

# 灌溉方式对樱桃番茄产量和品质的影响\*

吴 燕<sup>1</sup>, 梁银丽<sup>1,2</sup>, 朱娟娟<sup>1</sup>, 陈 晨<sup>1</sup>, 彭 强<sup>1</sup>

(1 西北农林科技大学 资源环境学院, 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]** 【目的】研究灌溉方式对樱桃番茄产量和品质的影响,为番茄栽培过程中合理用水提供理论依据。【方法】采用棚室内小区试验,研究 6 种灌溉方式( . 常规沟灌; . 交替沟灌; . 固定灌溉种植行; . 固定灌溉操作行; . 前期采用常规沟灌,结果期采用交替沟灌; . 前期采用交替沟灌,结果期采用常规沟灌)对樱桃番茄产量与品质的影响。【结果】不同灌溉方式之间樱桃番茄产量与品质特征值达到极显著差异水平,其中处理和 的果形指数、单果质量及产量均极显著高于其他 4 种处理,果形指数分别为 1.22 和 1.21,平均单果质量高达 14.28 和 14.05 g;但处理 ~ 的果实糖酸比、V<sub>C</sub> 含量、可溶性固形物含量及干物质含量均极显著高于处理、和,只是造成硝酸盐含量轻度积累。【结论】前期采用交替沟灌,而结果期采用常规沟灌,不仅提高了樱桃番茄的产量与品质,而且还有节水的效果,这种灌溉方式可以在番茄生产中加以推广应用。

**[关键词]** 樱桃番茄;灌溉方式;产量;果实品质

**[中图分类号]** S641.207+.1

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-9387(2009)08-0177-05

## Effect of irrigation methods on yield and quality of cherry tomato

WU Yan<sup>1</sup>, LIANG Yin-li<sup>1,2</sup>, ZHU Juan-juan<sup>1</sup>, CHEN Chen<sup>1</sup>, PENG Qiang<sup>1</sup>

(1 College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academic of Sciences and Ministry of Water Resource, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** 【Objective】The research studied the effect of irrigation methods on yield and quality of cherry tomato to provide theoretical basis for reasonably using water in tomato yielding. 【Method】Plot experiment was carried out to study the effects of six different irrigation methods on tomato yield and quality during fruit stage in greenhouse. The six irrigation methods were: whole irrigation ( ), alternative irrigation ( ), growth row irrigation ( ), operated row irrigation ( ), early whole irrigation and later alternative irrigation ( ), early alternative irrigation and later whole irrigation ( ). 【Result】The results indicated that fruit appearance index, single mass and yield of treatment , were significantly higher than those of the other treatments. Fruit appearance index was 1.22, 1.21, single mass as high as 14.28 g, 14.05 g. Sugar/acid ratio, V<sub>C</sub> content, soluble solid and dry matter contents of treatment - were significantly improved, but nitrate contents were a little higher. 【Conclusion】Early alternative irrigation and later whole irrigation not only improved the yield and quality of cherry tomato, but also improved water use efficiency. This irrigation method could be widely used in tomato production.

**Key words:** cherry tomato; irrigation method; yield; fruit quality

土壤水分管理是蔬菜高产栽培的关键技术<sup>[1-2]</sup>, 目前有关灌溉方式对作物生长发育影响的研究仅限

\* [收稿日期] 2008-12-01  
[基金项目] 中国科学院知识创新项目(KZCX2-XB2-05-01); 国家科技支撑计划项目(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  
[通信作者] 梁银丽(1957-), 女, 陕西咸阳人, 研究员, 博士生导师, 主要从事作物生理生态研究。E-mail: liangyl@ms.iswc.ac.cn

