

宁夏干旱区槽式温室冬季内环境日变化初步研究

曲继松¹, 张丽娟¹, 郭文忠², 冯海萍¹, 杨冬艳¹

(1 宁夏农林科学院 种质资源研究所, 宁夏 银川 750002; 2 国家农业智能装备工程技术研究中心, 北京 100097)

摘 要:针对宁夏干旱区槽式温室内环境日变化进行初步研究,通过国家农业信息化工程技术研究中心提供温室娃娃对宁夏干旱区槽式日光温室结构及极端低温条件下内部光照强度、空气温度、空气相对湿度、露点温度、土壤温度等环境参数进行测定。结果表明:对内环境日变化曲线比较可知,此种温室结构均介于日光温室与塑料大棚之间,但其性能则类似日光温室,且温度方面性能低于日光温室,尤其是最低温时仅为日光温室的 30%;比较 3 种跨度槽式温室内环境可知,12 m 优于 10 m,10 m 优于 8 m。在最低温度等极限条件(覆盖保温被条件下,短时间内 $10^{\circ}\text{C}>\text{空气温度}>0^{\circ}\text{C}$, $8^{\circ}\text{C}>\text{土壤温度}>3^{\circ}\text{C}$)能够满足韭菜等喜凉叶菜周年生产的需要,同时可进行果菜类蔬菜早春或秋延后栽培,填补日光温室和常规拱棚栽培之间的空档,具有较好的经济效益。在宁夏中部干旱带、地下水位低于 3 m 的地区较适宜推广。

关键词:干旱区;槽式温室;结构;温度;湿度;露点

中图分类号:S 625.1 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2014)21-0045-06

中国是设施园艺大国,设施园艺总面积已居世界第一位^[1],其主要的设施结构类型有塑料大棚、中棚及日光温室,日光温室作为具有典型中国特色、规模巨大的设施类型,一直是中国温室园艺装备升级的重点^[2]。日光温室与大型现代化温室相比,具有造价低和节能的优点,在我国发展迅速。由于我国地域广阔,环境差异大,日光温室的结构模式表现为多样化,建筑材料也呈现多样化^[3-13],虽然日光温室的基本特征为采光面断面形状基本固定为形式不同的弧形,但为了提高日光温室的土地利用效率、保温蓄热特性与使用性能,各地也尝试着许多创新。比如连栋型、阴阳型、保温被内置型、后墙大跨下沉型等^[14]。

自 2007 年宁夏回族自治区大力提倡发展设施农业以来,全区设施农业面积已经超过 6.67 万 hm^2 ,同时根据宁夏自然条件研发了多种结构日光温室^[15-16]。宁夏中部干旱带地质地貌多为山地、丘陵、平原、台地、沙漠,黄土层深厚、沟壑交错;气候特点为干旱少雨、风大沙多、日照充足、蒸发强烈,冬寒长、春暖快、夏热短、秋凉

早,气温年较差大,无霜期短而多变,干旱、冰雹、沙尘、霜冻等灾害性天气比较频繁,同时宁夏中部干旱带地区韭菜种植面积较大,但低矮的塑料拱棚(脊高 90~100 cm)不利于人工操作,且生产性能有限,课题组结合中部干旱带地质地貌和气候特征研究开发了槽式日光温室,以期中部干旱带韭菜大面积生产提供更加高效的设施类型。针对槽式日光温室内环境变化进行分析,探求适宜西北干旱区设施结构类型,旨在为西北干旱区设施结构优化设计提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于宁夏海原县高崖乡三分湾村清水河岸西侧,地处宁夏中部干旱带,地理位置为东经 $105^{\circ}59'$ 、北纬 $36^{\circ}51'$,海拔 1 363 m。地处黄土高原西北部,属黄河中游黄土丘陵沟壑区。大陆性季风气候明显,其特点是春暖迟、夏热短、秋凉早、冬寒长。年均气温 7°C ,1 月均温 -6.7°C ,7 月均温 19.7°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $2\,398^{\circ}\text{C}$,无霜期 149~171 d。年降水量,多年平均 286 mm,最多 706 mm,最少 225 mm。年草面蒸发量 878 mm,年干燥度 2.17,年平均太阳总辐射量 $5\,642\text{ MJ/m}^2$,年日照时数 2 710 h。

