

灌溉方式对温室樱桃番茄结果期根系特征与产量的影响

吴燕¹, 梁银丽^{1,2}

(1. 新疆农业科学研究院, 新疆 乌鲁木齐 830000; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 采用小区试验研究了不同灌溉方式对樱桃番茄结果期根系特性与产量的影响。试验设置了6个灌溉方式处理, 即: 处理Ⅰ, 常规沟灌, 种植行和操作行同时灌溉; 处理Ⅱ, 交替沟灌, 种植行和操作行交替灌溉; 处理Ⅲ, 固定灌种植行; 处理Ⅳ, 固定灌操作行; 处理Ⅴ, 前期常规沟灌, 结果期交替沟灌; 处理Ⅵ, 前期交替沟灌, 结果期常规沟灌。结果表明, 不同灌溉方式之间樱桃番茄根系的特征值差异达到显著水平, 处理Ⅵ根体积显著高于其余5种处理, 根系伤流量为 22.37 mg/min, 根系活力高达 0.50 mg/(g·h)。灌溉方式对樱桃番茄单果重、产量有显著影响, 前期交替沟灌结果期常规沟灌(处理Ⅵ)的单果重与产量均高于其他处理。因此, 前期交替沟灌结果期常规沟灌有利于樱桃番茄根系的发展与产量的提高。

关键词: 樱桃番茄; 灌溉方式; 根系特性; 产量

中图分类号: S274; S641.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2012)04-0037-05

蔬菜栽培过程中土壤水分的管理是蔬菜高产栽培的关键技术^[1-2], 针对灌溉方式对作物生长发育影响的研究仅限于粮食作物^[3-4], 灌溉方式对蔬菜生理特性的研究仅限于喷灌、渗灌、滴灌这几种节水灌溉方式^[5-9]。樱桃番茄根冠之间存在一种动态功能均衡关系, 发达的根系是樱桃番茄高产的前提, 培育发达健壮的根系是实现高产稳产的重要措施, 同时一个器官中物质的相对增加受到另一器官的供给控制^[10], 如何协调二者关系, 实现樱桃番茄优质高产值得深入研究。根系与产量形成的关系十分密切^[11-13], 不同灌溉方式对樱桃番茄根系特征及产量的影响还少见报道。本文选择樱桃番茄结果期的根系作为研究对象, 分结果初期、结果中期、结果末期三个阶段探讨了灌溉方式对根系生长发育的影响, 以期揭示前期交替沟灌促进根系生长发育, 结果期常规沟灌保证适时适量供水提高樱桃番茄产量的作用机理, 进而为温室樱桃番茄栽培过程中合理用水, 提高产量与品质提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验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。温室顶部覆盖棚膜以

隔离自然降雨。小区长 6 m, 宽 4 m, 面积 24 m², 相邻小区间用埋深为 60 cm 的隔水墙隔开以防止水分侧渗。土壤容重 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 7.9。

1.2 试验设计

试验共设 6 种灌溉方式, 处理Ⅰ: 常规沟灌, 种植行和操作行同时灌溉; 处理Ⅱ: 交替沟灌, 种植行和操作行交替灌溉; 处理Ⅲ: 固定灌种植行; 处理Ⅳ: 固定灌操作行; 处理Ⅴ: 前期常规沟灌, 结果期交替沟灌; 处理Ⅵ: 前期交替沟灌, 结果期常规沟灌。

试验采用品种为千禧樱桃番茄, 营养钵育苗。2008 年 4 月 2 日按统一标准筛选叶龄为 4 叶的幼苗定植。每小区起 3 个宽度为 50 cm 的定植垄, 每垄侧面留 70 cm 的操作行, 每垄定植 2 行, 行距 60 cm, 株距为 50 cm。定植后浇稳苗水。4 月 30 日开始进行水分处理, 处理Ⅴ、Ⅵ改变灌溉方式的时间是 5 月 20 日。5 月 29 日小区开始测产量, 8 月 8 日试验结束。各处理仅灌溉方式不同, 灌溉次数及各项管理措施均一致。

1.3 测定项目及方法

2008 年 5 月 29 日至 6 月 22 日为结果初期, 6 月 23 日至 7 月 16 日为结果中期, 7 月 17 日至 8 月 7 日

收稿日期: 2011-09-01

基金项目: 中国科学院知识创新项目(KZCX2-XB2-05-01); 国家科技支撑项目(2006BAD09B07); 中国科学院安塞站和中国科学院水土保持研究所领域前沿资助项目(SW04302)

作者简介: 吴燕(1981—), 女, 新疆乌鲁木齐人, 硕士, 主要从事农业生态及作物生态生理研究。E-mail: wuyanwuyan1981@126.com。

