

# 日光温室茄子合理灌溉方法初探

李波<sup>1</sup>, 王铁良<sup>1\*</sup>, 张玉龙<sup>2</sup>, 赵海玲<sup>1</sup>, 李晶晶<sup>1</sup>, 刘伽<sup>1</sup>

(1. 沈阳农业大学水利学院, 辽宁 沈阳 110161; 2. 沈阳农业大学土地与环境学院, 辽宁 沈阳 110161)

**摘要:** 在日光温室中采用沟灌、滴灌、渗灌、小孔出流4种灌溉方法, 通过对比试验研究了不同灌溉方法在不同土壤水分控制范围内对茄子生长、产量及水分利用效率的影响, 并利用数理统计方法对试验结果进行了分析。研究得出: 可以优先选择的4种灌溉处理组合为  $CT_1 > DT_2 > CT_3 > CT_2$ , 其中  $CT_1$  (即渗灌条件下) 当土壤水分控制范围在田间持水量的55%~65% (开花着果期) 和田间持水量的65%~75% (结果期) 时, 茄子长势良好, 其产量较相同水分处理下沟灌增产17%; 且水分利用效率最高, 分别为其他优选灌溉处理组合的1.12倍、1.38倍和1.37倍。

**关键词:** 茄子; 灌溉方法; 水分利用效率; 生长; 产量

**中图分类号:** S625.5<sup>+</sup>8; S641.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)06-0078-05

土壤水分是作物生长发育过程中最重要的环境因子之一。蔬菜多为柔嫩多汁、需水量大的高产作物, 在蔬菜栽培中土壤水分的管理已经成为蔬菜高产栽培的技术关键。另外, 实践表明灌溉方法的不同是导致土壤水分差异的主要因素<sup>[1,2]</sup>。但目前有关蔬菜的灌溉技术研究多注重蔬菜的灌水量<sup>[3,4]</sup>, 且研究对象多为青椒、西红柿<sup>[5~8]</sup>。关于不同灌水方法对作物生长发育的影响多是针对粮食作物, 而不同灌溉方法对于日光温室内茄子生长效应的研究较少<sup>[9,10]</sup>, 并且主要是研究茄子的光合特性<sup>[11,12]</sup>。本文利用田块试验, 在日光温室内分别采用沟灌、滴灌、渗灌、小管出流4种灌溉方法, 针对不同灌溉方法进行了不同土壤水分处理, 分析了不同灌溉方法对茄子株高、茎粗的影响, 对产量和水分利用效率的影响, 并采用数理统计方法对试验结果进行了方差分析, 旨在为日光温室茄子生产中选择高产、优质的合理灌溉方法提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验概况

试验于2008年4月5日至2008年7月22日在沈阳农业大学水利学院综合试验基地进行, 土壤为重壤土, 肥力中等, 土壤容重为  $1.52 \text{ g/cm}^3$  (0~40 cm 土层), 田间持水量为40.3% (体积含水量), 土壤有机质含量为  $11.15 \text{ g/kg}$ , 全氮含量为  $1.1 \text{ g/kg}$ , 全磷含量为  $1.07 \text{ g/kg}$ , 全钾含量为  $20 \text{ g/kg}$ , 速效磷含量为  $47.5 \text{ mg/kg}$ , 速效钾含量为  $140 \text{ g/kg}$ 。供试作物

为茄子, 品种为美国绿宝石。2008年2月3日温室内营养钵育苗, 2008年4月5日定植。

### 1.2 试验设计

试验将茄子全生育期分为3个阶段, 即秧苗期、开花着果期、结果期。从开花着果期开始控制土壤水分。土壤水分控制见表1, 每组处理小区面积为  $7 \text{ m} \times 2.2 \text{ m}$ , 每个处理作4次重复, 即一垄为一个重复, 随机排行, 行距60 cm, 株距30 cm, 小区间用埋深60 cm 塑料薄膜隔开, 防止不同处理间水分、养分的渗透。试验灌水量根据土壤含水率确定。试验采用沟灌、滴灌、渗灌、小管出流四种灌溉方法。将不同灌溉方法与水分处理组合起来处理见表2。