于粮食作物<sup>[3-4]</sup>,灌溉方式对蔬菜生理特性的研究仅限于喷灌、渗灌与滴灌等技术含量高的灌溉方式<sup>[5-9]</sup>。水分条件是影响樱桃番茄(*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme* Alef)产量与品质的主要因素<sup>[10]</sup>,水分胁迫可以提高果实的品质<sup>[11]</sup>,充分灌溉可以增加果实的产量,但是会降低果实内糖、有机酸、可溶性固形物及干物质的含量<sup>[12]</sup>。如何调整灌溉方式,克服生产过程中的水分胁迫,将交替湿润、局部湿润与适时适量供水有机地结合在一起,进而达到优质高产的目的,目前尚缺乏深入、具体的研究。鉴于此,本试验选择樱桃番茄作为研究对象,探讨了灌溉方式对其产量与品质的影响,以期在栽培过程中合理用水提供理论依据。

## 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。土壤容重 1.26 g/cm<sup>3</sup>,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。

### 1.2 供试材料与试验设计

1.2.1 供试材料 试验品种为千禧樱桃番茄,营养钵育苗。2008-04-02 按统一标准筛选叶龄为三叶一心的幼苗定植。

1.2.2 试验设计 试验采用随机区组设计,小区长 6 m,宽 4 m,面积 24 m<sup>2</sup>,相邻小区间用埋深为 60 cm 的隔水墙隔开以防止水分侧渗。每小区起 3 个宽度为 70 cm 的定植垄,垄高 25 cm,垄侧面设沟宽 50 cm 的操作行,每垄定植 2 行,株行距 45 cm × 50 cm。定植后浇稳苗水,04-30 开始进行水分处理,处理、改变灌溉方式的时间是 05-20,08-08 结束试验。

试验共设 6 种灌溉处理方式,重复 3 次。处理 : 常规沟灌,种植行和操作行同时灌溉;处理 : 交替沟灌,种植行和操作行交替灌溉;处理 : 固定灌溉种植行;处理 : 固定灌溉操作行;处理 : 前期采用常规沟灌,结果期采用交替沟灌;处理 : 前期采用交替沟灌,结果期采用常规沟灌(04-30 - 05-20 为前期,05-21 - 08-08 为结果期)。灌溉次数及各项管理措施均一致,处理 ~ 的各小区累积补水量依次为 2.68,2.08,2.12,2.22,2.31 和 2.41 m<sup>3</sup>。

### 1.3 测定项目及其方法

1.3.1 补水量 土壤含水量保持在田间持水量的

85%。每 5 d 灌溉 1 次,依据土壤持水量与设计标准的差值确定各小区水分亏缺量,用水表控制补水量。采用烘干称重法(土钻法)测定 0~30 cm 土层土壤含水量,选取 3 个采样点,均位于种植行上两株樱桃番茄之间,重复 3 次,取平均值。采用公式  $M = S \times H \times R \times (W_1 - W_2)$  计算补水量;式中:  $M$  为补水量(m<sup>3</sup>),  $S$  为小区面积,  $H$  为灌溉计划湿润层深度,  $R$  为土壤容重(g/cm<sup>3</sup>),  $W_1$  为 85% 田间持水量(%),  $W_2$  为实测含水量(%)。

1.3.2 果实产量及外观品质 全生育期共测定了 12 次产量,记录各处理的产量及果实数。测定产量时,每处理随机取 10 个果型、颜色、成熟度相一致的果实,用游标卡尺测量果实的长和宽,计算果形指数(果实长/果实宽)。

1.3.3 果实营养品质及硝酸盐含量 每处理随机取 10 个果型、颜色、成熟度相一致的果实,用 2,6-二氯酚测定法测定果实中抗坏血酸(Vc)含量,萘酚比色法测定可溶性糖含量,NaOH 滴定法测定有机酸含量,阿贝折光仪测定可溶性固形物含量,用硫酸-水杨酸法测定果实内硝酸盐含量<sup>[13]</sup>,烘干法测定果实干物质含量<sup>[14]</sup>。在结果期每项营养指标均测定 6 次,每次测定均重复 3 次。

### 1.4 数据处理

用 Excel 及 SAS 6.0 软件处理分析试验数据。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同灌溉方式对樱桃番茄产量的影响

