

# 日光温室黄瓜滴灌灌溉制度试验研究

田成龙<sup>1</sup>, 何宝银<sup>2</sup>, 张上宁<sup>2</sup>, 汤英<sup>2</sup>

(1. 宁夏水利厅灌溉管理局, 宁夏银川 750001; 2. 宁夏水利研究所, 宁夏银川 750021)

**摘要:** 根据日光温室黄瓜不同生育期的需水特征, 选择灌水量和灌水周期作为试验因素, 开展日光温室黄瓜膜下滴灌灌溉制度试验研究。日光温室春茬黄瓜全生育期持续 92 d, 适宜的灌水次数为 15~16 次, 平均灌水周期为 5~6 d, 次灌水量为 267~271 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 全生育期适宜的灌溉定额为 4 065~4 275 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 产量可达 9.9 万 kg/hm<sup>2</sup> 以上。

**关键词:** 日光温室; 黄瓜; 膜下滴灌; 灌溉制度

中图分类号: S275.6

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2012)02-0156-04

## Experiment on drip irrigation schedule of cucumber in sunlight greenhouse

TIAN Chenglong<sup>1</sup>, HE Baoyin<sup>2</sup>, ZHANG Shangning<sup>2</sup>, Tang Ying<sup>2</sup>

(1. Irrigation Management Bureau of Ningxia Water Conservancy Department, Yinchuan 750001, China;

2. Scientific Research Institute of Water Conservancy of Ningxia, Yinchuan 750021, China)

**Abstract:** In view of water needs characteristics of the sunlight greenhouse cucumber, the paper carried out the experimental research for the cucumber irrigation schedule by drip irrigation under membrane in sunlight greenhouse, selected the irrigation volume and irrigation period as the test factors. In sunlight greenhouse the growing period of spring cucumber last for 92 days, the suitable irrigation times are 15~16, the average irrigation interval is 5~6 days, the irrigation quota is 267~271 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, so the total irrigation volume in whole growing season is 4065~4275 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, the estimated cucumber yield can reach 9.9 × 10<sup>4</sup> kg/hm<sup>2</sup> above.

**Key words:** sunlight greenhouse; cucumber; drip irrigation under membrane; irrigation schedule

## 1 概述

设施农业是一种高投入高产出的农业种植模式,其经济效益远高于常规种植粮食作物和传统的大田蔬菜,发展设施农业已成为增加农民收入的一种有效途径。宁夏设施农业发展迅速,2010年种植面积在 8 万 hm<sup>2</sup> 以上。日光温室及滴灌设施的构建,改变了温室下垫面和小气候状况,使得农田水分状况和作物生长环境从根本上发生了改变。目前,国内开展日光温室黄瓜的研究相对较多,杨树廷<sup>[1]</sup>、李金华<sup>[2]</sup>及王兵<sup>[3]</sup>从品种选则、培育壮苗、嫁接、苗期管理、定之后管理及采收等方面论述了日光温室黄瓜的栽培技术。孔德杰<sup>[4]</sup>、郭生虎<sup>[5]</sup>、孙丽萍<sup>[6]</sup>等给出了日光温室黄瓜不同灌水量、灌水次数对日光温室黄瓜耗水规律及水分利用效率及灌溉水分分配的影响等关键问题。张自坤<sup>[7]</sup>和张西平<sup>[8]</sup>通过

设立具体的试验小区对温室黄瓜的灌溉制度进行了探讨。各位学者对日光温室黄瓜的栽培技术及灌溉水分分布等方面做了大量工作,但对于节水灌溉条件下温室黄瓜的灌溉制度论述较少,为了深入探讨日光温室黄瓜滴灌情况下适宜的灌溉制度,支撑设施农业产业的健康发展,本文在宁夏中卫市选取试验区,设置不同灌溉水平的处理,开展了日光温室黄瓜的滴灌灌溉制度试验研究,以期为宁夏乃至全国日光温室黄瓜灌溉提供一定的借鉴。

