

灌溉方式对日光温室黄瓜不同生育期水分分配的影响

韦彦¹, 孙丽萍¹, 王树忠², 赵景文², 高丽红¹

(1. 中国农业大学 蔬菜系, 北京 100193; 2. 北京市农业技术推广站, 北京 100101)

摘要: 试验以津育 5 号黄瓜为试材, 研究了基于传统畦灌的不同灌溉方式对灌溉水在黄瓜不同生育期水分分配规律的影响。结果表明: 滴灌和渗灌减少了水分深层渗漏量和土面蒸发量, 增加了植株蒸腾量, 促使更多的水分被植株吸收利用。滴灌和渗灌分别比常规灌溉增产 11.6% 和 15.3%, 水分利用效率提高 49.9% 和 68.7%。

关键词: 灌溉方式; 黄瓜; 水分分配; 产量; 水分利用效率

中图分类号: S 642.2 文献标识码: A 文章编号: 1001—0009(2010)15—0110—04

黄瓜是设施蔬菜栽培的主要作物之一, 需水量大, 对水分亏缺反应敏感。在实际生产过程中, 黄瓜仍以畦灌为主, 灌水量大, 导致冬、春季温室生产的低地温和高湿环境普遍存在, 病虫害发生严重, 黄瓜的产量和品质降低, 同时造成灌溉水资源的浪费。针对这些生产中普遍存在的问题, 国内外的研究者们进行了大量的研究。ElAdl^[1]就滴灌系统对土豆—甘蓝轮作体系下的土壤水分动态影响进行了研究, 表明为减少水分流失, 灌水只需湿润表层土壤, 少量多次滴灌比较经济, 而大水漫灌灌水量越大, 水量损失也越多。张玉龙等^[2]研究番茄在漫灌、滴灌和渗灌 3 种灌溉方式下的节水效果, 认为渗灌比畦灌节水 70%, 比滴灌节水 30%~40%。滴灌和渗灌可以使表层土壤较快地湿润, 并达到蔬菜生长所要求的水分, 同时显著减少灌溉水的深层渗漏, 提高灌溉水的利用率^[3,4]。张玉龙研究小组在温室番茄灌溉方式及水分利用研究方面做了大量的工作^[5,8], 而在黄瓜上的

研究相对较少, 并且现有的研究均没有明确在不同灌溉条件下, 灌溉水的去向及所占比例。基于此, 该试验以日光温室冬、春茬和秋、冬茬黄瓜生产为研究对象, 设计了畦灌、滴灌和渗灌 3 种灌溉方式, 比较其对灌溉水渗漏、土面蒸发、植株蒸腾量的影响, 获得不同灌溉方式下水分渗漏、土壤蒸发等所占比例, 为日光温室黄瓜节水灌溉指标的确立和合理灌溉方式的选择提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料与试验设计

该试验于 2006 年 9 月至 2007 年 12 月在北京市顺义区大孙各庄镇绿奥蔬菜合作社日光温室内进行。2006 年秋、冬茬为预备试验, 该试验数据主要采用 2007 年冬、春茬和 2007 年秋、冬茬的数据。供试黄瓜(*Cucumis sativus* L)品种为津育 5 号。供试温室耕层土壤(0~40 cm)的基本理化性状见表 1。

表 1 供试温室耕层土壤基础理化性状

Table 1 Soil physical and chemical properties in the greenhouse						
有机质	全氮	速效氮	速效磷	速效钾	容重 Volume weight	田间持水量
Organic mater/ %	Total N/ g · kg ⁻¹	Available N / mg · kg ⁻¹	Available P / mg · kg ⁻¹	Available K / mg · kg ⁻¹	/ g · cm ⁻³	Fidd capacity/ cm ³ · cm ⁻³
0.972	6.732	160.5	33.8	102.6	1.20	30

注: 表中各种养分测定参考鲍士旦(2000)等的方法
Note: Measurement of each nutrient in the table references to the methods of BAO Shidan(2000)et al

第一作者简介: 韦彦(1980-), 女, 山东潍坊人, 硕士, 现主要从事灌溉方式对黄瓜水分利用效率及环境影响方面的研究工作。E-mail: weiyanhope2008@163.com.
通讯作者: 高丽红(1967-), 女, 内蒙赤峰人, 教授, 博士生导师, 现主要从事温室土壤生物修复技术及机理研究和温室蔬菜水肥高效利用栽培模式研究工作。E-mail: gaolh@cau.edu.cn.
基金项目: “十一五”国家科技支撑计划资助项目(2008BADA6B03, 2006BAD07B04); 国家自然科学基金重点资助项目(50939005)。
收稿日期: 2010-05-25

