

# 新型日光温室人工生态系统中生态因子的优化配置

王 静<sup>1</sup>, 薛 芒<sup>1</sup>, 林茂兹<sup>1</sup>, 吴 旭<sup>1</sup>, 肖国举<sup>1</sup>, 李召祥<sup>1</sup>, 王彦平<sup>2</sup>, 谢永胜<sup>2</sup>, 李效仁<sup>2</sup>, 徐 彤<sup>2</sup>

(1. 兰州大学干旱农业生态国家重点实验室, 兰州 730000; 2. 宁夏固原市原州区蔬菜站, 固原 756000)

**摘要:**针对日光温室中的午间高温、高湿、病虫害发生率高, 频繁地使用农药等一系列问题, 已研制了具有阴、阳棚结构的新型日光温室, 它通过阴、阳棚之间的热交换, 既可降低阳棚的午间高温, 推迟并缩短了阳棚午间 30℃以上的高温, 又可提高夜间低温, 其日平均温度比对照(二代日光温室)气温提高了 3.8℃, 地温提高了 4.2℃; 光照总入射量比对照平均增加 13.5%;  $\geq 85\%$  湿度平均减少 4.7h/d; 病虫害发生率及农药使用量比对照减少 85%以上。将阳棚午间多余的热量补充给阴棚, 可使其温度提高 3~5℃, 把单屋面日光温室背面的遮荫区(大多都闲置)转化为生产区, 使土地利用率从 43.8%提高到 68.8%; 该日光温室可提供两种不同光照、温度等条件的温室人工生态系统。在该系统中基本实现了光、温、水、土、CO<sub>2</sub> 等生态因子的优化配置, 有效提高了系统的生产力。

新型日光温室-集水工程-沼气池联体构筑为半干旱地区农业可持续发展提供了很好的技术平台。

**关键词:**新型日光温室; 生态因子; 优化配置; 温室生产力

## A new kind of sunlight greenhouse—the research on the optimal distribution of the ecological factors in the artificial greenhouse ecological system

WANG Jing<sup>1</sup>, XUE Mang<sup>1</sup>, LIN Mao-Zi<sup>1</sup>, WU Xu<sup>1</sup>, XIAO Guo-Ju<sup>1</sup>, LI Zhao-Xiang<sup>1</sup>, WANG Yan-Ping<sup>2</sup>, XIE Yong-Sheng<sup>2</sup>, LI Xiao-Ren<sup>2</sup>, XU Tong (1. *State Key Laboratory of Arid Agroecology, Lanzhou University, Lanzhou 73000, China*; 2. *Yuanzhou vegetable station of Guyuan, Ningxia, Guyuan 756000, China*). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(7): 1336~1343.

**Abstract:** To solve the questions in the greenhouse such as the high temperature and the humidity at noon, the high rate of the plant diseases and insect pests and the high frequency of using pesticide, we invent a new kind of sunlight greenhouse with canopy structure of negative and positive. Due to the hot exchange between negative canopy and positive canopy, it can reduce the positive canopy's high temperature at

**基金项目:**中华农业科教基金资助项目(97-01-03); 国家重点基础研究发展计划资助项目(G200048603); 甘肃省计委资助项目(甘计投[2000]736号); 宁夏农牧厅资助项目{宁农(产办)发[2002]163号}

**收稿日期:**2003-02-25; **修订日期:**2003-05-02

**作者简介:**王 静(1946~), 女, 辽宁铁岭人, 教授, 从事农业生态学, 环境生态学等方面的研究。E-mail: wangjing295@sina.com

**Foundation item:** Chinese Agriculture Science and Education Fund (No. 97-01-03), National Development Planning on Important Basic (No. G200048603) and Farming Development of Ningxia Province ([2002]163)