表1 土壤水分控制范围

Table 1 Controlled range of soil moisture

处理编号 Treatment No.	全生育期 Whole growth period		
	秧苗期 Seedling period (04-05~04-15)	开花着果期 Blossom and fruit-set period (04-16~06-20)	结果期 Fruiting period (06-21~07-23)
T1	蹲苗	(55%~65%) $\theta_f$	(65%~75%) $\theta_f$
T2	Hardening	(65%~75%) $\theta_f$	(75%~85%) $\theta_f$
T3	of seedling	(75%~85%) $\theta_f$	(70%~80%) $\theta_f$

注: 表中数字为灌水控制下限范围, 即当土层的平均土壤含水量(占田持%) 达到这一数值后, 则灌溉至设定的灌水上限(100%  $\theta_f$ ),  $\theta_f$  为田间持水量; 40.3%。

Note: The numbers are the bottom line of controlled range, which means that the irrigation quota will be set to the top line (100%  $\theta_f$ ) when the average soil moisture (its percentage in field capacity  $\theta_f$ ) reduces to these levels.

收稿日期: 2009-07-15

基金项目: 辽宁省科技厅农业攻关重大项目(20080112-311)

作者简介: 李波(1969-), 女, 副教授, 主要从事日光温室节水灌溉理论和技术研究。

\* 通讯作者: 王铁良(1965-), 男, 教授, 博士, 博士生导师, 从事节水灌溉和生态环境工程研究。

表2 双因素试验处理设计

Table 2 Two-factor experimental treatments

试验处理 Experimental treatments			
AT <sub>1</sub>	BT <sub>1</sub>	CT <sub>1</sub>	DT <sub>1</sub>
AT <sub>2</sub>	BT <sub>2</sub>	CT <sub>2</sub>	DT <sub>2</sub>
AT <sub>3</sub>	BT <sub>3</sub>	CT <sub>3</sub>	DT <sub>3</sub>

注:A、B、C、D 分别代表沟灌、滴灌、渗灌、小孔出流。

Note: A, B, C and D stand for furrow irrigation, drip irrigation, sub-irrigation and small tube flow irrigation, respectively.

在茄子生长期定期对茄子的株高、茎粗、叶面积、叶绿素含量等进行测量,同时采用TDR对土壤含水率进行测定。从6月13日开始测定不同处理茄子的产量。

## 2 结果与分析

### 2.1 单因素处理对茄子生长的影响

2.1.1 灌溉方法对茄子株高、茎粗的影响 不同灌溉方法对茄子的生长发育的影响如图1、图2、图3所示。图中上方折线代表灌溉方法对茄子茎粗的影响,下方折线代表对株高的影响。在茄子生长初期,由于地温和气温较低,温度是茄子生长发育的主要限制因子,因此,在相同水分处理下,不同灌溉方法对茄子株高的影响不显著;随着生育进程转化和温度(地温和气温)的升高,茄子的株高增加较快,表现为小孔出流最高,滴灌次之,渗灌最小;生育后期,不同水分处理对茄子株高的影响表现出一定的差别,T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>处理为:小孔出流最高,沟灌次之,渗灌最低;T<sub>3</sub>处理为:小孔出流最高,滴灌次之,渗灌最小。而在茄子整个生育期,相同水分处理下,灌溉方法对茄子的茎粗也表现出一定的影响:T<sub>1</sub>处理下小孔出流最大,滴灌次之,沟灌最小;T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>处理下小孔出流最大,滴灌次之,渗灌最小。因此,在相同水分处理下,小孔出流灌溉方法最有利于茄子的生长发育,滴灌次之。

2.1.2 不同水分处理对茄子株高、茎粗的影响 不同水分处理对茄子生长发育的影响如图4、图5、图6、图7所示。图中上方折线代表灌溉方法对茄子茎粗的影响,下方折线代表对株高的影响。茄子全生育期,同种灌溉方法对株高的影响为:T<sub>3</sub>处理株高最高,T<sub>2</sub>次之,T<sub>1</sub>最小。总体表现为:茄子生长初期,水分处理对株高影响不显著;随着生育进程和温度的持续升高,株高增长加快,T<sub>3</sub>处理的株高增长最快;生育后期,水分处理对茄子株高的影响较明显。但不同灌溉方法下茄子生长呈一致趋势:均为水分处理较高的长势较好,水分处理较低长势较差,说明水分处理在茄子生长中起至关重要的作用。不同水分处理对