结果期分为 3 个阶段,分别是结果初期(05-29 - 06-22)、结果中期(06-23 - 07-09)和结果末期(07-10 - 08-07),每阶段测产 4 次。由图 1 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,随着时间的推移,樱桃番茄产量逐渐增加;到了结果中期,产量的增加幅度达到最大;随后樱桃番茄产量的增加幅度逐渐递减。在结果初期,各处理产量的增加幅度大体相当;在结果中期差异逐渐变大,并且处理、的增加幅度明显高于其他 4 种处理。从整个结果期来看,处理、的产量明显低于处理、,处理的增产效果尤为明显。这表明前期采用交替沟灌及结果期采用常规沟灌,可以提高樱桃番茄的产量。其可能的原因是,前期采用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;结果期采用常规沟灌可以克服櫻

桃番茄结果期枝叶繁茂、水分供应不足的不利条件, 较好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,最终实现了高产稳产<sup>[15]</sup>。

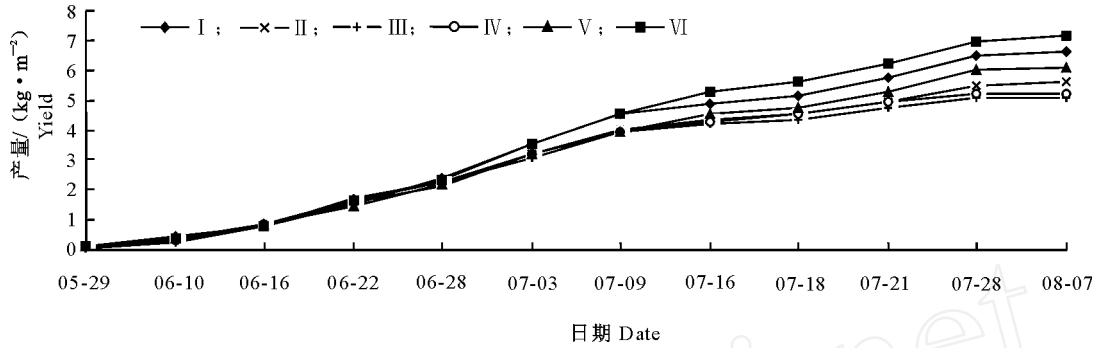


图 1 不同灌溉方式对樱桃番茄产量的影响

Fig. 1 Effects of irrigation methods on cherry tomato yield changes

2.2 不同灌溉方式对樱桃番茄外观品质的影响

全生育期樱桃番茄的外观品质测定结果见表 1。由表 1 可知,不同灌溉处理之间的果实宽和果实个数差异不显著;处理 I、II 的果实长、果形指数和平均单果质量均极显著高于处理 III、IV、V,果实形状接近圆柱形,俗称“马奶型”,外观品质明显优于其他处理。究其原因可能是,固定灌溉种植行、操作行和交替沟灌时,土体湿润的体积要小于常规沟灌,因此部分根系受到水分胁迫,整个植株的生长发育受到抑制,导致果实中细胞分裂及细胞扩张生长受到抑制,降低了樱桃番茄的商品性。前期采用交替沟

灌,结果期采用常规沟灌,可以改善樱桃番茄的外观品质,原因是前期交替湿润可以提高根系分布的深度及广度,增大根冠比,为产量形成奠定坚实基础;结果期植株对水分的需求旺盛,采取常规沟灌可以更好地满足樱桃番茄生长发育的需要。同样是交替沟灌与常规沟灌组合在一起使用,即前期采用常规沟灌,而结果期采用交替沟灌(处理 VI),仅平均单果质量极显著高于处理 III、IV、V,而对其他外观指标的改善效果并不明显。这表明将灌溉方式与樱桃番茄的需水规律有机结合,可以改善果实的外观品质,最终实现节水、高产及经济性的统一。