通讯作者: 梁银丽, E-mail: liangyi@ms.iswc.ac.cn。

为结果末期。测定结果初期、结果中期、结果末期根系形态生理指标与产量,每指标均重复测定 3 次。

补水量的确定:土壤含水量保持在田间持水量 85%^[14]。每 5 d 灌溉 1 次,依据田间含水量与设计标准的差值确定各个小区灌水量,用水表控制。采用烘干称重法(土钻法)测定 0~40 cm 土壤含水量,重复 3 次,取平均值。通过下式计算补水量:

$$M = S \times H \times R \times (W_1 - W_2)$$

式中, M 为灌溉量(m^3); S 为小区面积(m^2); H 为灌溉计划湿润层深度(cm); R 为土壤容重(g/cm^3); W_1 为 85% 田间持水量(%); W_2 为实测含水量(%)。

根系形态生理指标特征的测定:挖出 50 cm × 50 cm × 50 cm 的完整根系冲洗干净,3 次重复。根长用交叉法测定,根体积用排水法测定。用称重法测定根鲜重,TTC 法测定根系活力,重量法测定根系伤流量^[15]。采用烘干称重法测定根干重与茎叶干重后计算根冠比。

产量测定:每个生育阶段测 4 次产量,记录各处理的产量及果实数。

运用 Excel 及 SAS6.0 软件分析处理试验数据。

2 结果与分析

2.1 不同灌溉方式对樱桃番茄根系特性的影响

2.1.1 不同灌溉方式对樱桃番茄根系形态特征的影响 根系形态可以从侧面反映根系功能行为的差异,随着樱桃番茄生育期的推进,不同灌溉处理的樱桃番茄根系呈现不同的生长发育特性。通过对根系形态特征的多重比较可以看出(表 1),结果初期灌溉方式对根长的影响效果为处理 I、V 显著低于其余 4 种处理,对根体积的影响效果为处理 III、IV、V 显著低于处理 II、VI。结果中期处理 I、IV、V 的根长显著低于处理 II、VI,处理 VI 的根体积显著高于其余 5 种处理。结果末期处理 I 的根长显著低于其余 5 种处理,处理 VI 的根体积显著高于其余 5 种处理。综合来看,处理 VI 的根系形态特征值高于其余处理,这表明交替沟灌过程中水分的诱导作用可以促进根系生长发育,扩大根系在土层中的分布深度与分布广度。

表 1 不同灌溉方式对樱桃番茄根系形态的影响

Table 1 Effects of different irrigation methods on tomato root characters

处理 Treatments	结果初期 Early fruiting stage		结果中期 Mid. fruiting stage		结果末期 Late fruiting stage		全生育期 Whole growth period	
	根长 Root length (cm)	根体积 Root volume (cm ³)	根长 Root length (cm)	根体积 Root volume (cm ³)	根长 Root length (cm)	根体积 Root volume (cm ³)	平均根长 Average length (cm)	平均根体积 Average volume (cm ³)
I	11.03B	14.67BC	15.93D	26.67B	18.70B	36.33B	12.94C	25.89BC
II	14.70A	17.33AB	20.80AB	27.33B	20.37A	35.67B	18.62AB	26.78B
III	14.67A	13.00C	19.00BC	24.67B	24.07A	32.67B	19.24A	23.44C
IV	14.80A	12.33C	17.00CD	25.00B	23.33A	34.33BC	18.64AB	23.89C
V	11.73B	14.00C	16.40CD	26.33B	21.77A	36.00B	16.63AB	25.44BC
VI	16.10A	18.00A	23.30A	32.33A	23.67A	40.67A	21.02A	30.33A

注: I 常规沟灌; II 交替沟灌; III 固定灌种植行; IV 固定灌操作行; V 前期常规沟灌,结果期交替沟灌; VI 前期交替沟灌,结果期常规沟灌。同列不同大写字母表示差异达 1% 的显著水平,下表同。

Note: I : whole irrigation, II : alternative irrigation, III : growth row irrigation, IV : operated row irrigation, V : early whole irrigation and late alternative irrigation, VI : early alternative irrigation and late whole irrigation. The capital letters in the same column indicate difference at $P = 0.01$ level. They are the same in the following tables.

