22.63	21.89	21.77	13.61	19.82	18.51
W ₃	25.44	25.44	9.96	9.96	22.15	13.20	19.54	26.26	15.36	19.23	25.15	22.93	19.23
W ₄	26.45	26.45	11.29	11.29	35.72	44.02	21.65	32.99	22.79	22.63	24.64	24.62	21.72
W ₅	23.89	23.89	12.62	12.62	53.25	38.30	33.04	36.39	31.85	33.61	37.54	35.31	27.94

用 Excel 及 SPSS16.0 软件处理分析实验数据, 用 LSR 法进行多重比较, 数据以平均值 ± 标准差表示。

2 结果与分析

2.1 耗水量与水分利用效率的关系

由表 2 试验数据表明, 水分利用效率 W₃ > W₂ > W₁ > W₄ > W₅。处理 W₁、W₂、W₃ 的产量随灌水量的增加而升高, 其中处理 W₃ 的产量和作物水分利用效率最高, 而处理 W₄、W₅ 的产量随灌溉量的增加开始降低, 并且伴随着水分利用效率的降低。

表 2 樱桃番茄不同水分处理耗水量及作物水分生产率

处理	灌水量/ mm	耗水量/ mm	产量/ (kg · m ⁻²)	水分利用效率 WUE/(kg · m ⁻³)
W ₁	191.3	176.7	4.04c	22.92ab
W ₂	239.1	221.8	5.19b	23.43ab
W ₃	291.7	271.8	6.70a	24.64a
W ₄	348.8	326.2	6.47a	19.84b
W	425.5	400.3	5.34b	13.35c

注 同列不同大写字母表示差异达 0.05 的显著水平, 下表同。

2.2 水分处理对樱桃番茄果实营养品质的影响

由表 3 可以看出, 结果前期, 在不同水分处理下, 可溶性糖、有机酸含量、V_c 含量随着土壤含水率的增加而降低, 表现为 W₁ > W₂ > W₃ > W₄ > W₅ 的趋势, W₅ 的土壤水分含量最高, 但是各果实品质指标却最低。在结果前期, 可溶性蛋白含量随土壤含水率的增加呈先升后降的趋势, 即: W₃ > W₄ > W₅ > W₂ > W₁。随着灌溉量的增加,

V_c、可溶性糖、有机酸含量均表现出依次减少。与结果前期相比, 结果盛期和末期不同土壤水分处理对果实品质的影响基本相同。总之, 水分亏缺使果实水分含量降低, 可溶性糖含量增加, 而充分灌溉使果实水分含量较高, 可溶性糖含量减少, 即亏缺灌溉(W₁)提高了果实的品质, 而且水分亏缺越多, 效果越明显。

表 3 不同水分处理对樱桃番茄品质的影响

处 理	V _c / (mg · 100g ⁻¹ FW)	可溶性蛋白/ (mg · g ⁻¹ FW)	可溶性糖/ (mg · g ⁻¹ FW)	有机酸/ (mg · g ⁻¹ FW)	糖酸比/ %	
7 月 6 日	W ₁	230.57 ± 2.59a	0.66 ± 0.10c	83.88 ± 1.52a	7.26 ± 0.02a	11.54 ± 0.07a
	W ₂	194.97 ± 0.62b	0.72 ± 0.06c	78.39 ± 2.51a	6.95 ± 0.07a	11.28 ± 0.4a
	W ₃	189.36 ± 1.14b	1.35 ± 0.21a	64.56 ± 0.78b	6.19 ± 0.01b	10.42 ± 0.03b
	W ₄	180.36 ± 3.06b	1.29 ± 0.08a	55.68 ± 1.06c	5.67 ± 0.05c	9.83 ± 0.09c
	W ₅	142.54 ± 1.51c	1.19 ± 0.08b	48.76 ± 0.20d	5.13 ± 0.42d	9.49 ± 0.04cd
8 月 5 日	W ₁	225.47 ± 1.86a	1.12 ± 0.05cd	86.25 ± 0.53a	7.42 ± 0.06a	11.63 ± 0.11a
	W ₂	206.06 ± 2.65b	1.20 ± 0.06c	79.39 ± 1.07ab	7.06 ± 0.06b	11.25 ± 0.06a
	W ₃	198.06 ± 2.69b	1.53 ± 0.11a	68.11 ± 2.41b	6.57 ± 0.11c	10.37 ± 0.08b
	W ₄	162.59 ± 4.15c	1.48 ± 0.06a	59.65 ± 1.72c	6.24 ± 0.06d	9.56 ± 0.01c
	W ₅	141.64 ± 2.21cd	1.39 ± 0.49b	50.68 ± 2.54d	5.57 ± 0.49e	9.09 ± 0.14c
9 月 3 日	W ₁	239.62 ± 2.38a	0.99 ± 0.06d	82.39 ± 0.19a	7.17 ± 0.14a	11.49 ± 0.11a
	W ₂	212.04 ± 1.50b	1.03 ± 0.06d	77.91 ± 0.42a	6.94 ± 0.14a	11.23 ± 0.04a
	W ₃	195.39 ± 2.85c	1.40 ± 0.04a	66.94 ± 2.56b	6.23 ± 0.10b	10.74 ± 0.06b
	W ₄	182.95 ± 2.66c	1.29 ± 0.01b	57.38 ± 0.63c	5.98 ± 0.06b	9.58 ± 0.15c
	W ₅	152.21 ± 2.26d	1.19 ± 0.03c	51.12 ± 2.6cd	5.27 ± 0.03c	9.69 ± 0.02c