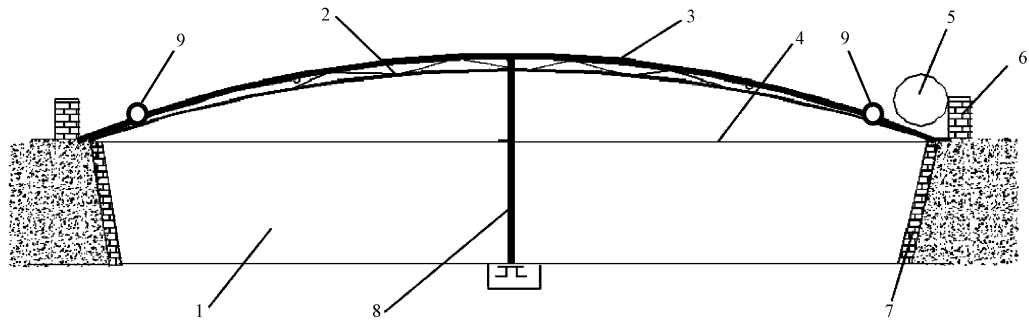
1.2 试验温室

供试槽式温室设计结构示意图见图 1,供试温室结构参数见表 1、2。

第一作者简介:曲继松(1980-),男,吉林永吉人,硕士,助理研究员,现主要从事设施环境调控和生物质资源化利用等研究工作。E-mail:qujs119@126.com。

基金项目:宁夏重大科技专项资助项目(2013ZDN04);宁夏科技攻关资助项目(2012ZYH110)。

收稿日期:2014-05-19



注:1. 温室槽;2. 拱形钢架;3. 塑料薄膜;4. 地平面;5. 保温被;6. 防风墙;7. 温室槽墙体;8. 钢架立柱;9. 卷膜器。

Note:1. greenhouse trough;2. arched steel;3. plastic film;4. ground level;5. heat preservation quilt;6. windbreak;7. greenhouse trough wall;8. steel frame column;9. film rolling device.

图 1 槽式温室设计示意图

Fig. 1 The design of the schematic diagram of solar greenhouse

表 1 供试温室主要尺寸

Table 1 The main dimension of solar greenhouse

温室编号 Greenhouse number	温室类型 Greenhouse type	长度 Length/m	总跨度 Total span/m	净跨度 Net span/m	脊高 Ridge high/m	下沉深度 Sinking depth/m
1	普通日光温室	60	10.0	7.0	4.5	0
2	8 m 跨度槽式温室	60	8.0	6.0	3.0	2.0
3	10 m 跨度槽式温室	60	10.0	8.0	3.0	2.0
4	12 m 跨度槽式温室	60	12.0	10.0	3.0	2.0

表 2 供试温室主要建筑材料

Table 2 The main building material of solar greenhouse

温室编号 Greenhouse number	温室类型 Greenhouse type	墙体材料 Wall material	屋面骨架种类 Roof frame type	屋面骨架间距 Roof frame spacing/m	棚膜材料 Film material	外覆盖保温材料 Thermal insulation covering material
1	普通日光温室	土墙+内外各表 10 cm 砖	钢架	1	EVA 日光膜	泡沫保温被
2	8 m 跨度槽式温室	生土+水泥砂浆 1 cm 厚	钢架	1	EVA 日光膜	泡沫保温被
3	10 m 跨度槽式温室	生土+水泥砂浆 1 cm 厚	钢架	1	EVA 日光膜	泡沫保温被
4	12 m 跨度槽式温室	生土+水泥砂浆 1 cm 厚	钢架	1	EVA 日光膜	泡沫保温被