**Received date:** 2003-02-25; **Accepted date:** 2003-05-02

**Biography:** Wang Jing, female, born in 1946, professor, main research field: agroecology and eco-environment. E-mail: wangjing295@sina.com

noon. It can not only postpone and shorten the time in which the positive canopy's temperature is more than 30 °C at noon but also improve the low temperature at night. In comparison with the two generations of sunlight greenhouse the average temperature has improved 3.8 °C and ground temperature has improved 4.2 °C. The amount of the sunlight is more than the comparison by 13.5%. The time in which the humidity is over 85% reduce 4.7h/d, the rate of plant diseases and insect pests without agriculture chemical reduce more than 85%. The surplus quantity of heat of the positive canopy to supplement to negative canopy can make its temperature increase 3~5 degrees Centigrade. This kind of sunlight greenhouse turns the areas of the back of the single canopy sunlight greenhouse to the production areas, and the utilization rate of soil is increased from 43.8% to 48.8%. This sunlight greenhouse can offer two kinds of artificial greenhouse ecological system different in sunlight, temperature condition, etc. This system reached the optimal distribution of the ecological factors such as sunlight, temperature, water, carbon-dioxide and soil etc. It is effective to increase the productivity of this system.

Combined construction of rainwater catchment with methane pool and new sunlight greenhouse supports the techniques for the sustainable of the semi-arid area agriculture.

**Key words:** new kind of sunlight greenhouse; the ecological factors; the optimal distribution; greenhouse productivity

文章编号:1000-0933(2003)07-1336-08 中图分类号:S210 文献标识码:A

近年来,广布于我国北方各地的日光温室(有的地方俗称大棚)发展迅猛,其设施及栽培水平的提高已成为我国北方蔬菜生产的一大创举,有力促进了全国蔬菜商品大流通,市场周年提供水平明显改善,蔬菜季节差价逐渐缩小,冬春淡季供应的品种大大增加,且产品质量有所提高<sup>[1]</sup>。为有效解决城乡的“菜篮子”和调整农业产业结构,促进农业产业化,增加农民收入做出了卓越的贡献,具有很好的可持续性,已成为一种新型的人工生态系统。但由于日光温室具有高温、高湿、封闭和连茬种植的特点,为蔬菜病虫害的周年危害和繁殖提供了适宜的气候条件及越冬场所,温室中蔬菜病虫害种类增多,危害程度显著加重,随之农药的使用种类与使用频率迅速增加,已直接影响到温室中农产品质量的安全性。这是一个不容忽视且迫在眉睫的需要深入研究的问题。近年来本课题组以温室人工生态系统中生态因子的优化配置为解决上述问题的切入点,进行日光温室中多种技术的重组与配套,以减少病虫害的发生,实现基本不用或尽可能少用农药、化肥等化学物质为目标,进行绿色食品的生产。并坚持节约及充分地利用资源,取得了初步的成果。

## 1 研究方法

### 1.1 日光温室中存在的问题

目前的单屋面日光温室虽提高了耕地的生产力,但由于后墙背面的遮荫区基本闲置,造成了土地资源的浪费;日光温室的采光性、保温性、温室内的光量及其分布制约着温室的生产力<sup>[2~4]</sup>;温室通常采用“扒缝通风”的方法降低午间高温及高湿,虽然有效,但在北方,冬季热量是极为宝贵的资源,“扒缝”就造成了热资源的丢失;夜间低温(尤其是突发的降温)亦是制约温室生产力的又一因素;温室在夜间由于植物呼吸作用及土壤释放 CO<sub>2</sub>,揭帘前室内 CO<sub>2</sub> 浓度通常可高达 1000 μmol/L 以上,揭帘后,由于室内作物光合作用的增强,室内 CO<sub>2</sub> 浓度迅速降低,正午自然通风前后,CO<sub>2</sub> 浓度可降至 200~270 μmol/L 之间,最低达到 175.32 μmol/L<sup>[5,6]</sup>,此时光照充足,正值作物光合作用的高峰期,出现的严重的午间“光饥饿”,亦制约了温室生产力的提高;温室午间高温与高湿导致病虫害发生日趋严重<sup>[7]</sup>,通常采取 7~10d 喷施一次农药(有的 3~5d 一次),到 2000 年春,温室中使用的农药种类已多达 30 余种,2002 年底已增至 40 余种,农药残留问题严重威胁着温室中农产品的安全性。温室是一种新型的人工生态系统,光、温、水、气等多个生态因子综合作用及多项技术的组合决定着该系统的稳定性及生产力的高低,这是目前温室研究中的薄弱环节。