试验分冬、春茬(2007 年 1~6 月)和秋、冬茬(2007 年 9~12 月), 宽窄行种植(宽行 80 cm, 窄行 50 cm), 株距 30 cm。设畦灌(BI, 农民经验灌溉水量)、滴灌(DI, 每个栽培畦有 2 条滴灌带, 滴头位于黄瓜定植点附近, 滴头间距 30 cm, 灌水量约为畦灌的 50%~60%)和渗灌(SI, 渗灌管除埋深为 15 cm 外, 其余与滴灌相同)3 种灌溉方式。每个小区有 6 个栽培畦, 畦长 5.0 m, 畦宽 1.3 m, 小区面积 39 m², 3 次重复, 随机区组排列。为防止水分侧渗, 不同处理小区之间用垂直埋深 50 cm 的薄膜隔开。根据黄

瓜的生长发育状况,以畦灌为基准确定灌水时间,3种灌溉方式同时灌水,灌水量用精确度为0.001 m³的水表计量。具体灌水时间及每次灌水量见表2。

表 2 灌水时间及每次灌水量

Table 2 Irrigation data and amount of each irrigation					mm
季节 Period	日期 Date/月-日	畦灌 BI	滴灌 DI	渗灌 SI	
冬、春茬 Winter-spring period	2-15	85.46	85.46	85.46	
	2-23	74.89	74.89	74.89	
	3-11	79.21	79.21	79.21	
	4-1	70.02	42.15	35.01	
	4-23	65.83	39.98	32.30	
	5-1	65.50	39.81	32.78	
	5-7	65.14	38.75	33.37	
	5-15	67.95	40.74	33.94	
	5-24	67.95	40.74	33.94	
	6-2	66.97	39.53	33.32	
秋、冬茬 Autumn-winter period	6-13	70.53	42.33	35.28	
	9-7	117.87	117.87	117.87	
	9-10	13.59	13.59	13.59	
	9-15	78.06	68.85	71.76	
	9-28	82.74	49.67	42.29	
	10-12	29.82	18.14	15.11	
	11-10	52.23	32.01	26.21	
	12-2	34.47	21.46	17.47	
	12-14	32.67	19.66	16.43	

注:冬、春茬初花期为2月15日至3月29日共42 d,初瓜期为3月30日至4月14日共16 d,盛瓜期为4月15日至6月5日共52 d,末瓜期为6月6日至28日共23 d,全生育期133 d;秋、冬茬初花期为9月7日至10月5日共29 d,初瓜期为10月6日至24日共19 d,盛瓜期为10月25日至12月5日共42 d,末瓜期为12月6日至28日共23 d,全生育期113 d。

Note: In winter spring period the early flowering stage was from February 15 to March 29, totaled 42 days; the early fruiting stage was from March 30 to April 14, totaled 16 days; the height fruiting period was from April 15 to June 5, totaled 52 days; the final fruiting period was from June 6 to 28, totaled 23 days; the total growth period was 133 days. In autumn-winter period the early flowering period was from september 7 to October 5, totaled 29 days; early fruiting period was from October 6 to 24, totaled 19 days; the height fruiting period was from October 25 to December 5, totaled 42 days; the final fruiting period was from December 6 to 28, totaled 23 days; the total growth period was 113 days.

1.2 试验方法

1.2.1 灌溉水渗漏量(D, mm)的测定 参照雷延武等^[9]的方法利用排水式蒸渗仪测量,对蒸渗仪的规格按照黄瓜栽培要求进行了改进(蒸渗仪长宽高规格为150 cm×130 cm×90 cm,为方便表层耕作,其顶部安装于距地表30 cm处),因此所测渗漏量至少为距地表120 cm以下水分,每次灌溉后用水泵将蒸渗仪中的水分抽出并计量。每个试验小区下均埋1个蒸渗仪,所获得的渗漏量为3

表 3 黄瓜初花期不同灌溉方式灌溉水分配百分比

Table 3 The percentage of irrigation water distribution in different irrigation in florescence stage									%
处理/生育期 Treatment/ Growth period	冬、春茬 Winterspring period				秋、冬茬 Autumn-winter period				
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
畦灌 BI	67	6	15	12	73	7	10	10	
滴灌 DI	68	5	14	13	70	7	12	11	
渗灌 SI	68	6	13	13	68	9	12	11	

注:I、II、III、IV分别表示渗漏量、土壤储水变化量、蒸发量、蒸腾量。下表同。

Note:I, II, III, IV were used to denote amount of water leakage, water storage of soil, evaporation of water, plant transpiration amount. The same below.