1.3 试验方法

试验于 2012 年 12 月 20 日至 2013 年 1 月 10 日进行,温室内环境数据测定采集由国家农业信息化工程技术研究中心提供的温室娃娃,主要测定光照强度、土壤温度、空气温度、空气相对湿度、露点温度;每个温室内放置 3 个温室娃娃,3 个温室娃娃及其探点分别位于日光温室横向水平中线 1/4 处、1/2 处和 3/4 处,其中土壤温度探点位于地表以下 20 cm 处,空气温度、空气相对湿度、露点温度探点位于地表以上 180 cm 处,光照传感器位于地表以上 200 cm 处,每 30 min 记录 1 个数据,数据均为 3 个温室娃娃测得数据的平均值,分别选取晴天(2012-12-23、2012-12-27、2012-12-30)、阴天(2012-12-22、2012-12-28、2012-12-29)平均数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 供试温室内光照强度日变化比较

从图 2 可以看出,晴天与阴天的温室内光照强度大小存在着较大差异,这是造成温室内部空气温度差异的

主导因素。从图 2A 可以看出,在 9:00 揭保温被,光照强度开始迅速上升,槽式温室在 11:30 光照强度接近全天中的较高值,13:00 是达到最大值,这种强度一直持续到 13:30 左右,14:30 之后光照强度开始迅速下降,直至 16:30 放苫;阴天时温室内光照强度仅为晴天时 2/3 左右,光照强度日变化规律与晴天近似。8、10、12 m 3 种跨度槽式温室光照强度无明显差异。

2.2 供试温室内空气温度日变化比较

从图 3 可以看出,槽式温室晴天、阴天温室内温度日变化存在较大差异,槽式温室在晴天时(图 3A)其室内温度均从 10:30 开始上升(早上揭保温被较晚造成,室外温度在 9:00 开始上升),且均在 14:00—15:00 达到最大值,但在阴天时(图 3B),其最高温度出现在 14:00;晴天时(图 3A)室外温度最低值-14.83℃ 小于阴天时(图 3B)温度最低值-10.63℃,其原因可能是晴天时凌晨的低温过程是由前 1 d 阴天温度较低造成的,而阴天时温度最低值大于晴天最低值,恰恰是由于前 1 d 晴天温度较

高,因此在视觉上晴天的室外温度最低值小于阴天的最低值,同时阴天低温较晴天高与辐射的种类以及云层的保温作用关系密切。室内温度变化趋势与室外相一致。

晴天室内温度最高值大于阴天温度则完全由光照强度高低所决定。8、10、12 m 跨度槽式温室内空气温度差异明显,大小关系为 $12\text{ m} > 10\text{ m} > 8\text{ m}$ 。

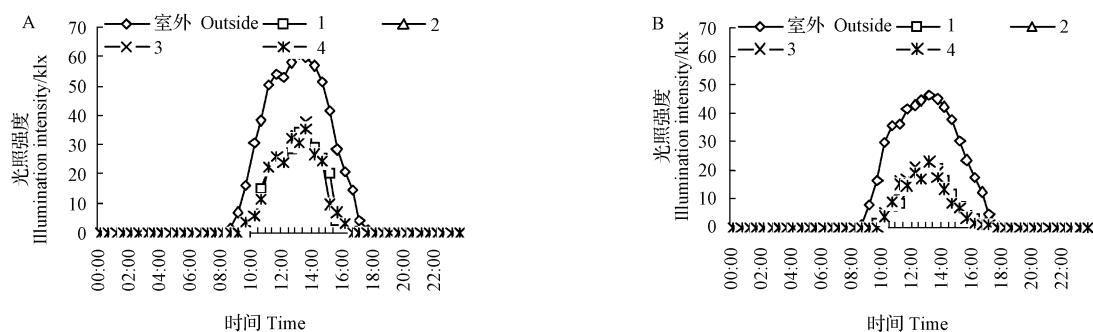


图2 晴天(A)、阴天(B)供试温室内光照强度日变化

Fig. 2 Daily change of illumination intensity in solar greenhouse in a clear day(A) or an overcast day(B)