表 1 不同灌溉方式对樱桃番茄果实外观品质的影响

Table 1 Effects of different irrigation methods on outward appearance quality of cherry tomato

| 处理 Treatment | 果实长/mm Vertical length | 果实宽/mm Horizontal length | 果形指数 Fruit appearance index | 果实个数/(个·m <sup>-2</sup> ) Fruit number | 平均单果质量/g Single mass |
|--------------|------------------------|--------------------------|-----------------------------|--|----------------------|
| I            | 35.38 A                | 29.28 A                  | 1.21 A                      | 467.6 A                                | 14.05 A              |
| II           | 32.03 BC               | 29.12 A                  | 1.11 B                      | 467.8 A                                | 11.95 B              |
| III          | 31.80 BC               | 28.94 A                  | 1.10 B                      | 455.8 A                                | 11.38 B              |
| IV           | 32.10 BC               | 29.16 A                  | 1.11 B                      | 467.9 A                                | 11.27 B              |
| V            | 32.88 B                | 29.08 A                  | 1.13 B                      | 451.6 A                                | 13.59 A              |
| VI           | 35.92 A                | 29.38 A                  | 1.22 A                      | 496.3 A                                | 14.28 A              |

注:同列数据后标不同大写字母表示差异极显著(P<0.01)。下表同。

Note:Different letters in the same column show significant difference at 1% level. The same below.

2.3 不同灌溉方式对樱桃番茄果实营养品质的影响

由表 2 可知,各灌溉处理之间樱桃番茄果实营养指标的差异均达到极显著水平,其中处理 I、II 的干物质、可溶性固形物、Vc、可溶性糖和有机酸含量及糖酸比均极显著高于其他 3 种处理。固定灌溉种植行、操作行和交替沟灌时,总有部分土体的水分条件不能满足植株生长发育的需要,这均会降低果实的产量及外观品质,但果实的营养品质会得到

提高,这与前人得出的水分胁迫可以提高樱桃番茄营养品质的研究结论相一致<sup>[16]</sup>。

2.4 不同灌溉方式对樱桃番茄果实硝酸盐含量的影响

由表 3 可知,不同灌溉处理之间樱桃番茄果实内硝酸盐平均含量差异达极显著水平,其中处理 I、II 的硝酸盐含量均极显著高于其他 3 种处理,说明水分胁迫会导致樱桃番茄果实内硝酸盐含量上升。在 6 个处理中,处理 VI 硝酸盐含量最高,达到

24.4 mg/kg,但依然远低于我国制定的《蔬菜中硝酸盐限量》国家标准<sup>[13]</sup>。说明水分胁迫提高了樱桃番茄果实中的硝酸盐含量,导致硝酸盐轻度积累,但安全品质没有发生质变,可以安全食用。

表 2 不同灌溉方式对樱桃番茄果实营养品质的影响

Table 2 Effects of different irrigation methods on the quality of cherry tomato

| 处理<br>Treat-ment | 干物质<br>/(g·kg <sup>-1</sup> )<br>Dry matter | 可溶性固形物/%<br>Soluble solid | Vc/(mg·kg <sup>-1</sup> )<br>Vitamin C | 可溶性糖<br>/(g·kg <sup>-1</sup> )<br>Soluble sugar | 有机酸/<br>(g·kg <sup>-1</sup> )<br>Organic acid | 糖酸比<br>Sugar/acid<br>ratio |
|------------------|---|---------------------------|--|---|---|----------------------------|
|                  | 52.2 B                                      | 7.20 C                    | 488.1 D                                | 49.7 C  | 5.5 C   | 9.06 B                     |
|                  | 66.9 A                                      | 8.62 A                    | 609.8 B                                | 68.1 A  | 6.4 A   | 10.65 A                    |
|                  | 67.1 A                                      | 8.65 A                    | 626.0 AB                               | 70.5 A  | 6.4 A   | 11.02 A                    |
|                  | 69.9 A                                      | 8.77 A                    | 639.9 A                                | 71.2 A  | 6.6 A   | 10.89 A                    |
|                  | 55.1 B                                      | 7.96 B                    | 519.8 C                                | 56.8 BC   | 6.0 B   | 9.47 B                     |
|                  | 51.3 B                                      | 7.33 C                    | 498.5 CD                               | 49.9 C  | 5.5 C   | 9.13 B                     |