注 同列不同大写字母表示处理间差异达 5% 显著水平。

2.3 樱桃番茄水分生产函数

樱桃番茄耗水量与产量之间呈二次函数关系: $y = -0.0002x^2 + 0.0952x - 8.0575$, $R^2 = 0.96218$ 。櫻

桃番茄结果初期时产量随着耗水量的增加而逐渐增加,当耗水量增加到一定程度以后,产量达到了最大值;随着耗水量的进一步的增加,产量逐渐减小,可以看出在 300 mm 左右的范围内,函数存在着最大值,处理 W_3 与 W_4 的产量与最大值比较接近,由表 2 可知,产量表现出 $W_3 > W_4 > W_5 > W_2 > W_1$ 的趋势,且 W_3 、 W_4 无显著差异,说明水分过高(W_5) 或者过低(W_1) 都不利于产量的最大化,只有在水分处理的合适的范围才能获得最大的产量。由于 W_4 的水分利用效率较低,因此综合考虑 W_3 为最优处理。

3 结 论

W_3 处理的产量和水分利用效率最高,分别为 6.70 kg/m^2 和 24.64 kg/m^3 ,与其他处理存在显著差异, W_1 、 W_2 、 W_4 和 W_5 的产率与 W_3 的相比,分别减少了 39.70%、22.53%、3.43% 和 20.30%。虽然 W_3 与 W_4 处理下樱桃番茄产量间的差异没有达到显著,但是 W_4 的水分利用效率为 19.84 kg/m^3 ,与 W_3 水分利用效率相差较大,5 个处理的水分利用效率 $W_3 > W_2 > W_1 > W_4 > W_5$ 。从经济效益分析 W_3 的产量最大,而 W_4 水分利用效率低。可溶性糖、有机酸、随土壤含水率的减少而增大,糖酸比提高,果实风味品质得以改善^[8],其中 W_1 的口味最佳。田间相对持水率 70%~80% 的处理既保证了产量,又兼顾了果实品质,是 5 个水分处理中最优的处理。

参考文献:

- [1] 袁灵恩,李光武,隋好林. 关上樱桃番茄盆栽技术[J]. 现代农业科技, 2007, (1): 36-39.
- [2] Harmantoa, Salokhe V M, Babel M S, et al. Water requirement of drip irrigated tomatoes grown in greenhouse in tropical environment [J]. Agricultural Water Management, 2005, 71, 225-242.
- [3] 吴燕,梁银丽,黄茂林,等. 灌溉方式对温室樱桃番茄结果期根系特征与产量的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2009, 37 (8): 177-181.
- [4] 刘祖贵,段爱旺,吴海卿,等. 水肥调配施用对温室滴灌番茄产量及水肥利用效率的影响[J]. 中国农村水利水电, 2003, (1): 10-12.
- [5] 刘向莉. 亏缺灌溉提高番茄果实品质风味的基础研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2005.
- [6] 须晖,赵宏辉,李天来. 灌水量对营养土壤理化性质及番茄产量的影响[J]. 土壤通报, 2008, 39(3): 39-45.
- [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] 夏秀波,于贤唱,高俊杰. 水分对有机基质栽培番茄生理特性、品质及产量的影响[J]. 应用生态学报, 2007, 18 (12): 2 710-2 714.

Water Use Efficiency and Water Production Function of Cherry Tomato in Greenhouse

LUO Airong¹, LIANG Yir-li^{1,2}, ZHU Yar-li¹, WU Xing¹,
HAO Wang-lin¹, CHEN Chen¹, LIN Xing-jun², PENG Qiang¹

(1. College of Life Science, Northwestern Sci Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, China)

Abstract: In order to seek for suitable irrigation control index for cherry tomatoes in sunlight greenhouse, a field plot experiment was conducted in greenhouse in this paper. By controlling the different soil moisture in the whole growing season, tomatoes yield, fruit quality and water use efficiency in greenhouse were studied under different irrigation treatment, designed to select the best soil for irrigation, provide a theoretical basis for agricultural production. The experimental result showed that yield and quality of processed tomato had close relation with soil moisture content. The yield of 50% to 60%, 60% to 70%, 80% to 90% and 90% to 100% compared to 70% to 80%, decreased by 39.70%, 22.53%, 3.43% and 20.30%. While suitable soil moisture (70% to 80%) can not only increase tomatoes yield, but also increase water use efficiency and irrigation use efficiency, water use efficiency increased with irrigation water increased and then decreased; in 70% to 80% treatment was the optimization.

Key words: cherry tomatoes; soil moisture content; water use efficiency; water production function; yield; quality