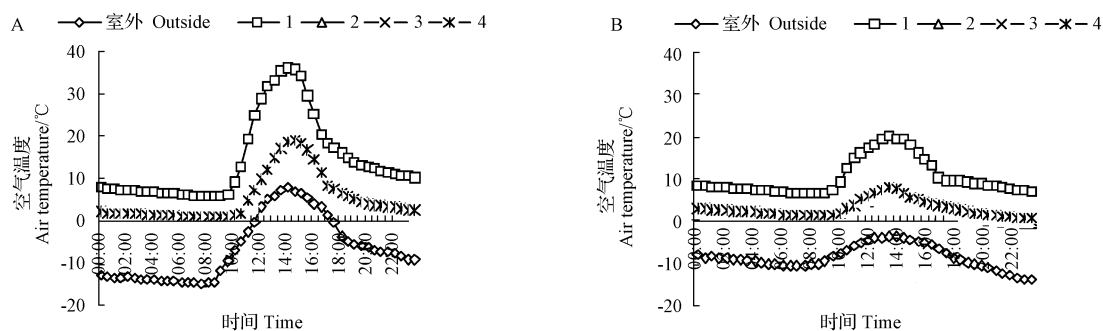


图3 晴天(A)、阴天(B)供试温室内温度日变化

Fig. 3 Daily change of air temperature in solar greenhouse in a clear day(A) or an overcast day(B)

2.3 供试温室内空气相对湿度日变化比较

空气相对湿度日变化曲线与温度日变化曲线变化规律正相反,且具有明显的昼夜变化。由图4A可知,晴天时全天中空气相对湿度最低值出现在14:30—15:30,而空气温度(图3A)的最高值也出现在14:30—15:30。空气湿度是一个重要的气象因子,过高或过低的空气湿度是温室生产中普遍存在的障碍因素,温室内空气湿度

的变化直接影响到植物的生长发育和病害发生,而且高湿是温室环境的突出特点。由图4可以看出,在全天中绝大部分时间(晴天为00:00—13:30和16:30—24:00、阴天为00:00—24:00)温室空气相对湿度保持在85%以上,较高的空气湿度极易引发温室内作物的病害发生。3种跨度槽式温室内空气相对湿度差异较小,大小关系为 $8\text{ m} > 10\text{ m} > 12\text{ m}$ 。

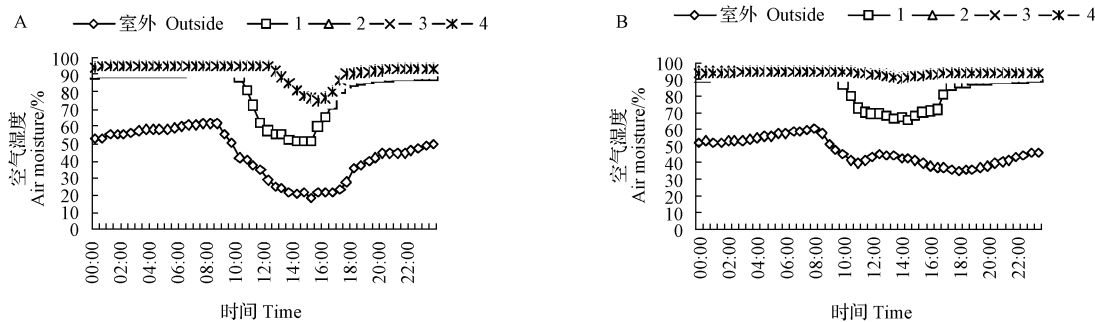


图4 晴天(A)、阴天(B)供试温室内相对湿度日变化

Fig. 4 Daily change of air moisture in solar greenhouse in a clear day(A) or an overcast day(B)

