

不同灌溉方式对宁南黄土丘陵区设施辣椒生长发育及产量的影响

王锐^{1,2}, 孙权¹, 李建设¹, 张源佩³

(1. 宁夏大学农学院, 宁夏银川 750021; 2. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西杨凌 712100;

3. 宁夏农林科学院农业生物技术研究中心, 宁夏银川 750001)

摘要: 在半干旱黄土丘陵典型区宁夏固原日光温室内进行了不同灌溉方式对设施辣椒生长发育及产量的影响试验。在满足设施辣椒正常生长的情况下, 通过设定不同时期不同灌水量, 计算不同灌溉方式灌水总量, 并测定不同处理下辣椒生长发育指标及产量。结果表明: 不同灌溉方式下辣椒株高、茎粗、产量差异明显。毛管滴灌下株高和叶绿素 SPAD 值最大, 膜下沟灌株高最矮, 茎粗最粗; 膜下沟灌产量最高, 相对传统沟灌节水 50.3%, 其次为滴头滴灌, 毛管滴灌产量最低; 采用毛管滴灌和滴头滴灌技术, 比传统沟灌分别节水 71.2% 和 65.8%, 节水效果极显著; 膜下沟灌和膜上沟灌较传统沟灌节水 50% 左右, 节约成本达 850.5 ~ 1 227 元/hm²。宁南黄土丘陵区日光温室栽培辣椒从高产角度看比较适合采用膜下沟灌, 从节水高效模式来看比较适合采用滴头滴灌。

关键词: 灌溉方式; 设施辣椒; 宁南丘陵

中图分类号: S274.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)05-0171-05

随着经济社会不断发展, 以日光温室为基础的设施园艺得以长足发展。然而, 西北黄土高原干旱缺水, 且有限灌溉下黄土母质发育的土壤渗漏快, 灌水生产效率远远低于全国平均水平。合理的灌溉技术不但可以减少灌水量, 而且还能减少病虫害发生, 提高日光温室的经济效益。因此, 为利用有限的水资源, 对高投入高产出的日光温室辣椒进行节水补灌等栽培技术的研究显得十分必要而紧迫。

我国温室蔬菜生产中水分管理缺乏科学的量化指标, 主要是丰水高产型的经验灌溉, 蔬菜生产者水分管理比较粗放, 仅凭经验对蔬菜进行灌溉^[1,2]。如何经济有效地利用干旱区少而宝贵的水, 实施高效灌溉, 是提高水分生产效益的有效途径, 是集水节灌高效农业的核心内容^[3-5]。宁南山区设施蔬菜栽培多沿袭传统的大水大肥耕种方式, 不仅造成水资源浪费, 而且由于单次灌水量过大, 引起设施内空气湿度加大, 诱发病害的发生, 一方面易造成减产, 另一方面由于加大了农药的使用量而导致蔬菜产品的质量级别下降。本研究立足宁南黄土丘陵区土质气候条件, 研究设施蔬菜栽培适宜的灌溉技术, 探求园艺作物需水规律与科学的灌溉制度, 为提高设施农业科技含量, 发展节水农业, 实现设施作物高产优质高效栽培提供科学基础。

1 材料与方法

1.1 试验概况

试验设在宁夏固原市原州区三营镇千亩设施园艺基地 7 # 日光温室示范棚。土壤类型为黄绵土, 土质为轻壤, 其基本理化性质为: 有机质 8.15 g/kg, 全氮 0.13 g/kg, 全磷 0.64 g/kg, 速效钾 114.17 mg/kg, 碱解氮 27.21 mg/kg, 速效磷 33.82 mg/kg, pH 8.57, 全盐 0.67 g/kg。试验区无霜期 150 d, 年日照时数 2 622 h, 年平均气温 7.8℃, 年均最高温度 32℃, 最低温度 -22℃, 光照充足, 是宁夏最适合开展设施栽培的气候类型区之一。