茄子茎粗的影响和对株高的影响相似,但小孔出流对茎粗的影响在3种水分处理下不显著。

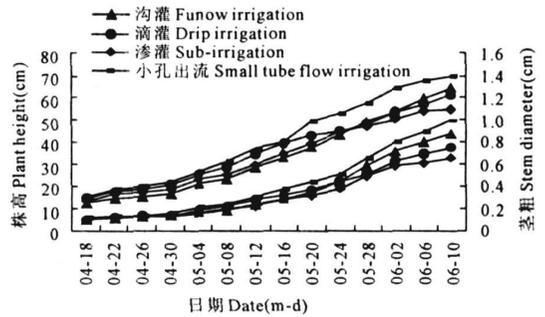


图1 不同灌溉方法下T<sub>1</sub>处理对茄子株高、茎粗的影响

Fig. 1 Effect of treatment T<sub>1</sub> on the height and stem diameter of eggplant

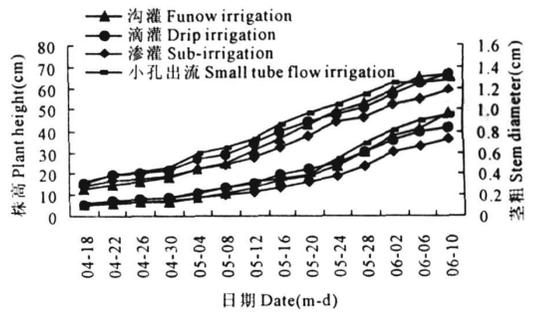


图2 不同灌溉方法下T<sub>2</sub>处理对茄子株高、茎粗的影响

Fig. 2 Effect of treatment T<sub>2</sub> on the height and stem diameter of eggplant

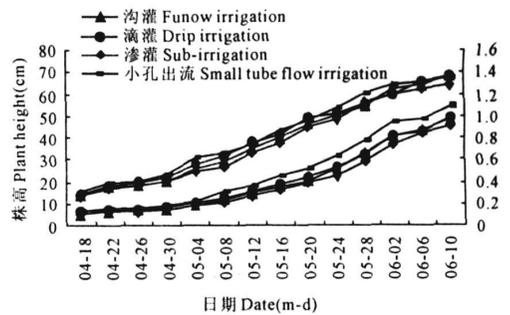


图3 不同灌溉方法下T<sub>3</sub>处理对茄子株高、茎粗的影响

Fig. 3 Effect of treatment T<sub>3</sub> on the height and stem diameter of eggplant

### 2.2 双因素处理对茄子生长和产量的影响

2.2.1 不同灌溉方法不同水分处理对茄子生长的影响 考虑双重因素,进一步对灌溉方法和水分处理间茄子株高、茎粗的影响进行方差分析,结果见表3。不同灌溉方法、水分处理对茄子株高的影响均通过了5%显著和1%极显著水平;其中,灌溉方法对

株高的影响更为显著,这与单因素处理的结果较一致;但交互作用不显著,即双重因素对茄子株高的影响不显著。

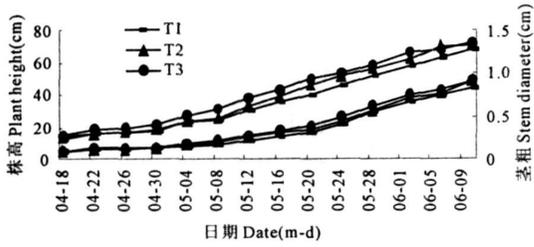


图 4 沟灌条件下不同水分处理对茄子株高、茎粗的影响  
Fig.4 Effect of water treatments on the height and stem diameter of eggplant under furrow irrigation