2.4 供试温室内露点温度日变化比较

露点温度是温室环境中一个非常重要的气象要素,是预报霜冻发生的重要参考指标。从图 5 可以看出,露点温度日变化规律与空气温度日变化曲线变化规律相似,同样具有明显的昼夜变化,晴天时(图 5A)温室内露

点温度峰值出现在 13:30—15:00,最低值出现在 9:00—10:00;阴天时(图 5B)温室内露点温度变化与温室内空气温度(图 3B)日变化规律相似,其值低于同时点晴天数值。3 种跨度槽式温室内露点温度差异明显,大小关系为 12 m>10 m>8 m。

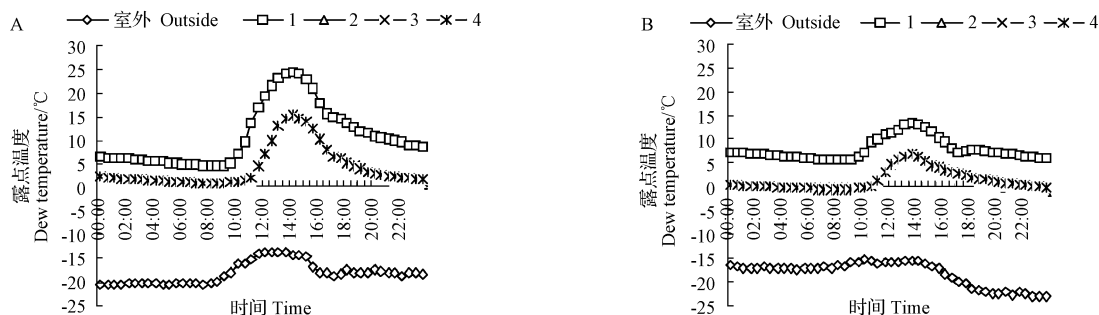


图 5 晴天(A)、阴天(B) 供试日光温室内露点温度日变化

Fig. 5 Daily change of dew temperature in solar greenhouse in a clear day(A) or an overcast day(B)

2.5 供试温室内土壤温度日变化比较

温室内土壤温度日变化曲线呈现非标准正弦曲线,从图 6A 可以看出,晴天时土壤温度的最低点出现在 10:00—11:00,而空气温度最低点则出现在 9:00—10:00(图 3A),土壤最低温度比空气最低温度延迟 1 h 左右出现。晴天时(图 6A)全天之中土壤温度的最高点出现在 15:00—16:00,晴天时(图 3A)空气温度最高点则出现在 14:00—15:00;晴天土壤最高温度比空气最高温度延迟 1 h 左右出现,这是由于土壤的半无限性和高热惰性,使土壤升温产生滞后现象。

阴天时(图 6B)全天之中土壤温度的最高点均出现在 14:00 时,空气温度(图 3B)最高点则出现在 13:30—14:00 之间,而土壤最低温度出现在 10:00 时,空气温度

最低值同样出现在 10:00 时,这是由于阴天全天之中仅 12:00—14:30 时,温室内空气温度>土壤温度,其它时间段内均为土壤温度>空气温度,由于在 00:00—12:00 和 14:30—24:00 时间段内土壤温度均大于空气温度,造成土壤热量持续向空气传输,进而导致土壤温度持续下降,温度最低值图中显示出现在 24:00,实际温度最低值出现在次日 10:00 左右(图 6A)。由于试验地点位于西北内陆干旱区,冬季干燥,风沙较多,尤其是晴天风级大于阴天、白天大于夜晚,因此造成温室外部地温白天出现持续下降、夜晚略有上升的原因,但风级与土壤降温幅度的相关关系有待于进一步研究。3 种跨度槽式温室内土壤温度差异明显,大小关系为 12 m>10 m>8 m。