1.2 试验设计

供试辣椒品种为山东乐丰种子公司提供的日本原装进口大果椒品种长剑。于 2009 年 2 月 10 日定植, 7 月 10 日拉秧。株距 45 cm, 行距 50 cm, 垄宽 1.4 m, 垄长 7 m。定植后统一灌水 450 m³/hm², 之后布置 A. 传统沟灌、B. 膜上沟灌、C. 膜下沟灌、D. 毛管滴灌、E. 滴头滴灌 5 种灌溉方式。试验设计毛管滴灌和滴头滴灌平均 7 d 灌溉 1 次, 单次灌水量 90 m³/hm² 和 120 m³/hm², 膜上和膜下沟灌平均 10 d 灌溉 1 次, 单次灌水量 225 m³/hm², 传统沟灌平均 15 d 灌溉 1 次, 单次灌水量 450 m³/hm²。传统沟灌、毛管

收稿日期: 2010-03-02

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划(2007BAD88B06, 2007BAD57B04); 宁夏大学自然科学基金(ZR200847); 宁夏大学农学院青年基金项目
作者简介: 王锐(1981—), 男, 湖北潜江人, 讲师, 主要从事农业资源利用研究。E-mail: wangrui@nxu.edu.cn.

滴灌和滴头滴灌采用高平垄,膜上沟灌和膜下沟灌采用“V”型垄。每种灌溉方式设 4 垄为一个小区,单个小区面积 39.2 m²,重复 2 次。

各灌溉方式之间用塑料膜埋入地下 80 cm 处隔开,其余管理方式相同。

1.3 测试和分析方法

单独采摘每个小区内成品青椒,小区实际产量乘面积系数得到最终产量。每个小区生育期内,随机测定株高等生长发育指标,随机采 20 个成品青椒果实,单独测量果实发育指标。株高采用钢卷尺从辣椒基部开始量取至心叶高度,冠幅采用十字交叉的量取方法。记录不同生育期灌水量及辣椒长势,运用烘干法测定不同土层深度土壤水分。盛果期内每小区内随机测定 40 组具有代表性的辣椒中上部分叶片叶绿素 SPAD 值。试验数据统计分析由 Excel 2003 和 DPS 统计软件完成。

2 结果与分析

2.1 不同灌溉方式下土壤水分含量

通过研究不同深度和距主根不同距离处土壤水分发现,滴灌和膜上沟灌方式下土壤湿润层为 40 cm 左右,膜下沟灌湿润层为 50 cm 左右,沟灌湿润层能达到 1 m 以下。通过水洗单株辣椒整体根部测量发现,设施辣椒毛根分布长度约为 40 cm,故不同灌溉方式均能满足设施辣椒水分正常吸收。不同灌溉方式灌水量不同,土壤中含水量差异也很明显。毛管滴灌为 30 cm 一个滴孔,出水后慢慢向四周渗透,渗透范围窄,横向能达到 30 cm,纵向只能达到 40 cm,故毛管滴灌下土壤水分高含水量主要集中在 0~40 cm,滴头滴灌为一滴头对应一棵辣椒,水分主要集中在辣椒主根周围;膜上沟灌水分主要顺着种植孔往下渗透,膜下沟灌水分下渗和侧渗同时进行,二者相对滴灌来说水分渗透深度更深;传统沟灌则完全靠沟中大量灌水后侧渗和水分再分布到垄上维持土壤湿度^[6,7]。

由于根系的分布及水分吸收特点不同,每次灌水前 2 d 测定不同灌溉方式下的土壤含水量,由表 1 看出,传统沟灌含水量在距离辣椒根部 5 cm、15 cm 处均高于其它灌溉方式,滴头滴灌距主根 5 cm 处含水量与传统滴灌相同,说明滴头滴灌处理下土壤水分完全能满足设施辣椒的生长,距主根 10 cm 处水分含量最高达到 19.89%,毛管滴灌和膜下沟灌土壤水分含量除 15 cm 处外,其它差异不显著;膜上沟灌土壤水分在任何距离内均为最小。总体看来距主根 5 cm 处水分均小于 10 cm 和 15 cm 处,主要是辣