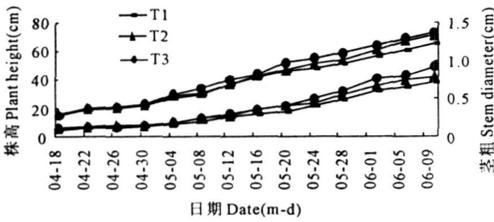


图 5 滴灌条件下不同水分处理对茄子株高、茎粗的影响  
Fig.5 Effect of water treatments on the height and stem diameter of eggplant under drip irrigation

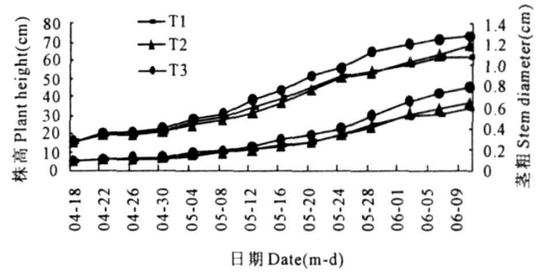


图 6 渗灌条件下不同水分处理对茄子株高、茎粗的影响  
Fig.6 Effect of water treatments on the height and stem diameter of eggplant under sub-irrigation

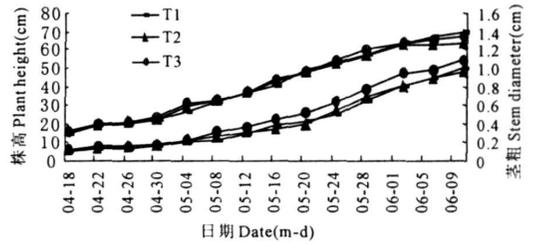


图 7 小孔出流条件下不同水分处理对茄子株高、茎粗的影响  
Fig.7 Effect of water treatments on the height and stem diameter of eggplant under small tube flow irrigation

表 3 不同灌溉方法、不同水分处理与茄子株高的双因素方差分析

Table 3 Two-factor analysis of variance on the eggplant height under different irrigation methods and water treatment

差异源 Discrepancy	SS	Df	MS	F	P-value	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>
行 Line	1379	2	689.79	8.4	0.001012	3.26	5.25
列 Column	2026	3	675.61	8.2	0.000267	2.87	4.38
交互 Interaction	596	6	99.43	1.2	0.323133	2.36	3.35
内部 Internal	2955	36	82.09	—	—	—	—
总计 Total	6958	47	—	—	—	—	—

考虑双重因素,进一步对灌溉方法和水分处理间茄子茎粗的影响进行方差分析,结果见表 4;不同灌溉方法、水分处理对茄子茎粗的影响均未通过 5%显著和 1%极显著水平;这与单因素影响的结果

相违背,但交互作用通过了 5%显著水平,未通过 1%极显著水平,即双重因素处理对茄子茎粗的影响显著;这与单因素影响的结果一致,因此,需将两个因素很好地结合起来才有利于茄子的生长。

表 4 不同灌溉方法、不同水分处理与茄子茎粗的双因素方差分析

Table 4 Two-factor analysis of variance on the eggplant stem diameter under different irrigation methods and water treatment

差异源 Discrepancy	SS	Df	MS	F	P-value	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>
行 Line	0.019	2	0.0096	0.88	0.422429	3.26	5.25
列 Column	0.035	3	0.0117	1.08	0.369888	2.87	4.38
交互 Interaction	0.179	6	0.0299	2.74	0.026714	2.36	3.35
内部 Internal	0.392	36	0.0109	—	—	—	—
总计 Total	0.626	47	—	—	—	—	—

2.2.2 不同灌溉方法、不同水分处理对茄子产量、灌水量、水分利用率的影响 影响温室茄子产量的因素有很多。本试验结合灌溉方法、水分处理这两个因素综合分析了二者对茄子产量的影响见表5。对茄子的产量测定中通过直观数据观察发现,在同种灌溉方法不同水分处理下茄子产量受到一定的影响,随着水分处理的增大,产量呈升高趋势;而灌溉方法反映比较敏感,基本呈现为:小孔出流产量最高,滴灌次之,沟灌最低;就水分生产效率来讲,对同一水分处理不同灌溉方法得出:CT<sub>1</sub>、DT<sub>2</sub>、CT<sub>3</sub>、CT<sub>2</sub>灌溉组合优选。