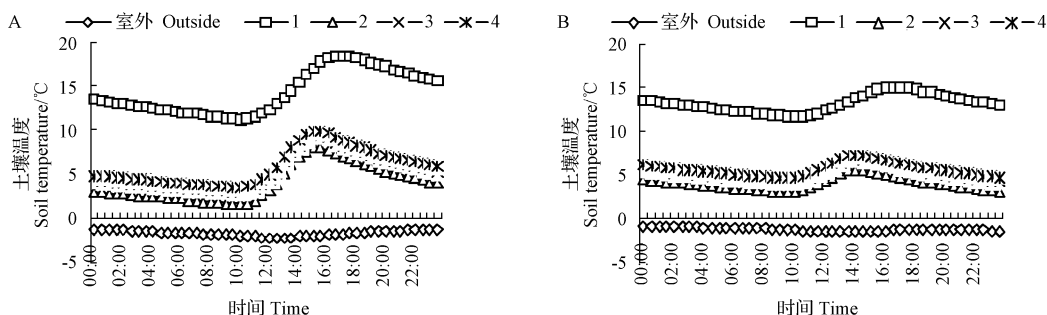


图 6 晴天(A)、阴天(B) 供试温室内土壤温度日变化

Fig. 6 Daily change of soil temperature in solar greenhouse in a clear day(A) or an overcast day(B)

3 讨论与结论

日光温室结构是影响温度、湿度及光照的重要因素之一,日光温室环境与温室作物的生长发育是密切相关的,日光温室的主要环境因子就是温室内空气温度,温度是作物生长发育的前提条件,温度的高低主要取决

于日光温室保温性能的好坏(除天气原因),日光温室结构和建筑材料的优劣又是日光温室保温性能好坏的先决条件,因此对日光温室结构与建筑材料的研究就显得极为重要^[5,8,13]。

此种结构的设施暂定名为“槽式温室”,槽式温室是东、南、西、北四面均为土墙,顶部利用钢材等材料,覆盖

塑料薄膜,搭成拱形棚,拱形面夜间用保温被覆盖的设施类型。其走向因地形而定,由于下沉高度影响光照位置,因此,建议为南北走向为宜(阴影面积较小)。

在3种跨度槽式温室内环境室内温度比较中得出:12 m 优于 10 m,10 m 优于 8 m。由于该型温室尚处于试验研究阶段,且仅建造了同一下沉深度水平下的3种跨度,其最佳跨度、最佳下沉深度等有关系数确定有待于进一步研究。

槽式温室是一种新型设施结构类型,其结构介于日光温室和塑料拱棚之间,其性能更类似于日光温室,但与山东的下沉式日光温室不同,由于其结构的特殊性,因此其适应性和推广性有待于进一步研究,其名称确定有待商榷。

通过对测定温室内环境日变化曲线比较可以发现其保温性能类似日光温室(塑料大棚冬季不具备生产能力),槽式温室的保温方面性能明显低于日光温室,可进行果菜类蔬菜春提前或秋延后栽培,填补日光温室和常规拱棚栽培的之间空当;因此,槽式温室具有较好的经济效益,同时也具有较好的社会效益。

通过对宁夏干旱区槽式温室结构及极端低温条件下(2012—2013年2个冬季宁夏同心地区最低温度出现在2012年12月20日至2013年1月10日)内部光照强度、空气温度、空气相对湿度、露点温度、土壤温度等内环境日变化曲线比较可以发现此温室性能略低于日光温室(温度方面),但明显优于塑料大棚(冬季塑料大棚不具备蔬菜生产能力),最低温度等极限条件能够满足韭菜等喜凉叶菜周年生产的需要,在宁夏干旱区、地下水位低于3 m的地区较适宜推广。