试验区位于宁夏引黄灌区的中卫市设施蔬菜基地镇罗镇,海拔高程 1 210 m,年平均气温 8.40℃、日照时数 2 846 h、无霜期 153 d,年平均风速 3.6 m/s,多年平均降水量 193 mm,土壤田间持水量为 26.60%,土壤耕作层速效氮、速效磷和速效钾的含量分别为 0.046、0.007 和 0.205 g/kg,有机质含量 1.25%,耕作层土壤 pH 值为 8.2~8.4,土壤含盐量

收稿日期:2011-11-03; 修回日期:2011-12-14

基金项目:宁夏自然科学基金项目(NZ10214)

作者简介:田成龙(1970-),男,宁夏中宁县人,高级工程师,主要从事灌溉管理和节水灌溉研究。

通讯作者:何宝银(1964-),男,宁夏平罗县人,高级工程师,主要从事节水灌溉技术研究。

在0.06%~0.09%,灌溉期间地下水埋深在0.8~1.0 m,枯水期地下水埋深在1.2~1.8 m,地下水矿化度1.41 g/L。

## 2 试验设计

### 2.1 试验小区田间布设及试验处理设计

黄瓜膜下滴灌灌溉制度试验安排在温室春茬。在黄瓜各生育期灌水定额设置为150、210和270 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>三个水平,灌水周期设置6、8和9 d三个水平。试验采用完全组合设计<sup>[1-2]</sup>,试验总处理数9个,各处理重复3次,共布设27个试验小区。

试验区栽植的黄瓜品种为“博耐13”,每一试验小区面积为10.3 m<sup>2</sup>,栽植黄瓜40株,试验区黄瓜于2009年4月29日定值。小区采用顺序布设,试验区两端、温室入口处均设置保护区。

### 2.2 滴灌设备配置及灌水量控制

温室采用集中供水,温室附近有一眼机井作为四座温室的灌溉水源,配置水泵,通过管道与容积为2.2 m<sup>3</sup>的升温罐联通。滴灌系统首部配置滴灌系统加压泵、过滤器、水表、压力表、施肥器和控制球阀等,对温室滴灌、施肥进行操作、控制和计量。每个试验小区有2条滴灌带,采用膜下滴灌方式,滴灌带

上滴头间距0.3 m、滴头流量2 L/h,其首部设有1个控制球阀,可对试验小区灌水进行单独控制操作。

### 2.3 试验田间管理

试验区田间管理采取统一的管理方式。温室于2月中旬封棚覆膜保温,至2月底土壤化冻后开始耕翻,定植前喷洒杀菌剂和杀虫剂进行土壤消毒;定值前结合土地耕翻施底肥为猪粪和鸡粪共150 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>、硫酸钾375 kg/hm<sup>2</sup>、二胺600 kg/hm<sup>2</sup>、复合肥600 kg/hm<sup>2</sup>。生长期除草3遍,黄瓜坐果后用吊绳吊秧,随着植株生长及时缠绕在吊绳上直至封顶;生长中后期定期摘除无效枝叶。黄瓜坐果期开始结合滴灌进行施肥,间隔10~15 d施肥一次,至采收后期。生长期重点防治菜青虫和蚜虫等虫害;生长中后期重点防治霜霉病、灰霉病和白粉等病害。室内最高温度尽可能控制在30℃以下。室内湿度尽可能控制在70%以下,室内的温、湿度控制主要是通过调节通风口的大小及时间进行控制。