### 1.2 日光温室生产辅助设施的改造

针对日光温室中存在的上述问题,分析了各种类型日光温室结构的优缺点,结合当地气候学与资源特

点,对日光温室结构及辅助设施进行了改造。已具有阴、阳棚结构的新型日光温室(即本文中的试验温室,图1),对温室的采光面、脊高、墙体、温室结构及气体交换通道等多方面进行了改进。在北方一般阳棚面积为320~350m<sup>2</sup>,阴棚面积为200~250m<sup>2</sup>。1998年陆续在甘肃会宁县,静宁县与宁夏固原市的建成试验点,并进行了新型日光温室与集水工程(包括集水面与贮水水窖)、沼气池联体构筑的研究,以沼气池为纽带将阳棚的种植业与阴棚的养殖业联为一体,产生的沼气燃烧主要用于提高阴棚的温度,产生的CO<sub>2</sub>补充解决阳棚内午间CO<sub>2</sub>饥饿问题,沼液与沼渣作为有机肥用于温室生产中,温室的棚面与温室附近的路面共同作为集水面,将收集的雨水蓄存于水窖中,提供了温室的生产用水。有效地解决了半干旱地区冬季温室生产的水资源亏缺问题。其中新型日光温室已申请了国家发明专利。

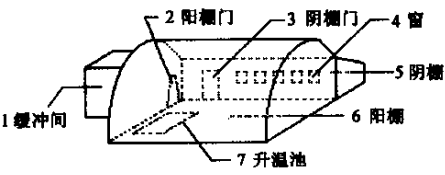


图1 试验温室立体示意图

Fig.1 The solid sketch map of experiment greenhouse

的种植业与阴棚的养殖业联为一体,产生的沼气燃烧主要用于提高阴棚的温度,产生的CO<sub>2</sub>补充解决阳棚内午间CO<sub>2</sub>饥饿问题,沼液与沼渣作为有机肥用于温室生产中,温室的棚面与温室附近的路面共同作为集水面,将收集的雨水蓄存于水窖中,提供了温室的生产用水。有效地解决了半干旱地区冬季温室生产的水资源亏缺问题。其中新型日光温室已申请了国家发明专利。

1.3 温室人工生态系统中生态因子优化配置——温室生产技术体系的研究

以当地的二代日光温室(面积294m<sup>2</sup>,容积843m<sup>3</sup>)为对照,新型日光温室阳棚(面积为324m<sup>2</sup>,容积为1087m<sup>3</sup>),以下简称阳棚;阴棚面积(232m<sup>2</sup>,容积580m<sup>3</sup>),以下简称阴棚。系统地测定并比较分析了光照、温度、水与湿度、CO<sub>2</sub>等诸生态因子的状况。测试仪器为CIRAS-1便携式光合仪,照度计,温湿度记录仪与CO<sub>2</sub>气体分析仪(CO<sub>2</sub> gas analyzer, Model CI-301, CID Inc U. S. A)等。

1.3.1 光 着重研究了新型日光温室采光面,脊高及结构等,改进后光合有效辐射的变化情况,此外还研究了对阳棚后墙面的不同处理,分别用土泥抹光及加挂反光膜对温室中光照以及其他因子的影响。

1.3.2 温度 阳棚与阴棚温度状况;阴、阳棚之间热交换引起温度变化情况;悬挂反光膜及延长通风时间对温度的影响。分别研究了温室中气温与地温的变化情况。

1.3.3 水及湿度 温室结构的改进;采用膜下滴灌与控灌,调整灌水次数、灌水量、及灌水时间;高起垄,垄上覆膜,膜下种植;垄间覆盖麦草等多种措施,达到既保证作物生长用水,又实现节水,降低湿度的目的。

1.3.4 CO<sub>2</sub> 温室中CO<sub>2</sub>的变化及午间光饥饿也影响着提高温室生产力,主要进行了沼气燃烧及延长通风时间补充CO<sub>2</sub>的研究。

1.3.5 病害及农药使用情况 记录温室中病虫害发生及农药使用情况。

2 结果与分析

2.1 生态因子

2.1.1 光环境 图2是在1999年冬至日测定的阳棚中部不同高度日照日变化及其与对照温室不同高度日照累积的比较测定结果。结果表明阳棚日照累积较对照平均增加13.5%,距地面0.05m处增加幅度达19.1%。所测的试验温室和对照温室距地面0.05m,0.8m,1.45m,2m高度的两组光累积数据由表1给出。