椒主要须根集中在半径为 5 cm 的圆柱中,辣椒生长主要从该区域吸收水分^[8]。

表 1 设施辣椒不同灌溉方式下土壤水分空间分布

Table 1 The spatial distribution of soil moisture under different irrigation methods for greenhouse pepper growth

灌溉方式 Irrigation method	距主根 5 cm 5 cm away from root	距主根 10 cm 10 cm away from root	距主根 15 cm 15 cm away from root
A	17.91 a	18.85 a	20.42 a
B	11.31 b	13.23 b	13.33 c
C	18.43 a	17.27 a	16.37 bc
D	15.33 a	18.51 a	18.33 ab
E	17.90 a	19.89 a	19.20 ab

2.2 不同灌溉方式对设施辣椒生长发育及产量的影响

在干旱缺水且冷凉的宁南山区,通过温室建造,发展节水灌溉,是协调土壤水、肥、气、热矛盾,获取设施作物栽培节水、增产、高效的理想途径。水分不足是限制旱地作物高产栽培的主要制约因素,对有限的灌溉水进行节约分配,能满足作物一定的产量,无疑是冷凉干旱区设施蔬菜栽培的主攻方向^[9]。

蔬菜作物通过光合作用合成碳水化合物,积累干物质,积累量的大小直接反映在株高、茎粗等形态指标变化上^[10,11]。表 2 看出,滴头滴灌下,辣椒营养生长旺盛,株高相对最高,反映出营养供应状态良好;膜上沟灌和膜下沟灌的株高较低,但茎粗较壮;毛管滴灌下生长旺盛,株高和茎粗明显高于其它灌溉方式。各处理叶片叶绿素 SPAD 值差异明显,传统沟灌叶绿素 SPAD 值最低约为 63 左右,膜上沟灌、膜下沟灌和滴头滴灌叶绿素 SPAD 值维持在 70 左右,毛管滴灌叶绿素 SPAD 值达到了 79,与传统沟灌比差异极显著。

表 2 不同灌溉方式对设施辣椒生长的影响

Table 2 The effects of different irrigation methods on greenhouse pepper growth

处理 Treatment	株高 (cm) Plant height	茎粗 (mm) Stem diameter	叶绿素 Chlorophyll SPAD
A	124 c	14.99 d	63.25 c
B	114 d	19.13 b	70.00 b
C	115 d	19.76 a	71.58 b
D	141 a	18.90 b	79.14 a
E	136 b	17.87 c	70.01 b

表 3 反映,滴头滴灌根干鲜比最小,和其它方式比差异极显著,表明滴头滴灌下辣椒根系干物质积累较少,水分含量高,吸水吸肥能力强,能很好地供

应植株和辣椒的生长;传统沟灌干鲜比最大,主要是由于该灌溉方式下土壤干湿交替过程中,由于受长期干旱或大水浸泡等原因导致根系木质化程度高、死根现象严重引起的。膜上沟灌茎干鲜比最小,从生长状况来看,该处理下辣椒植株木质化程度低,生

长旺盛,植株嫩枝粗壮,但是产量较低;膜下沟灌茎干鲜比最大,其主干粗壮,分支数量多、木质化程度高,营养和水分集中供应到辣椒果实上,与其高产的结论一致。

表 3 不同灌溉方式对设施辣椒产量的影响
Table 3 The effects of different irrigation methods on greenhouse pepper yield

处理 Treatment	根干鲜比 Fresh and dried ratio of roots	茎干鲜比 Ratio of fresh and dried stem	叶干鲜比 Ratio of fresh and dried leaf	单果重 Fruit weight (g)	产量 Yield (kg/hm ²)	水生产效率 Water production efficiency(kg/m ³)
A	0.34 a	0.24 c	0.36 a	49.55	51748.20ab	6.33
B	0.31 c	0.23 d	0.27 c	70.06	47265.60ab	12.06
C	0.33 ab	0.26 a	0.19 d	48.85	58299.30a	15.19
D	0.32 bc	0.25 ab	0.34 a	43.28	43040.85b	21.17
E	0.25 d	0.24 bc	0.30 b	56.68	51652.65ab	20.69