## 3 试验结果及分析

### 3.1 试验观测结果

日光温室黄瓜各试验处理的灌水量、产量、灌溉水生产效率监测结果见表1。

表1 黄瓜滴灌灌溉制度试验结果表

		d, m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> , 万 kg/hm <sup>2</sup> , kg/m <sup>3</sup>								
生育期	灌水量次	处理1	处理2	处理3	处理4	处理5	处理6	处理7	处理8	处理9
定植~开花期 33 d (4月29~5月31日)	灌水次数	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	次均灌水量	277.5	277.5	277.5	277.5	277.5	277.5	277.5	277.5	277.5
	灌水周期	16	16	16	16	16	16	16	16	16
	阶段灌水量	555	555	555	555	555	555	555	555	555
座果期 7 d (6月1~6月7日)	灌水次数	2	1	1	2	1	1	2	1	1
	次均灌水量	150	150	150	210	210	210	270	270	270
	灌水周期	4	7	7	4	7	7	4	7	7
	阶段灌水量	300	150	150	420	210	210	540	270	270
门瓜成熟期 2 d (6月8~6月9日)	灌水次数		1			1			1	
	次均灌水量		150			210			270	
	灌水周期		2			2			2	
	阶段灌水量		150			210			270	
采收期 49 d (6月10~7月28日)	灌水次数	11	7	6	11	7	6	11	7	6
	次均灌水量	150	150	150	210	210	210	270	270	270
	灌水周期	4	7	8	4	7	8	4	7	8
	阶段灌水量	1650	1050	900	2310	1470	1260	2970	1890	1620
全生育期 92 d (09年4月29~7月30日)	灌水次数	15	11	9	15	11	9	15	11	9
	次均灌水量	167	173	178	219	222	225	271	271	272
	灌水周期	6	8	9	6	8	9	6	8	9
	灌溉定额	2505	1905	1605	3285	2445	2025	4065	2985	2445
产量	产量	8.63	9.07	8.58	9.09	9.32	8.56	9.99	8.54	7.62
	排次	5	4	6	3	2	7	1	8	9
灌溉水 生产效率	生产率	34.4	47.6	53.5	27.7	38.1	42.3	24.58	28.6	31.17
	排次	5	2	1	8	4	3	9	7	6

试验的9个处理中,处理7产量最高,产量达到9.99万 kg/hm<sup>2</sup>,灌溉定额为4 065 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,灌溉水生产效率为24.58 kg/m<sup>3</sup>。处理9产量最低,产量为7.62万 kg/hm<sup>2</sup>,灌溉定额为2 445 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,灌溉水生产效率为31.17 kg/m<sup>3</sup>;处理3的水分利用效率最高达到53.50kg/m<sup>3</sup>,但其产量为8.58万 kg/hm<sup>2</sup>,仅排在第六位。因此认为在温室黄瓜种植中,追求最高产量或追求单方水产出最大化,其目的不同,灌溉水量及灌溉制度也不同。

3.2 试验处理产量差异性分析

对试验各处理产量进行方差分析,分析结果见表2。从试验各处理产量方差分析结果表明,  $F = 3.71 > F_{0.05} = 2.51$ ,说明试验灌水处理对试验产量结果造成的差异达到了显著程度。

表2 试验处理产量方差分析表

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	显著水平
处理间	4569555.19	8	571194.40	2.663	0.0402
处理内	3861248.00	18	214513.78		
总变异	8430803.19	26			

注:  $\alpha = 0.05$ ;  $F = 2.51$ ;  $\alpha = 0.01$ ,  $F = 3.71$

3.3 黄瓜产量与灌溉定额、灌水次数多因素拟合分析

以产量(Y)为应变量,以灌溉定额(M)和灌水次数(T)为自变量,进行二次多项式拟合,得到二元二次多项式模型为: $Y = -0.03M^2 - 85.68T^2 + 4.23MT - 41.56M + 1443.68T + 487.71$  ( $R^2 = 0.95$ ) 该模型拟合度为0.95,通过了信度为0.094的F检验(F值=5.562)。产量与灌水次数及灌溉定额的三维响应趋势面见图1。由图1可以看出,在灌溉

