

# 蔬菜日光温室问题调查与水肥一体化技术探讨

李 铮, 王晋民, 王海景, 许云文

(山西省土壤肥料工作站, 太原 030001)

**摘 要:** 山西蔬菜日光温室近几年发展迅速, 但由于盲目灌水、施肥、施药, 造成水资源浪费、肥料利用率降低、土壤盐分积累、农产品污染及投资效益降低。本文通过对问题的调查, 提出了水肥一体化技术设计方案, 并进行了试验, 节水量  $3482 \sim 4737 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ , 节肥率  $19.4\% \sim 39.0\%$ , 节药率  $48.3\%$ , 增加效益  $18000 \sim 25000 \text{ 元}/\text{hm}^2$ , 并有显著生态、社会效益。

**关键词:** 日光温室; 问题; 水肥一体化; 探讨

**中图分类号:** S147; S152

蔬菜是高需水需肥作物, 长期以来, 由于受水资源条件和气候条件的影响, 山西的蔬菜生产受到了严重制约。近年来, 随着农业产业结构调整 and 农民增收的需要及市场需求, 全省蔬菜面积迅速增加。截止 2002 年底, 全省蔬菜种植面积  $27.10 \text{ 万 hm}^2$ , 占耕地面积的  $6.67\%$ , 总产量  $1072 \text{ 万 t}$ , 平均每公顷产  $3.95 \text{ 万 kg}$ , 总产值  $54.68 \text{ 亿元}$ , 占农业总产值的  $24.07\%$ 。其中, 日光温室蔬菜面积  $1.76 \text{ 万 hm}^2$ , 占蔬菜种植面积的  $6.48\%$ ; 总产量  $103.61 \text{ 万 t}$ , 占蔬菜总产量的  $9.66\%$ ; 平均每公顷产  $5.90 \text{ 万 kg}$ , 是普通蔬菜的  $1.49 \text{ 倍}$ ; 总产值达  $21 \text{ 亿元}$ , 占蔬菜产值的  $38.41\%$ , 占农业产值的  $9.24\%$ 。日光温室已成为农业生产中提高全省人民生活水平和农业增效、农民增收一个不可缺少的重要组成部分。

2003 年我们对全省露地蔬菜、日光温室蔬菜肥水利用情况及耕地质量情况做了调查。调查发现, 日光温室条件下, 为了追求高效益, 农民在生产资料的投入上较普通蔬菜地高  $5 \sim 10 \text{ 倍}$ , 因而造成肥、水、药资源大量浪费, 同时, 耕地质量退化、农产品质量下降的现象也日趋严重。因此, “节水节肥节本增效”显得极为重要。

水肥一体化技术就是具有“三节一增”功能的、具有极大推广潜力的一项实用技术。其节水率达  $40\% \sim 60\%$ , 按畦灌每公顷每季需水量  $5250 \text{ m}^3$  计算, 每公顷可节水  $2250 \sim 3000 \text{ m}^3$ , 全省日光温室可节水  $3951 \sim 5268 \text{ 万 m}^3$ , 这对水资源严重短缺的山西来说尤为必要; 节肥  $30\% \sim 40\%$ , 按每公顷施

有机肥  $180 \text{ t}$ 、化肥  $6000 \text{ kg}$  计, 每公顷可节约有机肥  $54 \sim 72 \text{ t}$ 、化肥  $1500 \sim 3000 \text{ kg}$ , 全省日光温室可节省有机肥  $94.82 \sim 31.61 \text{ 万 t}$ 、化肥  $2.63 \sim 5.27 \text{ 万 t}$ ; 节药按  $50\%$  计, 每公顷节约  $450$  个包装单位, 全省日光温室可节约  $790.2$  万个包装单位; 仅此 3 项平均每公顷可节资  $9000 \text{ 元}$ , 加提质增效  $6000 \text{ 元}/\text{hm}^2$  计, 全省可节本增效  $2.63 \text{ 亿元}$ 。

## 1 山西蔬菜日光温室问题调查

随着日光温室收入的增加, 农民的投入也不断加大, 由此带来的盲目投入、浪费资源、污染环境、农产品质量下降的现象也日趋严重。

### 1.1 盲目增加投入, 相对效益降低

对盐湖区 83 个农户日光温室的调查表明, 在一定投入范围内, 产量、产值效益同投入成正比关系, 日光温室黄瓜、番茄产量分别比露地条件下高出  $5.27$ 、 $5.82 \text{ 倍}$ , 产值高出  $8.10$ 、 $7.53 \text{ 倍}$ , 投入高出  $10.85$ 、 $15.25 \text{ 倍}$ , 但产投比却低  $2.04$ 、 $1.36 \text{ 倍}$  (表 1)。