2.1.2 不同灌溉方式对樱桃番茄根冠比的影响 根冠比是反映植株干物质地上与地下部分分配情况的指标,受许多环境因子的影响,而且随樱桃番茄的生育进程而变化,在诸多影响因子中,水分条件可以显著影响樱桃番茄根冠比。结果初期灌溉方式对冠干重的影响效果为处理 III、IV 显著低于其余 4 种处理,处理 II、VI 的根干重显著高于处理 I、III、V,处

理 III、IV 根冠比显著高于处理 I、V。结果中期处理 I、VI 的冠干重显著高于处理 II、III、IV,处理 VI 根干重显著高与其余 5 种处理,处理 II、III、IV 根冠比显著高于处理 I、IV。结果末期处理 II、III、IV 根冠比高于其余 3 种处理,但处理 III、IV 的冠干重、根干重显著低于处理 VI。

结合 3 个生育阶段来看,处理 III、IV 的根冠比显

著高于处理 I、VI,这说明水分胁迫可以促进根部干物质的积累,在一定程度上抑制地上部生长,根冠比较高。但根冠比并不是越大越好,地上部分与地下部分比例适宜更有利于樱桃番茄生长。前期交替沟灌诱导樱桃番茄发根,扩大根系在土层中的分布深

度与广度,促进光合产物在根部积累,为产量的形成及提高奠定了良好的物质与能量基础,结果期常规沟灌可以充分满足樱桃番茄旺盛的水分需求,进而实现高产稳产。

表 2 不同灌溉方式对樱桃番茄根冠比的影响
Table 2 Effects of different irrigation methods on tomato root/top rate

处理 Treatments	结果初期 Early fruiting stage			结果中期 Mid. fruiting stage			结果末期 Late fruiting stage		
	冠干重 Crown weight (g)	根干重 Root weight (g)	根冠比 Root/crown (%)	冠干重 Crown weight (g)	根干重 Root weight (g)	根冠比 Root/crown (%)	冠干重 Crown weight (g)	根干重 Root weight (g)	根冠比 Root/crown (%)
I	45.22A	1.55DE	3.43B	111.59AB	4.25C	3.84D	156.12AB	8.02B	5.14C
II	47.36A	1.90AB	4.03AB	92.92CD	4.69B	5.05BC	138.80AB	8.77A	6.32AB
III	36.90B	1.69CD	4.59A	79.06D	4.75B	6.04A	114.54C	7.32C	6.42AB
IV	37.12B	1.78BC	4.81A	82.86D	4.72B	5.70AB	107.66C	7.75BC	7.24A
V	44.22A	1.52E	3.43B	102.87BC	4.74B	4.61CD	147.61B	8.69A	5.89BC
VI	49.25A	2.04A	4.16AB	126.92A	5.37A	4.23D	170.52A	9.06A	5.32BC

2.1.3 不同灌溉方式下伤流量的差异 伤流是根系生命活动的表现,是植物水分状况的良好指标。从表 3 可以看出,随着樱桃番茄生育期的推进,各处理的伤流量均呈现先上升后下降的趋势。结果初期处理 III、IV 显著低于其余 4 种处理,结果中期处理 II、III、IV 显著低于处理 I、VI,结果末期处理 VI 显著高于其余 5 种处理。从整个结果期来看,处理 I、V、VI 的伤流量均保持在较高水平,这与土壤水分条件能更好地满足根系生长发育的要求,根系发达、根系生理代谢旺盛有关。

表 3 不同灌溉方式对樱桃番茄根系伤流量的影响
Table 3 Effects of different irrigation methods on bleeding sap of tomato root(mg/min)

处理 Treatments	结果初期 Early fruiting stage	结果中期 Mid. fruiting stage	结果末期 Late fruiting stage	平均值 Average
I	19.40B	23.77AB	15.02B	19.40AB
II	21.49AB	19.51CD	13.14BC	18.21BCD
III	15.57C	17.55DE	12.35C	15.16CD
IV	15.00C	15.96E	12.58C	14.52D
V	20.43AB	21.82BC	13.79BC	18.68ABC
VI	22.37A	26.20A	18.54A	22.37A

2.1.4 不同灌溉方式对根系活力的影响 根系活力是樱桃番茄根系吸收营养物质能力的体现,是衡量植株健壮程度与根系吸收能力的重要生理指标,

根系活力的大小直接影响根系对水分和养分的吸收。由表 4 可知,结果初期处理 II、VI 显著高于其余 4 种处理,结果中期、末期处理 VI 显著高于其余 5 种处理。从整个结果期来看,处理 VI 的根系活力在整个生育期一直维持在较高水平。究其原因,根系自身的健壮程度,适宜的水气比例,适时适量的水分供应都能显著影响樱桃番茄根系的生理活动。常规沟灌导致根部水气比例不适宜,抑制了根系的生理活动,固定沟灌导致非湿润区土壤水分长期短缺,同样会抑制根系的生长发育。交替沟灌、前期交替沟灌结果期常规沟灌为根系的生长发育提供了良好的条件,根系发达,吸收能力强,土壤水分及养分利用效率高,生理代谢活动旺盛,根系伤流量、根系活力高于其余处理^[16]。