用SAS软件进行方差分析结果如下。

表1 试验温室与对照温室不同高度光累积

Table 1 Diurnal illumination accumulation at different height of experimental greenhouse and control greenhouse

距地面高度 (m) Height	试验温室(×10 <sup>4</sup> lx) Experimental greenhouse	对照温室(×10 <sup>4</sup> lx) Control greenhouse
0.05	86.94	73.006
0.8	89.267	78.449
1.45	93.346	87.986
2	100.85	86.674

方差程序分析

Analysis of Variance Procedure

方差基础:光累积

Dependent variable:LA

来源 Source	平方和 Sum of Squares	均方 Mean Square	F value	Pr > F
万方数据	DF			

模式 Model	4	481.975014	120.493753	14.31	0.0270
误差 Error	3	25.258660	8.419553		
修正数	7	507.233674			
Corrected total					

	$R^2$ R-Square	变异系数 C. V.	均方误差方根 Root MSE	光累积均值 LA Mean	
	0.950203	3.332746	2.90165	87.0648	
来源 Source	自由度 DF	方差 SS Anova	均方 Mean Square	$F$ value	$Pr > F$
数量 Quantity	3	236.796646	78.932215	9.37	0.0493
光累积 Light	1	245.178368	245.178368	29.12	0.0125
光累积应用均方方差假设误差检验					

Tests of Hypotheses using the Anova MS for LIGHT as an error term

来源 Source	DF	Anova SS	Mean Square	$F$ value	$Pr > F$
数量 Quantity	3	236.796646	78.932215	0.32	0.8238

方差分析结果表明差异极显著。说明试验温室的采光面曲线及脊高的设计比二代日光温室更为合理,显著改善了温室中光环境,能量输入比对照增加 13.5%,且中墙墙体用泥抹光亦可增加光的反射,有利于温室内气温及地温升高。图 3 为阴棚的光照情况,表明阴棚中日均平均光照度为 7Klx,超过平均值的时间为 4.5~5h/d,在 10:30~13:40 光照度可达 10Klx 以上。阴棚的光照较弱。

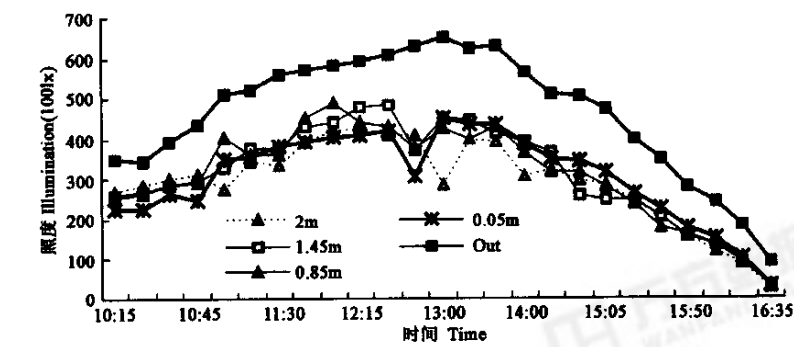


图 2 试验温室中部冬至日不同高度及室外 2m 高度光照的日变化

Fig. 2 Diurnal variation of illumination at different height on winter solstice day inside out of greenhouse

2.1.2 温度 图 4、图 5 分别是在阴棚覆盖状态下的阳棚、阴棚与对照温室、室外温度(1998 年 12 月 12 日~22 日)的平均气温变化情况,表明阳棚的气温比对照平均高 3.8℃,9 d 内最低气温阳棚为 12℃,而对照为 8℃,前者高出 4℃,最大差值达 8.3℃。虽然阳棚的前屋面面积比对照大 30m<sup>2</sup>,就意味着温室中能量的主要散失途径——前屋面贯流放热增加了 7%左右,但实测结果表明阳棚内的气温高于对照。阴棚中的气温平均变化基本稳定在 3~4℃范围内,与同期室外温差达 8~20℃左右,这一部分能量主要来自阳棚的热传递,说明从上午 11:00 开始通风,利用阳棚多余的热量可使阴棚增温 3~5℃,冬季阴棚可获得 4~15℃的温度环境,若用沼气池所产生的沼气燃烧可使 1000m<sup>3</sup> 阴棚增温 4~6℃,阴棚可达到 8~21℃的范围。可进行秋延后或春提前生产。