### 2.2 盲目增加灌水量, 造成水资源的浪费

据 2003 年盐湖区农户日光温室调查, 本区域日光温室种菜的农户, 实行沟灌、畦灌, 整个蔬菜生长周期中, 每公顷日光温室灌水次数  $10 \sim 20 \text{ 次}$ , 每次  $470 \sim 630 \text{ m}^3$ , 总灌水量  $4700 \sim 11000 \text{ m}^3$ , 平均  $7670 \text{ m}^3$ 。

### 2.3 盲目加大施肥量, 造成肥料利用率降低, 土壤环境污染, 农产品质量下降

对晋中 262 户日光温室农户调查表明, 每公顷有机肥用量平均达  $203 \text{ t}$ , 化肥 (多为易溶性化肥和一些

表 1 日光温室与露地蔬菜产量、产值、投入及效益比较

Table 1 Comparison between greenhouse and the open vegetable fields in yield, production value, input and benefit

蔬菜类型	日光温室				露地			
	产量	产值	成本	产投比	产量	产值	成本	产投比
	(kg/hm <sup>2</sup> )	(元/hm <sup>2</sup> )	(元/hm <sup>2</sup> )		(kg/hm <sup>2</sup> )	(元/hm <sup>2</sup> )	(元/hm <sup>2</sup> )	
黄瓜	138405	174945	75225	1.35	26250	21600	6930	3.2
番茄	117000	112500	67500	1.67	20085	14940	4425	3.4

注：劳动力不计成本。

冲施肥) 18800 kg, 肥料投资达 3 万多元。对日光温室技术较高的运城调查表明, 平均每公顷有机肥用量 188 t, 最高达 313 t; 化肥平均 7168 kg, 最高达 14430 kg, 施肥比例失调, N、P 比例偏高, 肥料利

用率明显下降, N 的利用率仅 25% 左右, 由此造成土壤中盐分明显积累, 比露地蔬菜土壤盐渍化程度明显加重 (表 2), 而且, 日光温室种植年限越长, 盐分积累越严重 (表 3)。

表 2 不同栽培条件不同剖面层次盐分变化情况

Table 2 Variation of salinity in different layers of a profile under different planting conditions

栽培条件	盐分类型	0 ~ 25 cm	25 ~ 50 cm	50 ~ 100 cm	100 ~ 150 cm
日光温室	全盐量 (g/kg)	2.46	2.02	1.83	1.62
	氯离子 (g/kg)	0.103	0.102	0.073	0.064
	硝酸盐 (mg/kg)	66.89	5.04	36.73	34.15
露地	全盐量 (g/kg)	0.88	1.16	1.44	1.47
	氯离子 (g/kg)	0.036	0.051	0.093	0.096
	硝酸盐 (mg/kg)	5.90	3.85	4.20	5.60

表 3 日光温室不同种植年限耕层盐分变化情况

Table 3 Variation of salinity in the plough level with duration of the cultivation

种植年限 (年)	全盐量 (g/kg)	氯离子 (g/kg)	硝酸盐 (mg/kg)
3 ~ 5	1.66	0.053	29.65
6 ~ 10	2.39	0.088	52.68

## 2.4 农药用量增加, 造成投入加大, 农产品污染

由于灌水量过大, 使日光温室内湿度增加, 土壤温度难以调控, 导致病虫害发生程度上升, 如白粉虱、蚜虫、霜霉病、病毒病等。为保证蔬菜不因病虫害的危害而减产, 农民盲目加大药量, 甚至使用国家禁用的高毒、高残留的治病药物及杀虫剂, 不仅导致土壤和蔬菜农药残留加重, 而且危及人的身体健康。据对运城日光温室的调查, 日光温室每季喷农药 (主要有芽虱净、阿威菌素等) 10 次以上, 平均每公顷用量在 900 个包装单位, 比露地蔬菜高 1 ~ 2 倍, 蔬菜农药残留超标率达 10%。同时, 调查

发现, 农民用于灌溉、施肥、施药的投入占到日光温室生产总投入的 30% 以上。栽培 6 年以上的日光温室其生产效益已明显下降, 病虫害特别严重, 并带来蔬菜生长不良甚至烂根、叶片焦枯、果实畸形、品质下降。据测定, 黄瓜、西红柿中 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 分别为 3200、1600 mg/kg, 西芹、油菜中 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 分别为 6050、2550 mg/kg, 与无公害蔬菜质量控制标准比较, 茄果类超标 3 ~ 5 倍, 叶菜类超标 2 ~ 5 倍。