对12个试验组合处理与茄子产量的影响进行方差分析,结果见表6。不同灌溉方法、水分处理对茄子产量的影响均通过了5%显著水平;灌溉方法对产量的影响通过了1%极显著水平;因此,灌溉方法同水分处理比较是一个相对主要的影响因素。

表5 不同灌溉方法不同水分处理灌水量和水分利用率的比较

Table 5 Water consumption and water use efficiency under different irrigation methods and water treatment

处理 Treatment	灌水量 Water consumption (m <sup>3</sup> /667m <sup>2</sup> )	总产量 Yield (kg/667m <sup>2</sup> )	水分生产效率 Water use efficiency [kg/(667m <sup>2</sup> ·m <sup>3</sup> )]
AT <sub>1</sub>	130.5	1847.4	14.2
BT <sub>1</sub>	113.3	2473.6	21.8
CT <sub>1</sub>	38.5	2154.5	48.0
DT <sub>1</sub>	104.3	2866.9	27.5
AT <sub>2</sub>	160.7	2294.7	14.3
BT <sub>2</sub>	137.7	2677.8	19.4
CT <sub>2</sub>	70.2	2429.1	34.6
DT <sub>2</sub>	62.4	2671.1	42.8
AT <sub>3</sub>	200.3	2348.4	11.7
BT <sub>3</sub>	158.1	2925.5	18.5
CT <sub>3</sub>	76.4	2675.5	35.0
DT <sub>3</sub>	114.6	2901.7	25.3

表6 灌溉方法和水分处理对茄子产量影响的方差分析

Table 6 Analysis of variance on the eggplant yield under different irrigation methods and water treatments

差异源 Discrepancy	SS	Df	MS	F	P-value	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>
行 Line	284621.4	2	142310.7	6.28	0.033737	5.14	10.92
列 Column	758396.1	3	252798.7	11.16	0.007221	4.76	9.78
误差 Inaccuracy	135870.6	6	22645.11	—	—	—	—
总计 Total	1178888	11	—	—	—	—	—

### 3 结论与讨论

通过研究沟灌、滴灌、渗灌、小孔出流4种灌溉方法不同水分处理对茄子生长、产量和水分生产效率的影响,得出以下结论:

1) 灌溉方法对茄子全生育期的株高、茎粗影响显著,即相同水分处理下对茄子株高、茎粗影响表现为:小孔出流最大,滴灌次之,渗灌最小;水分处理对全生育期的株高、茎粗影响显著,即同种灌溉方法对茄子株高、茎粗影响表现为:T<sub>3</sub>处理最大,T<sub>2</sub>处理次之,T<sub>1</sub>处理最小。

灌溉方法、水分处理双因素对茄子株高影响的交互作用不显著,对茎粗影响的交互作用显著,即不同灌溉方法不同水分处理对茎粗的影响表现为小孔出流最大,T<sub>3</sub>处理最大。

2) 灌溉方法和水分处理双因素对茄子产量的影响均通过了5%显著水平;灌溉方法的影响较为明显。同一水分处理下灌溉方法对茄子产量的影响为小孔出流产量最高,滴灌次之,沟灌最低。同种灌溉方法不同水分处理对茄子产量的影响为:水分处理越大产量越高,即T<sub>3</sub>>T<sub>2</sub>>T<sub>1</sub>。

3) 通过不同灌溉方法和水分处理下水分生产效率的比较得出,可以优先选择的四种灌溉处理组合为CT<sub>1</sub>>DT<sub>2</sub>>CT<sub>3</sub>>CT<sub>2</sub>。

综上,日光温室茄子节水灌溉应优先选择的灌水方法为渗灌,且相应的水分处理控制范围初步定为:开花着果期土壤水分控制在(55%~65%)θ<sub>f</sub>,结果期土壤水分控制在(65%~75%)θ<sub>f</sub>。笔者认为水分处理控制范围还有待根据茄子需水规律的特点,进一步进行系统的研究。