2.2 灌溉方式对黄瓜初花期灌溉水水分分配的影响

在黄瓜初瓜期,不同灌溉方式下灌溉水水分分配规律有所不同。就传统畦灌而言,50%左右的灌溉水发生

次重复的平均值。

1.2.2 土面(棵间)蒸发量(E, mm)的测定 采用改进的微型蒸发器(PVC管做成,高100 mm,管壁厚5 mm,内径100 mm)测定,具体测定方法参照孙宏勇等^[10]研究方法。每个小区设2个重复,宽窄行间均放置,每天下午16:00用精度0.01 g的电子天平称重,2 d重量的差值即为蒸发量,重量每减少1 g相当于0.1274 mm的土面蒸发量。

1.2.3 土壤储水变化量(W₀, mm)的测定 黄瓜各生育期开始与结束时于窄行2条滴灌带的中间位置用土钻采集0~80 cm的土样,将土层分为0~20、20~40、40~60、60~80 cm 4层,每小区5次重复,同层土壤混合混匀,烘干法测定土壤含水量。

1.2.4 植株蒸腾量(T, mm)的测定 由水量平衡法(式1)计算得到:

T=I-W₀-D-E (1),

其中I:灌水量(mm); W₀:土壤储水变化量(mm); D:渗漏量(mm); E:土面蒸发量(mm)。

1.2.5 黄瓜经济产量(Y, kg/hm²)的统计 每小区选定一畦计产,记录每次采收果实重量,换算成1 hm²的产量即为黄瓜的经济产量。

1.2.6 产量水平水分利用效率的计算 利用产量水平水分利用效率(WUE_Y)公式(式2)计算得到:

WUE_Y=Y/I (2),

其中Y:经济产量(kg/hm²), I:灌水量(mm)。

1.3 数据分析

利用SPSS 数据分析软件对数据进行处理分析。

2 结果与分析

2.1 灌溉方式对黄瓜初花期灌溉水水分分配的影响

灌溉水的去向主要包括深层渗漏、土面蒸发、植株蒸腾和土壤储水4个方面。就畦灌、滴灌和渗灌3种灌溉方式而言,黄瓜初花期灌溉水的水分分配规律较为相似。从表3看出,无论冬、春茬还是秋、冬茬栽培,黄瓜初花期67%灌水量以上的水分均发生了深层渗漏,仅有5%~9%的灌溉水分被贮藏在土壤中;另外土壤表面蒸发水量占到10%~15%,植株蒸腾量为10%~13%。

了深层渗漏,其次20%左右的灌溉水通过植株蒸腾(冬、春茬)或土面蒸发(秋、冬茬)消耗掉。而滴灌方式下,水分深层渗漏显著减少,仅为30%,但植株蒸腾所占水分

分配百分比显著上升,无论冬、春茬或秋、冬茬,可达畦灌的2倍;此外土壤持水量较畦灌上升,而土面蒸发量下降,这表明滴灌较畦灌可减少水分浪费并提高水分利

用效率。秋、冬茬渗灌条件下,土壤渗漏量显著减少(14%),土壤储水量和植株蒸腾量均表现为上升趋势。

表 4 黄瓜初瓜期不同灌溉方式灌溉水分配百分比

Table 4 The percentage of irrigation water distribution in different irrigation in early fruit stage %								
处理/生育期 Treatment/ Growth period	冬、春茬 Winter-spring period				秋、冬茬 Autumn-winter period			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
畦灌 BI	55	12	13	20	45	14	26	15
滴灌 DI	30	19	11	40	29	20	21	30
渗灌 SI	36	22	12	30	14	31	18	37

2.3 灌溉方式对黄瓜盛瓜期灌溉水水分分配的影响

黄瓜进入盛瓜期后,无论是畦灌、滴灌还是渗灌,用于植株蒸腾的灌溉水百分比显著上升(表5),表明植株

生长旺盛,蒸腾作用增强。3种灌溉方式下,用于土壤深层渗漏、土壤储水以及土壤表面蒸发的灌溉水比例较初瓜期显著下降,冬、春茬和秋、冬茬变化趋势一致。

表 5 黄瓜盛瓜期不同灌溉方式灌溉水分配百分比

Table 5 The percentage of irrigation water distribution in different irrigation in full fruit stage %								
处理/生育期 Treatment/ Growth period	冬、春茬 Winter-spring period				秋、冬茬 Autumn-winter period			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
畦灌 BI	47	1	14	38	44	4	17	35
滴灌 DI	22	2	11	65	11	7	17	65
渗灌 SI	16	2	6	76	5	9	14	72