表 3 不同灌溉方式对樱桃番茄果实硝酸盐含量的影响

Table 3 Effects of different irrigation methods on nitrate contents of cherry tomato mg/kg

| 处理<br>Treat-ment | 日期 Date |         |         |         |        |        | 平均值<br>Mean |
|------------------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|-------------|
|                  | 07-01   | 07-09   | 07-15   | 07-21   | 07-27  | 07-31  |             |
|                  | 18.1 C  | 18.7 C  | 21.3 CD | 18.6 BC | 19.3 B | 20.4 B | 19.4 B      |
|                  | 20.3 BC | 22.7 AB | 24.4 AB | 21.5 AB | 24.4 A | 25.2 A | 23.1 A      |
|                  | 23.0 A  | 24.8 A  | 26.9 A  | 22.9 A  | 23.6 A | 25.0 A | 24.4 A      |
|                  | 21.0 AB | 23.0 A  | 24.0 BC | 23.6 A  | 22.9 A | 25.1 A | 23.3 A      |
|                  | 18.3 C  | 20.6 BC | 20.8 D  | 19.6 BC | 18.4 B | 20.6 B | 19.7 B      |
|                  | 17.9 C  | 18.3 C  | 18.7 D  | 17.5 C  | 19.7 B | 20.9 B | 18.8 C      |

### 3 结论与讨论

番茄的需水规律表现为前期少、中期多、后期少,需水高峰出现在结果盛期<sup>[17]</sup>。结果盛期植株迅速长大,生长状况逐渐由营养生长、生殖生长并进转变为以生殖生长为主,果实大量成熟,需水量最大;结果后期植株逐渐转向衰老,内部生理活动亦减缓,需水强度不断下降。有研究证明,番茄早期叶面积小,蒸腾强度小,需水强度不大,交替灌溉可使其提前经受抗旱锻炼,促使根系下扎,增大根冠比,并对营养生长进行调控,促进生殖生长,为最终获得较高的经济产量打下基础<sup>[18-19]</sup>;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<sup>[20]</sup>,防止水分供需脱节造成的水分胁迫,最终实现高产稳产。

本研究结果表明,前期采用交替沟灌、结果期采用常规沟灌的灌溉方式,可以提高樱桃番茄的外观品质与产量,果形指数(1.22)、单果质量(14.28 g)、产量显著高于固定灌溉种植行、操作行及交替灌溉这3种灌溉方式。完全采用交替沟灌或固定沟灌可以显著提高樱桃番茄的糖酸比、Vc含量、可溶性固形物含量及干物质含量,但是会造成硝酸盐轻度累积。今后需要进一步研究樱桃番茄生理特性及土壤环境对灌溉方式的响应,进一步明确前期采用交替沟灌、结果期采用常规沟灌对其产量、商品经济价值

的提高作用,在优化传统灌溉方式的基础上找到一条高产、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.  
Li S X. Vegetable growing physiology [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Publishing House, 1979. (in Chinese)
- [2] [苏] B A 鲁滨. 蔬菜和瓜类生理 [M]. 解淑贞, 郑光华, 译. 北京: 农业出版社, 1982: 329-333.  
[Russia] B A Robinson. Vegetables and melon class physiology [M]. Xie S Z, Zheng G H, Translation. Beijing: Agricultural Publishing House, 1982: 329-333. (in Chinese)
- [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, 18(4): 376-382.  
Li M Y, Shi Q H, Tan X M. Studies on the relationship between the characteristics of nutrition uptake of rice roots and the dry matter production [J]. Journal of Jiangxi Agriculture University, 1996, 18(4): 376-382. (in Chinese)
- [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.  
Shi Q H, Li M Y, Xu Y Q, et al. Preliminary studies on the relationship between the characteristics of roots and shoots in rice [J]. Journal of Jiangxi Agriculture University, 1995, 17(2): 110-115. (in Chinese)
- [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.  
Du S N, Liang Y L, Zhai S, et al. Effect of irrigation style on