参考文献

- [1] 杨艳超,刘寿东,薛晓萍.莱芜日光温室气温变化规律研究[J].中国农学通报,2008,24(12):519-523.
- [2] 魏晓明,周长吉,曹楠,等.中国日光温室结构及性能的演变[J].江苏农业学报,2012,28(4):855-860.
- [3] 佟国红,王铁良,白义奎,等.日光温室墙体传热特性的研究[J].农业工程学报,2003,19(3):186-189.
- [4] 张立芸,徐刚毅,马成伟,等.日光温室新型墙体结构性能分析[J].沈阳农业大学学报,2006,37(3):459-462.
- [5] 李小芳,陈青云.墙体材料及其组合对日光温室墙体保温性能的影响[J].中国生态农业学报,2006,14(4):185-189.
- [6] 佟国红,李天来,王铁良,等.大跨度日光温室室内微气候环境测试分析[J].华中农业大学学报,2004(增):67-73.
- [7] 佟国红,李保明,Christopher D M,等.用CFD方法模拟日光温室温度环境初探[J].农业工程学报,2007,23(7):178-185.
- [8] 佟国红,Christopher D M.墙体材料对日光温室温度环境影响的CFD模拟[J].农业工程学报,2009,25(3):153-157.
- [9] 陈端生,郑海山,刘步洲.日光温室气象环境综合研究-I.墙体、覆盖物热效应研究初报[J].农业工程学报,1990,6(2):77-81.
- [10] 陈青云,汪政富.节能型日光温室热环境的动态模拟[J].农业工程学报,1996,12(1):67-71.
- [11] 白义奎,刘文合,王铁良.辽沈型日光温室环境及保温性能研究[J].农业工程学报,2003,19(5):191-196.
- [12] 白义奎,王铁良,姜传军,等.外墙聚苯板复合墙体在日光温室中的应用[J].房材与应用,2002(1):24-27.
- [13] 白义奎,王铁良,李天来,等.缀铝箔聚苯板空心墙体保温性能理论研究[J].农业工程学报,2003,19(3):190-195.
- [14] 陈青云.日光温室的实践与理论[J].上海交通大学学报(农业科学版),2008,26(5):343-350.
- [15] 郭文忠,杨冬艳,曲继松,等.宁夏NKWS-Ⅲ型日光温室设计建造及冬季温光环境特征[J].北方园艺,2010(15):12-15.
- [16] 曲继松,张丽娟,冯海萍,等.宁夏干旱风沙区夯土砖土复合墙体日光温室保温性能初步研究[J].西北农业学报,2010,19(1):158-163.

A Comparison Study on Inner Environment Daily Variations of Trough Type Solar Greenhouse in Northwest Arid Area in Winter

QU Ji-song¹, ZHANG Li-juan¹, GUO Wen-zhong², FENG Hai-ping¹, YANG Dong-yan¹

(1. Institute of Germplasm Resources, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Science, Yinchuan, Ningxia 750002; 2. National Research Center of Intelligent Equipment for Agriculture, Beijing 100097)

Abstract: The changes in greenhouse environment of trough type solar greenhouse was studied by 'Wenshiwawa', from the National Agricultural Information Engineering Technology Research Center. Structure of trough type solar greenhouse, the internal light intensity, air temperature, air relative humidity, dew point temperature, soil temperature and other environmental parameters were measured in extreme cold conditions in arid region of Ningxia. The results showed that through the comparison of measured curve greenhouse structure and internal environment, it was found the greenhouse structure between greenhouse and plastic shed, but the environmental performance of groove type greenhouse was similar to the greenhouse (plastic shed hadn't the production capacity in winter), trough type solar greenhouse insulation was significantly lower greenhouse aspects of performance, especially it was about 30% of greenhouse in the minimum temperature. Through the span of three kinds of environmental parameters in greenhouse trough comparison, 12 meters was better than 10 meters, 10 meters over 8 meters. At the minimum temperature (insulation was covered under a short time, $10^{\circ}\text{C} > \text{air temperature} > 0^{\circ}\text{C}$, $8^{\circ}\text{C} >$

大棚栽培甜樱桃不同品种间部分生理指标差异性研究

赵 林, 杨 峰, 樊继德, 陆信娟, 李 勇

(江苏徐淮地区徐州农业科学研究所, 江苏 徐州 221131)