定额和灌水次数很小情况下,随着灌溉定额和灌水次数的增加,黄瓜产量随之增加;当灌溉定额和灌水次数达到一定程度时,黄瓜产量可达到最高产量;当灌溉定额和灌水次数超过一定程度时,随着灌溉定额和灌水次数的增加,黄瓜的产量随之降低。

3.4 灌溉制度要素分析选优

根据优选结果,按黄瓜各生育期适宜的灌水要素选优结果组合,得到黄瓜全生育期灌溉制度为:适宜的灌水次数为16次,灌水定额为267.2 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,灌溉定额为4 275 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>;按全生育期适宜的灌水要素选优结果,黄瓜全生育期适宜的灌溉制度与本试验处理7相同:即适宜的灌水次数为15次,灌水定额为271 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,灌溉定额为4 065 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>;二者间的差别仅在于在门瓜成熟期灌水1次210 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>或不灌水。

综合选优结果,黄瓜各生育期灌溉制度要素分别为:黄瓜定植~开花生育期阶段适宜的灌水次数为2次,适宜的灌水量为555 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>;坐果期适宜的灌水次数为2次,适宜的次灌水量为210 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,适宜的阶段灌水量为540 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>;门瓜成熟期持续2天,可灌水1次210 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>或不灌水;采收期适宜的灌水次数为11次,适宜的次灌水量为270 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,适宜的阶段灌水量为2 970 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。全生育期适宜的灌水次数为15~16次,平均灌水周期5~6 d,适宜的次灌水量为267~271 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,适宜的灌溉定额为4 065~4 275 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。各生育期适宜的灌水次数、次灌水量、灌溉定额分析过程及结果见表3。

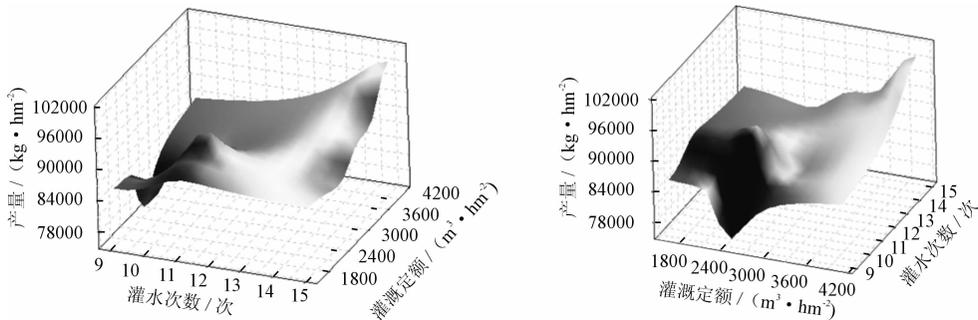


图1 黄瓜产量与灌水次数、灌溉定额的趋势面图

表3 黄瓜各生育期灌水处理效果选优表

生育期	要素	试验效果统计	选优结果
定植~ 开花期	灌水次数	次数段 2	2
		平均产量 7.62~9.99	7.62~9.99
	次均水量	灌水量 277.5	277.5
		平均产量 7.62~9.99	7.62~9.99
阶段灌水量	灌水量	555.00	555.00
	平均产量	7.62~9.99	7.62~9.99