- eggplant growth [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2005, 21(6): 430-432. (in Chinese)
- [6] 余宏军,刘 伟,蒋卫杰. 灌水量对基质栽培番茄生长和产量的影响 [J]. 中国蔬菜, 2004(1): 18-21.  
Yu H J, Liu W, Jiang W J. Irrigation of the matrix of tomato cultivation growth and yield [J]. Chinese Vegetables, 2004(1): 18-21. (in Chinese)
- [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, 2(3): 64-68.  
Sun J S, Kang S Z, Cai H J, et al. Water saving mechanism for promoting water use efficiency by using alternate furrow irrigation techniques [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2002, 2(3): 64-68. (in Chinese)
- [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.  
Li J L, Liu H D, Zhang W Z, et al. Effects of different irrigation patterns on growth and nitrogen utilization of spinach under open field cultivation [J]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizer, 2004, 10(4): 398-402. (in Chinese)
- [9] 胡晓辉,于锡宏. 不同渗灌处理方式对塑料大棚黄瓜植株生长的影响 [J]. 北方园艺, 2002(6): 12-13.  
Hu X H, Yu X H. Study on effects of different infiltration irrigation ways on growth of cucumber in plastic greenhouse [J]. Northern Horticulture, 2002(6): 12-13. (in Chinese)
- [10] Phene C J, Hutmacher R B, Davis K R, et al. Water fertilizer management of processing tomatoes [J]. Acta Horticulture, 1990, 277: 137-193.
- [11] Mitchell J P, Shennan C, Grattan S R, et al. Tomato yields and quality under water deficit and salinity [J]. J Amer Soc Hort Sci, 1991, 116: 215-221.
- [12] Baselga Yrisarry J J, Prieto Losada M H, Rodriguez del Rincón. Response of processing tomato to three different levels of water and nitrogen applications [J]. Acta Hort, 1993, 335: 149-153.
- [13] 杨惠芬,李明元,沈 文. 食品卫生理化检验标准手册 [M]. 北京: 中国标准出版社, 1997: 136-141.  
Yang H F, Li M Y, Shen W. Analysis on supervision of food hygiene [M]. Beijing: Standards Press of China, 1997: 136-141. (in Chinese)
- [14] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2007: 283-284.  
Bao S D. Agricultural soil analysis [M]. Beijing: China Agriculture Publishing House, 2007: 283-284. (in Chinese)
- [15] 陈志杰,张 锋,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.  
Chen Z J, Zhang F, Liang Y L, et al. Effect of different irrigation patterns on root distribution characteristics of cucumber in solar greenhouse on the Loess Plateau [J]. Chinese Journal of ECO-Agriculture, 2008, 16(4): 876. (in Chinese)
- [16] 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.  
Li W R, Li J S, Lu Y, et al. Effects of different fertilizations on the nitrate contents in the fruits and soil of greenhouse cherry tomato [J]. Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica, 2005, 25(9): 1798-1804. (in Chinese)
- [17] 徐淑贞,张双宝,鲁俊奇,等. 日光温室滴灌番茄需水规律及水分生产函数的研究及应用 [J]. 节水灌溉, 2001(4): 26-28.  
Xu S Z, Zhang S B, Lu J Q, et al. The study and application of tomato's water requirement pattern and water productive function under condition of trickle irrigation in solar greenhouse [J]. Water-saving Irrigation, 2001(4): 26-28. (in Chinese)
- [18] 蔡焕杰,邵光成,张振华. 不同水分处理对膜下滴灌棉花生理指标与产量的影响 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2002, 30(4): 29-32.  
Cai H J, Shao G C, Zhang Z H. The effect of different irrigation patterns on cotton growth and yield under the condition of drip irrigation under plastic mulch [J]. Journal of Northwest A & F University: Natural Sciences Edition, 2002, 30(4): 29-32. (in Chinese)
- [19] 王密侠,康绍忠,蔡焕杰,等. 玉米调亏节水调控机理研究 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2004, 32(12): 87-90.  
Wang M X, Kang S Z, Cai H J, et al. Study on the mechanism of saving water of regulated deficit irrigation in maize [J]. Journal of Northwest A & F University: Natural Sciences Edition, 2004, 32(12): 87-90. (in Chinese)
- [20] 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.  
Han J H, Shi L Q, Wu Y R. Effects of water stress upon the yield of cucumber grown in solar energy greenhouses [J]. Journal of Southwest Agricultural University, 2000, 22(5): 395-398. (in Chinese)