叶干鲜比差异明显,膜上沟灌和膜下沟灌最小,从叶片上反映出来就是叶片肥厚,水分充足^[12],说明对光合作用和养分吸收效果好,与辣椒的高产相对应。滴头滴灌下,辣椒不仅营养生长旺盛,且产量维持在 51 652.65 kg/hm² 的较高水平;膜下沟灌的产量最高,且相对传统沟灌节水 50.3%,比传统沟灌具有显著的应用优势;膜上沟灌产量较低,但单果重最大;毛管滴灌单果重和产量均为最低,造成这一差异的原因,可能是由于毛管滴灌处理下水分的运移状况及土壤微环境较适宜作物生长,使植株体生长较快,同化产物在营养器官与生殖器官间相互竞争时较适宜辣椒的植株生长^[13]。水生产效率最高的为毛管滴灌和滴头滴灌,均超过了 20 kg/m³,膜上沟灌和膜下沟灌效率适中,约为 12~15 kg/m³,传统沟灌生产效率最低,只有 6.33 kg/m³。

2.3 不同灌溉方式的需水量

维持设施辣椒正常生长发育,不同生育期需水量大小随不同灌溉方式不同有较大差异。依据设施辣椒不同生理生育期的需水规律,结合天气情况及辣椒生长状况采取需水补灌的方式进行灌溉。表 4 反映,门椒前毛管滴灌单次用水量平均维持在 75 m³/hm²,盛果期单次灌水量在 93 m³/hm²,就能保持设施辣椒的正常生理需水,滴头滴灌单次用水量平均维持在 97.5 m³/hm²,盛果期单次灌水量 111 m³/hm²,也能维持辣椒生长发育对水分的需求;膜上沟灌和膜下沟灌平均单次用水量变化不大,基本维持在 225 m³/hm²;而传统沟灌由于大部分水都以下渗的方式消耗,所以每次供水量需维持在 465 m³/hm² 才能满足辣椒生长发育对水分的需求。

2.4 不同灌溉方式节水效率

由表 5 看出,在当地的气候条件能维持设施辣椒正常发育的情况下,采用毛管滴灌和滴头滴灌技术,比传统沟灌分别节水 71.2% 和 65.8%,节水效果十分显著;膜下沟灌因沟上覆膜抑制水分蒸发、膜上沟灌因在土壤湿润区覆膜,相对传统沟灌也可节水 50% 左右。以上仅节水措施一项,就可节约成本 850.5~1 227 元/hm²,对贫穷的山区农民而言,效益十分显著。

3 讨论与结论

日光温室属高投入高产出的设施农业,节水灌溉必须在提高效益的基础上注重“节”字^[4]。谢冬梅等通过 3 a 试验得出,在其它灌溉设施不具备的条件下,垄上开小沟,人为控制根系双侧大小沟交替进行灌溉最为合理,既减少病虫害危害,也明显提高产量产值,并采取在辣椒生殖生长关键需水期少量多次进行灌溉,使灌溉量为根系生长范围内田间最大持水量。本试验表明,不同灌溉方式对辣椒株高、茎粗、产量均有影响。产量为膜下沟灌>传统沟灌>滴头滴灌>膜上沟灌>毛管滴灌;节水效果为毛管滴灌>滴头滴灌>膜下沟灌>膜上沟灌>传统沟灌。综合考虑得出宁南山区日光温室栽培辣椒比较适合采用平垄滴头滴灌和“V”垄膜下沟灌两种方式。传统沟灌虽然设备折旧费低于滴灌和膜下沟灌,然而农药肥料、用工费却明显高于滴灌和膜下沟灌^[5]。刘明池等认为传统的沟畦灌溉方式由于灌溉简便,除水费外几乎没有其它投入,仍然是目前蔬菜生产中的主要灌水方式,水资源浪费严重,蔬菜水分管理不合理,尤其是近地面空气层相对湿度比棚室