表 4 不同灌溉方式对樱桃番茄根系活力的影响
Table 4 Effects of different irrigation methods on root activities of tomato seedlings[mg/(g·h)]

处理 Treatments	结果初期 Early fruiting stage	结果中期 Mid. fruiting stage	结果末期 Late fruiting stage	平均值 Average
I	0.23C	0.54B	0.49B	0.42AB
II	0.31A	0.47CD	0.47B	0.42B
III	0.27B	0.49BCD	0.41C	0.39B
IV	0.24BC	0.46D	0.41C	0.37B
V	0.24BC	0.51BC	0.49B	0.41B
VI	0.34A	0.60A	0.55A	0.50A

2.2 不同灌溉方式对樱桃番茄单果重、产量的影响

试验从 2008 年 5 月 29 日至 8 月 7 日对各处理的产量与单果重进行了统计(表 5)。结果初期灌溉方式对樱桃番茄产量的影响差异不显著,处理Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ的单果重显著低于处理Ⅰ。结果中期处理Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ的产量、单果重显著低于处理Ⅵ。结果末期处理Ⅲ、Ⅳ的产量显著低于处理Ⅵ,处理Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ的单果重显著低于其余 3 种处理。从整个结果期来看,处理Ⅲ、Ⅳ的产量及单果重低于其余 4 种处理,处理Ⅵ的效果尤为明显。试验结果表明,前期交替沟灌

结果期常规沟灌可以提高樱桃番茄产量,原因是前期交替沟灌可以提高根冠比与根系活力,根系对土壤养分与水分的吸收能力强,地下部物质与能量的储备充分,为结果期樱桃番茄产量的形成与提高奠定了坚实的物质与能量基础。结果期常规沟灌可以克服樱桃番茄结果期枝叶繁茂、水分供应不足的不利条件,很好地满足樱桃番茄生育需水规律,使整个结果期都能得到适时适量的水分供应,最终实现高产稳产^[16]。

表 5 不同灌溉方式对樱桃番茄产量及单果重的影响

Table 5 Effects of different irrigation methods on yield and single fruit mass of each tomato plant

处理 Treatments	结果初期 Early fruiting stage		结果中期 Mid. fruiting stage		结果末期 Late fruiting stage		平均果重 Average single mass (g)	总产量 Accumulated yield (kg/m ²)
	产量 Yield (kg/m ²)	单果重 Single mass (g)	产量 Yield (kg/m ²)	单果重 Single mass (g)	产量 Yield (kg/m ²)	单果重 Single mass (g)		
Ⅰ	1.58A	12.47A	3.34AB	15.10A	1.78AB	14.69A	14.09AB	6.68AB
Ⅱ	1.59A	11.25BC	2.79B	12.79BC	1.24ABC	11.86B	11.95BC	5.62AB
Ⅲ	1.72A	11.00C	2.54B	11.17CD	0.88C	12.17B	11.45C	5.12B
Ⅳ	1.66A	11.43BC	2.63B	10.94D	0.98BC	11.90B	11.42C	5.27AB
Ⅴ	1.52A	12.05AB	3.03AB	14.20AB	1.61ABC	14.26A	13.50ABC	6.15AB
Ⅵ	1.70A	11.81ABC	3.60A	15.78A	1.90A	15.29A	14.29A	7.20A

3 讨 论

灌溉方式对樱桃番茄根系及产量是否有显著影响、如何调整灌溉方式克服樱桃番茄生产过程中水分胁迫进而提高樱桃番茄的品质与产量值得深入研究。有研究证明,在日光温室进行番茄栽培时,前期温度较低时采用交替沟灌可以促进根系生长发育,提高根冠比与根系活力的同时控制地上部生长,为后期产量的形成与提高奠定基础^[9],结果期温度较高时采用常规沟灌可以更好地满足番茄生产的需水规律^[17],防止水分供需脱节造成的水分胁迫,最终实现高产稳产。但是在生长过程中,根系及地上部分不断地衰老、分解,仅以某一阶段的根系特征不能反映整个生育期内根系的生长总量。如何将交替湿润诱导发根与适时适量供水有机地结合在一起,进而达到高产稳产缺乏深入、具体的研究,过程研究也有待进一步深入。