续表3

生育期	要素	试验效果统计							选优结果
		1	2						
坐果期	灌水次数	次数段	1	2					2
		平均产量	8.68	9.15					9.15
	次均水量	灌水量	150	210	270				270
		平均产量	8.76	8.99	8.72				8.99
	阶段灌水量	灌水量	150	210	270	300	420	540	540
		平均产量	8.83	8.94	8.27	8.63	9.09	9.99	9.99
门瓜成熟期	灌水次数	次数段	0	1					1
		平均产量	8.75	8.97					8.97
	次均水量	灌水量	0	150	210	270			210
		平均产量	8.75	9.07	9.32	8.54			9.32
	阶段灌水量	灌水量	0.0	150	210	270			210
		平均产量	8.77	9.04	9.32	8.54			9.32
采收期	灌水次数	次数段	6	7	11				11
		平均产量	8.25	8.97	9.24				9.24
	次均水量	灌水量	150	210	270				270
		平均产量	8.76	8.69	8.72				8.72
	阶段灌水量	灌水量	900~1050	1470	1620~1650	1890	2310	2970	2970
		平均产量	8.83	8.94	8.12	8.54	9.09	9.99	9.99
全生育期	灌水次数	次数段	9	11	15				15
		平均产量	8.25	8.97	9.24				9.24
	次均水量	灌水量	165~180	225	271				271
		平均产量	8.76	8.99	8.72				8.72
	阶段灌水量	灌溉定额	1605~1905	2025~2445	2445~2505	2985	3285	4065	4065
		平均产量	8.83	8.94	8.32	8.54	9.09	9.99	9.99

## 4 结 语

为了研究日光温室黄瓜的滴灌灌溉制度,设立不同灌水处理试验,并进行测产,利用数理统计及三维拟合方法探讨了产量与灌水次数、灌溉定额等灌溉影响因素的关系,通过对灌溉制度要素的优选从而得出日光温室黄瓜的滴灌灌溉制度如下:

温室黄瓜4月下旬定值,按各生育期适宜的灌水要素选优结果组合,综合全生育期灌水要素选优结果,得到温室黄瓜膜下滴灌各生育期灌溉制度要素组合为:定值~开花期持续33 d,该生育阶段适宜的灌水次数为2次,灌水周期平均为16 d,其中定植后灌一次水 $370\text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,5~7 d后灌一次缓苗水 $185\text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,然后蹲苗至6月上旬,阶段灌水两 $555\text{ m}^3/\text{hm}^2$ ;黄瓜坐果期7 d,适宜的灌水次数为2次,灌水周期3~4 d,适宜的次灌水量为 $210\text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,阶段灌水量 $540\text{ m}^3/\text{hm}^2$ ;黄瓜门瓜成熟期持续2 d,可灌水1次 $210\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 或不灌水;黄瓜采收期持续50 d,适宜的灌水次数为11次,灌水周期4~5 d,适宜的次灌水量为 $270\text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,阶段灌水量为 $2970\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。全生育期92 d,灌水次数为15~16次,灌

水定额为 $4\ 065\sim 4\ 275\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。

## 参考文献:

- [1] 杨树廷. 日光温室黄瓜栽培技术[J]. 现代农业科技, 2011(1): 134-36.
- [2] 李金华, 张尊沛, 赵月涛. 日光温室越冬黄瓜高效栽培技术[J]. 安徽农学通报, 2010, 16(22): 117-120.
- [3] 王兵, 杨红莉, 刘雁彬, 等. 日光温室黄瓜水肥一体化技术应用[J]. 新疆农业科技, 2010(5): 22-23.
- [4] 孔德杰, 郭生虎, 张源沛, 等. 不同灌水次数对温室黄瓜耗水规律及水分利用效率的影响[J]. 长江蔬菜, 2011(4): 43-46.
- [5] 郭生虎, 孔德杰, 张源沛, 等. 不同灌水量对日光温室黄瓜耗水规律及水分利用效率的影响[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(36): 20568-20570.
- [6] 孙丽萍, 温永刚, 王树忠, 等. 灌水量对日光温室黄瓜灌溉水分分配的影响[J]. 西北农业学报, 2010, 19(4): 173-178.
- [7] 张自坤, 刘作新, 张颖, 等. 日光温室黄瓜地下滴灌灌溉制度的试验研究[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(6): 76-81.
- [8] 张西平, 赵胜利, 杜光乾, 等. 日光温室黄瓜滴灌灌溉制度研究[J]. 中国农村水利水电, 2007(1): 25-28.