表 4 宁南黄土丘陵区设施辣椒全生育期需水量(m³/hm²)

Table 4 The water requirement of greenhouse pepper in the whole growth period in southern Ningxia loess hilly region

项目 Item	时间 Date(M - d)	A	B	C	D	E
营养生长期 (门椒前) Vegetative growth stage (The first pre-pepper)	02 - 21	483.90	218.10	127.50	63.75	85.50
	02 - 28	385.95	191.4	250.20	96.15	114.75
	03 - 07	438.15	210.75	184.95	81.60	108.45
	03 - 22	394.80	212.25	229.05	63.75	86.70
	03 - 29	446.40	191.40	216.90	63.75	89.25
	04 - 15	461.70	222.45	242.40	88.05	107.85
	04 - 20	479.55	242.4	244.95	76.50	94.35
营养生长与生 殖生长期并进 期(盛果期) Vegetative and reproductive growth stage (Vigorous period)	04 - 23	0	0	0	71.40	89.25
	04 - 26	382.65	191.40	165.75	63.75	102.00
	04 - 29	471.90	238.50	196.50	102.00	114.75
	05 - 13	382.65	204.15	216.90	89.25	107.10
	05 - 19	484.65	219.45	153.00	100.80	102.00
	05 - 22	0	0	0	102.00	121.20
	05 - 25	484.65	216.90	229.65	102.00	121.20
	05 - 28	0	0	0	76.50	102.00
	05 - 30	459.15	210.15	216.90	96.90	106.20
	06 - 02	0	0	0	94.65	121.20
	06 - 05	478.05	220.65	237.30	95.70	114.75
	06 - 12	446.40	227.10	191.40	95.70	102.00
	06 - 17	484.65	235.95	242.40	102.00	127.50
	06 - 19	0	0	0	122.40	127.50
	06 - 24	510.30	242.40	248.70	102.00	122.40
末期 Telophase	06 - 29	497.40	223.20	242.40	81.60	127.50

表 5 宁南黄土丘陵区设施辣椒不同灌溉
方式灌水量及节水效益

Table 5 The irrigation and water-saving benefits of different irrigation
methods for greenhouse pepper in southern Ningxia loess hilly region

处理 Treatment	总灌水量 Total irrigation quantity(m ³ /hm ²)	节水率(%) Water-saving rate	节水效益 Water-saving benefits (元/hm ²)
A	8623.5	0	0
B	4368.0	49.3	850.5
C	4285.5	50.3	867.0
D	2482.5	71.2	1227.0
E	2946.0	65.8	1135.5

注:农业用水价格以 0.2 元/m³ 计算。
Note: The agricultural water price is 0.2 yuan/m³.

外高 3~4 倍,一般在 80%~90%。本研究采用的滴灌虽然在设备上一次性投资大,但使用方便且使用年限长,其它投入少,从定植到拉秧滴灌温室比沟灌温室少用工 41%,农药投入仅为传统沟灌温室的 50%。膜下沟灌比传统沟灌温室少用工 20%,农药投资减少 24%。

传统沟灌不仅不能解决灌溉水的浪费还会导致室内湿度大引发的病虫害等问题,再者,冬季传统沟灌水温过低不利于作物的正常生长;膜下沟灌较传统沟灌室内空气相对湿度低,病虫害的发生程度小,节水、增产、增效、提高品质效果明显^[14]。此外,使用膜下沟灌的一次性投入也少,根据宁南丘陵地区农民现有的经济条件和文化素质,膜下沟灌是一种易被广大农户所接受的灌溉技术;滴头滴灌虽一次性投资较大,并且还需要根据蔬菜需水规律调节灌溉时间和灌溉水量,技术较难掌握,但滴头滴灌节水效果好,产出投入比高,设备投资还本率也高,可以做到当年投入,当年收回成本^[15]。从目前发展趋势看,在经济情况和农民文化素质相对落后的地区膜下沟灌为首选,在规模园区内则是滴头滴灌方式应用前景更加广阔。

参考文献:

[1] 李清明,邹志荣,郭晓冬,等.不同灌溉上限对温室黄瓜初花期生长动态、产量及品质的影响[J].西北农林科技大学学报,

- 2005, 33(4):47—51.
- [2] 韩清芳, 马 林, 苗吸旺. 密客集水节灌地膜栽培辣椒研究初探[J]. 干旱地区农业研究, 1999, 17(2):45—48.
- [3] 李宗平, 谢冬梅, 李娟萍. 乐都县干旱山区集雨补灌高效农业研究[J]. 水土保持学报, 2003, (6):148.
- [4] 谢冬梅, 李宗平, 张淑贞, 等. 山旱地日光温室辣椒集水节灌试验研究[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(1):113—116.
- [5] 赵 财, 黄高宝, 邓 忠. 三种节水灌溉技术对日光温室黄瓜生产效率和经济效益的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2006, 42(1):52—55.
- [6] Rasoulzadeh, Sepaskhah A R. Scaled infiltration equations for furrow irrigation[J]. Biosystems Engineering, 2003, 86(3):375—383.
- [7] Fariborz Abbasi, Jan Feyen, Van Genuchten M Th. Two dimensional simulation of water flow and solute transport below furrows: model calibration and validation[J]. Journal of Hydrology, 2004, 290:63—79.
- [8] 于贤昌. 土壤含水量对温室嫁接和自根黄瓜生长和生理特性的影响[J]. 应用生态学报, 2002, 9(11):58—61.
- [9] 杨丽娟, 张玉龙, 须 晖. 温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.
- [10] 孙文涛, 张玉龙. 滴灌条件下水肥耦合对温室番茄产量效应的研究[J]. 土壤通报, 2005, 36(2):202—205.
- [11] 刘明池, 刘向莉. 不同灌溉方式对番茄生长和产量的影响[J]. 华北农学报, 2005, 20(1):93—95.
- [12] 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.
- [13] 李晶晶, 王铁良, 李 波, 等. 不同灌溉方式对日光温室青椒生长及产量的影响[J]. 灌溉排水学报, 2008, 28(1):110—112.
- [14] 罗金耀, 李少龙. 我国设施农业节水灌溉理论与技术研究进展[J]. 节水灌溉, 2003, (3):11—14.
- [15] 郭文忠, 陈青云, 高丽红, 等. 设施蔬菜生产节水灌溉制度研究现状及发展趋势[J]. 农业工程学报, 2005, 21:24—27.

The influence of different irrigation methods on greenhouse pepper growth and yield in the loess hilly regions of southern Ningxia

WANG Rui^{1,2}, SUN Quan¹, LI Jian-she¹, ZHANG Yuan-pe³

(1. Agriculture College, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China;

2. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

3. Agricultural Bio-Technology Center, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan, Ningxia 750002, China)

Abstract: An experiment was conducted to find out the impact of irrigation methods on greenhouse pepper growth and yield in the typical semiarid loess hilly regions of southern Ningxia. Under the condition of the normal growth of pepper, different periods and different irrigation volume were set to calculate the total irrigation volume and then measure the growth indicators and production. The results showed that: Under different modes of irrigation, pepper plant height, stem diameter and yield were significantly different. Under capillary drip irrigation, the plant height and SPAD were the largest; while under furrow irrigation under mulch, the plant height was the shortest and the stem diameter was the thickest. The yield of furrow irrigation under mulch was the highest and could save water by 50.3% compared with furrow irrigation, the following was emitter drip irrigation, while the yield under capillary drip irrigation was the minimum. Compared with furrow irrigation, the capillary drip irrigation and emitter drip irrigation technology could save water by 71.2% and 65.8%, and the water-saving efficiency was significant; the water-saving rate of furrow irrigation under mulch and on mulch was near 50%, and the water production cost efficiency was 850.5 ~ 1227 yuan/hm². So drip emitter irrigation and furrow irrigation under mulch are suitable for greenhouse pepper in the loess hilly regions of southern Ningxia.

Keywords: irrigation method; greenhouse pepper; hilly area of southern Ningxia