#### 参考文献:

[1] 李亮,张玉龙,马玲玲,等.不同灌溉方法对日光温室番茄生长、品质和产量的影响[J].北方园艺,2007,(2):75-78.  
 [2] 吴士章.不同灌溉方式对覆盖辣椒的效应研究[J].节水灌溉,2004,(1):7-8.  
 [3] 诸葛玉平,张玉龙,李爱峰,等.保护地番茄栽培渗灌灌水指标的研究[J].农业工程学报,2002,18(2):53-57.  
 [4] 余宏军,刘伟,蒋卫杰.灌水量对基质培番茄生长和产量的影响[J].中国蔬菜,2004,(1):32-33.  
 [5] 常英祖,赵元忠.日光温室膜下滴灌番茄节水灌溉模式试验研究[J].水利科技与经济,2006,12(8):513-514.  
 [6] 黄兴学,邹志荣.温室辣椒节水灌溉指标的研究[J].陕西农业科学,2002,(3):8-10.

- [7] 韩淑敏. 不同灌水方式下温室青椒的耗水规律[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(2): 54-58.
- [8] 安向东. 日光温室番茄不同灌溉方式节水效应研究[J]. 甘肃农业科技, 2006, (2): 3-5.
- [9] 杜社妮. 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): 430-431.
- [10] 曲红云, 林 密. 日光温室茄子产量形成与环境因子关系分析[J]. 北方园艺, 2006, (4): 80-81.
- [11] 杨国栋, 周宝利, 李 沫, 等. 日光温室茄子光合特性的研究[J]. 中国农学通报, 2006, 22(4): 307-309.
- [12] 高志奎, 高荣孚, 何俊萍, 等. 日光温室茄子光合的光强响应特性研究[J]. 河北农业大学学报, 2005, 28(3): 26-30.

## Preliminary study on reasonable irrigation method for eggplant in greenhouse

LI Bo<sup>1</sup>, WANG Tie-liang<sup>1\*</sup>, ZHANG Yu-long<sup>2</sup>, ZHAO Hai-ling<sup>1</sup>,  
LI Jing-jing<sup>1</sup>, LIU Jia<sup>1</sup>

(1. College of Water Conservancy, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China;

2. College of Land and Environment, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China)

**Abstract:** Based on mathematical statistics, this paper analyzes the effects of different soil moisture in greenhouse on eggplant growth, yield and water use efficiency under four different kinds of irrigation methods: furrow irrigation, drip irrigation, sub-irrigation and small tube flow irrigation. The results show that: The priority for selection of the four kinds of irrigation treatments is  $CT_1 > DT_2 > CT_3 > CT_2$ . Among these treatments, in  $CT_1$  the sub-irrigation condition, when the soil moisture range is from  $55\% \theta_f$  to  $65\% \theta_f$  in blossom stage and fruit-set and from  $65\% \theta_f$  to  $75\% \theta_f$  in fruiting stage, the eggplants grow better; its yield increases by 17% compared with furrow irrigation. Moreover its water use efficiency is the highest, which are respectively 1.12 times, 1.38 times and 1.37 times of other priority selected treatments.

**Keywords:** eggplant; irrigation method; water use efficiency; growth; yield

(上接第 77 页)

## Effect of saline water on root properties and yield of helianthus

BI Yuan-jie<sup>1</sup>, WANG Quan-jiu<sup>1,2\*</sup>, XUE Jing<sup>1</sup>

(1. Institute of Water Resources and Hydro-electric Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China;

2. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, the Chinese Academy of Sciences, Yangling 712100, China)

**Abstract:** To ascertain the root properties of helianthus and mechanism of yield decreasing under different salinity of irrigation water, root properties and yield of helianthus irrigated by water whose salinity is 3 g/L, 4 g/L, 5 g/L and 6 g/L respectively on the condition of field experiments with fresh water treatment as the control. The results show that in company with the increase of salinity of irrigation water, total dry matter, mean diameter and surface area of root in 0~40 cm soil horizon decrease gradually. Distribution ratio of root in different soil horizons have been influenced after irrigated by saline water. Compared with fresh water treatment, the yield of 3 g/L treatment reduces slightly, and that of 4 g/L, 5 g/L and 6 g/L treatment reduces by 5.58%, 20.14% and 38.75% respectively, which is a reaction of root properties.

**Keywords:** saline water; irrigation; helianthus; root; yield