## 2 水肥一体化技术探索

水肥一体化技术是指借助压力灌溉系统, 将可溶性固体肥料或液体肥料配成肥液与灌溉水一起, 均匀、准确地输送到作物根部土壤的技术。其灌溉、施肥一次完成, 并可按照作物生长需求, 进行全生育期需求设计, 把水分和养分定量、定时, 按比例直接提供给作物。

### 2.1 技术路线

日光温室水肥一体化技术路线如图 1 所示。

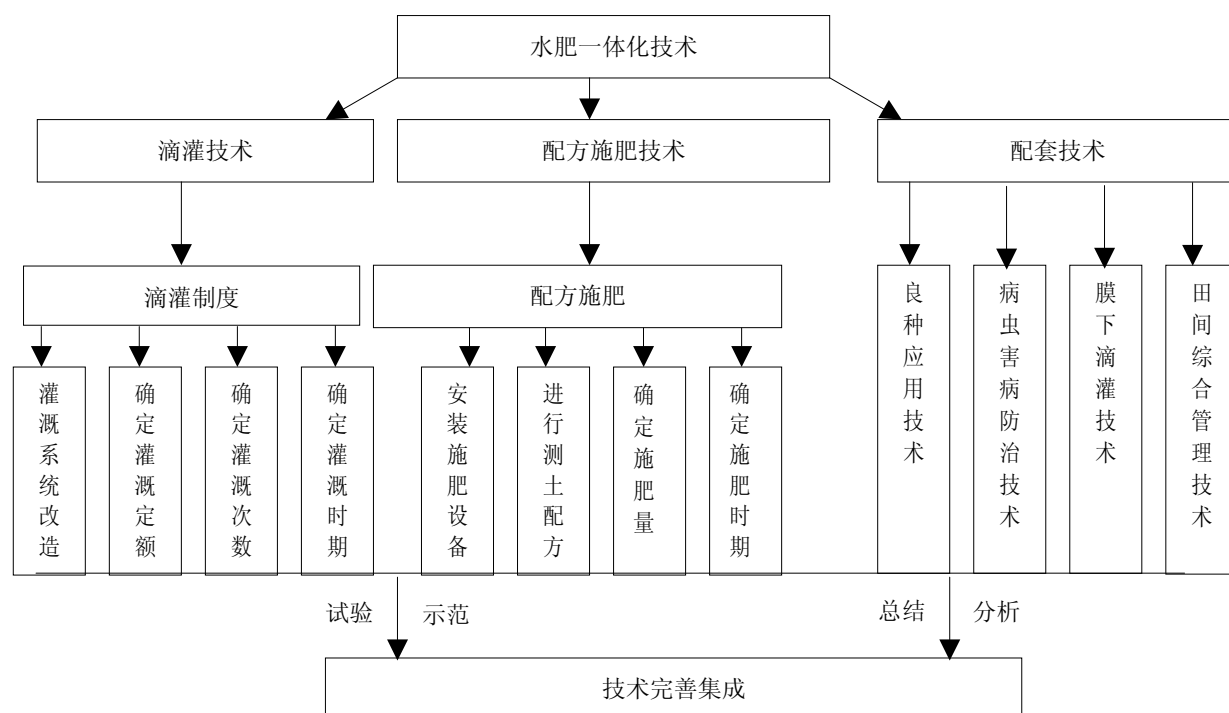


图1 日光温室水肥一体化技术路线

Fig. 1 Technical route of the technology of integrated management of water and fertilizer

## 2.2 操作步骤及注意事项

①利用现有日光温室及灌溉设施；②铺设滴灌管道，保证每株蔬菜根部有1个滴孔，番茄、黄瓜以中孔径滴孔为宜；③首部枢纽安装变频调速器或依靠自压、水泵等控制水压和流量；④在日光温室前，配置活塞注肥泵、配肥容器、滴肥施肥设备，一般可选择文丘里施肥器或压差式施肥罐，施肥罐前可以安装水表，记录每次灌水量；⑤定苗前施足基肥；⑥滴管上面沟垄覆膜，移苗种植。菜苗应栽在滴管旁、膜中央最为适宜；⑦作物生长期间，按照灌溉方案、施肥方案进行灌溉、施肥，施肥在灌溉开始后就可以进行，施肥结束后，要继续清水灌溉15 min，以清洗管道中肥料残液，保护管道不受腐蚀，延长管道使用寿命；⑧同时，进行必要的病虫害防治及田间管理。