2.4 灌溉方式对黄瓜末瓜期灌溉水水分分配的影响

黄瓜进入末瓜期后,与盛瓜期相比,随着土面蒸发量和植株蒸腾量的显著增加(表6),土壤渗漏量有所下降,以畦灌土壤渗漏量减少幅度最大;而土壤储水量在

末瓜期结束时较末瓜期开始时下降,因而灌溉水在土壤中储存的百分率为负值,并且滴灌和渗灌方式下,更多的水分用于植株蒸腾,土壤储存水分较畦灌明显减少,冬、春茬与秋、冬茬变化规律相似。

表 6 黄瓜末瓜期不同灌溉方式灌溉水分配百分比

Table 6 The percentage of irrigation water distribution in different irrigation in late fruit stage %								
处理/生育期 Treatment/ Growth period	冬、春茬 Winter-spring period				秋、冬茬 Autumn-winter period			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
畦灌 BI	28	-10	53	29	25	-4	46	33
滴灌 DI	16	-19	45	58	4	-17	32	81
渗灌 SI	17	-18	16	85	3	-16	29	84

表 7 全生育期不同灌溉方式灌溉水分配百分比

Table 7 The percentage of irrigation water distribution in different irrigation in whole growth stage %								
处理/生育期 Treatment/ Growth period	冬、春茬 Winter-spring period				秋、冬茬 Autumn-winter period			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
畦灌 BI	52	2	18	28	62	6	15	17
滴灌 DI	42	3	16	41	54	7	14	25
渗灌 SI	41	4	11	44	54	8	13	25

2.5 灌溉方式对全生育期灌溉水水分分配的影响

就黄瓜全生育期来看,3种灌溉方式下,灌溉水的41%~62%通过土壤渗漏发生消耗;其次为植株蒸腾量,约占17%~44%,滴灌和渗灌方式下植株的蒸腾量显著高于畦灌,冬、春茬显著高于秋、冬茬;土面蒸发量约占总灌溉水量的11%~18%,土壤储水量仅占2%~8%。

2.6 不同灌溉方式对黄瓜经济产量水平水分利用效率的影响

不同灌溉方式下黄瓜产量存在差异。由表8可知,冬、春茬黄瓜产量显著高于秋、冬茬,这主要是因为冬、春茬温光环境要优于秋、冬茬,利于黄瓜产量的形成。

表 8 不同灌溉方式对黄瓜经济产量水平水分利用效率的影响

Table 8 Effect of different irrigation methods on economic yield and WUEY			
季节 Period	处理 Treatment	产量 Yield/ kg · hm ⁻²	WUEY /kg ² · mm ⁻¹ · hm ⁻²
冬、春茬 Winter-spring period	畦灌 BI	110 643c	14.20c
	滴灌 DI	123 771b	21.96b
	渗灌 SI	128 132a	25.15a
秋、冬茬 Autumn-winter period	畦灌 BI	45 526b	10.31b
	滴灌 DI	50 564a	14.79a
	渗灌 SI	51 858a	16.20a

注:Y-经济产量;WUEY-产量水平水分利用效率。
Note: Y-Economic yield; WUEY-Water use efficiency of yield.

但无论是冬、春茬还是秋、冬茬,黄瓜产量均是渗灌>滴灌>畦灌,与畦灌相比,冬、春茬滴灌、渗灌增产 11.9%和 15.8%,秋、冬茬增产 11.1%和 13.9%。水分利用率冬、春茬滴灌、渗灌处理分别比畦灌提高 54.6%和 77.1%,秋、冬茬提高 43.5%和 57.1%。

3 结论与讨论

3.1 不同灌溉方式对灌溉水水分分配的影响

滴灌和渗灌现已成为成熟的微灌技术,发展迅速,很多学者对此进行了大量的研究。有结果表明,滴灌和渗灌与传统漫灌方式相比灌水量显著减少,灌溉水的深层渗漏显著降低^[1]。渗灌将灌水管埋在地下,整个作物生长季地面一直保持干燥状态,减少了地面水分蒸发损失^[12],极大地提高了灌溉水的利用效率。该试验得到了相似的结果,滴灌和渗灌比畦灌节水 25.9%和 32.0%,且降低了深层渗漏和土面蒸发所占的比例,增加了植株蒸腾所占的比例,促使更多的水分被植株吸收利用。该试验灌水量是基于农民经验灌水条件下的试验设计,灌水量相对较大,导致滴灌和渗灌仍有一部分渗漏,因此在农艺节水方面,在研究不同灌溉方式节水效果同时,应该研究合适的灌水量,从而降低深层渗漏和土面蒸发,提高灌溉水的水分利用效率。