图 6 表明阳棚的地温比对照平均高 4.2℃,22:00~翌日 8:30 的地温在夜间降温幅度阳棚为 3.7℃,而对照为 5.2℃。说明阳棚的保温能力优于对照。对照温室的保温主要依靠墙体,而试验温室的阴、阳棚之间互为 4~7m 厚的保温气幕,这是任何墙体都无法相比的。加之其中墙的“夹壁墙”结构可有效的将阳棚中白天多余的热量存储起来,夜间缓缓释放以提高夜温,起了“热量调节器”的作用。阴棚可明显降低中墙的内外温差,更好地为墙体蓄热,在连阴天作用更加明显。阳棚的热环境得到明显改善,而阴、阳棚之间的热交

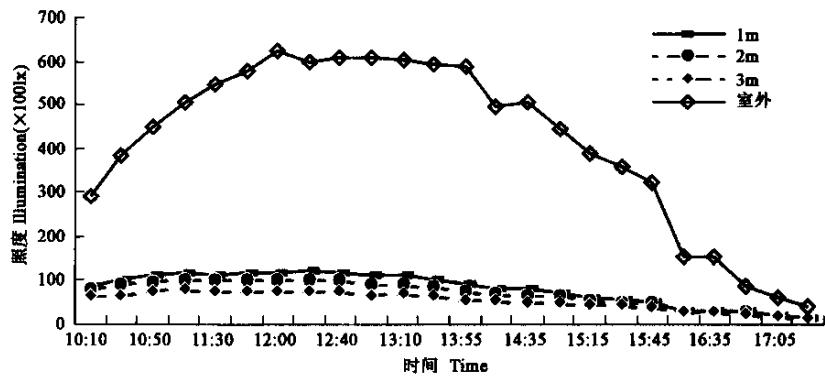


图3 1998年11月25日阴棚中部距北墙不同距离照度日变化

Fig. 3 The diurnal illumination change at different distance to the north wall in the middle of the shady house on 25th, Nov. 1998

换对阳棚的温度基本无影响,在阴、阳棚中强度换气调节、交换热量的过程中,推迟并缩短了 30℃以上高温时间,同时可避免因“扒缝”放风而引起的大幅度降温,节能效果明显。温室内的热传导率较高的土地散热面积相对减少,土壤横向传导放热也得以减弱,有效地提高了地温。延长通风(每天比对照增加 2h)使试验温室在 12:00~14:00 的气温比对照下降了 2.4℃,但其平均温度仍高于 25℃,并不改变温室温度总体变化的趋势。

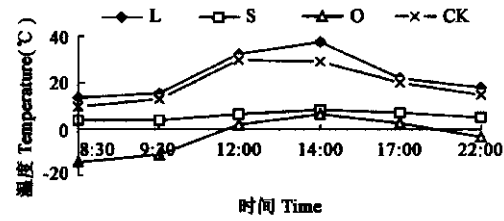


图4 试验、对照温室、室外气温 1998 年 12 月 12~22 日平均气温日变化

S 代表试验温室阴棚, L 为试验温室阳棚, CK 为对照温室, O 代表室外。(阴棚覆盖草帘,以中墙的通风口、麻眼与阳棚进行气、热交换 11:00~13:00)

Fig. 4 The average temperature diurnal change inside out of experiment and control greenhouse during 12th~22th, Dec. 1998 (the shady house covered with grass curtain exchanged the gas and heat with lighting house during 11:00~13:00 between intake and small hole in the middle wall)

The S means the shady house, L, the lighting house, CK, the control greenhouse and O, the outside of the greenhouse

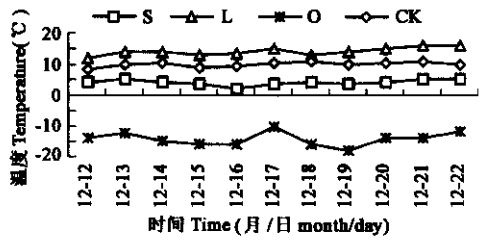


图5 试验、对照温室、室外气温 1998 年 12 月 12~22 日日最低气温变化

S 代表试验温室阴棚, L 为试验温室阳棚, CK 为对照温室, O 代表室外。(阴棚覆盖草帘,以中墙的通风口、麻眼与阳棚进行气、热交换 11:00~13:00)