## 2.3 灌溉方案设计

根据不同作物的需水规律、土壤质地类型或土壤水分测定结果确定灌水次数、灌溉时间、灌溉量。番茄全生育期可以灌水10~12次，每次每公顷灌水量约180 m<sup>3</sup>，以滴孔间浸润直径刚好重合3~5 cm时停止灌溉，灌溉1次的时间约2 h左右。第1次灌水在定植7~10天后进行，第2次灌水在第一花

序开始结果时进行。以后每隔10天灌1次水。具体灌水时间也可以根据土壤相对含水量13%~14%时即灰墒-黄墒时开始灌水。盛果期以后可以15~20天进行1次灌溉，衰果期可以停止灌水。结合灌水进行施肥，实现水肥同步。黄瓜全生育期可以灌水12~15次，每次每公顷灌水量同番茄，第1次灌水在定植前后进行，第2次进入结瓜期前进行，以后每隔7~10天灌1次水，盛果期后，可以适当减少灌水次数。

## 2.4 施肥方案设计

根据种植作物的需肥规律、地块的肥力水平及目标产量确定总施肥量，N、P、K比例及底、追肥的比例。作底肥的肥料在整地前施入，追肥则按照不同作物生长期的需肥特性，确定其追肥次数、数量和品种。番茄以目标产量7.50万kg/hm<sup>2</sup>计，在移苗前施足底肥，一般每公顷施优质腐熟有机肥8.25万kg，并配施P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 225~300 kg，K<sub>2</sub>O 225 kg。定植7~10天，结合灌水施1次催果肥，腐殖酸液肥450 kg/hm<sup>2</sup>，N 45~75 kg/hm<sup>2</sup>，第一穗果开始膨大时，结合灌水施N 105~150 kg/hm<sup>2</sup>，以后每10天结合灌水追N 45~75 kg/hm<sup>2</sup>，连续5次，在中后期可以喷施2.0 g/kg KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 2~3次。黄瓜以目标产

量 9.00 万 kg/hm<sup>2</sup> 计, 在移苗前施足有机肥, 一般每公顷施优质腐熟有机肥 10.50 万 kg, 配施少量 P、K 肥或 P、K 为主的三元复混(合)肥, 结瓜前期开始结合灌水追施 N 105 ~ 150 kg/hm<sup>2</sup>, 以后每隔 7 ~ 10

天, 结合灌水追 N 45 ~ 75 kg/hm<sup>2</sup>, 连续 7 ~ 8 次; 生长中期, 可以配合 N 肥, 追施 K<sub>2</sub>O 30 kg/hm<sup>2</sup>, 连续 2 ~ 3 次, 或喷施 2.0 ~ 3.0 g/kg KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 2 ~ 3 次。不同蔬菜品种不同目标产量施肥量均有所不同(表 4)。

表 4 水肥一体化技术有机肥及化肥推荐施肥量

Table 4 Recommended application rates of organic manure and fertilizer in the technology of integrated management of water and fertilizer

蔬菜品种	目标产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	有机肥推荐量 (kg/hm <sup>2</sup> )	化肥推荐量(kg/hm <sup>2</sup> )				
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	合计	N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O
番茄	60000	75000	450	225	375	1050	1:0.5:0.83
	75000	82500	525	300	450	1275	1:0.57:0.86
	90000	90000	600	375	525	1500	1:0.63:0.88
黄瓜	75000	90000	675	450	525	1650	1:0.67:0.78
	90000	105000	750	525	600	1875	1:0.7:0.80
	105000	120000	825	600	675	2100	1:0.73:0.82

## 2.5 日光温室水肥一体化技术的应用

2003 年, 按照设计方案在运城、临汾等市进行了水肥一体化技术的试验示范。

**2.5.1 试验结果** 万荣县里望乡里望村试验点的试验结果表明, 实施水肥一体化技术, 比常规技术增产 2.93% ~ 4.97%; 蔬菜质量有较大提高, 外形光泽、形状都较常规施肥大有改观。在节本增效方面效果极其显著, 节水量每公顷 3482 ~ 4737 m<sup>3</sup>, 节省有机肥 10.50 ~ 13.50 万 kg, 节省化肥 450 ~ 825 kg, 节肥率 19.4% ~ 39.0%; 节药量 405 ~ 420 个包装单位, 节药率 43.5% ~ 48.3%; 灌溉、施肥、施药