3.2 不同灌溉方式对黄瓜经济产量水平水分利用效率的影响

Ayars 等^[13]的研究认为,在温室内采用滴灌不仅能提高作物产量,而且能明显改善果实品质。在现有的农田节水灌溉技术中,地下滴灌(Subsurface Drip Irrigation, SDI)可能是目前最复杂、效率也最高的灌溉方法,SDI 技术能够使作物产量和水利用率(Water Use Efficiency, WUE)同时达到最佳^[14]。该试验得到了相似的结果,滴灌和渗灌比畦灌增产 1.6%和 15.3%,水分利用效率提高 49.9%和 68.7%。试验表明,滴灌和渗灌减少

了水分深层渗漏、土面蒸发,增加了黄瓜产量,提高了水分利用效率。

参考文献

- [1] El Adl M. Drip irrigation and water distribution in the soil [A]. 17th ICID European Regional Conference on Irrigation and Drainage [C]. Varna, Bulgaria 16~22 May, 1994. Volume 2: modification of irrigation schedule of crops due to scarcity of water. 1994; 29-38.
- [2] 杨丽娟, 张玉龙, 须晖, 等. 灌溉方法对保护地土壤耗水量与番茄水分利用效率的影响[J]. 灌溉排水学报, 2004, 23(3): 49-51.
- [3] Román R, Caballero R, Bustos A. Field water drainage under traditional and improved irrigation schedules for corn in central Spain [J]. Soil Science Society of America Journal, 1999, 63: 1811-1817.
- [4] 张书函, 许翠平, 刘洪禄, 等. 日光温室晚春茬生菜渗灌技术实验研究[J]. 灌溉排水, 2002, 21(4): 28-32.
- [5] 诸葛玉平, 王淑红, 张玉龙. 保护地番茄栽培渗灌技术的研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2001, 32(1): 32-36.
- [6] 杨丽娟, 张玉龙, 杨青海, 等. 灌溉方式对番茄生长发育及吸收能力的影响[J]. 灌溉排水, 2000, 19(3): 58-61.
- [7] 杨丽娟, 张玉龙, 须晖. 棚室蔬菜生产中灌溉技术研究进展[J]. 农业工程学报, 2003, 19(6): 264-267.
- [8] 诸葛玉平, 张玉龙, 张旭东, 等. 塑料大棚渗灌灌水下限对番茄生长和产量的影响[J]. 应用生态学报, 2004, 15(5): 767-771.
- [9] 雷廷武, 詹卫华, 黄兴法. 新型压/吸气排水式蒸渗仪的设计和应[用]. 农业机械学报, 2003, 34(5): 96-98.
- [10] 孙宏勇, 刘昌明, 张喜英, 等. 华北平原冬小麦田间蒸散与棵间蒸发的变化规律研究[J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(3): 62-64.
- [11] Zhou J B, Xi J G, Chen Z J. Leaching and transformation of nitrogen fertilizers in soil after application of N with irrigation [J]. Pedosphere, 2006, 16(2): 245-252.
- [12] 郑子成, 李廷轩, 何淑勤, 等. 保护地土壤生态问题及其防治措施的研究[J]. 水土保持研究, 2006, 13(1): 18-20, 53.
- [13] Ayars J E, Phene C J, Hutmacher R B et al. Subsurface drip irrigation of row crop: A review of 15 years of research at water management research laboratory [J]. Agricultural Water Management, 1999, 42(1): 1-27.
- [14] 李道西, 罗金耀. 地下滴灌技术的研究及其进展[J]. 中国农村水利水电, 2003(7): 15-17.

Effects of Different Irrigation Methods on Water Distribution of Different Growth Period of Cucumber in Solar Greenhouse

WEI Yan¹, SUN Li-ping¹, WANG Shu-zhong², ZHAO Jing-wen², GAO Li-hong¹

(1. College of Agro-Bio Technology of China Agricultural University, Beijing 100193; 2. Station of Popularizing Agricultural Technique of Beijing, Beijing 100101)

Abstract: To study the effects of different irrigation methods on water distribution of different growth period of cucumber in solar greenhouse, using Jinyu No.5 (*Cucumis sativus* L) as experimental material. Results revealed that leaching and evaporation decreased but transpiration increased under drip irrigation and subsurface irrigation. Drip irrigation and subsurface irrigation increased cucumber yield by 11.6% and 15.3% and increased water use efficiency (WUE) by 49.9% and 68.7%, respectively.

Key words: irrigation method; cucumber; water distribution; yield; water use efficiency