Fig. 5 The lowest temperature changes inside out of experiment and control greenhouse during 12th~22th, Dec. 1998 (the shady house covered with grass curtain exchanged the gas and heat with lighting house during 11:00~13:00 between intake and small hole in the middle wall)

The S means the shady house, L, the lighting house, CK, the control greenhouse and O, the outside of the greenhouse

**2.1.3 水、湿度** 在联体构筑模式下,在年降水量 400mm 左右的半干旱区,一座长 50m 新型日光温室的棚面(阴、阳棚共约 1000m<sup>2</sup>)集水可基本满足生产用水;阳棚采用的膜下行间滴灌,每次灌水量 2.5~5m<sup>3</sup> 左右,间隔 6d。对照为漫灌,每次灌水量约为 18.6m<sup>3</sup> 左右,间隔为 7d,前者比后者节水 56%;分别测定了灌水

后1~3、1~5d的湿度变化,以此代表两次灌溉区间内的相对湿度水平。结果表明,滴灌后第2天相对湿度就下降了27%,使温室内湿度长时间保持在30%~90%之间,而漫灌后第5天最低湿度仍在36%以上,3d内≥85%相对湿度的总时间滴灌为25h,而漫灌为39h,前者比后者平均少4.7h/d,说明采用膜下行间滴灌技术对降低温室内湿度有明显优势,又有效地实现了节水。垄上覆膜,即可提高地温,促进作物根系发育,又可以减少蒸发,还可以抑制盐分上升,降低地表盐分积累;垄间覆麦草既可抑制垄间土壤水分的蒸发,又可以释放CO<sub>2</sub>,增加了气体肥料,还有助于提高地温。

延长通风时间可降低温室内湿度的总体水平,可使温室内平均湿度降低2.3mba,亦是降低湿度的一个有效的办法<sup>[8]</sup>。

2.1.4 CO<sub>2</sub> 研究结果表明,温室午间11:00~13:00 CO<sub>2</sub>在200~270μmol·L<sup>-2</sup>,最低达到175.32μmol·L<sup>-2</sup>反映出午间CO<sub>2</sub>“饥饿”非常严重,而此时正是光合

有效辐射的高峰期,因此CO<sub>2</sub>的供需矛盾非常突出,因此增施CO<sub>2</sub>亦是提高温室生产力的一项重要措施<sup>[6]</sup>。通常采取的“扒缝放风”的方法,既可以降低午间高温,降低湿度,又可以补充一部分CO<sub>2</sub>;也有采用浓硫酸加碳铵的方法,CO<sub>2</sub>气肥棒,CO<sub>2</sub>钢瓶释放等多种方法。沼气燃烧补充CO<sub>2</sub>的实验,在阳棚中燃烧1h后,密闭温室内浓度变化的监测结果表明可使棚内CO<sub>2</sub>增加958.2μmol·L<sup>-2</sup>,可有效地解决CO<sub>2</sub>的午间饥饿问题,证明联体构筑中沼气池供给CO<sub>2</sub>的潜力<sup>[6]</sup>。在哪燃烧?如何燃烧?何时燃烧?是此项研究中需深入解决的问题。

在普通温室中采用延长通风(提前与延后各1h/d)的方法,可使试验温室中CO<sub>2</sub>浓度比对照提高56.8μl/L,也不失为一种无成本而有一定效果的补施方法。

2.1.5 病虫害发生及农药使用情况 由于新型日光温室中基本实现了光、温、水、CO<sub>2</sub>等生态因子的优化配置,阳棚中生长的作物病虫害发生率及农药使用量大幅度降低,1998年12月3日定植到1999年6月30日,表2表明阳棚黄瓜只在中期发生了轻度的病害,发生率为对照的1/7,而农药的使用量比对照减少了85%以上。