摘 要:以甜樱桃为试材,采用连栋大棚栽培方式,研究了不同品种部分生理指标在大棚栽培环境下的差异性。结果表明:不同品种间叶面积和叶片鲜重差异显著,“红灯”最大,分别为124.09 cm²和2.68 g,“萨米脱”最小,分别为78.94 cm²和1.62 g,而叶片干重却差异不显著;叶片组织含水量与相对含水量在各品种间差异性相似,“红灯”均为最大,分别为67.94%、78.92%,“萨米脱”组织含水量最小为55.46%,叶片相对含水量以“美早”最小为66.02%,二者差异显著,各品种间叶片水分饱和和亏差异不显著,“美早”最大,“红灯”最小;各品种在叶绿素a含量、叶绿素b含量间的差异相似,均以“萨米脱”最大,分别为2.32、0.72 mg/g FW,“桑提娜”最小,分别为1.53、0.45 mg/g FW,类胡萝卜素含量则以“桑提娜”最高为0.40 mg/g FW,“美早”最低为0.28 mg/g FW。

关键词:大棚;甜樱桃;适应性差异;生理指标

中图分类号:S 628 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)21-0050-03

大棚栽培条件将对甜樱桃的生理生化进程产生重要影响^[1-5]。大棚内环境因子是影响其适应性的关键,众多研究集中于设施内环境因子对甜樱桃花芽分化进程、柱头可授粉性、花粉发育及根系的抗性方面^[6-12]。而叶片是甜樱桃进行光合作用的主要器官,已有研究表明高温导致香蕉和黄瓜叶片叶绿素含量明显降低^[13-14],从而影响光合作用;同时叶片水分生理也与环境适应性休戚相关^[15]。现通过对大棚栽培甜樱桃不同品种间部分生理指标差异性进行研究,旨在为大棚栽培甜樱桃品种选择提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在江苏徐淮地区徐州农业科学研究所试验基地连栋大棚内进行。试验地有机质 8 g/kg、硝态氮

16.12 mg/kg、铵态氮 36.72 mg/kg、速效磷 20.89 mg/kg、速效钾 192.65 mg/kg。

1.2 试验材料

供试材料为5年生“黑珍珠”、“美早”、“桑提娜”、“砂蜜豆”、“早生凡”、“红灯”、“萨米脱”等7个甜樱桃品种,砧木均为“大青叶”,株行距为2 m×4 m。

1.3 试验方法

2013年各品种分别选择长势基本一致、无病虫害的植株3株,共21株,每株1次重复,并作标记,常规管理。于8月21日10:00前采集叶片,叶片均采集试验株长梢中部无病虫害的完全功能叶,每株采集50片,用于叶面积、叶鲜重、叶干重、组织含水量、相对含水量及水分饱和和亏的测定,另外采集试验株长梢中部无病虫害的完全功能叶10片,用于叶片色素含量测定,所有叶片采集后迅速放入冰盒中保存,带回实验室进行相关指标测定。

1.4 项目测定

叶片鲜重、干重使用百分之一天平测定;叶片组织含水量(YW)、相对含水量(RWC)及水分饱和和亏(BK)采用烘干法测定;叶片面积测定是先使用扫描仪

第一作者简介:赵林(1981-),男,山东临沂人,硕士,助理研究员,现主要从事果树栽培生理及配套技术等研究工作。E-mail:zhao_20020347@163.com。

基金项目:江苏省徐州市科技资助项目(XF12C018)。

收稿日期:2014-05-27

soil temperature>3℃), conditions of trough type solar greenhouse were to meet needs of the leek and other hi cool leafy vegetables anniversary production, it could be to meet fruit vegetables in early spring or late autumn. This kind of production was to fill and conventional between greenhouse cultivation and plastic shed cultivation, it was good economic benefits. Trough type solar greenhouse had a good economic and social benefits, which would be a great potential for replication in area of the water table was less than 3 meters in Ningxia and northwest arid zone.

Keywords: arid area; trough type solar greenhouse; structure; temperature; humidity; dew-point