3 项节约成本合计: 番茄为 13228 元/ hm<sup>2</sup>, 黄瓜 10773 元/hm<sup>2</sup>, 劳动成本也可节省 2350 元/ hm<sup>2</sup>, 从而使单位面积纯效益也增加, 番茄提高 15578 元/ hm<sup>2</sup>, 黄瓜提高 13123 元/ hm<sup>2</sup> (表 5)。

**2.5.2 水肥一体化技术效益分析** 多点试验、示范结果表明, 实施水肥一体化技术, 每公顷节约水电投资 1330 ~ 2040 元, 节约肥料投资 6000 ~ 8000 元, 节约农药投资 2800 ~ 3200 元, 减少劳动力投入 230 ~ 310 个, 折合投资 2300 ~ 3100 元, 增产提质增加收入 6270 ~ 9410 元, 合计节本增效 18000 ~ 25000 元。

表 5 不同技术措施灌溉、施肥、农药投入比较

Table 5 Comparison between different technical strategies in irrigation, fertilization and pesticide input

技术 类型	作物类型	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	产值 (元/hm <sup>2</sup> )	效益 (元/hm <sup>2</sup> )	灌溉水		施肥				施药		灌水施肥
					用量 (m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )	成本 (元/hm <sup>2</sup> )	有机肥		化肥(折纯量)		用量 (单位包 装/hm <sup>2</sup> )	成本 (元/hm <sup>2</sup> )	施药成本 合计 (元/hm <sup>2</sup> )
							用量 (kg/hm <sup>2</sup> )	成本 (元/hm <sup>2</sup> )	用量 (kg/hm <sup>2</sup> )	成本 (元/hm <sup>2</sup> )			
常规技术	番茄	80424	168879	101984	5490	1922	235000	9400	2200	8500	910	6557	26379
	黄瓜	10671	192440	117388	7373	2580	235000	9400	2400	9200	973	6808	27988
水肥一体	番茄	82855	182275	124380	2008	703	94000	3760	1300	5300	471	3388	13151
化技术	黄瓜	12063	224126	161400	2635	922	125000	5000	1960	7450	549	3843	17215

## 3 结论

水肥一体化技术, 因地制宜制定灌溉、施肥方案, 在灌水量、施肥量及其灌溉、施肥时间控制等方面都达到了很高的精度, 减少了水分下渗和养分的移动淋失, 不仅协调和满足供应作物生长对水肥

的需求, 提高了农产品产量, 而且可较好地解决土壤养分富集和盐渍化问题, 减少农产品污染。水肥一体化技术明显控制由于盲目过量施肥造成的地下水及土壤环境的污染, 减少农药残留污染, 有效改善农田生态环境, 改善水资源短缺状况, 对促进农

业可持续发展意义重大。

#### 参考文献：

- [1] 高贤彪主编. 蔬菜施肥新技术. 北京：中国农业出版社, 2001
- [2] 吕英华主编. 无公害蔬菜施肥技术. 北京：中国农业出版社, 2003
- [3] 陈伦寿, 陆景陵编著. 蔬菜营养与施肥技术. 北京：中国农业出版社, 2001
- [4] 王晋民, 李铮, 张藕珠, 杜文波, 张国进. 山西省耕地资源合理配置的初步探讨. 土壤, 2004, 36 (2): 145-150
- [5] 李文庆, 张民, 李海峰, 咎林生. 大棚土壤硝酸盐状况研究. 土壤学报, 2002, 39 (2): 283-287
- [6] 焦坤, 李德成. 蔬菜大棚条件下土壤性质及环境条件的变化. 土壤, 2003, 35 (2): 94-97

## Problems with Greenhouse and Technology of Integrated Management of Water and Fertilizer

LI Zheng, WANG Jin-min, WANG Hai-jing, XU Yun-wen

(Soil and Fertilizer Workstation of Shanxi Province, Taiyuan 030001, China)

**Abstract:** In recent years greenhouses are expanding rapidly for vegetable cultivation in Shanxi, but blindness in irrigation、fertilization and pesticide application in greenhouse cultivation are causing a series of problems, such as waste of water, lower fertilizer use efficiency, salt accumulation, contamination of farm produce and reduced benefit of investment. Based on findings of the investigation of these problems, a new technical scheme named integrated management of water and fertilizer, was recommended and tested. Results of the experiment indicated that the new technology saved water by  $3482 \sim 4737 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ , fertilizer by 19.4% ~ 39.0%, and pesticide by 48.3%, thus increasing the benefit by  $18000 \sim 25000 \text{ yuan}/\text{hm}^2$ . Besides, it had also created remarkable ecological and societal benefits.

**Key words:** Greenhouse, Problem, Integrated management of water and fertilizer, Decision