表2 试验与对照温室的病虫害种类及农药使用统计表

项目 Item	试验温室 Experiment greenhouse	对照温室 Control greenhouse
病虫害 Plant diseases and insect pests	蚜虫、灰霉病、白粉虱	蚜虫、灰霉病、白粉虱、角斑病、锈病等
用药频率 Frequency of using pesticides	共用药4次 (2月22日,3月12日,3月20日,3月25日)	共用药28次,平均6.8d/次
农药总用量 Usage of pesticides(g/330m <sup>2</sup> )	蚜虫毙300g、氧乐菊酯40g、 百菌清烟剂300g、克霉灵25g	甲基托布津200g、百菌清200g、黄瓜病克威50g、 代森锰锌500g、黄瓜杀菌清500g、灰霉克200g、 克霉灵200g、粉锈灵50g等

2.1.6 土地资源利用率 新型日光温室把单屋面日光温室背面的遮荫区转化为生产区,温室间距由10m减少到5m,土地利用效率由原来的43.8%提高到68.8%,净增25%。建造阴棚增加了日光温室的容量,扩展了温室生态系统的边界,充分利用阳棚午间多余的热资源,通过阴、阳棚之间的热交换与气体交换,促进

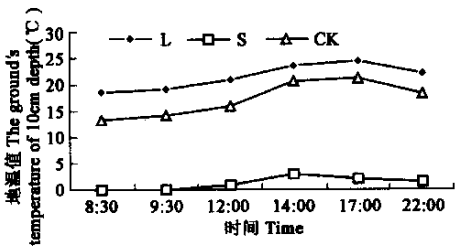


图6 1998年12月12~22日试验温室(阴阳棚)及对照温室中部10cm深度地温9d平均日变化。

S代表试验温室阴棚,L为试验温室阳棚,CK为对照温室。

Fig. 6 The average 10cm depth of ground's temperature diurnal change in the lighting, shady and control greenhouse during 12th~22th, Dec. 1998

The S means the shady house, L, the lighting house and CK, the control greenhouse



了阴、阳棚生境的改善,充分发挥耕地潜力。同时还提供了两种不同光照、温度等条件的环境。阴棚中可以发展养殖业与种植业(如食用菌、喜阴的蔬菜、药材等)。

### 3 讨论

#### 3.1 水资源

在半干旱地区,在丰水季将天然降水收集、贮存起来,进行时、空调节使用,发展集水农业是可行的<sup>[9]</sup>。将新型日光温室与集水工程、沼气池联体构筑,日光温室的棚面就是最好的集水面,径流系数可达 0.90~0.95<sup>[10]</sup>。在年降水量 400mm 的地区,1m<sup>2</sup> 棚面可集水 0.36~0.38m<sup>3</sup>,一座长度为 50m 的新型日光温室棚面约为 550m<sup>2</sup>,可收集 198~209m<sup>3</sup> 的雨水,完全可以满足该温室的生产用水,可有效缓冲该地区水资源短缺问题。这就为半干旱地区发展集水、节水型生态农业提供了前提条件,且有广阔的发展潜力。

#### 3.2 温室人工生态系统因子的优化配置

我国人均耕地面积只有 0.078hm<sup>2</sup>,是世界人均耕地面积的 1/3,半干旱地区相对地广人稀,人均耕地也只有 0.2~0.3hm<sup>2</sup>,日光温室一般都是建在条件较好的耕地上,提高现有土地资源利用率不仅必须而且十分重要。新型日光温室把普通单屋面日光温室的遮荫区转化为生产区,有效提高了土地利用率。日光温室结构的多方面改造以及多种技术的组装、配套,使温室中的生态环境得到改善,基本实现光、温、水、土、气等优化配置,比较有效地解决了日光温室中存在的问题,提高了日光温室的生产力。

悬挂反光膜可使温室内光照度平均值比对照提高 15.48%<sup>[11]</sup>。在早春季节延长日光温室的通风时间,可以增加室内 CO<sub>2</sub> 浓度,降低室内湿度,提高产量。但是对室内温度有影响,因此要掌握好延长通风时间和方法,可采用根据室内温度状况开合几次和徐徐放风的方法。

#### 3.3 新型日光温室-集水工程-沼气池联体构筑与温室生产技术体系的建立

新型日光温室-集水工程-沼气池联体构筑是一项生态工程,它对半干旱地区的光、热、水、土资源进行了重组与整合,为发展高产优质高效农业提供了技术平台。又将温室生产技术与集水、节水技术、微生物技术、沼气等多项技术进行了组装、配套,初步建立了一套较为完整的温室生产技术体系,不仅提高了温室生产力,而且显著地降低了温室中作物的病虫害发生率,做到基本不用或尽可能少用农药。这是极有意义的,它为解决日光温室生产中的食品安全性问题提供了有力的技术保障。