本试验结果表明,土壤交替湿润过程可以促进根系生长发育,根层分布深度、根体积等指标高于固定沟灌、交替沟灌与常规沟灌,为产量的形成与提高

奠定了物质与能量基础。前期交替沟灌结果期常规沟灌的作用效果尤为明显,产量及单果重显著高于固定沟灌,产量达到 7.20 kg/m²,伤流量高达 22.37 mg/(g·h),根系活力显著增强。因此,前期交替沟灌结果期常规沟灌有利于樱桃番茄根系的发育与产量的提高。

今后需要进一步研究根长、根体积、根系的分布及地上部生理特性对灌溉方式的响应,探讨灌溉方式对土壤环境的影响,进一步明确前期交替沟灌结果期常规沟灌条件下根系性状的改良对樱桃番茄产量、品质、商品价值的提高作用,在优化传统灌溉方式的基础上,寻找一条适合本地区高产、高效、适用的节水灌溉方法。

参 考 文 献:

- [1] 李曙轩.蔬菜栽培生理[M].上海:上海科技出版社,1979.
- [2] [苏]B A 鲁滨,解淑贞,郑光华,译.蔬菜 and 瓜类生理[M].北京:农业出版社,1982:329-333.
- [3] 李木英,石庆华,谭雪明.水稻根系营养吸收特性及其与干物质生产和稻米品质关系的研究[J].江西农业大学学报,1996,(12):376-382.

- [4] 石庆华,李木英,徐益群,等.水稻根系特征与地上部关系的研究初报[J].江西农业大学学报,1995,17(2):110-115.
- [5] 杜社妮,梁银丽,翟胜,等.不同灌溉方式对茄子生长发育的影响[J].中国农学通报,2005,21(6):430-432.
- [6] 余宏军,刘伟,蒋卫杰.灌溉量对基质栽培番茄生长和产量的影响[J].中国蔬菜,1999,(1):18-21.
- [7] 孙景生,康绍忠,蔡焕杰,等.交替隔沟灌溉提高农田水分利用效率的节水机理[J].水利学报,2002,(3):64-68.
- [8] 李俊良,刘洪对,张晚展,等.灌溉方式对露地菠菜的生长及氮素利用的影响[J].植物营养与肥料学报,2004,10(4):398-402.
- [9] 胡晓辉,于锡宏.不同渗灌处理方式对塑料大棚樱桃番茄植株生长的影响[J].北方园艺,2002,(6):12-13.
- [10] 山东农业大学.蔬菜栽培学(各论)[M].北京:农业出版社,1987:184-210.
- [11] Morita, Suga T, Yamazaki K. The relationship between root length density and yield in rice plants[J]. Japan, Crop Science, 1998,57(3):438-443.
- [12] Moita S, Iwabuchi A, Yamazaki K. Relationships between the growth direction of primary roots and yield in rice plant[J]. Japan, Crop Science, 1986,55:520-525.
- [13] 石庆华,黄英金,李木英,等.水稻根系性状与地上部分的相关及根系性状的遗传研究[J].中国农业科学,1997,30(4):61-67.
- [14] 崔欢虎,张燕午,张鸿杰.半干旱地区冬小麦地膜覆盖穴播技术研究[J].山西农业科学,1997,25(1):10-14.
- [15] 高俊凤.植物生理学实验技术[M].西安:西安地图出版社,2000.
- [16] 陈志杰,张峰,梁银丽,等.不同灌溉方式对温室嫁接黄瓜根系分布影响的研究[J].中国生态农业学报,2008,16(4):876.
- [17] 韩建会,石琳琪,武彦荣.水分胁迫对日光温室樱桃番茄产量的影响[J].西南农业大学学报,2000,22(5):395-398.

Effects of irrigation methods on root characters and yield of cherry tomato during fruiting stage

WU Yan¹, LIANG Yin-li²

(1. Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830000, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resource, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: With Qianxi cherry tomato selected as indicating crop, plot experiment was carried out to study the effects of different irrigation methods on tomato root characters and yield during fruiting stage. The six irrigation methods adopted were: whole irrigation (I), alternative irrigation (II), growth row irrigation (III), operated row irrigation (IV), early whole irrigation and late alternative irrigation (V), and early alternative irrigation and late whole irrigation (VI). The results indicated that root characters of tomato were significantly different at 0.01 level among different irrigation methods. Root volume under treatment VI was much higher than other treatments, and the bleeding sap of root and root activities reached 22.37 mg/min and 0.50 mg/(g·h). The single fruit mass and cumulated yield of tomato under treatment VI was higher than other treatments. In conclusion, early alternative irrigation and late whole irrigation (VI) could improve tomato root growth and increase tomato yield.

Keywords: cherry tomato; irrigation method; root characters; yield