#### 3.4 问题

在新型日光温室-集水工程-沼气池联体构筑中,新型日光温室结构设计的进一步完善;阴、阳棚的合理利用;中墙的通风换热面积与强度;沼气的合理、高效、安全使用;温室中作物的传粉、授粉问题;白粉虱类虫害的防治;温室生产技术体系的进一步完善;集水工程技术的提高等一系列问题都需要继续深入研究。

### References:

- [1] Ge X G. Industrialization of vegetable and revolution of science and technology. *Vegetable*, 1999, (4): 4~6.
- [2] Wu Y M, Cao Y H, Sun Z F. Theoretic analytical methods of design of gather sunlight in greenhouse. *Trans CSAE*, 1992, 8(3): 73~90.
- [3] Lian H, Ma G S, Deng L Z. Production of vegetable in Chinese energy efficient sunlight greenhouse. *Modern Agriculture*, 2001, (2): 13~16.
- [4] Xu R P. Design and Construction of sunlight greenhouse. *The friend of dedicating affluence*, 2001, (2): 40~43.
- [5] He C X, Zhang Z B, Wang H S. Technology of fertilizing carbon-dioxide in environment controlled cultivation of vegetable (I). *China Vegetables*, 2000, (4): 51~52.
- [6] Wang J, Li ZH X, Wang Z ZH. Studies on the composite construction of rainwater catchment techniques and methane pool with greenhouse. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2001, 12(1): 51~54.
- [7] Gao L H, Zhang F M. Study on Problems and solving-methods in solar Greenhouse Cucumber Production. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 2000, 31(1): 113~116.
- [8] Wang 万方数据 ZH H, Yuan H. Scientific regulation for energy efficient sunlight greenhouse. *Shandong Vegetables*, 2001, 1: 9~10.

- [9] Zhao S L, Li F M, Wang J. Feasibility of rainwater harvesting agriculture in semiarid areas. *Acta Bot. Boreal. - Occiden. Sin.*, 1995, **15**(8):9~13.
- [10] Geng Y D, Li W Y, Xiao G J. Efficient rainwater harvest association of Self-feeding and semiautomatic supply sunlight greenhouse. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 1999, **17**(supplement):98.
- [11] Wang J, Cui Q F, Lin M Z. Study on light environment and light supplement in different structural sunlight greenhouse. *Trans CSAE*, 2002, **18**(4):86~89.

#### 参考文献:

- [1] 葛晓光. 蔬菜产业化与科技革命. 蔬菜, 1999, (4):4~6.
- [2] 吴毅明, 曹永华, 孙忠富, 等. 温室采光设计的理论分析方法. 农业工程学报, 1992, **8**(3):73~90.
- [3] 廉华, 马光恕, 邓立政. 我国节能日光温室蔬菜生产. 现代化农业, 2001, (2):13~16.
- [4] 许瑞平. 日光温室设计与建造. 致富之友, 2001, (2):40~43.
- [5] 贺超兴, 张志斌, 王怀松等. 蔬菜设施栽培 CO<sub>2</sub> 施肥技术(一). 中国蔬菜, 2000, (4):51~52.
- [6] 王静, 李召祥, 王自忠, 等. 集水工程、沼气池与新型日光温室联体构筑的研究. 应用生态学报, 2001, **12**(1):51~54.
- [7] 高丽红, 张福瓚. 日光温室黄瓜生产中存在问题及解决途径. 沈阳农业大学学报, 2000, **31**(1):113~116.
- [8] 王志鹏, 孙振华, 袁花, 等. 节能日光温室的科学调控. 山东蔬菜, 2001, **1**:9~10.
- [9] 赵松岭, 李风民, 王静. 半干旱地区集水农业可行性. 西北植物学报, 1995, **15**(8):9~13.
- [10] 耿耀东, 李武玉, 肖国举. 自供半自供日光温室集水高效联合体. 干旱地区农业研究, 1999, **17**(增刊):98.
- [11] 王静, 崔庆法, 林茂兹. 不同结构日光温室光环境及补光研究. 农业工程学报, 2002, **18**(4):86~89.